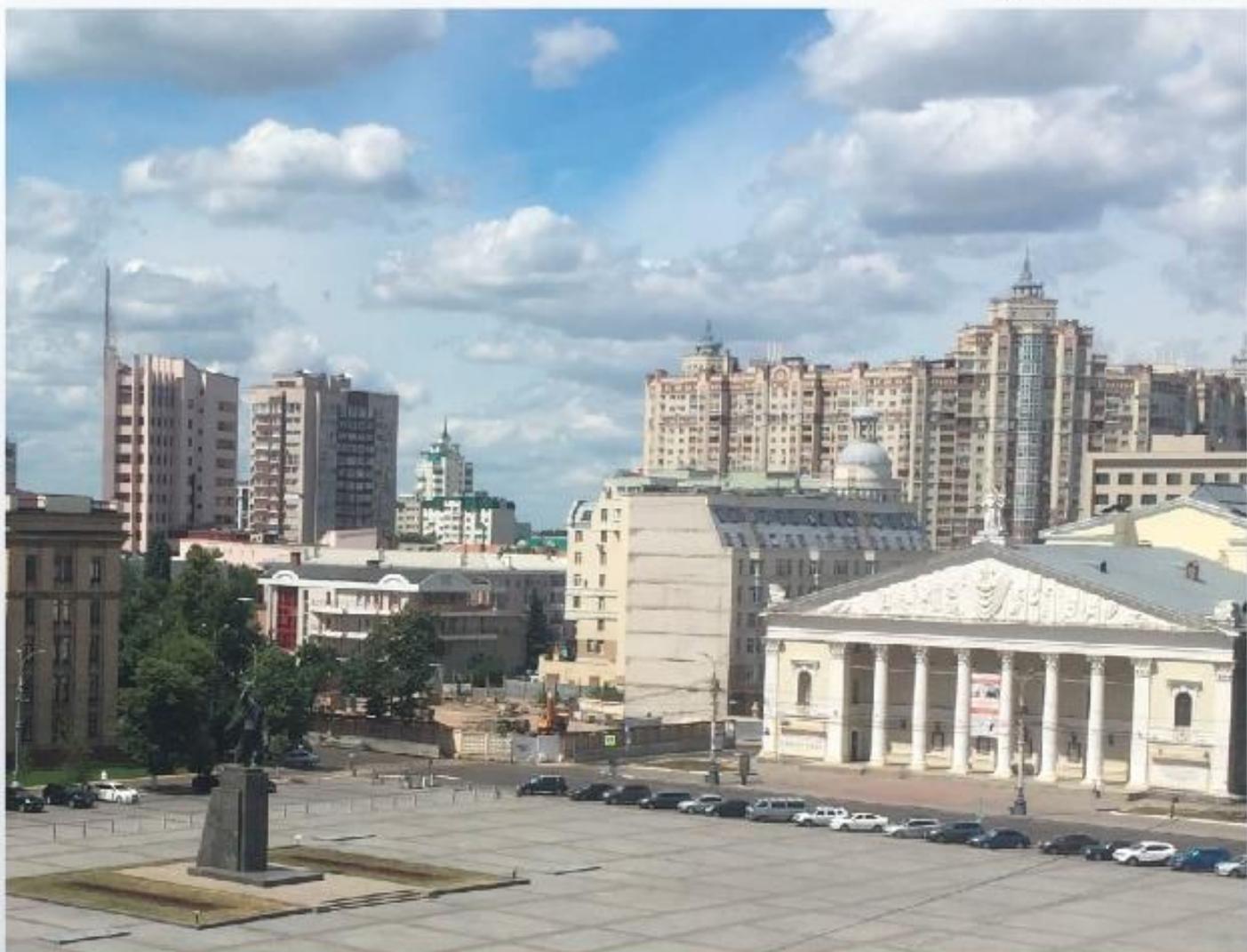


ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО и коммунальная инфраструктура

№ 3(10), 2019

Воронежский государственный технический университет



*Строительные конструкции,
здания и сооружения*

*Градостроительство.
Реконструкция, реставрация
и благоустройство*

*Инженерные системы
и коммуникации*

*Экология и безопасность
городской среды*

*Экономика и организация
строительства*

*Дорожно-транспортное
хозяйство
и строительная техника*

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО
и коммунальная инфраструктура**

№ 3(10), 2019

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

**ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО
и коммунальная инфраструктура**

Адрес редакции:

394006, Россия

г. Воронеж,

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

тел. (473) 271-28-92;

E-mail: vstu.gkh@gmail.com





ISSN 2541-9110

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

Издается с 2017 года

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

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

Выходит 4 раза в год

Журнал публикует материалы по следующим разделам:

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

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

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

Воронеж



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»**

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

Comes out 4 times per annum

Journal publishes materials on the following topics:

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

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

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

Voronezh

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

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

Редакционная коллегия:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Дизайн обложки Якубенко А. В. *Фото обложки* Шмелев Г. Д.

Дата выхода в свет 16.09.2019. Усл. печ. л. 13,8. Формат 60×84/8. Тираж 500 экз. Заказ № 158

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 COUNCIL

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

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

Editorial Board:

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

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

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

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

Kas'yanov V. F., Dr. of Sn., Prof., corresponding member of the housing Academy of the Russian Federation, honored worker of higher school, honored worker of higher education, honorary Builder of Russia, honorary Builder of Moscow, honorary worker of housing and communal services of the Russian Federation, National research Moscow state University of civil engineering (NRU MSUCE), Moscow

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Date of publication 16.09.2019. Conventional printed sheets 13,8. Format 60×84/8. Circulation 500 copies. Order 158

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

<i>Гавриленко А. В., Баркая Т. Р., Субботин С. Л., Бровкин А. В.</i>	
Анализ современной терминологии в области надежности и долговечности строительных конструкций	9
<i>Гришина А. С., Попова И. Н.</i>	
К вопросу определения активного давления обратной засыпки из фиброгрунта на подпорную стену	18
<i>Фабричная К. А., Саубанова А. М.</i>	
Исследование напряженно-деформированного состояния элементов опорного узла консоли в ПК ANSYS	24

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И КОММУНИКАЦИИ

<i>Кононова М. С., Калугина М. Г., Пирогова Я. Ю., Романенко С. А.</i>	
Техническое обоснование реконструкции городских систем водоотведения поверхностного стока	34
<i>Тянин А. Н., Кузнецов Н. А.</i>	
Исследование влагоотдачи осадка иловых площадок при циклическом замораживании.....	42
<i>Чеснокова Е. В., Сауткина Т. Н., Макеев В. А.</i>	
Метод расчета гидравлической характеристики для одного типа местных сопротивлений сложной конструкции.....	48
<i>Перцев А. Н., Каминская В. А., Лобанов Д. В., Гармонов К. В.</i>	
Экспериментальное обоснование необходимости разработки вентиляционных систем в учебных аудиториях при реконструкции помещений.....	58

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ, РЕСТАВРАЦИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВО

<i>Михалова Т. В., Размахнина Н. А., Шлемин Д. В.</i>	
Предложения по реорганизации общественных пространств жилой застройки.....	68

ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

<i>Попова И. В.</i>	
Климатическая классификация городских ландшафтов (на примере г. Воронеж).....	76
<i>Воробьева Ю. А., Начарова Ю. А., Кунченко В. А.</i>	
Идентификация экологических аспектов при строительстве нефтегазовых комплексов....	87

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

<i>Горюшинская И. Е., Долженкова М. В.</i>	
Повышение качества жилищно-коммунальных услуг через формирование инновационной кадровой политики в ЖКХ.....	95
<i>Шмелев Г. Д., Жукова А. В.</i>	
Оценка риска аварии на объекте «ГОРОДСКАЯ КАНАЛИЗАЦИОННАЯ НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ».....	102

ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ.....	109
---	------------

CONTENTS

BUILDING CONSTRUCTION, BUILDINGS AND STRUCTURES

<i>Gavrilenko A. V., Barkaya T. R., Subbotin S. L., Brovkin A. V.</i>	
Juxtaposition of determination of stress increase methods in tendons of post-tensioned concrete beams.....	9
<i>Grishina A. S., Popova I. N.</i>	
To the issue of determining the active pressure from the fiber-reinforced soil backfill on the retaining wall	18
<i>Fabrichnaya K. A., Saubanova A. M.</i>	
Investigation of the stress-strain state of elements of the reference node of the console in the PC ANSYS.....	24

ENGINEERING SYSTEMS AND COMMUNICATIONS

<i>Kononova M. S., Kalugina M. G., Pirogova Y. Yu., Romanenko S. A.</i>	
Technical justification for reconstruction of urban surface flow drainage system.	34
<i>Tyanin A. N., Kuznetsov N. A.</i>	
The study of sludge drying of sludge beds under cyclic freezing.....	42
<i>Chesnokova E. V., Sautkina T. N., Makeev V. A.</i>	
Method for calculating hydraulic characteristics for one type of local resistance of complex design.....	48
<i>Pertsev A. N., Kaminskaya V. A., Lobanov D. V., Garmonov K. V.</i>	
Experimental justification of the need for development of ventilation systems in educational auditories for reconstruction of premises.....	58

CITY. RECONSTRUCTION, RESTORATION AND LANDSCAPING

<i>Mikhailova T. V., Razmakhnina N. A., Shelemin D. V.</i>	
Publicspaces of residential development and offers of their reorganization.....	68

ECOLOGY AND SAFETY OF THE URBAN ENVIRONMENT

<i>Popova I. V.</i>	
<i>Climatic classification of urban landscapes (on the example of Voronezh).....</i>	<i>76</i>
<i>Vorob'eva Yu. A., Nacharova Yu. A., Kunchenko V. A.</i>	
Identification of environmental aspects under construction of oil and gas complexes.....	87

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

<i>Goryushinskaya I. E., Dolzhenkova M. V.</i>	
Improving the quality of housing and communal services through the formation of innovation personnel policy in the housing and communal economy.....	95
<i>Shmelev G. D., Zhukova A. V.</i>	
Risk assessment of an accident at an object «CITY SEWAGE PUMP STATION».....	102

WRITING RULES AND GUIDELINES.....	109
--	------------

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

УДК 69.04, 69.07

СОПОСТАВЛЕНИЕ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИРАЩЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В АРМАТУРЕ БЕЗ СЦЕПЛЕНИЯ В БАЛОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

А. В. Гавриленко, Т. Р. Баркая, С. Л. Субботин, А. В. Бровкин

Гавриленко Алексей Владимирович, ассистент кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь, Российская Федерация, тел.: +7(4822)78-83-31; e-mail: gawaw@mail.ru

Баркая Темур Рауфович, канд. техн. наук, заведующий кафедрой конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь, Российская Федерация, тел.: +7(4822)78-83-31; e-mail: btrs@list.ru

Субботин Сергей Львович, д-р техн. наук, профессор кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь, Российская Федерация, тел.: +7(4822)78-83-31; e-mail: sbtn@yandex.ru

Бровкин Андрей Викторович, доцент кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь, Российская Федерация, тел.: +7(4822)78-83-31; e-mail: kalinin_kb@inbox.ru

В статье рассматриваются методики расчётного определения величины напряжений в арматуре без сцепления в стадии разрушения железобетонной балочной конструкции. Данная величина напряжений используется в прочностных расчётах постнапряжённых элементов и весьма важна при их проектировании для получения экономичных и надёжных решений. По рассмотренным формулам и рекомендациям проведён расчёт, исходные данные для которого приняты по параметрам ряда образцов-балок, испытанных на изгиб в ранее выполненном экспериментальном исследовании. Результаты определения величины итогового усилия в арматуре без сцепления, полученные по различным расчётным методикам, сопоставляются между собой и с данными эксперимента, в котором величина усилия в нитях напрягаемой арматуры без сцепления измерялась посредством устройств, изготовленных с применением тензорезисторов. На основании выполненного сопоставительного анализа, сделан вывод о практической применимости тех или иных методик, рассмотренных в статье.

Ключевые слова: постнапряжение; моностренд; антипотери; испытания на изгиб; расчётный комплекс; линейная механика материалов.

Одним из основных элементов монолитного железобетонного каркаса здания является перекрытие. От его материалоёмкости, прочности и жёсткости во многом зависит экономичность и безопасность всего здания в целом. Существенно увеличить пролёты между вертикальными несущими конструкциями, а также повысить жёсткость монолитного перекрытия удаётся путём его предварительного напряжения в условиях строительной площадки. При этом напрягаемая арматура – «моностренды» – не имеет сцепления с бетонной частью перекрытия, а усилие предварительного обжатия передаётся только по торцам плиты [1]. Предварительное напряжение монолитных конструкций арматурой без сцепления, как правило, называется постнапряжением.

При проектировании постнапряжённых плит перекрытий и иных элементов в прочностных расчётах используется величина фактически действующего в арматуре без сцепления напряжения в стадии разрушения элемента σ_{sp} , в отличие от обычных пред напряжённых

ных конструкций, в которых арматура имеет сцепление с бетоном по всей длине и где в прочностных расчётах используется её сопротивление R_{sp} .

В процессе работы постнатяжённых пролётных конструкций они получают определённый прогиб, обусловленный действием их собственного веса и эксплуатационных нагрузок. Вследствие прогиба конструкция напрягаемая арматура получает определённое приращение длины, что вызывает соответствующий рост величины напряжений в ней. Поскольку проектировщики и строители заинтересованы в получении более экономичных проектных решений, данное приращение напряжений, называемое «антипотерями» [2], может быть учтено в прочностных расчётах.

В зарубежных источниках проблеме расчётного определения величины антипотерь уделено достаточно много внимания. В [3] отмечается, что за более чем пятидесятилетнюю историю изучения антипотерь исследователями различных стран были выявлены основные факторы, влияющие на величину приращения напряжений в арматуре без сцепления: прочность бетона на сжатие, количество напрягаемых элементов и ненапрягаемой арматуры, отношение высоты сечения к величине пролёта конструкции и некоторые другие.

В процессе накопления теоретических и экспериментальных данных за рубежом были выделены основные положения, используемые в расчётных методиках:

- ✓ деформация в арматуре без сцепления не находится в прямой зависимости от деформаций окружающего бетона, однако итоговое удлинение напрягаемой арматуры между торцами конструкции может быть определено, исходя из распределения кривизны балки по её длине;

- ✓ на суммарное удлинение напрягаемой арматуры между торцами конструкции преимущественно влияет деформация, развивающаяся в так называемой «зоне пластики» (зона длиной L_0 на рис. 1, б), в то время как упругими деформациями за пределами данной зоны допустимо пренебречь;

- ✓ любыми потерями на трение каната о стенки канала можно пренебречь, поэтому напряжение в канате считается величиной, постоянной по всей его длине.

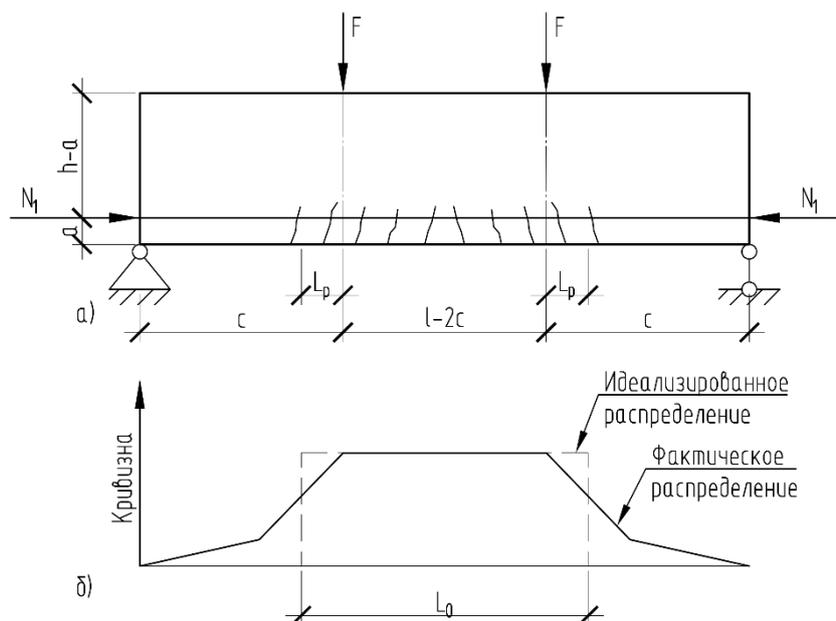


Рис. 1 – Балка, напряжённая арматурой без сцепления:
а – схема; б – распределение кривизны по длине балки

Тем самым, одной из основных трудностей в определении величины антипотерь в зарубежных методиках оказывается практически удобное и в то же время приемлемое по точности определение величины L_0 .

Согласно [3], к настоящему времени за рубежом сформировались два основных подхода к определению длины «зоны пластики». В первом из них принято, что длина зоны L_0 пропорциональна отношению пролёта конструкции к рабочей высоте сечения, т.е. L/d_p . Во втором подходе L_0 ставится в зависимость от положения нейтральной оси.

Исходя из первого подхода, исследователями было получено следующее выражение для определения итоговой величины напряжений в арматуре без сцепления на стадии, предшествующей разрушению элемента:

$$f_{ps} = K_1 + K_2 f_{se} + K_3 \frac{(A'_s f'_y - A_s f_y)}{A_{ps}} + K_4 \sqrt{\frac{d_s}{d_p} \frac{f'_c}{\rho_p} \left[\frac{1}{f} + \frac{1}{L/d_p} \right]} \quad (1)$$

где $K_1 \dots K_4$ – коэффициенты, в общем случае вычисляемые по результатам предварительно выполненных экспериментов; согласно [3], в большинстве расчётов можно задаваться следующими величинами коэффициентов: $K_1=10000$, $K_2=0,8$, $K_3=1/15$ и $K_4=80$; f_{se} – эффективный уровень напряжений в арматуре без сцепления (т.е. уровень напряжения после развития первых и вторых потерь); A_s и A'_s – площадь растянутой и сжатой арматуры, имеющей сцепление с бетоном; f_y и f'_y – прочность по пределу текучести растянутой и сжатой арматуры со сцеплением; A_{ps} – площадь сечения напрягаемой арматуры без сцепления; d_s – расстояние от сжатой грани элемента до центра тяжести арматуры A_s ; d_p – то же, до центра тяжести арматуры A_{ps} ; f'_c – прочность бетона на сжатие, полученная при испытании образцов-цилиндров, размеры которых приняты в соответствии с нормативами США; ρ_p – коэффициент, вычисляемый по формуле $\rho_p = A_{ps} / b' d_p$, здесь b' – ширина сжатой зоны поперечного сечения элемента; f – коэффициент, зависящий от типа действующей на конструкцию нагрузки (для сосредоточенной силы, приложенной в одной точке $f=10$, при действии двух сосредоточенных сил и равномерно-распределённой нагрузки $f=3$); L – пролёт элемента.

Следует отметить, что формула (1) предназначена для подстановки единиц в английской системе мер.

На основании подхода о зависимости величины антипотерь от соотношения L/d_p были получены также более удобные для практического применения выражения, включённые в американский норматив по расчёту и проектированию бетонных и железобетонных конструкций ACI 318-02:

✓ для элементов с отношением пролёта к высоте сечения $L/h \leq 35$ были (балки):

$$f_{ps} = f_{se} + 10000 + \frac{f'_c}{100 \rho_p} \leq f_{py} \quad (2)$$

✓ для элементов с отношением $L/h > 35$ (большинство плит):

$$f_{ps} = f_{se} + 10000 + \frac{f'_c}{300 \rho_p} \leq f_{py} \quad (3)$$

где d_{py} – прочность напрягаемой арматуры по пределу текучести.

Подход к вычислению величины антипотерь, ставящий напряжение в арматуре без сцепления в зависимость от положения нейтральной оси, нашёл применение в нормативах Великобритании и Канады.

В канадском нормативном документе A23.3-94 для вычисления напряжений в арматуре без сцепления на стадии работы конструкции, предшествующей разрушению, приводится следующее выражение:

$$f_{ps} = f_{pe} + 8000 \frac{(d_p - c_y)}{l_e} \leq 0,7 f_{py} \quad (4)$$

где l_e – величина, определяемая как $l_e = L_t / n$, здесь L_t – длина напрягаемого арматурного элемента между точками анкеровки, n – количество пластических шарниров в рассматриваемом

мом пролёте (для однопролётной шарнирно-опёртой балки, согласно [3, с. 9], $n=1$); c_y – величина, вычисляемая по формуле: $c_y = (A_{ps}f_{py} + A_s f_y) / \alpha_1 f_c' \beta_0 b$, здесь $\alpha_1 = 0,85 - 0,0015 f_c'$ и $\beta_0 = 0,97 - 0,0025 f_c'$.

В британском нормативном документе BS 8110-1:1985 приводится следующая зависимость для определения итоговых напряжений в арматуре:

$$f_{ps} = f_{pe} + \frac{7000}{L/d_p} \left(1 - \frac{1,7 f_{pu} A_{ps}}{f_{cu} b d_p} \right) \leq 0,7 f_{pu} \quad (5)$$

где f_{cu} – прочность бетона на сжатие, полученная при испытании образцов-кубов; f_{pu} – прочность напрягаемой арматуры при разрыве.

Следует заметить, что формулы (4) и (5) ориентированы на использование единиц системы СИ.

Помимо этого, авторами [3] предложено собственное выражение для определения напряжений в арматуре без сцепления, несколько упрощающее формулу (4):

$$f_{ps} = f_{pe} + \frac{0,0279 E_{ps} (d_p - c_{pe})}{l_e} \leq f_{py} \quad (6)$$

где E_{ps} – модуль упругости напрягаемой арматуры; c_{pe} – величина, вычисляемая по формуле: $c_{pe} = (A_{ps} f_{pe} + A_s f_y) / 0,85 \beta_1 f_c' b$, здесь β_1 – коэффициент, принимаемый в зависимости от прочности бетона на сжатие (при $f_c' < 28$ МПа – $\beta_1 = 0,85$, при 28 МПа $< f_c' \leq 56$ МПа – $\beta_1 = 0,85 - 0,05(f_c' - 28)/7$ и при $f_c' > 56$ МПа – $\beta_1 = 0,65$).

В нашей стране наблюдается определённый недостаток методов определения величины антипотерь или напряжений в предельной стадии σ_{sp} в арматуре без сцепления для расчёта постнапряжённых конструкций по прочности.

Один из способов предложен в монографии [2]. Согласно ему, приращение напряжений в арматуре без сцепления зависит от её геометрического удлинения, которое определяется прогибом рассматриваемой конструкции (рис. 2). Автор [2] предлагает вычислять предварительный прогиб конструкции в программных комплексах, основанных на методе конечных элементов, например, SCAD.

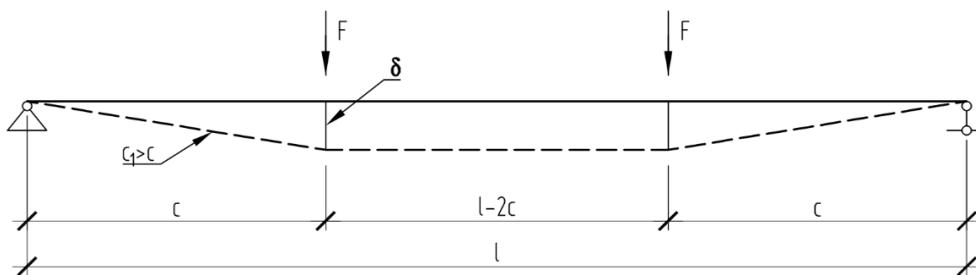


Рис. 2 – Схема к определению удлинения арматуры без сцепления, согласно [2]

Аналитический способ определения величины антипотерь предложен в [4]. Его недостатком можно считать ориентацию только на балочные элементы, а также предположение об упругой работе элемента.

Следует отметить также работу [5], в которой предложена методика определения антипотерь в безбалочных плитах перекрытий.

С целью выявления основных особенностей работы балочных элементов, напряжённых арматурой без сцепления, в работе [6] было проведено экспериментальное исследование ряда образцов-балок. Более подробное описание методики эксперимента и параметров образцов приведено в [4], [7] и [8]. В процессе испытаний, помимо прогибов, характера

образования и ширины раскрытия трещин, проводилось также измерение величины усилий в напрягаемой арматуре, для чего использовались тензометры, подробнее описанные в [9].

При известных из эксперимента прочностях материалов, геометрических размерах образцов и величинах предварительного напряжения по формулам (1)...(6), а также по методикам, приведённым в [2] и [4] был выполнен расчёт величины антипотерь. В расчётах использовалась прочность бетона в возрасте 28 суток, равная $R_b=2,68$ кН/см² и полученная при испытании образцов-кубов с размером грани 100 мм. Прочность напрягаемой арматуры Вр-1500 диаметром 5 мм по результатам испытания её на разрыв была принята равной $R_{sp}=176,5$ кН/см². Величина усилия в напрягаемой арматуре для расчётов задавалась как $P_0=56,38$ кН. В необходимых случаях величины из системы единиц СИ переводились в английскую систему мер.

Испытание образцов-балок производилось сериями по 2 образца. Балки Б1 и Б2 были испытаны при возрасте бетона 70 суток, а балки Б3 и Б4 при возрасте бетона 145 суток. Соответственно, величина предварительного обжатия и прочность бетона ко времени проведения испытаний изменились (их значения в момент проведения испытания приведены в [4]). Для более точного сопоставления результатов расчёта и эксперимента по формулам нормативов США и методик [2] и [4], представляющих наибольший практический интерес при рассмотрении балочных элементов, расчёты были проведены дважды: при приведённых выше величинах прочности бетона и усилия предварительного обжатия, а также при прочности бетона и усилия обжатия, актуальных на момент проведения испытания. По остальным формулам расчёт проводился только при подстановке «нормативных» прочности бетона и усилия преднапряжения.

Результаты расчёта величины антипотерь и сопоставление с результатами эксперимента приведено в таблице.

Сопоставление расчётных и экспериментальных величин антипотерь

Способ определения антипотерь		Изменение усилия, ΔP , кН (%)	Примечание
Формула (1)		-8,49 (-17,23)	Формула ориентирована на конструкции, содержащие арматуру со сцеплением
Формула (2) АСІ 318 (США)	28 сут.	6,59 (10,47)	Величина итоговых напряжений ограничена f_{pu}
	70 сут.	7,64 (35,3)	
	145 сут.	8,34 (27,5)	
Формула (4) А23.3-94 (Канада)		-6,44 (-12,89)	При игнорировании ограничения f_{pu} имеем рост усилия на 8,6 кН (13,24%)
Формула (5) BS8110 (Британия)		-6,44 (-12,89)	При игнорировании ограничения f_{pu} имеем рост усилия на 6,9 кН (10,90%)
Формула (6) по [3] (университет Гонконга)		6,41 (10,22)	Величина итоговых напряжений ограничена f_{pu}
Методика [2]	28 сут.	0,02 (0,03)	Величина антипотерь зависит от прогиба и, тем самым, от величины приложенной нагрузки; прогиб определяется в SCAD
	70 сут.	0,02 (0,93)	
	145 сут.	0,02 (0,65)	
Метод [4]	28 сут.	0,75 (1,31)	Величина антипотерь зависит от приложенной нагрузки. Линейная упругая работа элемента
	70 сут.	0,73 (33,95)	
	145 сут.	0,66 (21,57)	
Балки Б1 и Б2 (70 сут.)		2,15	Результаты эксперимента
Балки Б3 и Б4 (145 сут.)		3,06	

Примечание. В возрасте 70 суток и 145 суток изменение усилия предварительного обжатия в процентах подсчитано относительно соответствующих величин «антипотерь», полученных экспериментально. В остальных случаях изменение обжатия в процентах вычислено относительно расчётного значения $P_0=56,38$ кН в возрасте 28 суток.

По данным табл. следует, что расчёт по формуле (1) показал падение усилия в арматуре относительно исходного значения $P_0=56,38$ кН. Данный результат может быть объяснён некорректностью использования данной формулы применительно к балкам, рассмотренным в эксперименте, поскольку в них отсутствует арматура со сцеплением, в то время как формула ориентирована на конструкции, содержащие такую арматуру.

Падение усилия обжатия получено также по формулам нормативов Британии и Канады. Однако в данном случае снижение усилия связано с заложенными в методики расчёта постнапряжённых конструкций ограничениями на допустимое напряжение в арматуре без сцепления. При игнорировании ограничения величины напряжений в арматуре величиной $0,7 f_{pu}$ по данным формулам получаем прирост усилия обжатия на 13,2 % и 10,9 % соответственно. В эксперименте натяжение арматуры осуществлялось без учёта требований нормативов данных стран к допустимой величине исходного усилия обжатия P_0 , что могло привести к получению изначально «перенапряжённой» арматуры в экспериментальных балках с точки зрения требований нормативов Канады и Британии.

При расчёте по формулам (2) и (6) получено приращение усилия обжатия примерно на 10% относительно исходного значения P_0 . Ограничение итоговых напряжений в арматуре величиной f_{pu} по данным методикам представляется вполне рациональным.

Расчёт по методике, содержащейся в [2], требует проведения предварительных расчётов в программном комплексе, основанном на методе конечных элементов. В [2] для этих целей рекомендуется программа SCAD. Необходимость создания расчётной модели повышает трудоёмкость определения антипотерь относительно рассмотренных расчётных формул. Сам процесс расчёта антипотерь оказывается в данном случае итерационным, поскольку для определения прогиба конструкции предварительно необходимо задаться величиной предельно допустимой нагрузки на элемент, которая изначально неизвестна. Кроме того, в ПК SCAD на данный момент не реализован учёт физической нелинейности работы бетона, что приводит к получению заниженных значений прогибов. Вопросы же учёта нелинейности работы бетона в данном комплексе имеют свою специфику.

В расчёте, проведённом в данной работе, бетонная часть балки моделировалась в двух вариантах: объёмными и стержневыми конечными элементами. Модуль упругости бетона в обоих случаях принимался равным начальному. Арматура задавалась стержневыми конечными элементами, усилия обжатия получалось путём приложения отрицательного температурного воздействия к стержням арматуры [10]. В итоге расчётов обеих схем при действии предельной для элемента нагрузки, определённой экспериментально, был получен весьма малый прогиб, в результате приращение длины арматуры также оказалось незначительным, что, в конечном итоге, дало пренебрежимо малый прирост усилия обжатия.

Расчёт по методике [4] также обладает недостатками – требуется предварительный расчёт по аналитической зависимости, которая ориентирована на упругую работу элемента. Для расчёта антипотерь по данной методике также нужно предварительно задаться предполагаемой предельной для элемента нагрузкой, что делает процесс расчёта итерационным.

По данным табл. 1 следует, что ни одна из рассмотренных расчётных методик не показала результат вычисления антипотерь, в достаточной мере соответствующий экспериментальным данным. Нормы США показали завышенное примерно в 3 раза значение антипотерь. Прирост усилия в арматуре, полученный по методике [2], составил менее 1 % относительно данных эксперимента. Методика [4] показала рост усилия в арматуре в среднем на уровне 27 % от его фактического экспериментального значения.

Заключение.

Вопрос определения величины усилия обжатия в арматуре без сцепления оказывается довольно важным при проектировании постнапряжённых конструкций. За рубежом, где технология постнапряжения весьма популярна, данной проблеме уделяется достаточное

внимание, что в конечном итоге привело к появлению определённых расчётных зависимостей, позволяющих спрогнозировать итоговую величину напряжений в арматуре без сцепления в стадии разрушения конструкции.

В нашей стране, в силу пока ещё недостаточной распространённости напряжения монолитных конструкций арматурой без сцепления, вопрос определения величины антипотерь проработан в недостаточной мере.

В сравнении с экспериментальными данными, рассмотренные в данной работе методики привели либо к существенно завышенным, либо к существенно заниженным результатам. С одной стороны, это может быть объяснено особенностью рассмотренных в эксперименте балок – в них полностью отсутствовала арматура со сцеплением, которая так или иначе учитывается рассмотренными расчётными методиками. С другой стороны, можно сделать вывод о необходимости продолжения поисков оптимальной и универсальной расчётной методики определения антипотерь, которая будет показывать удовлетворительные результаты также и для балок, не содержащих арматуру со сцеплением.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Баркая, Т. Р.** Предварительное напряжение монолитных железобетонных конструкций арматурой, не имеющей сцепления с бетоном / Т. Р. Баркая, А. В. Бровкин, А. В. Гавриленко, П. О. Скудалов // Саморазвивающаяся среда технического вуза: научные исследования и экспериментальные разработки: Материалы всероссийской научно-практической конференции. Тверь. – 2016. – С. 41-48.

2. **Портаев, Д. В.** Расчёт и конструирование монолитных преднапряженных конструкций гражданских зданий / Д. В. Портаев. – М.: Ассоциация строительных вузов, 2011. – 248 с.

3. **Au F. T. K.** Prediction of ultimate stress in unbonded prestressed tendons / F. T. K. Au, J. S. Du // Magazine of Concrete Research. – 2004. – № 56. – Pp. 1-11.

4. **Гавриленко, А. В.** К расчёту элементов с предварительно напряженной арматурой без сцепления с бетоном / А. В. Гавриленко, Т. Р. Баркая, С. В. Черемных, С. А. Соколов // Образование и наука в России и за рубежом. – 2018. – № 13 (48). – С. 418-423.

5. **Шапошникова, Ю. А.** К определению напряжений в арматуре без сцепления с бетоном в безбалочных перекрытиях / Ю. А. Шапошникова, В. С. Кузнецов // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – № 3. – С. 50-53.

6. **Гавриленко, А. В.** Экспериментально-теоретическое сопоставление методик расчёта прочности, жёсткости и трещиностойкости железобетонных балок, напряжённых арматурой без сцепления : магистерская диссертация : 08.04.01 / А.В. Гавриленко ; Тверской государственный технический университет. – Тверь, 2017. – 380 с.

7. **Гавриленко, А. В.** Расчёт балок, напряжённых арматурой без сцепления, методами линейной механики материалов / А. В. Гавриленко, Т. Р. Баркая, С. Л. Субботин, С. А. Соколов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 4 (7). – С. 16-21.

8. **Гавриленко, А. В.** Методики расчёта по прочности, жёсткости и трещиностойкости железобетонных балок с напрягаемой арматурой без сцепления / А. В. Гавриленко, Т. Р. Баркая // Строительство – формирование среды жизнедеятельности: сборник трудов XX международной научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных. Москва. – 2017. – С. 270-272.

9. **Гавриленко, А. В.** Опыт изготовления и использования тензометров, основанных на тензорезисторах / А. В. Гавриленко, Т. Р. Баркая // Теоретические исследования и экспериментальные разработки студентов и аспирантов: Сборник научных трудов. Тверь. – 2018. – С. 188-192.

10. Дзюба, И. С. Монолитное большепролётное ребристое перекрытие с постнапряжением / И. С. Дзюба, Н. И. Ватин, В. Д. Кузнецов // Инженерно-строительный журнал. – 2008. – № 1. – С. 5-12.

Поступила в редакцию 25 июня 2019

JUXTAPOSITION OF DETERMINATION OF STRESS INCREASE METHODS IN TENDONS OF POST-TENSIONED CONCRETE BEAMS

A. V. Gavrilenko, T. R. Barkaya, S. L. Subbotin, A. V. Brovkin

Gavrilenko Alexey Vladimirovich, assistant of the Department of Structures and Facilities, Tver State Technical University, Tver, Russian Federation, phone: +7(4822)78-83-31; e-mail: gawaw@mail.ru

Barkaya Temur Raufovich, associate Professor, head of the Department of Structures and Facilities, Tver State Technical University, Tver, Russian Federation, phone.: +7(4822)78-83-31; e-mail: btrs@list.ru

Subbotin Sergey Lvovich, PhD, Professor of the Department of Structures and Facilities, Tver State Technical University, Tver, Russian Federation, phone.: +7(4822)78-83-31; e-mail: sbtn@yandex.ru

Brovkin Andrey Viktorovich, associate Professor of Structures and Facilities, Tver State Technical University, Tver, Russian Federation, phone: +7(4822)78-83-31; e-mail: kalinin_kb@inbox.ru

Calculation methods of determination of stresses in unbonded tendons in ultimate work stage of post-tensioned beam are considered. This ultimate stress is using in strength capacity calculations of post-tensioned constructions. Accurate determination of its value is helpful to make economical and reliable design decisions. Results of calculation of value of ultimate stress in post-tensioned tendons are given. Initial data for calculation was taken from samples of beams which was used in bending test that was made before. During this bending test there was measures of stress in unbonded tendons by devices made with using of strain gauges. Results taking by different calculation methods are juxtaposed with each other and with experimental data. Because of comparative analysis conclusion about accuracy and applicability of calculation methods which was considering in this paper are made.

Keywords: post-tensioning; tendon; ultimate stress in unbonded prestressed tendons; bending test; structural analysis program; linear mechanics of materials.

REFERENCES

1. **Barkaya T. R., Brovkin A. V., Gavrilenko A. V., Skudalov P. O.** *Posttensioning of monolithic reinforcement concrete structures*. Tver, Self-developing Environment of Technical University: Scientific Researches and Experimental Elaboration, Materials of Nationwide Scientific and Practical Conference. 2016. Pp. 41-48. (in Russian)
2. **Portaev D. V.** *Calculation and design of monolithic posttensioned constructions of civil buildings*. Moscow, Publishing House of Building University's Association. 2011. 248 p. (in Russian)
3. **Au F. T. K., Du J. S.** *Prediction of ultimate stress in unbonded prestressed tendons*. Magazine of Concrete Research. 2004. No. 56. Pp. 1-11.
4. **Gavrilenko A. V., Barkaya T. R., Cheremnyh S. V., Sokolov S. A.** *To the calculation of elements with pretensioned reinforcement without bond to concrete*. Study and Science in Russia and Abroad. 2018. No. 13 (48). Pp. 418-423. (In Russian)
5. **Shaposhnikova Yu. A., Kuznecov V. S.** *To the determination of stresses in reinforcement without bond to concrete in floor slabs without beams*. Industrial and Civil Engineering. 2015. № 3. Pp. 50-53. (In Russian)
6. **Gavrilenko A. V.** *Experimental and theoretical comparison of methods of calculations of strength and crack capacities and deflections of posttensioned beams*. Tver, Tver State Technical University. 2017. 380 p. (in Russian)

7. **Gavrilenko A. V., Barkaya T. R., Subbotin S. L., Sokolov S. A.** *Calculation of beams prestressed by reinforcement without bond to concrete by methods of linear mechanics of materials.* Housing and Communal Infrastructure. 2018. No. 4(7). Pp. 16-21. (In Russian)
8. **Gavrilenko A. V., Barkaya T. R.** *Methods of calculation of strength, deflections and crack capacity of posttensioned beams.* Moscow, Construction – developing of living environment: collection of works XX international scientific and practical conference of students, masters, post graduate students and young scientists. 2017. Pp. 270-272. (In Russian)
9. **Gavrilenko A. V., Barkaya T. R.** *Experience of making and using of meters based on strain gauges.* Tver, Theoretical studies and experimental developments of students and post-graduate students: Collection of scientific papers. 2018. Pp. 188-192. (In Russian)
10. **Dzyuba I. S., Vatin N. I., Kuznecov V. D.** *Monolithic large-span ribbed floor slab with posttension.* Civil Engineering Magazine. 2008. No. 1. Pp. 5-12. (In Russian)

Received 25 June 2019

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Гавриленко, А. В. Анализ современной терминологии в области надежности и долговечности строительных конструкций / А. В. Гавриленко, Т. Р. Баркая, С. Л. Субботин, А. В. Бровкин // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 3(10). – С. 9-17.

FOR CITATION:

Gavrilenko A. V., Barkaya T. R., Subbotin S. L., Brovkin A. V. *Juxtaposition of determination of stress increase methods in tendons of post-tensioned concrete beams.* Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 3(10). Pp. 9-17. (in Russian)

УДК 624.138.23

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОГО ДАВЛЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАСЫПКИ ИЗ ФИБРОГРУНТА НА ПОДПОРНУЮ СТЕНУ

А. С. Гришина, И. Н. Попова

Гришина Алла Сергеевна, старший преподаватель кафедры «Строительное производство и геотехника», строительный факультет, ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Российская Федерация, тел.: +7(342)2-198-377; e-mail: koallita@yandex.ru

Попова Ирина Николаевна, магистрант, строительный факультет, ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Российская Федерация, тел.: +7(902)639-64-73; e-mail: irinaropova.nikolaevna@mail.ru

Применение грунта, армированного фиброй, в качестве обратной засыпки подпорных конструкций позволяет значительно уменьшить горизонтальное давление на них за счет увеличенных прочностных характеристик фиброгрунта. Уменьшение давления обратной засыпки на подпорную стену снижает материалоемкость, а значит и стоимость возведения сооружения. Данная статья посвящена вопросу аналитического определения активного давления обратной засыпки из фиброгрунта на подпорную стену. В статье предложено два метода расчета. Первый метод основывается на нормативной литературе по проектированию подпорных стен и «дискретной» модели фиброгрунта, предложенной Zornberg. Модель фиброгрунта Zornberg используется для определения прочностных характеристик фиброгрунта по независимым характеристикам волокна и грунта. Второй метод опирается на модель грунта, армированного фиброй, разработанную Michalowski. В модели представлен способ определения давления на основе кинематического подхода. По предложенным методам выполнен расчет для массивной подпорной стены различной высоты. В качестве фиброгрунта принят песок, армированный волокнами полипропилена. Расчет произведен для песка с удельным сцеплением 3 кПа и для идеально сыпучего грунта. Представлены результаты расчетов по описанным методам. Второй метод расчета не учитывает удельное сцепление грунта, а также геометрию расчетной схемы, что ограничивает его применимость. В статье сделан вывод о том, что необходимо экспериментальное подтверждение и дальнейшее исследование для определения применимости и усовершенствования описанных методов расчета.

Ключевые слова: фибровое армирование; подпорная стена; обратная засыпка; активное давление.

Подпорная стена – это искусственное сооружение, предназначенное для обеспечения устойчивости находящегося за ним массива грунта [1]. Подпорные стены нашли широкое применение в строительстве, в том числе в транспортной и гидротехнической областях, а также для оптимального использования городской территории [2]. Снижение материалоемкости, а значит, и стоимости возведения подпорной стены может достигаться путем уменьшения давления грунта обратной засыпки, а также гидростатического давления грунтовой воды. Для этого рационально применение технологии фибрового армирования [3]. Так, песчаный грунт, армированный фиброй (волокнами), является дренирующим и имеет повышенные прочностные характеристики, что позволяет снизить величину давления грунта обратной засыпки на подпорную стену и ее горизонтальные перемещения. Такое заключение подтверждается моделированием работы подпорных конструкций с обратной засыпкой из фиброгрунта в программных комплексах [4...6], а также модельными испытаниями таких сооружений [7].

Цель данного исследования – определение и анализ возможных способов вычисления величины активного давления обратной засыпки из фиброгрунта на подпорную стену. Для расчетов предложено два метода:

© Гришина А. С., Попова И. Н., 2019

✓ метод №1 основывается на справочном пособии «Проектирование подпорных стен и стен подвалов» к СНиП 2.09.03-85 «Сооружения промышленных предприятий» и модели фиброгрунта Zornberg [8] для определения прочностных характеристик фиброгрунта;

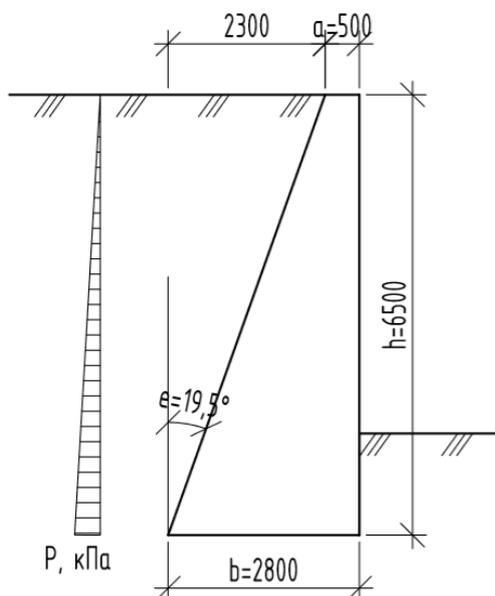
✓ метод №2 опирается на модель фиброгрунта Michalowski [9].

В качестве фиброгрунта рассмотрен мелкий песок, армированный полипропиленовым волокном в количестве 0,25 %. Основные характеристики фиброгрунта представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики фиброгрунта	
Характеристика	Величина
<i>Грунт – песок</i>	
Удельный вес	16,4 кН/м ³
Удельное сцепление	1,3 кПа 2,0 кПа
Угол внутреннего трения	30 град
<i>Волокно – полипропилен</i>	
Длина волокна	12 мм
Диаметр волокна	0,02 мм
Плотность волокна	0,91 г/см ³
Процент армирования	0,25 %

Расчеты были проведены для массивной подпорной стенки различной высоты: 4 м, 6,5 м, 9 м. Расчетная схема для подпорной стены высотой 6,5 м приведена на рисунке.



Расчетная схема для подпорной стены высотой $h = 6,5$ м,
где P – интенсивность горизонтального активного давления грунта от собственного веса, кПа;
 a, b – размеры подпорной стены, мм; e – угол наклона расчетной плоскости к вертикали, град.

Метод №1

Основные положения по расчету и конструированию подпорных стен приведены в справочном пособии «Проектирование подпорных стен и стен подвалов» к СНиП 2.09.03-

85 «Сооружение промышленных предприятий». Для выполнения расчета устойчивости положения стены против сдвига необходимо определить величины интенсивности горизонтального активного давления грунта от собственного веса P_γ , интенсивности горизонтального давления грунта от распределенной нагрузки q , расположенной на поверхности призмы обрушения P_q , по формулам (1) и (2) соответственно:

$$P_\gamma = [\gamma\gamma_f h\lambda - c(K_1 + K_2)]y/h, \quad (1)$$

$$P_q = q\gamma_f\lambda, \quad (2)$$

где γ – удельный вес грунта; γ_f – коэффициент надежности по нагрузке; h – высота подпорной стены; λ – коэффициент горизонтального давления грунта; c – удельное сцепление грунта; K_1, K_2 – коэффициенты, учитывающие сцепление грунта; y – глубина, на которой определяется интенсивность давления грунта.

В свою очередь, коэффициент горизонтального давления грунта λ зависит от угла внутреннего трения грунта φ и геометрии расчетной схемы. Следовательно, для определения величины активного давления обратной засыпки из фиброгрунта необходимы следующие характеристики: удельный вес фиброгрунта γ , удельное сцепление c и угол внутреннего трения φ фиброгрунта.

Нормативные документы по определению прочностных характеристик грунтов, армированных фиброй, отсутствуют, но существуют некоторые расчетные модели фиброгрунта, оценивающие его прочность [10]. Zornberg J.G. в 2002 году предложена дискретная модель фиброгрунта, позволяющая определить его прочность на сдвиг по независимым характеристикам армирующего волокна и грунта [8]. Согласно данной модели причина разрушения может заключаться в выдергивании волокна либо в его разрыве. В случае разрушения фиброгрунта из-за выдергивания волокон удельное сцепление c_{eq} и угол внутреннего трения $(tg\varphi)_{eq}$ фиброгрунта определяются по формулам (3) и (4) соответственно; в случае разрушения фиброгрунта из-за разрыва волокон – по формулам (5), (6):

$$c_{eq} = (1 + \alpha \cdot \eta \cdot \chi \cdot c_{i,c}) \cdot c, \quad (3)$$

$$(tg\varphi)_{eq} = (1 + \alpha \cdot \eta \cdot \chi \cdot c_{i,\varphi}) \cdot tg\varphi, \quad (4)$$

где α – эмпирический коэффициент, учитывающий ориентацию волокон (варьируется от 0 до 1, если волокна ориентированы хаотично $\alpha = 1$); $\eta = l_f / d_f$ – геометрический параметр волокна, где l_f и d_f – соответственно длина и диаметр элементарного волокна; χ – процентное содержание волокон; $c_{i,c}$ и $c_{i,\varphi}$ – коэффициенты взаимодействия волокон и грунта; c и φ – соответственно удельное сцепление и угол внутреннего трения грунта;

$$c_{eq} = c + \alpha \cdot \chi \cdot \sigma_{f,ult}, \quad (5)$$

$$(tg\varphi)_{eq} = tg\varphi, \quad (6)$$

где $\sigma_{f,ult}$ – предел прочности на растяжение волокна.

Данная модель [8] была подтверждена серией испытаний, в которой использовались разные типы грунтов, армированные волокнами с различными характеристиками.

Результаты существующих исследований показывают, что при строительных нагрузках разрушение фиброгрунта происходит из-за выдергивания волокон, и расчет производится по формулам (3), (4); определяется интенсивность активного давления грунта от собственного веса (1).

Метод №2

Michalowski R. L. [9] в 2008 году представил модель фиброгрунта, разработанную на основе кинематического подхода. Автором была выведена формула для определения величины активного давления фиброгрунта P_a обратной засыпки подпорной стенки:

$$P_a = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2, \quad (7)$$

где K_a – коэффициент активного давления грунта, γ – удельный вес фиброгрунта, H – высота подпорной стенки. В исследовании определено значение коэффициента активного давления грунта K_a в зависимости от следующих параметров: угла внутреннего трения грунта, угла трения на стыке подпорной стены и грунта, геометрических параметров волокна, процента содержания волокон, коэффициента взаимодействия волокон и грунта, изотропности материала.

Результаты расчетов активного давления по двум методам приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчетов

Удельное сцепление песка	Метод расчета	Активное давление обратной засыпки из фиброгрунта на подпорную стену, кПа		
		$h = 4 \text{ м},$ $e = 25,4 \text{ град}$	$h = 6,5 \text{ м},$ $e = 19,5 \text{ град}$	$h = 9 \text{ м},$ $e = 14,0 \text{ град}$
3 кПа	№1 Справочное пособие к СНиП + модель Zornberg	11,52	18,07	21,12
	№2 Модель Michalowski	15,20	24,60	34,10
	Расхождение	24 %	27 %	38 %
0 кПа	№1 Справочное пособие к СНиП + модель Zornberg	15,70	23,15	27,00
	№2 Модель Michalowski	15,20	24,60	34,10
	Расхождение	3 %	6 %	21 %

В расчете по методу № 1 величина удельного сцепления грунта значительно влияет на величину активного давления, что не учитывается в модели фиброгрунта Michalowski. Также метод расчета № 2 не учитывает геометрию расчетной схемы. При расчете, где величина удельного сцепления грунта принята равной нулю, сходимость результатов выше. Разница результатов растет с увеличением высоты подпорной стены.

Заключение.

Величину активного давления фиброармированной обратной засыпки без проведения дополнительных испытаний фиброгрунта можно определить аналитически следующими способами:

1. По справочному пособию «Проектирование подпорных стен и стен подвалов», используя дискретную модель Zornberg [8] для вычисления удельного сцепления и угла внутреннего трения фиброгрунта.

2. Используя энергетическую модель Michalowski [9].

В качестве исходных данных для таких расчетов необходимы: расчетная схема подпорной стены, характеристики грунта, волокна, величина процентного содержания волокон. При этом расчет по модели Michalowski не учитывает удельное сцепление грунта, а также геометрию расчетной схемы, что ограничивает его применимость.

Для описанных методов необходимо экспериментальное подтверждение, а также дальнейшее исследование для определения применимости и усовершенствования расчетных моделей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения** / В. А. Ильичева, Р. А. Мангушева. – М.: Изд-во АСВ, 2014. – 728 с.
2. **Клейн, Г. К.** Расчет подпорных стен / Г. К. Клейн. – М.: Высшая школа, 1964. – 196 с.

3. **Пономарев, В. С.** Планирование эксперимента по исследованию работы подпорной стенки с обратными засыпками из песка и фиброармированного грунта / В. С. Пономарев, А. С. Гришина // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2018. – Т. 1. – С. 49-55.
4. **Park, T.** Enhanced performance of reinforced soil walls by the inclusion short fiber / T. Park, S. A. Tan // Geotextiles and Geomembranes. – 2005. – № 23. – Pp. 348-361.
5. **Nasr, A. M.** Behavior of strip footing on fiber-reinforced cemented sand adjacent to sheet pile wall / A. M. Nasr // Geotextiles and Geomembranes. – 2014. – № 42. – Pp. 599-610.
6. **Клевеко, В. И.** Использование метода конечных элементов для моделирования работы подпорных конструкций с засыпкой из фиброармированного грунта / В. И. Клевеко, К. Р. Кашапова // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. – 2015. – № 4 – С. 38-50.
7. **Гришина, А. С.** Оценка эффективности работы подпорной стены с обратной засыпкой из фиброармированного грунта по модельным испытаниям / А. С. Гришина, Р. С. Смирнов, А. Б. Пономарев // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 2(61). – С. 126-132.
8. **Zornberg, J. G.** Discrete framework for limit equilibrium analysis of fibre-reinforced soil / J. G. Zornberg // Geotechnique. – 2002. – № 52. – Pp. 593-604.
9. **Michalowski, R. L.** Limit analysis with anisotropic fibre-reinforced soil / R. L. Michalowski // Geotechnique – 2008. – № 58(6). – Pp. 489-501.
10. **Shukla, S. K.** Fundamentals of fibre-reinforced soil engineering / S. K. Shukla. – Springer International Publishing. – 2017. – 181 p.

Поступила в редакцию 28 июня 2019

TO THE ISSUE OF DETERMINING THE ACTIVE PRESSURE FROM THE FIBER-REINFORCED SOIL BACKFILL ON THE RETAINING WALL

A. S. Grishina, I. N. Popova

Grishina Alla Sergeevna, senior teacher, Department of «Building production and geotechnics», Civil Engineering Faculty, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation, phone: +7(342)2-198-377; e-mail: koallita@yandex.ru

Popova Irina Nikolaevna, undergraduate student, Civil Engineering Faculty, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation, phone: +7(902)639-64-73; e-mail: irinapopova.nikolaevna@mail.ru

The using fiber-reinforced soil as a backfill for retaining structures reduces the horizontal pressure due to the increased strength characteristics of fiber soil. Reducing the backfill pressure on the retaining wall abbreviates the consumption of materials and the cost of building. The article is dedicated to the issue of determining the active pressure from the fiber-reinforced soil backfill on the retaining wall. In the article two methods of calculating are proposed. The first method is based on retaining walls design normative documents and the “discrete” model of the fiber-reinforced soil proposed by Zornberg. This model use for determine the strength characteristics of the fiber-reinforced soil, it based on the independent characteristics of the fiber and soil. The second method relies on the model of the fiber-reinforced soil developed by Michalowski. The model presents the method for determining pressure based on the kinematic approach. The active pressure from the fiber-reinforced soil backfill are determined according to the proposed methods. Sand reinforced with polypropylene fibers adopted as fiber-reinforced soil backfill. The calculation is made for sand with a specific cohesion of 3 kPa and for perfectly flowing soil The results of calculation by the described methods are represented. The second method of calculation does not take into account the specific cohesion of the soil and the geometry of the design scheme, which limits its applicability. The article concluded

that experimental confirmation and further research are necessary to determine the applicability and improvement of the described calculation methods.

Keywords: fiber reinforcement; retaining wall; backfill; active pressure.

REFERENCES

1. **Il'ichev V. A.** *Bases, foundations and underground structures*. Moscow, Association of construction universities. 2014. 728 p. (in Russian)
2. **Klejn G. K.** *Calculation of retaining walls*. Moscow, High school. 1964. 196 p. (in Russian).
3. **Ponomaryov V. C., Grishina A. S.** *Experimental design to investigate the retaining wall performance with backfills of sand and fibre-reinforced soil*. Modern technologies in construction. Theory and practice. 2018. Vol. 1. Pp. 49-55. (in Russian).
4. **Park T., Tan S. A.** *Enhanced performance of reinforced soil walls by the inclusion short fiber*. Geotextiles and Geomembranes. 2005. No. 23. Pp. 348-361.
5. **Nasr A. M.** *Behavior of strip footing on fiber-reinforced cemented sand adjacent to sheet pile wall*. Geotextiles and Geomembranes. 2014. No. 42. Pp. 599-610.
6. **Kleveko V. I., Kashapova K. R.** *Using finite element method to simulate retaining structures with fiber reinforced soils backfilling*. Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Applied ecology. 2015. No. 4. Pp. 38-50. (in Russian).
7. **Grishina A. S., Smirnov A. S., Ponomaryov A. B.** *Performance evaluation of retaining wall with fiber reinforced sand backfill by model test*. Civil engineering Bulletin. 2017. No. 2(61). Pp. 126-132. (in Russian).
8. **Zornberg J. G.** *Discrete framework for limit equilibrium analysis of fibre-reinforced soil*. Geotechnique. 2002. No. 52. Pp. 593-604.
9. **Michalowski R. L.** *Limit analysis with anisotropic fibre-reinforced soil*. Geotechnique. 2008. No. 58(6). Pp. 489-501.
10. **Shukla S. K.** *Fundamentals of fibre-reinforced soil engineering*. Springer International Publishing. 2017. 181 p.

Received 28 June 2019

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Гришина, А. С. К вопросу определения активного давления обратной засыпки из фиброгрунта на подпорную стену / А. С. Гришина, И. Н. Попова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 3(10). – С. 18-23.

FOR CITATION:

Grishina A. S., Popova I. N. *To the issue of determining the active pressure from the fiber-reinforced soil backfill on the retaining wall*. Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 3(10). Pp. 18-23. (in Russian)

УДК 624.94 (69.04)

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ОПОРНОГО УЗЛА КОНСОЛИ В ПК ANSYS

К. А. Фабричная, А. М. Саубанова

Фабричная Ксения Александровна, канд. техн. наук, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций, ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», Казань, Российская Федерация, тел.: +7(917)273-14-63; e-mail: Fabrichnayaka@gmail.com

Саубанова Альбина Маратовна, магистрант кафедры железобетонных и каменных конструкций, ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», Казань, Российская Федерация, тел.: +7(917)270-77-32; e-mail: saubanova.albina@mail.ru

В статье приводятся результаты компьютерного моделирования верхнего опорного узла консоли здания с консольным выносом этажей. Исследовано напряженно-деформированное состояние элементов узла, с учетом стадийности монтажа сталежелезобетонных конструкций. Объемная задача решалась с помощью ПК Ansys в линейной постановке задачи. Усилия в стыке приняты по результатам статического расчета модели каркаса здания с консольными этажами в ПК Лира. Анализ результатов моделирования показал, что обетонирование оголовка повышает не только коррозионную и огнестойкость, но и устойчивость полок и стенок металлических профилей.

Ключевые слова: компьютерное моделирование; ansys; напряженно-деформированное состояние; консоль; последовательность монтажа.

Строительство зданий с консольными вылетами этажей – эффективный архитектурный прием, часто используемый при проектировании современных уникальных зданий, к которым предъявляются повышенные требования по безопасности и долговечности. Мировой опыт строительства подобных зданий [1, 2] – использование металлических конструкций для организации консольных вылетов. Отечественная практика реализует бетонные и сталежелезобетонные сечения, например, здание Министерства автомобильных дорог (1975 г.), в г. Тбилиси или здание университета «Иннополис» [1, 2]. Сталежелезобетон для таких конструкций более привлекателен, так как объединяет в себе свойства бетона и стали, и предполагается, что бетон в конструкции должен использоваться преимущественно в работе на сжатие, а сталь – на растяжение, повышая тем самым прочность элемента до нескольких раз [3, 4]. Особый интерес представляют узлы опирания консольной части в подобного рода зданиях, испытывающие значительные нагрузки, в том числе динамические от ветрового воздействия, которые вызывают внецентренное сжатие опорной колонны [5].

Для определения геометрических характеристик и усилий в опорном узле консоли, предварительно выполнен расчет каркаса здания (Рис. 1) с помощью ПК Лира и произведено исследование ветрового воздействия в виртуальной аэродинамической трубе FlowDesign, (Рис. 2) [6]. Необходимость исследования обуславливалась предполагаемым местом строительства здания - на берегу реки Казанка и консолью рассматриваемого здания вылетом 18 метров развернутой в сторону водоема. Выполненное моделирование позволило уточнить картину распределения ветрового давления и учесть его влияние на каркас здания [6, 7, 8, 9].

Особенностью сталежелезобетонных конструкций является последовательное включение элементов сечения в работу - изначально стальная конструкция при монтаже далее получает нагрузку от материала обетонирования, которые набирает прочность в течении определенного периода времени, в дальнейшем включаясь в работу.

Поэтому программа численных исследований, приведенная в табл. 1, включала

исследование узла на трех этапах его монтажа – без обетонирования, с частичным набором прочности бетоном и на стадии эксплуатации при полном наборе прочности [5].

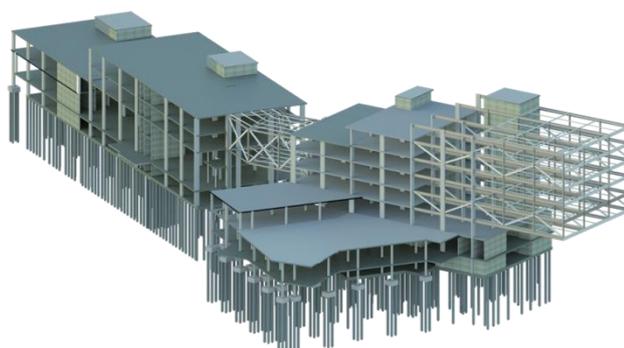


Рис. 1 – Пространственная модель несущей системы здания ПКRevit

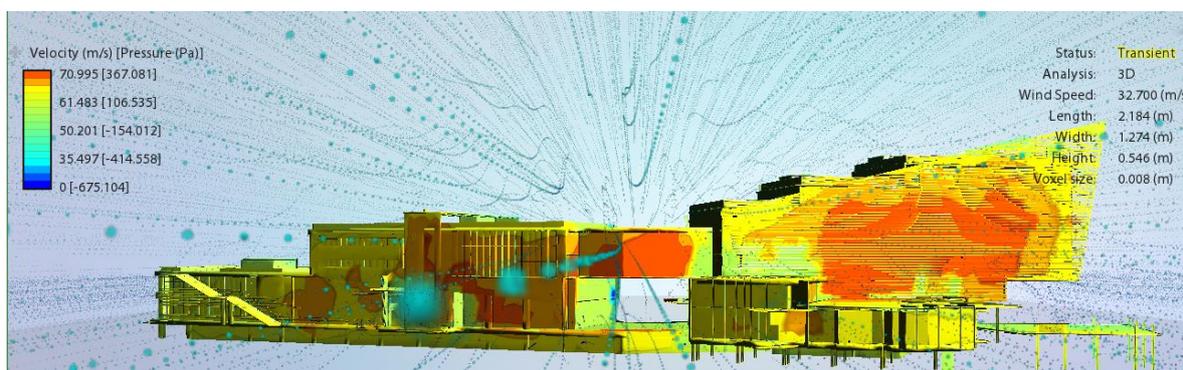
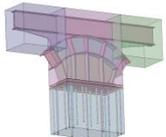
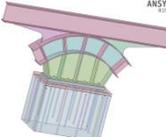
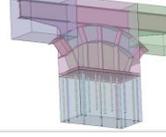


Рис. 2 – Моделирование воздушных потоков в ПК FlowDesign

Таблица 1

Программа численных исследований НДС опорного узла консоли в Ansys

Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Узел с обетонированием металлического оголовка	Узел без бетонирования металлического оголовка	узел с обетонированием металлического оголовка 50 % проектной прочности
		

За основу решения узла принят аналог, использованный для двенадцатиметровой консоли здания университета «Иннополис» [2]. Модель узла предварительно создана с помощью ПК Revit и затем импортирована в Ansys. Узел состоит из железобетонного пилона габаритами 1400x700 мм, металлического оголовка сложной формы, установленного на армированный раствор, верхнего пояса и раскосов консольной фермы, выполненных из прокатных стальных профилей. Монтаж оголовка к пилону выполнен с помощью анкер - болтов, оголовка и верхний пояс фермы обетонированы. Размеры элементов и приложенные усилия показаны на рис. 3.

Для исследования НДС элементов узла выбран ПК AnsysWorkbench, так как эта универсальная программа конечно-элементного анализа, предназначенная для решения большого спектра пространственных инженерных задач различных отраслей, позволяет подробно изучить процесс деформирования конструкции [12], дает возможность визуализировать в виде цветных картин распределение напряжений и деформаций во всем объеме элемента [10].

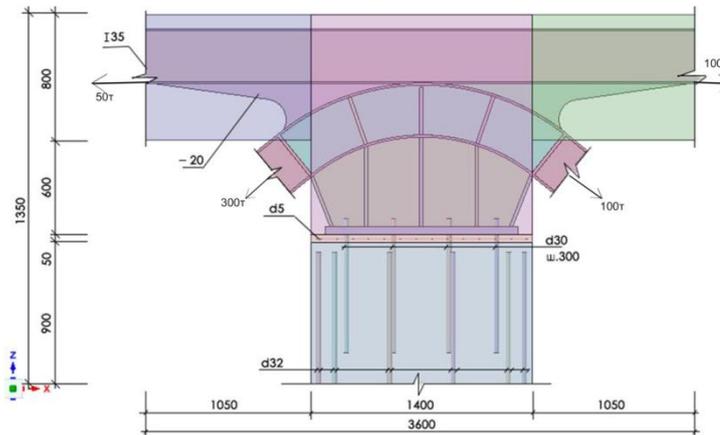


Рис. 3 – Геометрия узла в Ansys SpaceClaim

Импортированная модель разбирается на конечные элементы, при этом создан свой тип сетки (mesh) для каждого отдельного объекта с длиной элемента не более 22 см, с автоматическим выбором типа сетки. Бетон и двутавры моделировались с помощью конечных элементов типа Solid187, арматура и анкера – Beam188. Заданы условия трения между материалами для арматуры и анкеров, учитывалась контактная задача типа «поверхность-поверхность» для проверки обеспечения совместной работы бетона и жесткой арматуры, на которой отсутствует рифление, в конструкции при заданном внешнем воздействии. Для моделирования контактного взаимодействия использовались элементы: CONTACT173 и TARGET170с коэффициентом трения 0,8 и характером контакта Bonded («связанный»). Поверхностью внедрения назначалась более жесткая поверхность, т.е. поверхность жесткой арматуры, поверхностью контакта – поверхность бетона. Болты смоделированы с затяжением «Bolt Pretention». Расчет ведется при заданной температуре 22 °С. Учитываемые при моделировании характеристики материалов приведены в табл. 2. Общий вид модели приведен на рис. 4.

Таблица 2

Характеристики материалов

Наименование	Материал	Плотность кг/м ³	Характеристика 1	Характеристика 2	Размер сетки, мм
Металл	C345	7800	$R_{un} = 470 \text{ Н/мм}^2$	$R_{yn} = 325 \text{ Н/мм}^2$	160...320
Бетон	B25	2400	$R_{bn} = 18,5 \text{ МПа}$	$R_{bn} = 1,55$	320

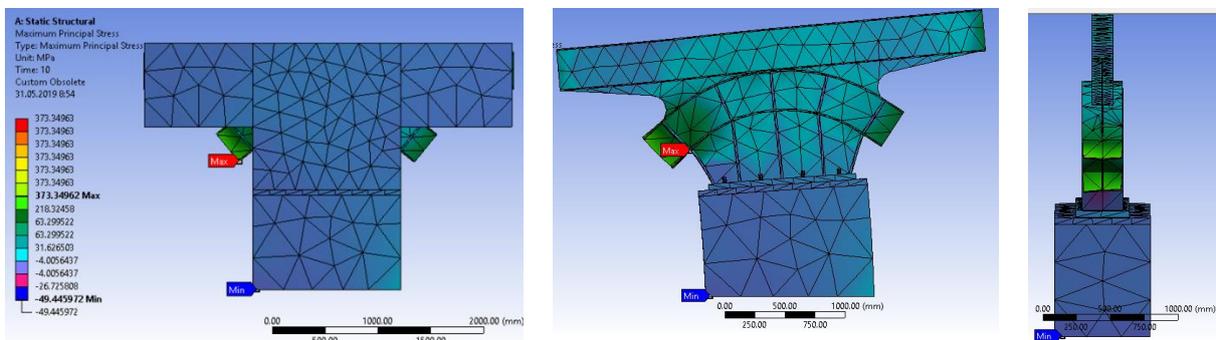


Рис. 4 – Общий вид расчетной модели (обетонирование условно не показано)

В результате расчета был получен характер распределения напряжений и деформаций для стыка в целом, и его отдельных элементов на всех рассмотренных этапах. Узел находится в сложном напряженно – деформируемом состоянии.

Картина распределения напряжений по большей и меньшей стороне сечения пилона отличаются (рис. 5). В сечении по меньшей стороне наблюдается симметрия в распределении напряжений, по большей стороне элемента наблюдается концентрация напряжений, и смещение сжатой зоны от оси симметрии. Зона сжатия локализована у одной из граней и ее высота менее половины поперечного сечения элемента, и составляет $0,30 \dots 0,38h$.

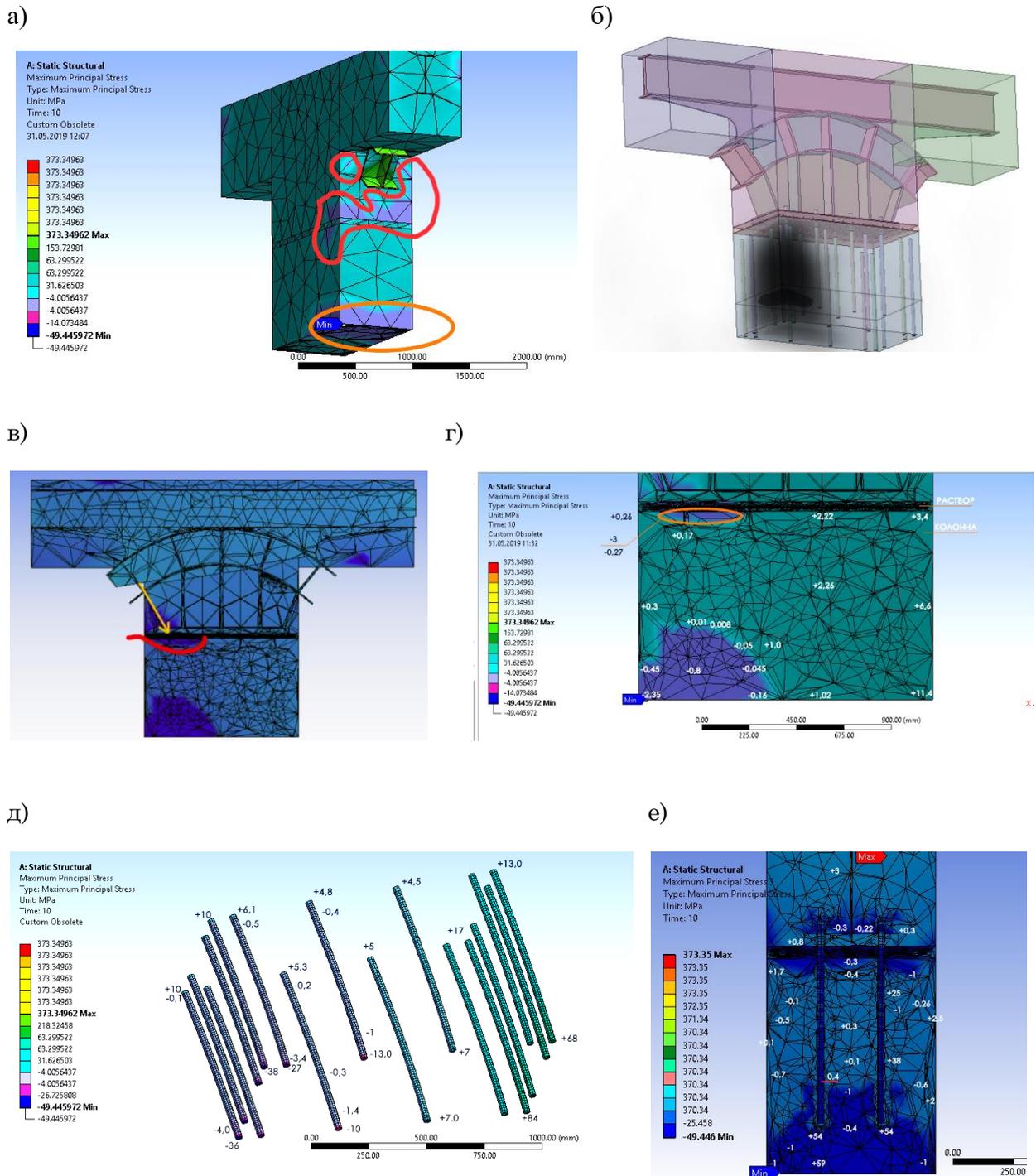


Рис. 5 – Характер распределения напряжений в опорном пилоне:
 а, б – обозначение зон сжатия в пилоне и бетоне обетонирования, в – схема воздействия на зону смятия, г – картина распределения напряжений в продольном сечении пилона, д – распределение напряжений в продольной арматуре, е-распределение напряжений в бетонном сечении вдоль анкеров

Под опорной пластиной выделяется небольшая зона концентрации напряжений – локальное смятие, вызванной давлением вертикальных пластин оголовка (рис. 5 в, г) ее ширина составила $0,37h$ высота $0,11 h$ сечения пилона. Картина распределения напряжений в пилоне на всех стадиях аналогична, интенсивность напряжений изменяется незначительно. Однако на этапе без обетонирования отсутствует ярко выраженная площадка локального смятия.

Напряжения в вертикальной арматуре пилона распределены несимметрично, что соответствует н.д.с. бетона (рис. 5, д), разница значений составляет более 20 %, что говорит о предпочтительности применения несимметричного армирования при проектировании подобных пилонов.

Бетон вдоль анкеров испытывает растяжение со значением в среднем 1 МПа на контактной поверхности и локальными увеличениями напряжений до 38 МПа и 50 МПа, что больше предела прочности бетона на растяжение (рис. 5, е). Анкера сжаты на 90 % с напряжением – 0,6 МПа.

Характер распределения напряжений в армированном растворе (рис. б), показывает наличие локальной сжатой зоны, незначительно превышающей зону смятия в бетоне пилона, большая часть раствора испытывает растяжение, которое так же передается армирующей сетке.

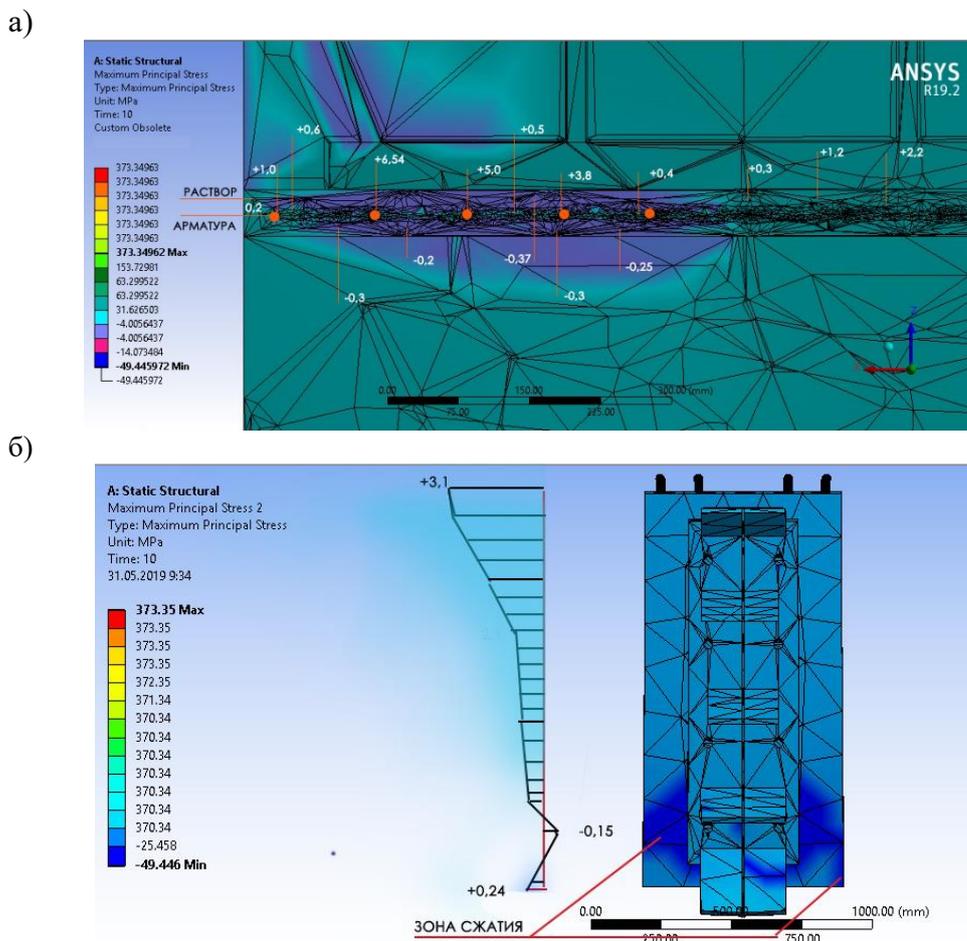
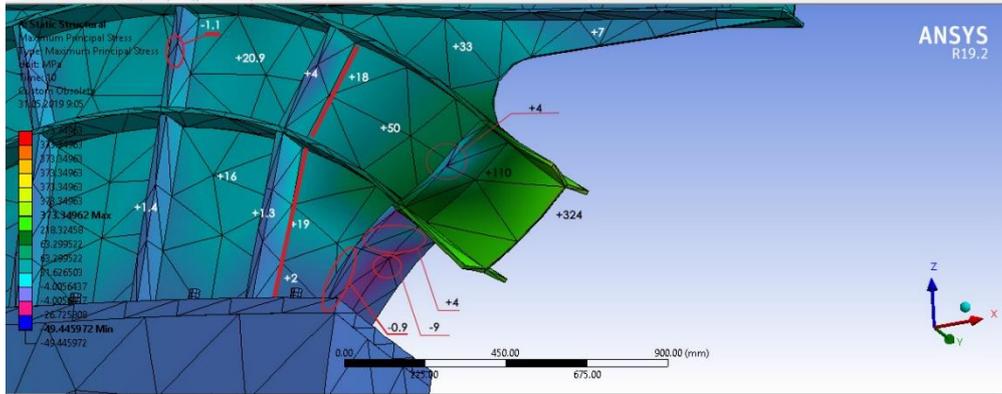


Рис. 6 – Картина распределения усилий в армированном растворе:
а – вертикальное сечение б – вид элемента сверху

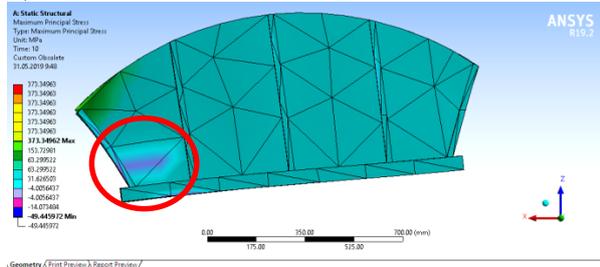
На НДС металлического оголовка значительное влияние оказывает наличие элемента обетонирования и его прочность. Характер распределения напряжения на всех стадиях аналогичен – основная масса элемента находится в растянутом состоянии, однако часть элементов ребер жесткости под нисходящей тягой консоли находится в сжатом состоянии,

другие ребра жесткости работают на растяжение за исключением небольших зон с незначительным сжатием. В отдельных участках сечения могут развиваться пластические деформации в стали [5]. Подробно картины распределения зон сжатия и растяжения в оголовке представлены на рис. 7.

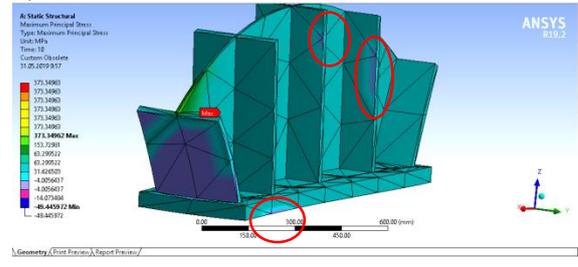
а)



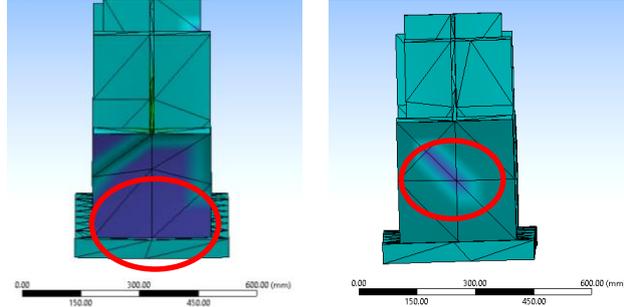
б)



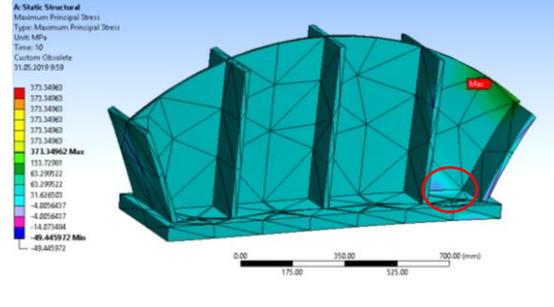
в)



г)



д)



е)

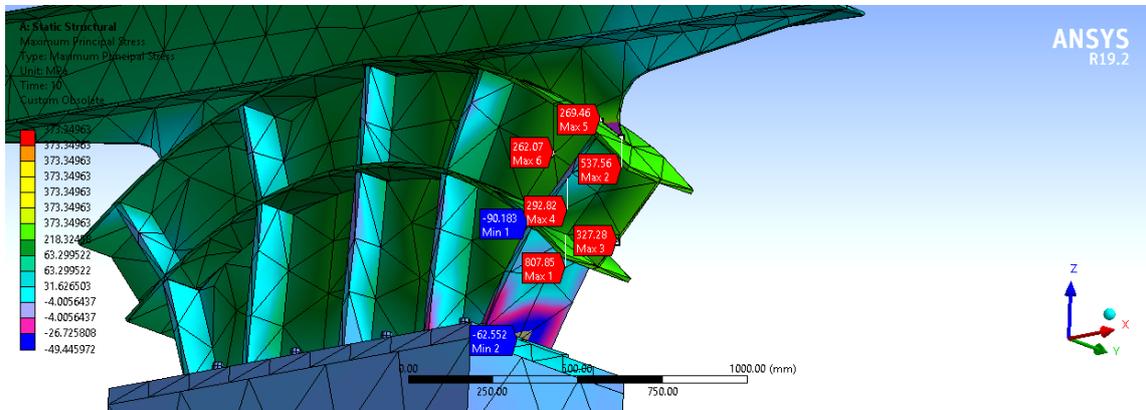


Рис. 7 – Распределение напряжений в пластинах металлического оголовка: а – на стадии эксплуатации (обетонирование условно не показано), б-г – локализация сжимающих напряжений, д – концентрация растягивающих напряжений, е – стадия до обетонирования

При заданных внешних усилиях на стадии эксплуатации сталь в стенке и полке двутавра нисходящего раскоса достигла площадки текучести, что приводит к местной потере устойчивости. Подобная местная потеря устойчивости характерна для сечений, состоящих из полос, обладающих значительной гибкостью [11]. При наличии обетонирования местная устойчивость повышается за счет ограничения деформаций и перераспределения части сжимающих напряжений в материал обетонирования. Эффект четко виден на границе зоны обетонирования – происходит резкое увеличение напряжений и деформаций в элементе раскоса.

При решении численной задачи второго этапа металл тяги достиг площадки текучести и испытывает потерю устойчивости стенок и полок, что ведет к уменьшению расчетного сечения. Остальные металлические элементы оголовка растянуты, однако металл в них не достигает площадки текучести. В ребрах жесткости происходит выпучивание с образованием волн. Верхний тонкостенный элемент испытывает небольшие деформации, однако металл в этой зоне не достигает предела текучести и не испытывает необратимых деформаций. В месте сопряжения верхней и нисходящей тяги металл испытывает напряжения, превышающие предел прочности материала на растяжение, что говорит о нарушении целостности оголовка (рис. 7, е).

С учетом проведенных исследований сформулированы следующие рекомендации:

✓ для предотвращения потери местной устойчивости стальных элементов в особенности в местах перегиба, перехода обетонированной зоны в не обетонированную рекомендуется укреплять стенки и полки нисходящей тяги в местах перегиба установкой дополнительных ребер жесткости, поперечных или продольных, или увеличением толщины стальных листов.

✓ рекомендуется косвенное армирование оголовка колонны на глубину не менее $0,23h$ (h -длинная сторона сечения) для компенсации давления приходящей в эту зону от основного давления от «консольной» тяги в зоне локального смятия.

✓ несимметричное армирование колонны позволит эффективнее воспринимать нагрузки, приходящие на пилоны консолей и позволит предложить более экономически эффективный каркас.

✓ обратить внимание на расчет анкерки, количество анкер болтов или увеличение класса бетона, т.к. часть напряжений бетона непосредственно у анкеров превышает пределы прочности бетона на растяжение, а при увеличении нагрузки, это может привести к вырыву анкера из тела колонны.

Заключение.

Проведено численное исследование НДС опорного узла консоли в ПК Ansys без и с учетом обетонирования. Выявлен характер распределения напряжений в элементах узла, определены геометрические характеристики растянутых и сжатых зон. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании опорных узлов консолей.

Из анализа результатов расчета можно сделать вывод о том, что обетонирование металлического оголовка выполняет роль не только защиты от коррозии, огня, но и является способом повышения местной устойчивости тонкостенных элементов.

Зоной, на которую следует обратить внимание при конструировании в этом случае, является область нисходящей тяги в месте перехода обетонированной части в не обетонированную, из-за чего происходит резкое изменение деформаций стальной части оголовка. Следует отметить, что при отсутствии обетонирования оголовка максимальные перемещения элементов узла увеличиваются до четырех раз.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Яковлева, У.** Винодельня «скалистый берег» / У. Яковлева // Tatlin. – 2018. – 23

июня. Режим доступа: https://tatlin.ru/articles/vinodelnaya_skalistyj_bereg.

2. **Седова, М.** Между небом и землей / М. Седова // Tatlin. – 2017. – 14 июня. – Режим доступа: https://tatlin.ru/articles/mezhdu_nebom_i_zemlej.

3. **Тавруш, В. И.** Прочность железобетонных балок с жесткой арматурой из высокопрочного бетона / В. И. Тавруш, Д. В. Конин // Инженерно-строительный журнал. – 2018 – № 3.

4. **Кришан, А. Л.** Прочность трубобетонных колонн с предварительно обжатым ядром: автореферат дис. доктора технических наук: 05.23.01 / А. Л. Кришан. – Ростов-на-Дону: Рост. гос. строит. ун-т., 2011. – 37 с.

5. **Мартирисян, А. С.** Исследование влияния геометрии жесткой арматуры на распределение нагрузки в элементах сталежелезобетонной колонны / А. С. Мартирисян, Г. Г. Кашеварова // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. – 2017. – № 1. – С. 37-41.

6. **Фабричная, К. А.** Оценка ветрового воздействия на здание с консольными этажами / К. А. Фабричная, А. М. Саубанова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы IV Международной (X Всероссийской) конференции. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. унта, 2018. – С. 207-213.

7. **Саубанова, А. М.** К оценке прочности каркаса в здании с консольными этажами-фермами с учетом ветровых нагрузок в различных программных комплексах / А. М. Саубанова // **Разработка, исследование и совершенствование методов расчета конструкций и сооружений. Технологии организации строительства: сборник тезисов 71 Международной научной конференции по проблемам архитектуры и строительства.** Казань. – 2019. – С. 32.

8. **Воздействие ветра на здания и сооружения** / Пер. с англ. Б. Е. Маслова, А. В. Швецов. – М.: Стройиздат, 1984. – 340 с

9. **Дорошенко, А. В.** Методика численного моделирования скоростей ветра и пешеходной комфортности в зонах жилой застройки : автореферат дис. кандидата технических наук : 05.13.18 / А. В. Дорошенко. – М.: Моск. гос. строит. ун-т, 2013. – 19 с.

10. **Фабричная, К. А.** Особенности учета ветрового воздействия при моделировании каркаса здания гостинично-делового комплекса в различных программных комплексах / К. А. Фабричная, С. Р. Альтапов // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы IX Всероссийской (III Международной) конференции НАСКР-2016. Изд-во Чуваш. ун-та, г. Чебоксары. – 2016. – С. 173-180.

11. **Горев, В. В.** Металлические конструкции. В 3 т. Т.1. Элементы стальных конструкций: учеб. пособие для строит. вузов / В. В. Горев, Б. Ю. Уваров, В. В. Филиппов. – М.: Высшая школа, 1997. – 527 с.

12. **Горев, В. В.** Металлические конструкции. В 3 т. Т.3. Специальные конструкции и сооружения: учеб. для строит. вузов / В. В. Горев, Б. Ю. Уваров, В. В. Филиппов. – М.: Высшая школа, 2002. – 544 с.

13. **Бондаренко, В. М.** Железобетонные и каменные конструкции: учебное издание / В. М. Бондаренко, Р. О. Бакиров, В. Г. Назаренко, В. И. Римшин. – М.: Высшая школа, 2004. – 876 с.

Поступила в редакцию 29 июня 2019

INVESTIGATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF ELEMENTS OF THE REFERENCE NODE OF THE CONSOLE IN THE PC ANSYS

К. А. Fabrichnaya, А. М. Saubanova

Fabrichnaya Ksenia Alexandrovna, Cand. tech. Sciences, associate Professor of Department of reinforced concrete and masonry structures, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation, phone: +7(917)273-14-63; e-mail: Fabrichnayaka@gmail.com

Saubanova Albina Maratovna, undergraduate student of Department of reinforced concrete and masonry structures, Kazan State University of Architecture and Engineering, , Kazan, Russian Federation, phone: +7(917)270-77-32; e-mail: saubanova.albina@mail.ru

The article presents the results of computer simulation of the upper support node point of the cantilever of the building with the console removal of floors. The stress-strain state of the elements of the unit, taking into account the stages of installation of steel-concrete structures. The solid job was solved through the Ansys PC in a linear formulation of the tasks. Efforts at the junction are taken on the results of static calculation of the model of the frame of the building with the console floors in the Lira PC. Analysis of the simulation results showed that the concreting of the head increases not only corrosion and fire resistance, but also the stability of the shelves and walls of metal profiles.

Keywords: reference node of the console; ansys; stress-deformed state; console; computer program; joint.

REFERENCES

1. **Yakovleva U.** *Winery "rocky shore"*. Tatlin. 2018. https://tatlin.ru/articles/vinod-elnya_skalistyj_bereg. (in Russian)
2. **Sedova M.** *Between heaven and earth*. Tatlin. 2017. https://tatlin.ru/articles/mezhd_u_nebom_i_zemlej. (in Russian)
3. **Taurus V. I., Konin D. V.** *Strength of reinforced concrete beams with rigid reinforcement of high-strength concrete*. Magazine of civil Engineering. 2018. No. 3. (in Russian)
4. **Krishan A. L.** *The strength of the tube-confined concrete columns with pre-compressed kernel*. Magnitogorsk. 2011. 380 p. (in Russian)
5. **Martirosyan, A. S., Kashevarova G. G.**, *Investigation of The influence of rigid reinforcement geometry on the load distribution in the elements of steel-concrete column*. PNRPU Messenger Applied ecology Urbanistics. 2017. No. 1. (in Russian)
6. **Fabrichnaya K. A., Saubanova A. M.** *Assessment of wind influence on the building with cantilevered floors*. Cheboksary, New in architecture, design of building structures and reconstruction: collection of articles of the IV International (X all-Russian) conference. 2018. Pp. 207-213. (in Russian)
7. **Saubanova A. M.** *To the assessment of the strength of the frame in a building with cantilevered floors-trusses subject to wind loads in different software systems*. Kazan, Collection of articles of the 71 international scientific conference on problems of architecture and construction. 2019. (in Russian)
8. **Simiu E., Scalan R.** *Effect of wind on buildings and structures*. Moscow, Stroyizdat. 1984. 340 p. (in Russian)
9. **Doroshenko A.V.** *Methods of numerical simulation of wind speeds and pedestrian comfort in residential areas*. Moscow, Moscow State University of Civil Engineering. 2013. (in Russian)
10. **Fabrichnaya K. A., Astapov S. R.** *Features of the accounting of wind influence in modeling of the building frame hotel and business complex in different software systems*. Cheboksary, New in architecture, design of building structures and reconstruction: collection of articles of the IX all-Russian (the third International) conference. 2016. Pp. 173-180. (in Russian)
11. **Gorev V.V., Uvarov B. Yu.** *Metal constructions T.1 The elements of steel constructions*. Moscow, Vusshaya Shkola. 1997. 527 p. (in Russian)
12. **Gorev V., Uvarov B. Yu.** *Metal constructions T.3 Special design and construction*. Moscow, Vusshaya Shkola. 2002. 544 p. (in Russian)

13. **Bondarenko, V. M., Bakirov O., Nazarenkov G., Remsing I.** *Reinforced Concrete and stone structures*. Moscow, Higher school.2004. 876 p. (in Russian)

Received 29 June 2019

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Фабричная, К. А. Исследование напряженно-деформированного состояния элементов опорного узла консоли в ПК ANSYS / К. А. Фабричная, А. М. Саубанова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 3(10). – С. 24-33.

FOR CITATION:

Fabrichnaya K. A., Saubanova A. M. *Investigation of the stress-strain state of elements of the reference node of the console in the PC ANSYS*. Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 3(10). Pp. 24-33. (in Russian)

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

УДК 628.212

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ГОРОДСКИХ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА

М. С. Кононова, М. Г. Калугина, Я. Ю. Пирогова, С. А. Романенко

Кононова Марина Сергеевна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: kniga18@mail.ru

Калугина Марина Геннадьевна, магистрант кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-52-49; e-mail: marina_kalugina_95@mail.ru

Пирогова Яна Юрьевна, студент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-52-49; e-mail: yana.pirogova.98@mail.ru

Романенко Светлана Александровна, студент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-52-49; e-mail: romanenk0swet@yandex.ru

Проведен анализ структуры систем водоотведения поверхностного стока. Установлено несоответствие существующих отдельных систем водоотведения требованиям экологической безопасности. Выполнен обзор технического оборудования по организации очистки поверхностного стока, составлена сводная характеристика блочных локальных очистных сооружений, выпускаемых различными производителями. Авторами разработаны предложения по реконструкции существующих городских отдельных систем водоотведения. Предложены два варианта схемных решений реконструкции: с индивидуальными и групповыми водоразделительными камерами. Первый вариант предполагает установку после каждого дождеприёмника индивидуальной водоразделительной камеры. Второй вариант основан на объединении стоков от нескольких дождеприёмников и направлении их в групповую водоразделительную камеру. В предложенных вариантах реконструкции предполагается сохранение существующих сборных коллекторов водоотводящей сети для разгрузки очистных сооружений во время интенсивных осадков. Определены основные факторы, влияющие на разработку схемного решения варианта реконструкции. Даны рекомендации по области применения предложенных схемных решений с учётом особенностей применяемого оборудования.

Ключевые слова: поверхностный сток; локальные очистные сооружения; отдельная система водоотведения.

Поверхностный сток с городских территорий содержит значительное количество загрязнений, которые негативно влияют на состояние водных объектов. В условиях больших городов поверхностные сточные воды содержат не только взвешенные вещества и органические загрязнения, но и соединения азота, фосфора, ионы тяжелых металлов, нефтепродукты и другие загрязнения [1]. При этом более половины объема годового поверхностного стока, сбрасываемого в водоём, не удовлетворяют требованиям допустимого сброса [2].

Проведённый анализ существующей структуры систем водоотведения показал, что наиболее распространённая в российских городах отдельная система водоотведения не соответствует требованиям обеспечения экологической безопасности водоёмов, так как поверхностные стоки сбрасываются в водоём без очистки [3, 4].

Обзор научно-технических решений по совершенствованию систем водоотведения поверхностного стока позволил установить наличие широкого спектра оборудования,

© Кононова М. С., Калугина М. Г., Пирогова Я. Ю., Романенко С. А., 2019

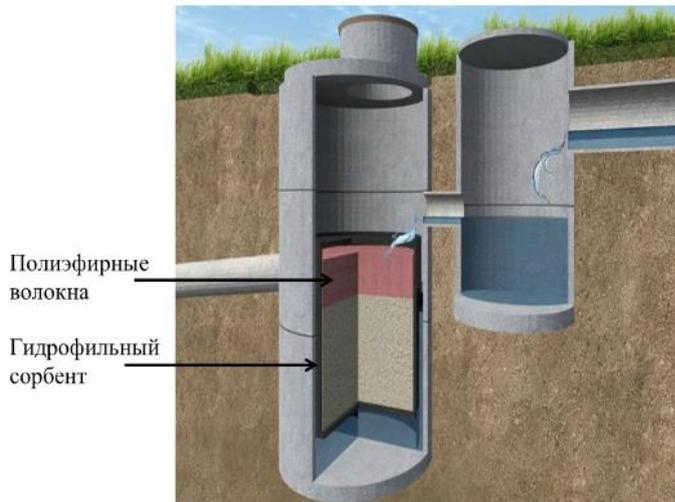
которое может быть применено при реконструкции существующих систем водоотведения с целью организации очистки поверхностного стока [5...10].

Одним из вариантов очистки является применение фильтрующих патронов [9] (рис. 1). Конструкция такого устройства представляет собой резервуар цилиндрической формы с установленным внутри фильтром. Патрон поделён на два отделения (рис. 1, а):

- ✓ для механической очистки стоков с помощью полиэфирных волокон;
- ✓ для сорбционной очистки за счёт гидрофобного сорбента.

Фильтрующий элемент периодически заменяется (рис. 1, б), может быть установлен в существующие колодцы водоотводящей сети.

а)



б)



Рис. 1 – Фильтрующие патроны для систем ливневой канализации: а – схема конструкции; б – процесс замена фильтрующего элемента

Однако наиболее эффективным технологическим решением, обеспечивающим полную очистку поверхностных сточных вод, является применение локальных (блочных) очистных сооружений, которые представляют собой набор блоков очистки, собранных в едином корпусе или в нескольких отдельных емкостях [5, 6, 8].

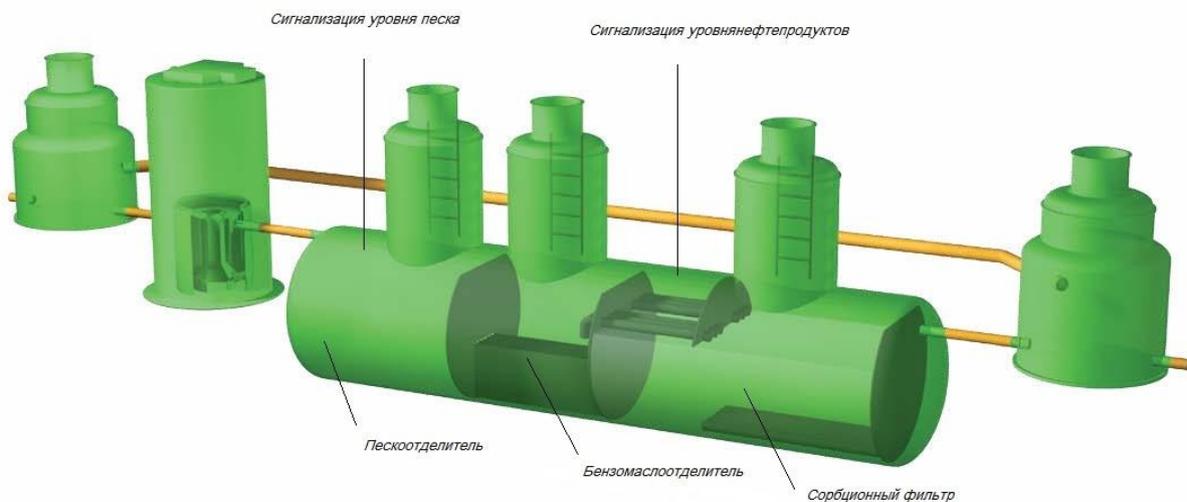


Рис. 2 – Схема конструкции локальных очистных сооружений поверхностного стока

Состав блоков очистки, как правило, представлен следующим набором: пескоуловитель, бензомаслоотделитель, фильтрующий элемент на основе сорбционных или коалесцентных материалов. В некоторых моделях применяются установки ультрафиолетового обеззараживания.

В результате систематизации информации об имеющемся очистном оборудовании составлена сводная таблица основных технических характеристик очистных сооружений разных производителей (таблица), установлен рабочий диапазон расходов сточных вод и определен типовой набор блоков очистки.

Технические характеристики локальных очистных сооружений поверхностного стока

Наименование, производитель	Производительность	Комплект оборудования					
		Пескоуловитель	Нефтеуловитель	Сорбционный фильтр	Коалесцентный фильтр	Тонкослойный блок	Установка УФ-обеззараживания
Векса, Векса-80-М	от 1 до 400 л/с	+	-	+	+	+	-
НПО «Экосистема», Валдай-Дождь, Валдай-Сток	от 1,5 до 200 л/с	-	-	+	-	-	+
NTT	от 1 до 250 л/с	+	-	+	-	-	-
Бионик, Бионик-150	от 1 до 160 л/с	+	+	+	-	+	-
«Аквакрат»	от 1 до 100 л/с	+	+	+	-	-	-
ООО «Инженерная экология», Комплексная система очистки	от 1 до 400 л/с	+	+	+	-	-	-
Standartpark	от 1 до 360 л/с	+	-	+	-	-	-
ECOLOS	от 1 до 100 л/с	+	+	+	-	-	-
Septikman	от 1 до 750 л/с	+	-	+	+	-	+
Есокомпозит	от 3 до 100 л/с	+	-	+	-	-	-
ТД «Инженерное оборудование», Свирь 300-К	300 л/с	+	-	-	-	+	-
Научно-инженерный центр «Потенциал-2», УКОС-Д	от 1 до 100 л/с	+	-	+	+	+	-
Компания Модуль, Стокс-А	от 2 до 100 л/с	+	+	+	-	+	-
HELYX	от 1,5 до 160 л/с	+	+	+	-	-	+
SANITEC	от 1,5 до 125 л/с	+	-	+	-	-	-

Учитывая значительную неравномерность и периодичность поступления поверхностных стоков, при формировании схем очистки важную роль играют устройства для разгрузки очистных сооружений.

Наиболее распространённым вариантом является применение водоразделительных камер, которые малые расходы направляют на очистку, а при интенсивных осадках сбрасывают поток мимо очистных сооружений. Вариант установки водоразделительной камеры перед локальными очистными сооружениями приведен на рис. 3.



Рис. 3 – Пример установки водоразделительной камеры

С учётом проведенного обзора современного оборудования, применяемого при проектировании систем поверхностного стока, авторами разработаны предложения по реконструкции существующих городских раздельных систем водоотведения.

Предлагается два варианта схемных решений (рис. 4) – с индивидуальными и групповыми водоразделительными камерами.

Первый вариант (рис. 4, а) предполагает установку после каждого дождеприёмника индивидуальной водоразделительной камеры. В этом варианте требуется прокладка дополнительных соединительных трубопроводов, отводящих сток от нескольких дождеприёмников на очистные сооружения. При этом количество дождеприёмников, объединяемых одной соединительной веткой, определяется производительностью очистных сооружений.

Второй вариант (рис. 4, б) предполагает объединение стоков от нескольких дождеприёмников и направление их в групповую водоразделительную камеру. Количество объединяемых дождеприёмников определяется техническими характеристиками (производительностью) водоразделительной камеры. В этом варианте предполагается демонтаж части выпусков от дождеприёмников, а также прокладка дополнительных сборных трубопроводов.

В обоих вариантах, приведённых на рис. 4, сохраняются существующие коллекторы водоотводящей сети для отвода стоков от водоразделительных камер при интенсивных осадках. Часть боковых ответвлений демонтируется, устанавливаются водоразделительные камеры и блоки очистки.

Следует отметить, что выбор одного из предложенных вариантов зависит от многих факторов, основными из которых являются:

- ✓ расчётное количество стоков, приходящихся на один дождеприёмник;
- ✓ производительность (предельный расход) водоразделительной камеры;
- ✓ тип локального очистного сооружения, его технические характеристики (состав блоков очистки, габариты, производительность, и т.д.);
- ✓ особенности планировочной структуры местности (в том числе наличие места для размещения очистных сооружений);
- ✓ особенности существующей системы водоотведения (уклон труб, диаметр, глубина заложения и т.д.).

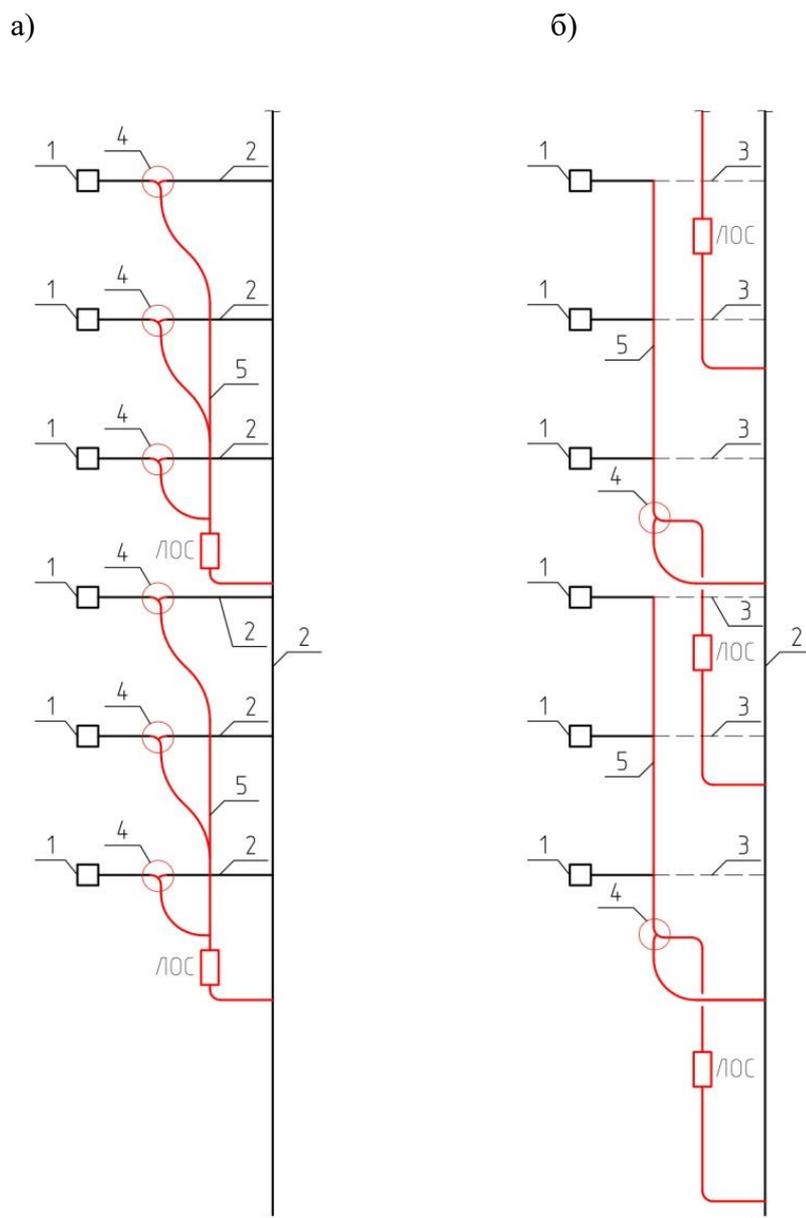


Рис. 1 – Схемное решение реконструкции дождевой водоотводящей сети:
 а – с индивидуальными водоразделительными камерами; б – с групповыми водоразделительными камерами; 1 – дождеприёмник; 2 – существующий трубопровод; 3 – демонтируемый трубопровод дождевой сети; 4 – водоразделительная камера; 5 – проектируемый трубопровод;
 ЛОС – локальные очистные сооружения

С учётом особенностей применяемого оборудования можно определить область применения предложенных схемных решений реконструкции водоотводящей сети.

Первый вариант подходит для значительных расходов поверхностного стока, приходящегося на один дождеприёмник. Второй вариант, наоборот, можно рекомендовать при слабой интенсивности дождевого стока, при этом в качестве очистных сооружений рекомендуется применять компактные модели с небольшой производительностью (в том числе фильтрующие патроны ФОПС [9]).

В случае варианта с индивидуальными водоразделительными камерами предметом оптимизации при разработке рабочего проекта служит количество и производительность локальных очистных сооружений. В первую очередь анализируется возможность установок

одного блока очистки для всех дождеприёмников на рассматриваемой территории. Производится анализ возможности размещения подобранных блоков очистки с учётом их габаритных размеров. В случае, если размещение невозможно, то подбираются более компактные блоки очистки, объединяющие меньшие группы дождеприёмников.

В случае варианта с групповыми водоразделительными камерами, диктующим параметром будет производительность фильтрующего патрона. Именно она будет определять количество дождеприёмников, объединяемых в группу. Затем производится подбор водоразделительной камеры, соответствующей по производительности требуемому количеству стоков.

Заключение.

Предложенные авторами схемы реконструкции отдельной системы водоотведения базируются на использовании технического оборудования, широко представленного на российском рынке.

При разработке предлагаемых схемных решений учтены основные факторы, определяющие режим работы системы водоотведения. В соответствии с этим разработаны варианты реконструкции для различных по количеству собираемых стоков систем водоотведения.

Разработанные предложения и рекомендации имеют практическую значимость и могут быть использованы специализированными организациями при разработке проектов реконструкции систем водоотведения поверхностного стока.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Калинина-Шувалова, С. Ф.** Водоотведение и очистка производственных и ливневых сточных вод / С. Ф. Калинина-Шувалова, А. Э. Комиссарова, С. С. Лисица // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. – 2015. – № 1. – С. 129-133.
2. **Верещагина, Л. М.** О нормативной базе проектирования систем отведения и очистки поверхностных сточных вод / Л. М. Верещагина, Ю. А. Меншутин, В. Н. Швецов // IX научно-техническая конференция «Яковлевские чтения». МГСУ. – 2014. – С. 166-170.
3. **Пупырев, Е. И.** Экономическое обоснование экологически безопасных технологий очистки сточных вод / Е. И., Пупырев, А. С. Шеломков // Водоснабжение и санитарная техника. – 2014. – № 1. – С. 5-12.
4. **Верещагина, Л. М.** Разъяснение отдельных положений Рекомендаций по расчёту систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с жилых территорий и площадок предприятий / Л. М. Верещагина, В. Н. Швецов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2016. – № 1. – С. 50-57.
5. **Варюшина, Г. П.** Пути модернизации очистных сооружений поверхностных сточных вод / Г. П. Варюшина, Н. В. Свешникова // Водоснабжение и санитарная техника 2017. – № 5. – С. 35-39.
6. **Пупырев Е. И.** Комплексные решения в системах ливневой канализации / Е. И. Пупырев // Вестник МГСУ. – 2018. – № 5. – С. 651-659.
7. **Алексеев, М. И.** Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий. / М. И. Алексеев, А. М. Курганов // СПб: Издат. АСВ. – 2000. – 352 с.
8. **Хомич, В. А.** Инженерные решения по снижению загрязнения стоков с территории жилого квартала / В. А. Хомич, О. Е. Колотова // В сборнике: Ориентированные фундаментальные и прикладные исследования – основа модернизации и инновационного развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплексов России. Материалы международной 66-й научно-практической конференции. – 2012. – С. 138-141.

9. **Ватин, Н. И.** Тестовая эксплуатация фильтра ФОПС® с природным цеолитом для очистки загрязненного инфильтратом поверхностного стока / Н. И. Ватин, Г. А. Панкова, Л. В. Леонов, М. Д. Пробирский, О. Н. Рублевская, А. В. Чечевичкин, Л. А. Якунин // Водоснабжение и санитарная техника. – 2017. – № 9. – С. 39-47.

10. **Фёдоров, С. В.** Актуальность применения разделительных камер на сетях ливнёвой канализации / С. В. Фёдоров, П. А. Тимофеев // Водоснабжение и санитарная техника. – 2018. – № 4. – С. 138-140.

Поступила в редакцию 23 июня 2019

TECHNICAL JUSTIFICATION FOR RECONSTRUCTION OF URBAN SURFACE FLOW DRAINAGE SYSTEM

M. S. Kononova, M. G. Kalugina, Y. Yu. Pirogova, S. A. Romanenko

Kononova Marina Sergeevna, Cand. tech. Sciences, associate Professor, associate Professor of the Department of housing and communal services, Voronezh state technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-28-92; e-mail: kniga18@mail.ru

Kalugina Marina Gennadievna, master of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-28-92; e-mail: marina_kalugina_95@mail.ru

Pirogova Yana Yurievna, student of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-28-92; e-mail: yana.pirogova.98@mail.ru

Romanenko Svetlana Alexandrovna, student of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-28-92, e-mail: romanenk0swet@yandex.ru

The analysis of the structure of surface flow water disposal systems is performed. It is shown that of existing separate drainage systems do not match the requirements of ecological safety. The review of the technical equipment for organization of surface flow treatment is carried out, the summary characteristic of the block local treatment facilities produced by various manufacturers is made. The authors have developed proposals for the reconstruction of existing urban separate drainage systems. Two options of scheme solutions are proposed: individual or group water separation chambers. The first option involves the installation of an individual water separation chamber after each rainwater receiver. The second option is based on the flow combination from several rainwater receivers and their direction to a group water separation chamber. The proposed options of reconstruction assume the preservation of existing drainage network collectors for discharging wastewater treatment facilities during intense precipitation. The main factors influencing the development of the scheme solution of the reconstruction option are determined. Recommendations on the scope of the proposed circuit solutions taking into account the features of the equipment used are given.

Keywords: surface water flow; local wastewater treatment facilities; separate drainage system.

REFERENCES

1. **Kalinina-Shuvalova S. F., Komissarova A. E., Lisitsa S. S.** *Dodootvedenie and treatment of industrial and storm sewage*. Far East: problems of development of the architectural and construction complex. 2015. No. 1. P. 129-133. (in Russian)

2. **Vereschagina L. M., Menshutin Yu. A., Shvetsov V. N.** *About normative base of designing of systems of disposal and treatment of surface waste waters*. MGSU, IX scientific and technical conference «Yakovlev readings». 2014. Pp. 166-170 (in Russian)

3. **Pupyrev E. I. Shelomkov A. C.** *Economic justification of ecologically safe technologies of wastewater treatment*. Water supply and sanitary technique. 2014. No.1. Pp. 5-12. (in Russian)

4. **Vereshchagina L. M., Shvetsov V. N.** *Clarification of certain provisions of the Recommendations for the calculation of systems of collection, removal and purification of surface runoff from residential areas and sites of enterprises.* Water supply and sanitary engineering. 2016. No. 1. Pp. 50-57. (in Russian)
5. **Varyushina G. P., Sveshnikova N. V.** *The way of modernization of sewage treatment plants surface waste water.* Water supply and sanitary techniques. 2017. No. 5. Pp. 35-39. (in Russian)
6. **Pupyrev E. I.** *Integrated solutions in systems stormwater.* Vestnik MGSU. 2018. No. 5. Pp. 651-659. (in Russian)
7. **Alekseev M. I., Kurganov, A. M.** *Organization of surface (rain and melt) runoff from urban areas.* St. Petersburg. Publishing house ASV. 2000. 352 p. (in Russian)
8. **Khomich V. A., Kolotova E. O.** *Engineering solutions to reduce pollution runoff from the residential quarter.* In the collection, Oriented basic and applied research - the basis of modernization and innovative development of architectural-construction and road-transport complexes of Russia. Proceedings of the international 66-th scientific-practical conference. 2012. Pp. 138-141. (in Russian)
9. **Vatin N. I. Pankova G. A., Leonov, V. L., Probirsky M. D., Rublevskaia O. N., Chehevichkin A. V., Yakunin L. A.** *Test operation of the filter FOPS natural zeolite for purification of contaminated surface runoff infiltration.* Water supply and sanitary techniques. 2017. No. 9. Pp. 39-47. (in Russian)
10. **Fedorov S. V. Timofeev P. A.** *The relevance of the application of the separation chambers to the storm water drain network.* Water supply and sanitary technique. 2018. No. 4. Pp. 138-140. (in Russian)

Received 23 June 2019

Для цитирования:

Кононова, М. С. Техническое обоснование реконструкции городских систем водоотведения поверхностного стока / М. С. Кононова, М. Г. Калугина, Я. Ю. Пирогова, С. А. Романенко // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 3(10). – С. 34-41.

FOR CITATION:

Kononova M. S., Kalugina M. G., Pirogova Y. Yu., Romanenko S. A. *Technical justification for reconstruction of urban surface flow drainage system.* Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 3(10). Pp. 34-41. (in Russian)

УДК 628.336.41

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛАГОУТРАЧЕНИЯ ОСАДКА ИЛОВЫХ ПЛОЩАДОК ПРИ ЦИКЛИЧНОМ ЗАМОРАЖИВАНИИ

А. Н. Тянин, Н. А. Кузнецов

Тянин Александр Николаевич, канд. техн. наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», Вологда, Российская Федерация, тел.: +7(921)128-78-39; e-mail: tyanin54@mail.ru

Кузнецов Николай Алексеевич, магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения, ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», Вологда, Российская Федерация, тел.: +7(953)511-09-55; e-mail: kuzkol5555@yandex.ru

В статье отражена актуальность вопроса интенсификации обезвоживания осадка на иловых площадках очистных сооружений водоотведения. Представлен перечень источников, отражающих исследования по вопросу интенсификации процесса обезвоживания канализационных осадков. Предложена версия объяснения процесса разделения двухфазной среды на свободную влагу и высококонцентрированный осадок. Показан механизм разделения твердой и жидкой фаз, приводящий к накоплению слоя уплотняемого осадка на дне сооружения в виде илового слоя, располагаемого с противоположной стороны относительно поверхности теплообмена. Уточнены параметры, определяющие влагоотдачу уплотненного избыточного активного ила. Подтверждено наиболее эффективное снижение удельного сопротивления фильтрации избыточного активного ила при температуре 5...10 °С. Зафиксировано снижение удельного сопротивления фильтрации при трехкратном замораживании осадков сточных вод с последующим их оттаиванием. Выявлена наибольшая эффективность гравитационного фильтрования осадка через слой бумажного фильтра «белая лента» на протяжении начального периода разделения фаз. Зафиксировано улучшение динамики фильтрования осадка по отношению к осадку, не подвергнутому замораживанию. В статье подтверждено влияние замораживания осадка на увеличение его влагоотдачи.

Ключевые слова: уплотненный избыточный активный ил; удельное сопротивление фильтрации осадка; замораживание; влагоотдача; влажность осадка.

Для естественного обезвоживания осадков, образующихся на станциях биологической очистки сточных вод малой производительности в условиях Вологодского региона, широко применяются иловые площадки с искусственным водонепроницаемым основанием и дренажем. Площадки проектируются с целью получения чистого фильтрата отделяемой влаги и повышения скорости обезвоживания осадков. Особенностью эксплуатации таких сооружений является зависимость их от различных климатических факторов, которые могут изменять физические свойства осадков и, соответственно, влиять на влагоотдачу.

Из литературы и практики утилизации осадков известно [1...3], что замораживание и последующее размораживание осадка приводит к изменению его структуры, позволяет добиваться более глубокого и быстрого обезвоживания. Таким образом, процесс замораживания может рассматриваться как процесс подготовки осадка к дальнейшему обезвоживанию на иловых площадках.

Технология предварительного кондиционирования осадков путем замораживания с последующим оттаиванием в настоящее время является предметом исследований ряда авторов [4, 5]. Проведенные ими исследования показывают, что при замораживании осадка на площадках кристаллизуется в первую очередь свободная вода, образующая поверхностный слой льда. При этом молекулы воды ориентируются таким образом, чтобы обеспечить дальнейшее образование кристаллов льда, а твердые частицы вытесняются из слоя

кристаллизующейся жидкости в слой осадка [6, 7]. Установлено также, что большей влагоотдачей обладает осадок, замороженный при небольших отрицательных температурах в условиях низких скоростей движения фронта формирующегося льда, так как при медленном процессе замораживания связанная влага успевает распространиться в межклеточное пространство, где она и кристаллизуется. Возникающее при этом давление способствует укрупнению и коагуляции обезвоженных частиц осадка, и накопление слоя уплотняемого осадка на дне сооружения, т.е. с противоположной стороны относительно поверхности теплообмена. В таких условиях замерзание твердых и коллоидных частиц происходит в последнюю очередь, и это обеспечивает максимальное образование свободной влаги при изменении структуры осадка.

В проанализированных источниках отмечено, что изменение структуры осадка при замораживании приводит к снижению его удельного сопротивления, а соответственно к увеличению производительности иловых площадок и уменьшению показателя «взвешенные вещества» в дренажной воде [1, 3, 8]. В то же время, влияние многократно повторяемого замораживания и оттаивания осадка на изменение его свойств и влагоотдачи в литературе не отражено.

Целью проводимых авторами исследований является изучение влияния многократно повторяемого замораживания и оттаивания осадка, уплотненного избыточного активного ила (УИАИ) на снижение удельного сопротивления фильтрации (УСФ), уменьшение времени уплотнения осадка и увеличение скорости гравитационного обезвоживания с применением фильтрующего материала.

В ранее проведенных нами исследованиях [9, 10] был выявлен оптимальный диапазон температур замораживания осадка, который для УИАИ составил от 5 до 10 °С. Исходя из этого, опыты по трехкратному (циклическому) замораживанию с последующим оттаиванием осадка проводились в данном диапазоне температур.

Методика проведения исследования предполагала одновременное размещение шести проб осадка УИАИ объемом по 500 мл в постоянном поле температуры морозильной камеры. Каждый из трех циклов температурного воздействия включал в себя: 18-ти часовое замораживание и последующее размораживание в течение 6 часов при температуре +20 °С. После каждого цикла замораживания и оттаивания определялись по стандартным методикам в пяти повторениях следующие показатели: «удельное сопротивление фильтрации» (УСФ) осадка (R), «взвешенные вещества» осадка (ВВ), «влажность» осадка (Вл).

Изначально была проведена серия опытов по определению удельного сопротивления фильтрации исходного осадка. Результат измерений составил от 180 до 215×10⁻¹⁰ см/г. После каждого цикла замораживания проводилось определение УСФ. Результаты исследования удельного сопротивления фильтрации осадка УИАИ после трех циклов замораживания представлены на рис. 1.

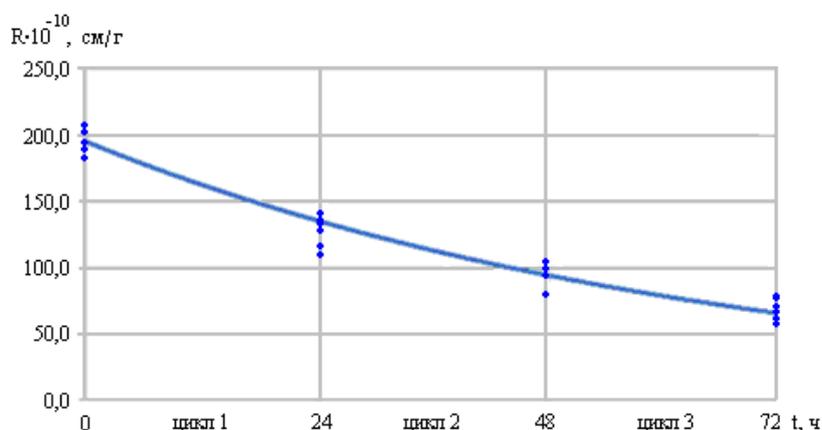


Рис. 1 – Изменение удельного сопротивления фильтрации осадка УИАИ по циклам замораживания: 1-й цикл (0...24 ч); 2-й цикл (24...48 ч); 3-й цикл (48...72 ч)

Цикличное замораживание с последующим оттаиванием позволило снизить удельное сопротивление фильтрации осадка после первой фазы замораживания в 1,4 раза, после второй и третьей фаз соответственно в 2,3 и 3,0 раза. Полученный эффект подтверждает значительное изменение структуры осадка, способствующее повышению его влагоотдачи.

Результаты исследования гравитационного уплотнения и фильтрования осадка УИАИ представлены на рис. 2 и рис. 3.

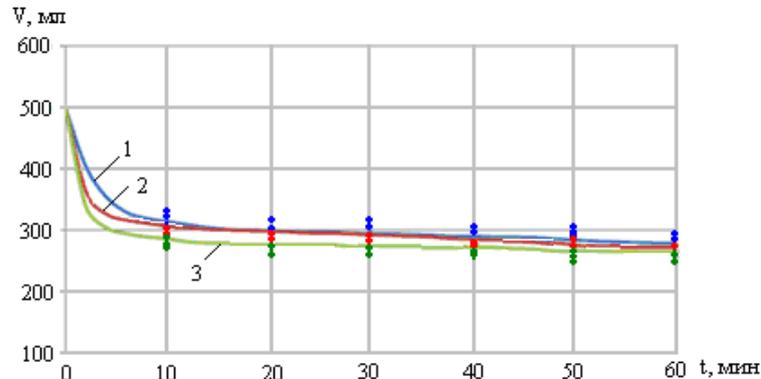


Рис. 2 – Изменение объема осадка УИАИ при гравитационном уплотнении по циклам замораживания: 1 – 1-й цикл; 2 – 2-й цикл; 3 – 3-й цикл

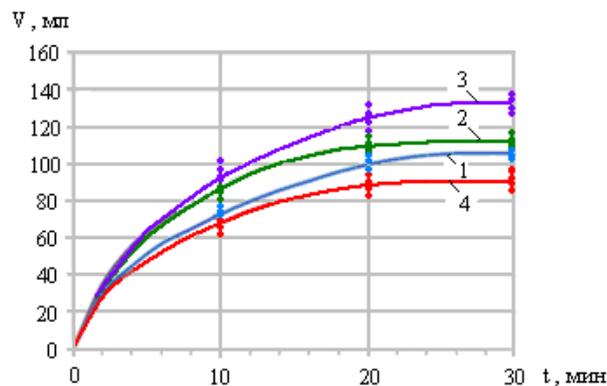


Рис. 3 – Изменение объема фильтрата (V) в зависимости от продолжительности фильтрования по циклам замораживания: 1 – 1-й цикл; 2 – 2-й цикл; 3 – 3-й цикл; 4 – исходный осадок

Представленные результаты исследования показывают, что увеличение числа циклов замораживания до трех с последующим оттаиванием положительно влияет на гравитационное уплотнение и фильтрование осадка по отношению к его исходным пробам. Интенсивная влагоотдача зафиксирована на протяжении первых 20 минут фильтрования по всем пробам осадка (рис. 3). Дальнейшее фильтрование протекает в спокойной фазе, без значительного изменения скорости. Данный осадок фильтруется хуже, чем просто избыточный активный ил, что согласуется с результатами исследований ряда авторов [1, 11].

Показатель «взвешенные вещества» для исходного исследуемого осадка составлял 3,26 г/л и практически не менялся, что отмечено в таблице. В тоже время, влажность осадка, достигнутая при первом цикле замораживания в значении 97,5 % после следующих двух циклов, уменьшалась в среднем на 2 %.

Представленные авторами результаты исследования подтверждают изменение свойств осадка УИАИ, что позволяет рассматривать применение многократного замораживания в условиях эксплуатации иловых площадок в зимний период времени года для интенсификации процесса обезвоживания. Технология обработки осадка на иловых площадках в зимний период времени в этом случае будет предусматривать разлив осадка, гравитационное его уплотнение, слив верхнего слоя осветленной влаги, замораживание всего слоя

осадка, удаление выделившейся свободной влаги фильтрованием через слой загрузки после полного размораживания осадка.

Результаты исследования осадка УИАИ

№ опыта	Цикл замораживания								
	1-й цикл			2-й цикл			3-й цикл		
	R×10 ⁻¹⁰ , см/г	ВВ, мг/л	Вл, %	R×10 ⁻¹⁰ , см/г	ВВ, мг/л	Вл, %	R×10 ⁻¹⁰ , см/г	ВВ, мг/л	Вл, %
1	110,9	31965	97,6	81,7	31880	97,0	58,4	30735	96,6
2	142,6	32315	97,4	100,4	32015	96,8	67,8	33210	96,3
3	140,3	33060	97,5	105,6	34270	96,4	75,9	32450	96,1
4	133,2	32565	97,3	98,5	32410	96,9	71,2	33515	96,3
5	115,8	32465	97,5	90,2	31640	97,0	61,2	32980	96,6
Mid	128,6	32474	97,5	95,3	32443	96,8	66,9	32578	96,4

Заключение.

На основании проведенного исследования получены следующие результаты:

1. Для уплотненного избыточного активного ила наибольший эффект снижения удельного сопротивления фильтрации получен при отрицательных температурах замораживания от 5 до 10 °С.

2. Повторное замораживание осадка с последующим оттаиванием снижало удельное сопротивление фильтрации УИАИ в 3,0 раза.

3. Влажность УИАИ после трехкратного замораживания снижалась в среднем на 2 %.

4. После трех циклов замораживания с оттаиванием улучшалось уплотнение осадка. Наибольшая динамика зафиксирована в течение первых 10 минут уплотнения. Осадок УИАИ уменьшался в объеме относительно исходного значения в 2 раза.

5. Наибольшая эффективность гравитационного фильтрования через слой бумажного фильтра «белая лента» для УИАИ наблюдалась на протяжении первых 20 минут. Динамика фильтрования УИАИ улучшилась в 1,4 раза по отношению к осадку, не подвергнутому замораживанию.

6. Таким образом, многократно повторяемое замораживание осадка, уплотненного избыточного активного ила (УИАИ) влияет на снижение удельного сопротивления фильтрации (УСФ), уменьшение времени уплотнения осадка и увеличение скорости гравитационного обезвоживания с применением фильтрующего материала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Зайнуллин, Р. Р.** Применение процессов замораживания и оттаивания осадков сточных вод / Р. Р. Зайнуллин, А. А. Галяутдинов // Международный Научный Журнал «Инновационная наука». – 2016. – № 6. – С. 72-74.

2. **Мисбахов, Р. Ш.** Ячеистая модель фазового перехода в сферической капле при охлаждении / Р. Ш. Мисбахов, В. Е. Мизонов // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. – 2015. – № 8. – С. 71-74.

3. **Веригина, Е. Л.** Изучение изменения свойств осадков городских сточных вод на площадках естественной сушки / Е. Л. Веригина // Известия МГТУ «МАМИ». – 2014. – № 1(19). – С. 91-98.

4. **Соковнин В. М., Дрожнер В. М., Кузнецова И. В., Никитин Ю. Я., Эльясберг Е. С.** Способ обезвоживания осадка сточных вод. пат. № 1046201 А (СССР), МПК С 02 F

11/20 патентообладатель Государственный проектный институт «Укрводоканалпроект». – № 3272127; заявл. 03.04.1981; – опубл. 07.10.1983, Бюл. № 37. – 3 с.

5. **Иванов Н. А., Иванов А. Н.** Способ круглогодичного обезвоживания осадков муниципальных сточных вод на иловых площадках. пат. №2393122 (Российская Федерация), МПК С02F 11/14 патентообладатели Иванов Николай Александрович, Иванов Антон Николаевич. – № 2008146565; заявл. 25.11.2008; – опубл. 27.06.2010, Бюл. № 18. – 2 с.

6. **Хисамеева, Л. Р.** Обработка осадков городских сточных вод: учебное пособие / Л. Р. Хисамеева, А. С. Селюгин. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2016. – 105 с.

7. **Благодарумова, А. М.** Обработка и обезвоживание осадков городских сточных вод: учеб. пособие, часть 1 / А. М. Благодарумова. – Новокузнецк: Сиб-ГИУ, 2010. – 139 с.

8. **Туровский, И. С.** Обработка осадков сточных вод / И. С. Туровский. – М.: Стройиздат, 1982. – 223 с.

9. **Тянин, А. Н.** Влияние замораживания на повышение влагоотдачи осадков сточных вод / А. Н. Тянин, Н. А. Кузнецов // Теоретические и прикладные вопросы науки и образования: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции, 30.04.2019 г. Часть 1. Тамбов: Консалтинговая компания Юком. – 2019. – С. 110-112.

10. **Тянин, А. Н.** Исследование влагоотдачи избыточного активного ила после замораживания и оттаивания / А. Н. Тянин // Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований: материалы XIX международной научно-практической конференции. North Charleston, 21-22.05.2019. – Morrisville, NC, USA: Lulu Press. – 2019. – Pp. 97-99.

11. **Пугачев, Е. А.** Процессы и аппараты обработки осадков сточных вод / Е. А. Пугачев // Монография. – М.: Издательство АСВ, 2012. – 208 с.

Поступила в редакцию 29 июня 2019

THE STUDY OF SLUDGE DRYING OF SLUDGE BEDS UNDER CYCLIC FREEZING

A.N. Tyanin, N.A. Kuznetsov

Tyanin Alexander Nikolaevich, Cand. tech. Sci., Associate Professor, Department of Water Supply and Sanitation, Vologda State University, Vologda, Russian Federation, phone: +7(921)128-78-39; e-mail: tyanin54@mail.ru
Kuznetsov Nikolai Alekseevich, undergraduate student, Department of Water Supply and Sanitation, Vologda State University, Vologda, Russian Federation, phone: +7(953)511-09-55; e-mail:kuz-kol5555@yandex.ru

The article reflects the relevance of the issue of intensification of sludge dewatering on the sludge plots of wastewater treatment plants. A list of sources reflecting material on the issue of intensification of sewage sludge dewatering is presented. An attempt has been made to explain the process of separation of a two-phase medium into free moisture and a highly concentrated precipitate. The mechanism of separation of solid and liquid phases is shown, which leads to the accumulation of a layer of compacted sludge at the bottom of the structure in the form of a sludge layer located on the opposite side relative to the heat exchange surface. The parameters that determine the moisture output of compacted excess activated sludge are specified. The most effective reduction of the specific filtering resistance of excess activated sludge at a temperature of 5...10 °C was confirmed. A decrease in the resistivity of filtration after threefold freezing of sewage sludge followed by their thawing was recorded. The greatest efficiency of gravitational filtration of sediment through the layer of the paper filter «white ribbon» was revealed during the initial phase separation period. An improvement in the dynamics of filtering sediment with respect to sediment that has not been subjected to freezing has been recorded. The article confirms the effect of freezing the sediment on increasing its moisture yield.

Keywords: compacted excess activated sludge; sediment filtration resistivity; freezing; moisture recovery; sludge moisture.

REFERENCES

1. **Zainullin R. R., Galyautdinov A. A.** *The use of processes of freezing and thawing of sewage sludge.* Innovation Science. 2016. No. 1. Pp.72-74. (in Russian)
2. **Misbakhov R. Sh., Mizonov V. E.** *Cellular model of phase transition in a spherical drop during cooling.* News of higher educational institutions. Series: Chemistry and Chemical Technology. 2015. No. 8. Pp. 71-74. (in Russian)
3. **Verigina E. L.** *Study of changes in the properties of urban sewage sludge at natural drying sites.* Izvestiya MSTU «MAMI». 2014. No. 1(19). Pp. 91-98. (in Russian)
4. **Sokovnin V. M., Drazhner V. M., Kuznetsova I. V., Nikitin Yu. Ya., Elyasberg E. S.** *Method of dewatering sewage sludge.* Pat No. 1046201 A (USSR), IPC C 02 F 11/20 patentee state design institute Ukrvodokanalproekt. No. 3272127; Appl. 04.03.1981; publ. 10.07.1983, buul. No. 37. 3 p. (in Russian)
5. **Ivanov N. A., Ivanov A. N.** *Method of year-round dewatering of municipal sewage sludge in sludge sites.* Pat No. 2393122 (Russian Federation), IPC C02F 11/14 patent holders Nikolay Alexandrovich Ivanov, Anton Nikolaevich Ivanov. No. 2008146565; Appl. 25.11. 2008; publ. 27. 06. 2010, bull. No. 18. 2 p. (in Russian)
6. **Khisameeva L. R., Selyugin R. N.** *Treatment of urban sewage sludge: study guide.* Kazan, Kazan publishing house. state architect. builds. University. 2016. 105 p. (in Russian)
7. **Blazumumova A. M.** *Treatment and dewatering of sewage sludge.* Studies. manual. Part 1. Novokuznetsk, Sib-SMI. 2010. 139 p. (in Russian)
8. **Turovsky I. S.** *Sewage sludge treatment.* Moscow, Stroizdat. 1982. 223 p. (in Russian)
9. **Tyanin A. N., Kuznetsov N. A.** *The influence of freezing on increasing the moisture yield of sewage sludge.* Theoretical and applied issues of science and education: a collection of scientific papers based on the materials of the international scientific-practical conference, 04/30/2019. Part 1. Tambov, Consulting company Ucom. 2019. Pp. 110-112. (in Russian)
10. **Tyanin A. N.** *Study of moisture loss of excess activated sludge after freezing and thawing.* Actual areas of fundamental and applied research: materials of the XIX International Scientific and Practical Conference. North Charleston, 21-22.05.2019. Morrisville, NC, USA: Lulu Press. 2019. Pp. 97-99. (in Russian)
11. **Pugachev E. A.** *Processes and devices for the treatment of sewage sludge.* Monograph. Moscow, ACB Publishing. 2012. 208 p. (in Russian)

Received 29 June 2019

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Тянин, А. Н. Исследование влагоотдачи осадка иловых площадок при циклическом замораживании / А. Н. Тянин, Н. А. Кузнецов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 3(10). – С. 42-47.

FOR CITATION:

Tyanin A. N., Kuznetsov N. A. *The study of sludge drying of sludge beds under cyclic freezing.* Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 3(10). Pp. 42-47. (in Russian)

УДК 532.542:628.16

МЕТОД РАСЧЕТА ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЛЯ ОДНОГО ТИПА МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ СЛОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Е. В. Чеснокова, Т. Н. Сауткина, В. А. Макеев

Чеснокова Елена Вадимовна, ассистент кафедры теплогазоснабжения, вентиляции, водообеспечения и прикладной гидрогазодинамики, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, Российская Федерация, тел. +7(8452)998914; e-mail: adamas.elena@gmail.com

Сауткина Татьяна Николаевна, канд. техн. наук, доцент кафедры теплогазоснабжения, вентиляции, водообеспечения и прикладной гидрогазодинамики, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, Российская Федерация, тел. +7(8452)998914; e-mail: angelanddiman@mail.ru

Макеев Владислав Алексеевич, студент, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, Российская Федерация, тел. +7(8452)998914; e-mail: angelanddiman@mail.ru

Предлагается метод определения потерь в новой установке для омагничивания воды, в которой осуществляется многократное радиальное растекание жидкости между плоскими поверхностями постоянных кольцевых магнитов. Суть метода состоит в том, что весь поток, поступающий в сложное местное сопротивление, условно расчленяется на ряд струек, причем все они до выхода из местного сопротивления проходят одинаковые траектории и встречают одинаковые местные сопротивления. В ходе расчетов не учитывают взаимодействие струек и взаимное влияние местных сопротивлений – эти особенности учитываются поправочными коэффициентами после опытной проверки установки на гидравлическом стенде. Особенно удобно применять этот метод если конструкция имеет ось симметрии (радиально симметрична). Изложенный в работе метод позволяет в некоторых случаях определять потери в местных сопротивлениях сложной конструкции. Предложенный в метод экспериментально проверен и может применяться на практике.

Ключевые слова: омагничивание; постоянные кольцевые магниты; местные сопротивления; потери напора; взаимное влияние сопротивлений.

За последние годы в связи с развитием технологий и созданием на их основе новых установок и устройств, происходит усложнение их конструктивных решений. В частности, это касается конструкций пневматических и гидравлических устройств. Для гидравлических узлов главной задачей является получение гидравлической характеристики, т.е. зависимости потерь напора от расхода.

В данной работе предлагается метод определения потерь в новой установке для омагничивания воды.

Суть метода состоит в том, что весь поток, поступающий в сложное местное сопротивление, условно расчленяется на ряд струек, причем все они до выхода из местного сопротивления проходят одинаковые траектории и встречают одинаковые местные сопротивления. Особенно удобно применять этот метод если конструкция имеет ось симметрии (радиально симметрична) [1, 2, 3, 4, 5, 6].

В этом случае все входное сечение (круглая труба) разбивается условно на секторы и каждый сектор представляет сечение отдельной струйки. Смысл разбиения состоит в том, что в последующем струйка проходит через ряд уже известных и определяемых местных сопротивлений. Предположим, что получилось n струек, общий расход также разделен на n частей. В последующем определяются потери напора в одной из струек и это значение потерь умножаем на n (расходы отдельных струек при этом складываются и суммарный

расход равен первоначальному, до деления).

Недостатком такого приема является то, что не учитывается взаимодействие между струйками (это взаимодействие возникает за счет трения и обмена массой).

Примером местного сопротивления сложной конструкции является установка для омагничивания воды. В ней реализуется многократное радиальное растекание жидкости между плоскими поверхностями постоянных кольцевых магнитов.

Установка показана на рис. 1 а (без внешней цилиндрической ограждающей поверхности). На рис. 1 б показано ее сечение по диаметральной плоскости (без ограждающей поверхности).

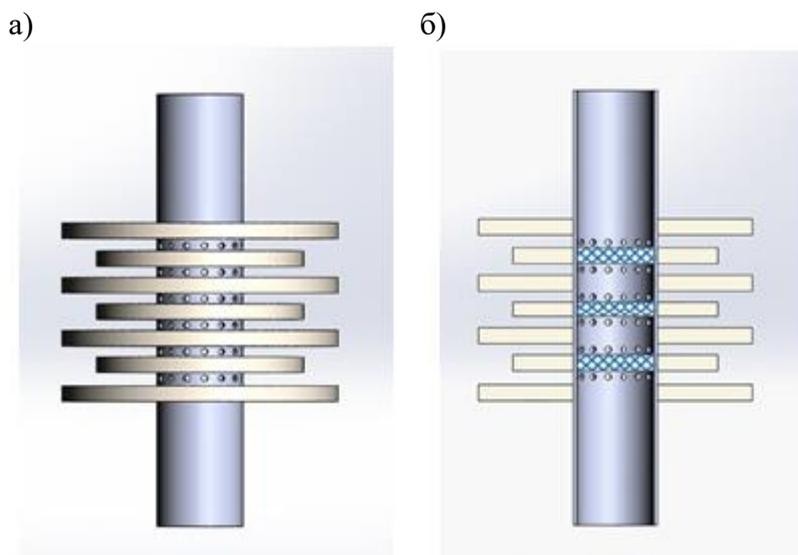


Рис. 1 – Установка для омагничивания воды:
а – общий вид устройства без ограждающей поверхности;
б – сечение по диаметральной плоскости

На рис. 2 показано движение воды в системе с внешней ограждающей поверхностью. Из рис. 2 следует, что омагничиваемая вода подходит по трубе и движется по ней до первого ряда отверстий; так как далее находится заглушка, то вода растекается в узкой радиальной щели (как из источника) между плоскостями кольцевых магнитов. Затем поток поворачивает на 180° и далее уже движется от периферии к центру, втекая в отверстия и вновь попадая в трубу; после этого следует двукратное повторение этого процесса.

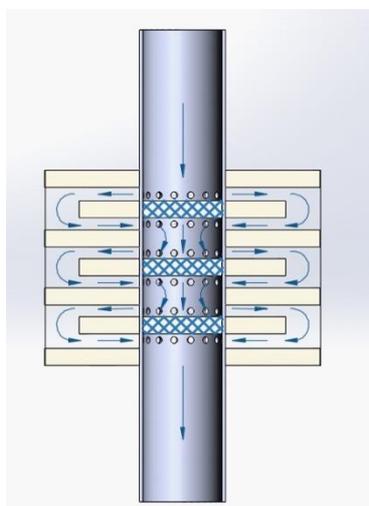


Рис. 2 – Схема движения воды в системе с внешней ограждающей поверхностью

В ходе расчетов не учитывают взаимодействие струек и взаимное влияние местных сопротивлений – эти особенности учитываются поправочными коэффициентами после опытной проверки данной установки на гидравлическом стенде. На движение отдельной струйки необходимо некоторое количество энергии E ; в результате на движение всего потока необходимо энергии $E \cdot n$.

Принято, что выполняются условия радиальной и осевой симметрии при теоретическом рассмотрении гидравлических явлений. Помимо этого, приходится рассчитывать потери по длине при радиальном растекании, что также приводит к делению потока на струйки.

Ниже приведены все сопротивления, в соответствии со схемой установки, приведенной на рис. 2.

- ✓ поворот струек на 90° при подходе к первому ряду отверстий;
- ✓ сжатие каждой струйки перед протеканием через отверстие;
- ✓ расширение струйки после прохождения отверстия;
- ✓ течение в радиальном направлении (растекание всего потока в радиальном направлении между плоскостями, как в плоском источнике);
- ✓ огибание стружкой внешней образующей кольцевого магнита-поворот на 180° ;
- ✓ схождение потока в радиальном направлении к системе отверстий;
- ✓ сжатие струйки перед отверстием;
- ✓ расширение после прохождения через отверстие;
- ✓ поворот каждой струйки на 90° и соединение всех их в один поток.

В последующем происходит повторение всех сопротивлений. Рассмотрим местные сопротивления, перечисленные выше и рассчитаем их все для одной из n одинаковых струек, на которые делится весь поток в трубе. По мнению авторов, в данном случае существует единственный способ разделить поток в трубе на струйки, соблюдая при этом принцип симметрии – деление потока в трубе на n секторов.

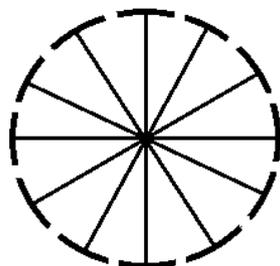


Рис. 3 – Схема деления сечения трубы

Т.к. рассечение симметрично, то производится разбиение на секторы через 12 симметричных отверстий.

1. Поворот струек на 90° .

Потери определяются по формуле:

$$h_w = 0,11 \cdot \frac{V^2}{2g}, \quad (1)$$

или

$$h_{w1} = 0,11 \cdot \left(\frac{4Q}{\pi D^2} \right)^2 \cdot \frac{1}{2g} \cdot \frac{1}{n}, \quad (2)$$

где 0,11 – числовое значение коэффициента местного сопротивления; Q – расход в трубе, $\text{см}^3/\text{с}$; D – диаметр трубы, см ; g – ускорение свободного падения, $\text{см}/\text{с}^2$; n – число струек, на которые разделен поток.

2. Сужение перед прохождением через отверстие.

Потери определяются по формуле Вейсбаха и за скорость принимается скорость за отверстием. Тогда получаем

$$h_{w2} = \xi_c \cdot \left(\frac{4Q}{\pi D^2} \right)^2 \cdot \frac{1}{2g}, \quad (3)$$

где ξ_c – коэффициент местного сопротивления; d – диаметр отверстия, см (число струек равно числу отверстий).

3. Расширение струйки после прохождения отверстия.

Потери считаются по формуле Борда

$$h_{w3} = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}, \quad (4)$$

где V_1 – скорость до расширения, см/с; V_2 – скорость после прохождения отверстия, см/с.

Значения скоростей V_1 и V_2 , определяются по формулам:

$$V_1 = \left(\frac{4Q}{n\pi D^2} \right), \quad (5)$$

$$V_2 = \frac{Q}{\Delta h \pi D}, \quad (6)$$

где Δh – расстояние между плоскостями магнитов, см; D_1 – малый диаметр (внутренний) кольцевого магнита, (см. рис. 4).

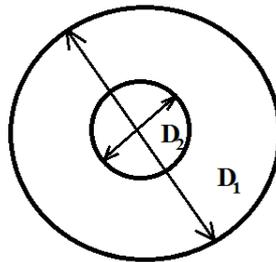


Рис. 4 – Схема расположения кольцевых магнитов

4. Течение в радиальном направлении (растекание всего потока в радиальном направлении между плоскостями).

В данном случае растекание струйки можно представить, как течение в канале, толщина которого значительно меньше даже меньшего сечения диффузора: специфика течения в диффузоре здесь определяется в основном коэффициентами сопротивления трения.

Сопротивление при таком расширении определяется по формуле Вейсбаха

$$h_w = \xi_g \cdot \frac{V^2}{2g}, \quad (7)$$

где ξ_g подсчитывается по формуле [7, 8]

$$\xi_g = K_{cm} \cdot \left(\frac{l_{2g}^2}{l_{1g}^2} - 1 \right) + \xi_{mp}, \quad (8)$$

где l_{1g} и l_{2g} – эквивалентные диаметры в узкой и широкой частях, см – так как в данном случае течение реализуется в канале некруглого сечения.

Всего отверстий и струек n , а расстояние между плоскими сторонами соседних магнитов Δh . Тогда эквивалентные диаметры подсчитываются по формулам [7, 8].

$$l_{13} = \frac{\frac{\pi D_1}{n} \cdot \Delta h}{\frac{\pi D_2}{n} \cdot 2 + 2 \cdot \Delta h}, \quad (9)$$

$$l_{23} = \frac{\frac{\pi D_1}{n} \cdot \Delta h}{\frac{\pi D_1}{n} \cdot 2 + 2 \cdot \Delta h}. \quad (10)$$

Величина $K_{см}$ (при $h=12$) = 0,72

Значение ξ_{mp} – коэффициента сопротивления трения определяется по формуле [7, 8]:

$$\xi_{mp} = \frac{\lambda_{cp}}{8 \sin \frac{\alpha}{2}} \cdot \left(\frac{l_{23}^4}{l_{13}^4} - 1 \right), \quad (11)$$

где λ_{cp} – среднее арифметическое для значения λ в узком и в широком сечениях.

Учитывая очень сложное местное сопротивление и принятые гипотезы, допустимо принять в среднем $\lambda = 0,02$ [9].

В данном случае сразу следует, что при 12 отверстиях $\sin(\alpha/2) = n/12 = 0,261$.

В данном случае скорость за местным сопротивлением равна

$$V = \frac{Q}{\Delta h \pi D_1}. \quad (12)$$

Потери при растекании будут равны

$$h_{w4} = \xi_g \cdot \left(\frac{Q}{\Delta h \pi D_1} \right)^2 \cdot \frac{1}{2g}. \quad (13)$$

5. Поворот на 180° при обтекании внешней образующей поверхности малого магнита.

Согласно [8], возможно принять, как при повороте потока без изменения его конфигурации и скорости, тогда

$$h_{w5} = 3,6 \cdot \left(\frac{Q}{\Delta h \pi D_1} \right)^2 \cdot \frac{1}{2g}. \quad (14)$$

6. Схождение потока в радиальном направлении к системе отверстий.

Коэффициент местного сопротивления в данном случае определяется по формуле

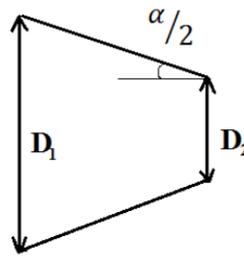
$$\xi_k = \xi_{к.вх} \cdot \left(1 - \frac{D_2^2}{D_1^2} \right) + \xi_{mp}. \quad (15)$$

Причем ξ_{mp1} вычисляется так

$$\xi_{mp1} = \frac{\lambda_{mp}}{8 \sin \frac{\alpha}{2}} \cdot \left[1 - \frac{D_2^4}{D_1^4} \right]. \quad (16)$$

Величина угла $\alpha/2$ представлена на рис. 4. По аналогии с формулой (11) значение λ_{cp} принималось нами равным 0,02.

Коэффициент $\xi_{к.вх}$ – конического входа равен 0,26 [10].

Рис. 5 – Схема определения угла $\alpha/2$

В данном местном сопротивлении, как и во всех предыдущих случаях за скорость в формуле Вейсбаха принималась скорость за местным сопротивлением, она равна

$$V = \frac{Q}{\Delta h \pi D_1}, \quad (17)$$

а потери в данном случае определяются формулой

$$h_{w6} = \xi_k \cdot \left(\frac{Q}{\Delta h \pi D_2} \right)^2 \cdot \frac{1}{2g}. \quad (18)$$

7. Сжатие потока перед отверстием.

В данном случае площадь струйки перед отверстием незначительно отличается от той площади, которая зафиксирована в п. 2, таким образом, если площади и скорости очень близки, то конечная формула для потерь аналогична выведенной в п. 2 и

$$h_{w7} = \xi_k \cdot \left(\frac{4Q}{n\pi d^2} \right) \cdot \frac{1}{2g}. \quad (19)$$

8. Расширение потока после прохождения через отверстие.

В данном случае потери считаются также как в п.3, т.е.

$$h_{w8} = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}, \quad (20)$$

где

$$V_1 = \left(\frac{4Q}{n\pi d^2} \right), V_2 = \frac{Q}{\Delta h \pi D_1}. \quad (21)$$

9. Поворот струек на 90° и слияние их в один поток.

Как и в п.1 потери для одной струйки могут быть найдены по формуле

$$h_{w9} = 0,11 \cdot \left(\frac{4Q}{\pi D^2} \right)^2 \cdot \frac{1}{2g} \cdot \frac{1}{n}, \quad (22)$$

при этом расходы струек суммируются.

Имея зависимости для всех потерь при одном цикле запишем суммарные потери для всех струек (умножая потери на число струек, равные n)

$$\begin{aligned} h_\varepsilon = & \left\{ 0,11 \left(\frac{4Q}{\pi D^2} \right)^2 \cdot \frac{1}{2g} \cdot \frac{1}{n} \right\} + \xi_c \left(\frac{4Q}{\pi D^2} \right)^2 \frac{1}{2g} + \frac{1}{2g} \left[\frac{4Q}{n\pi D^2} - \frac{Q}{\Delta h \pi D} \right]^2 + \\ & + \frac{1}{2g} \left[K_{cm} \left(\frac{l_{23}^2}{l_{13}^2} - 1 \right) + \xi_{mp} \right] \left(\frac{Q}{\Delta h \pi D_1} \right)^2 + 3,6 \left(\frac{Q}{\Delta h \pi D_1} \right)^2 \frac{1}{2g} + \xi_k \left(\frac{Q}{\Delta h \pi D_2} \right)^2 \frac{1}{2g} + \\ & + \frac{1}{2g} \left[\frac{4Q}{n\pi d^2} - \frac{Q}{\Delta h \pi D_1} \right]^2 + \left\{ 0,11 \left(\frac{4Q}{\pi D^2} \right)^2 \cdot \frac{1}{2g} \cdot \frac{1}{n} \right\}. \end{aligned} \quad (23)$$

Или после вынесения за скобки множителя $\left(\frac{4Q}{\pi}\right)^2 \cdot \frac{1}{2g}$, получается:

исправления, внесённые в формулу (23), должны логично отобразиться и в преобразованиях (24) и (25). дополните, по

$$h_\varepsilon = \left(\frac{4Q}{\pi}\right)^2 \frac{1}{2g} n \left\{ 0,11 \left(\frac{1}{D^2}\right)^2 \frac{2}{n} + \xi_c \left(\frac{1}{nd^2}\right)^2 2 + 2 \left[\left(\frac{1}{nd^2}\right)^2 - \frac{1}{2nd^2 \Delta h D_1} - \left(\frac{1}{\Delta h D_1 4}\right)^2 \right] + \left[K_{cm} \left(\frac{l_{2\alpha}^2}{l_{1\alpha}^2} - 1\right) + \xi_{mp} \right] \left(\frac{1}{4\Delta h D_1}\right)^2 + 3,6 \left(\frac{1}{4\Delta h D_1}\right)^2 + \xi_\kappa \left(\frac{1}{4\Delta h D_2}\right)^2 \right\}, \quad (24)$$

или упрощая еще

$$h_\varepsilon = \frac{8Q^2 n}{\pi^2 g} \left\{ \left(\frac{1}{D^2}\right)^2 \frac{0,22}{n} + 2\xi_c \left(\frac{1}{nd^2}\right)^2 + 2 \left[\left(\frac{1}{nd^2}\right)^2 - \frac{1}{2nd^2 \Delta h D_1} + \left(\frac{1}{\Delta h D_1 4}\right)^2 \right] + \left[K_{cm} \left(\frac{l_{2\alpha}^2}{l_{1\alpha}^2} - 1\right) + \xi_{mp} \right] \left(\frac{1}{4\Delta h D_1}\right)^2 + 3,6 \left(\frac{1}{4\Delta h D_1}\right)^2 + \xi_\kappa \left(\frac{1}{4\Delta h D_2}\right)^2 \right\}. \quad (25)$$

Нет смысла преобразовывать дальше последнюю весьма громоздкую зависимость, так как для практических действий достаточно в каждом конкретном случае иметь график зависимости h_ε от расхода.

Действительные потери во всей установке H равны утроенному значению h_ε , так как это следует из рис. 2. Таким образом $H = 3h_\varepsilon$; $n=12$.

Геометрические параметры следующие:

$D=2,0$ см; $d=0,2$ см; $D_1=6,0$ см; $D_2=2,5$ см; $\Delta h=0,3$ см; $\xi_c=0,47$; $l_{1\alpha}=0,102$ см; $l_{2\alpha}=0,125$ см; $\xi_{mp}=0,012$; $\xi_\kappa=0,224$; $g=981$ см/с².

Подставляя все полученные промежуточные значения коэффициентов и геометрических параметров в (24) получим

$$h_\varepsilon = 0,00992Q^2 \{0,0046 + 1,9583 + 3,04766 + 0,0072 + 0,06944 + 0,0248\}, \quad (26)$$

или

$$h_\varepsilon = 0,00992Q^2 \times 5,11208 = 0,0507Q^2, \quad (27)$$

и

$$H = 3h_\varepsilon = 0,1521Q^2. \quad (28)$$

Для проверки теоретических расчетов, а также для анализа и корректировки зависимостей (25) и (26) были проведены экспериментальные исследования. Опыты по установлению экспериментальной зависимости потерь напора от расхода проводились на стенде рис. 6; совпадение опытов и теории было в пределах пятипроцентного отличия (что соответствует лабораторной точности измерений), поэтому в теоретическую зависимость не пришлось вводить поправочных коэффициентов.

Следует отметить, что в зависимости (28) не соблюдается размерность правой и левой частей; это вызвано стремлением максимально упростить зависимость (25). Формула (28) верна только в том случае, когда расход Q измеряется в см³/с, а потери H – в см. Если необходимы другие единицы, то необходимо вести расчеты по (25).

Из зависимости (26) следует, что основной вклад в сопротивлении дает расширение потока после прохождения им отверстий, сравнимы с ним потери на сжатие потока. Наименьшее значение у потерь на повороте струек. Очевидно, что наименование всех слагаемых в фигурных скобках м⁻⁴.



Рис. 6 – Внешний вид гидравлического стенда

На основании предыдущей формулы составим таблицу зависимости напора H от расхода Q .

Зависимости напора H от расхода Q

Q , см ³ /с	50	100	150	200	250	300	350	400
H , см	380	1520	3420	6080	9500	13680	18620	24320

Заключение.

Изложенный в данной работе метод позволяет в некоторых случаях определять потери в местных сопротивлениях сложной конструкции.

Предложенный метод экспериментально проверен и может применяться на практике.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Чеснокова, Е. В.** Гидравлический расчет спирального змеевика / Е. В. Чеснокова, А. М. Калякин // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе: сб. науч. тр. по материалам IV междунар. науч.-практ. конф., Саратов, СГТУ, 11 мая 2016. – 2016. – С. 312-315.
2. **Чеснокова, Е. В.** Омагничивающее устройство с радиальным течением жидкости / Е. В. Чеснокова, Е. Н. Муратова, Д. В. Ружинский // Современные технологии в мировом научном пространстве: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф., г. Пермь, 25 мая 2017: в 6 ч. Уфа. – 2017. – Ч. 3. – С. 200-202.
3. **Калякин А. М., Чеснокова Е. В., Семенов А. П.** Устройство для интенсификации осаждения взвешенных частиц в жидкости. пат. №170333 (Российская Федерация) МПК С02F1/46 патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» – № 2016121347; заявл. 30.05.2016. – опубл. 21.04.2017. – 2 с.
4. **Калякин, А. М.** Разработка конструкции устройства для безреагентной очистки жидкости / А. М. Калякин, Е. В. Чеснокова, Н. И. Король // Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газоснабжения: сб. науч. Трудов. Саратов, СГТУ. – 2017. – Т. 1. – № 1(5). – С. 88-91.
5. **Чеснокова, Е. В.** Методика расчета устройства для интенсификации процесса очистки жидкости / Е. В. Чеснокова, Т. Н. Сауткина, О. В. Мокряк // Современное состояние и перспективы развития строительства, теплогоснабжения и энергообеспечения: материалы VI междунар. науч.-практ. конф., Саратов, 9-10 нояб. 2017. – С. 320-322.

6. **Калякин, А. М.** Омагничивающее устройство с продольным кольцевым каналом. Гидравлическая характеристика / А. М. Калякин, Е. В. Чеснокова, Д. В. Ружинский // Роль опорного вуза в развитии транспортно-энергетического комплекса Саратовской области (ТРАНСЭНЕРГОКОМ-2018): сб. науч. тр. по материалам всерос. науч.-практ. конф., Саратов, 16-17 мая 2018. – 2018. – Т. 1. – С. 43-46.

7. **Справочник по гидравлике** / В. А. Большакова. – Киев: Вицпашк, 1984. – 343 с.

8. **Идельчик, Е. И.** Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М.: Машиностроение, 1975. – 559 с.

9. **Калякин, А. М.** Новый подход к определению коэффициента гидравлического трения в переходной зоне / А. М. Калякин, Е. В. Чеснокова, Е. И. Кожеева // Совершенствование методов гидравлических расчетов водопропускных и очистных сооружений: межвуз. науч. сб. Саратов, СГТУ. – 2010. – С. 80-84.

10. **Муковозов, М. М.** Гидравлика и гидравлические машины. – М.: Машиностроение, 1962. – 428 с.

Поступила в редакцию 30 июня 2019

METHOD FOR CALCULATING HYDRAULIC CHARACTERISTICS FOR ONE TYPE OF LOCAL RESISTANCE OF COMPLEX DESIGN

E. V. Chesnokova, T. N. Sautkina, V. A. Makeev

Chesnokova Elena Vadimovna, assistant the Department of heat gas supply, ventilation, water supply and applied fluid dynamics, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russian Federation, phone:+7(8452)998914; e-mail: adamas.elena@gmail.com

Sautkina Tatyana Nikolaevna, Cand. tech. sciences, associate Professor the Department of heat gas supply, ventilation, water supply and applied fluid dynamics, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russian Federation, phone:+7(8452)998914; e-mail: angelanddiman@mail.ru

Makeev Vladislav Alekseevich, student, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russian Federation, phone:+7(8452)998914; e-mail: nauro2012@mail.ru

This paper proposes a method for determining losses in a new installation for water magnetization — multiple radial spreading of fluid between the flat surfaces of permanent ring magnets. they pass the same trajectories before leaving the local resistance and meet the same local resistance. The calculations do not take into account the interaction of the streams and the mutual influence of local resistances - these features are taken into account by correction factors after experiencing experimental testing of this installation on a hydraulic test bench. It is especially convenient to use this method if the structure has an axis of symmetry (radially symmetric). The method outlined in this paper allows in some cases to determine losses in local resistances of complex construction. The proposed method is experimentally tested and can be applied in practice.

Keywords: magnetization; permanent ring magnets; local resistance; pressure loss; the mutual influence of resistance.

REFERENCES

1. **Chesnokova E. V., Kalyakin A. M.** *Hydraulic calculation of the spiral coil*. Resource energy-efficient technologies in the building complex: collection of scientific articles of the IV international scientific-practical conference. Saratov. 2016. Pp. 312-315. (in Russian)

2. **Chesnokova E. V., Muratova E. N., Ruzhinsky D. V.** *Magnetizing device with a radial fluid passage*. Modern technology in the global scientific space: collection of articles of the International scientific-practical conference. Perm. 2017. Vol. 3. Pp. 200-202. (in Russian)

3. **Kalyakin A. M., Chesnokova E. V., Semenov A. P.** *Device for intensifying sedimentation of suspended particles in a liquid*. Pat. No. 170333 (Russian Federation), IPCC02F1/46 patentee Federal state educational institution of higher professional education «Yuri Gagarin State Technical University of Saratov». No2016121347; Appl. 30.05.2016; publ. 21.04.2017. (in Russian)
4. **Kalyakin A. M., Chesnokova E. V., Korol N. I.** *The development device constructions for fluid treatment nonchemical*. Scientific and technical problems of the improvement and development of gas energy supply. collection of scientific articles of the international scientific-practical conference. Saratov. 2017. Vol. 1. Pp. 88-91. (in Russian)
5. **Chesnokova E. V., Sautkina T. N., Mokryak O. V.** *The method of calculating the device for the intensification of the process of fluid treatment*. The current state and prospects for the development of construction, heat and gas supply and energy supply: materials VI international scientific-practical conference. Saratov. 2017. Pp. 320-322. (in Russian)
6. **Kalyakin A. M., Chesnokova E. V., Ruzhinsky D. V.** *Magnetizing device with a longitudinal annular channel*. The role of the supporting university in the development of the transport and energy complex of the Saratov region: collection of scientific articles of the All-Russian scientific-practical conference. Saratov. 2018. Vol. 1. Pp. 43-46. (in Russian)
7. **Bolshakov V. A.** *Handbook of Hydraulics*. Kiev, High school. 1984. 343 p. (in Russian)
8. **Idelchik E. I.** *Handbook of hydraulic resistances*. Moscow, Mechanical engineering. 1975. 559 p. (in Russian)
9. **Kalyakin A. M., Chesnokova E. V., Kozhaeva E. I.** *New approach to determining the coefficient of hydraulic friction in the transition zone*. Interuniversity scientific collection «Improvement of methods for hydraulic calculations of culverts and sewage treatment plants». Saratov State Technical University. 2010. Pp. 80-84. (in Russian)
10. **Mukovozov M. M.** *Hydraulics and hydraulic machines*. Moscow, Mechanical engineering, 1962. 428 p. (in Russian)

Received 30 June 2019

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Чеснокова, Е. В. Метод расчета гидравлической характеристики для одного типа местных сопротивлений сложной конструкции / Е. В. Чеснокова, Т. Н. Сауткина, В. А. Макеев // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 3(10). – С. 48-57.

FOR CITATION:

Chesnokova E. V., Sautkina T. N., Makeev V. A. *Method for calculating hydraulic characteristics for one type of local resistance of complex design*. Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 3(10). Pp. 48-57. (in Russian)

УДК 628.87

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ В УЧЕБНЫХ АУДИТОРИЯХ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ

А. Н. Перцев, В. А. Каминская, Д. В. Лобанов, К. В. Гармонов

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

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

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

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

В статье рассматривается необходимость разработки вентиляционных систем в учебных аудиториях при реконструкции помещений (на примере аудитории одного из ВУЗов в г. Воронеж). Целью исследования является оценка качества воздушной среды и её влияние на самочувствие и работоспособность находящихся в помещении людей в течение одного занятия. Зачастую в большинстве помещений подобного назначения отсутствуют или не работают должным образом требуемые приточно-вытяжные вентиляционные системы. Следует также отметить постоянно меняющиеся жесткие требования к обустройству зданий инженерными системами: отоплением, вентиляцией, противодымной защитой, пожарной сигнализацией и т.д. Авторами выполнено экспериментальное исследование, позволяющее оценить состояние воздушной среды в помещении умственного труда. Установлено, что значения исследуемых параметров воздушной среды изменились в разном процентном соотношении: температура внутреннего воздуха увеличилась на 13 %, относительная влажность – 34,8 %, а концентрация углекислого газа выросла на 405 %, т.е. в 4 раза от первоначального значения. Следует отметить, что вышеуказанные изменения параметров микроклимата вызвали следующие жалобы студентов: сонливость, головная боль, ухудшение внимания, невозможность полностью концентрироваться на учебном процессе, духота, головокружение, а также снижение работоспособности. Полученные результаты, на основе проведенных исследований по изучению влияния CO₂ на человека, не противоречат многочисленным данным отечественных и зарубежных авторов: в процессе увеличения концентрации углекислого газа во внутреннем воздухе выявлено негативное воздействие на самочувствие и работоспособность студентов, занятых умственной деятельностью.

Ключевые слова: качество воздуха; концентрация углекислого газа; тепловлажностный режим помещения; умственный труд.

В России большое количество учебных заведений (техникумы, колледжи, ВУЗы и т.д.), предназначенных для формирования профессиональных знаний и навыков, построено в советское время. Для них характерны общие проблемы, связанные с эксплуатацией зданий и выполнением работ по реконструкции отдельных помещений. Стоит учесть, что запас прочности строительных конструкций несоизмеримо выше, чем у инженерных коммуникаций. Следует также отметить постоянно меняющиеся жесткие требования к обустройству зданий инженерными системами: отоплением, вентиляцией, противодымной защитой,

пожарной сигнализацией и т.д. Таким образом, к реконструкции подобных зданий следует подходить особенно ответственно, с учетом требований и рекомендаций действующих на данный момент нормативных документов [1], согласно данным «Государственного реестра сводов правил», <https://www.faufcc.ru/technical-regulation-in-constuction/formulary-list/>.

Объектом исследования является учебная аудитория одного из ВУЗов в г. Воронеж, план-схема которой представлена на рис. 1. Параметры наружного воздуха в день проведения эксперимента в период времени с 12:00 до 13:30 определены согласно данным «Рамблер-погода», <https://weather.rambler.ru/v-voronezhe/21-may/>: температура 23...24 °С, относительная влажность 30...36 %.

Цель исследования – оценка качества воздушной среды и её влияние на самочувствие находящихся в помещении людей (студентов, преподаватель) в течение одного занятия (один час тридцать минут) [2, 3].

Приборы и оборудование, применяемое в работе (табл. 1):

✓ прибор оценки качества воздуха в помещении PCE – GA 70, подключаемый к компьютеру через цифровой ввод DVI. Используется для оценки тепловлажностного режима и качества воздуха помещения как критериев эффективности работы вентиляции в офисных, учебных и производственных помещениях.

Таблица 1

Внешний вид и технические характеристики приборов
для измерения параметров воздушной среды

Марка прибора	Внешний вид прибора	Основные технические характеристики
PCE – GA 70		Диапазон измерений концентрации CO ₂ – 0...6000 ppm; точность измерений концентрации CO ₂ - ± 3 % от показаний или ±50 ppm; разрешение измерений концентрации CO ₂ – 1 ppm
		Температура: -20 °С...+60 °С; точность температуры – ±0,5°С; разрешение температуры – 0,1 °С
		Влажность воздуха – 10 %...95 % относительной влажности; точность влажности воздуха – ±3 % относительной влажности; разрешение влажности воздуха – 0,1% относительной влажности
Testo 605i		Диапазон измерений – -20°С...60°С; погрешность - ±0,8 °С (-20...0 °С) ±0,5 °С (0...+60 °С); разрешение - 0,1°С
		Диапазон измерений – 0% ... 100 % ОВ; погрешность – 5...80 % ОВ: ±(1,8 % ОВ + 3 % от изм. знач.) at +25 °С; разрешение – 0,1 % ОВ

Окончание табл. 1

Марка прибора	Внешний вид прибора	Основные технические характеристики
Microlife BP A50		Диапазон измерений давления – 20...280 мм рт.ст.; точность – ± 3 мм. рт. ст.
		Диапазон измерений пульса – 40...200 ударов в минуту; точность – $\pm 5\%$

✓ зонд – термогигрометр Testo 605i, имеющий bluetooth-подключение к смартфону/планшету. Используется для измерения параметров внутреннего воздуха.

✓ тонометр Microlife BP A50 – медицинский прибор, служащий для измерения артериального давления и пульса человека.

Ход проведения эксперимента можно разделить на несколько этапов.

Первый этап – подготовка к исследованию

Студенты занимают рабочие места в учебной аудитории, план расположения людей в помещении приведен на рис. 1.

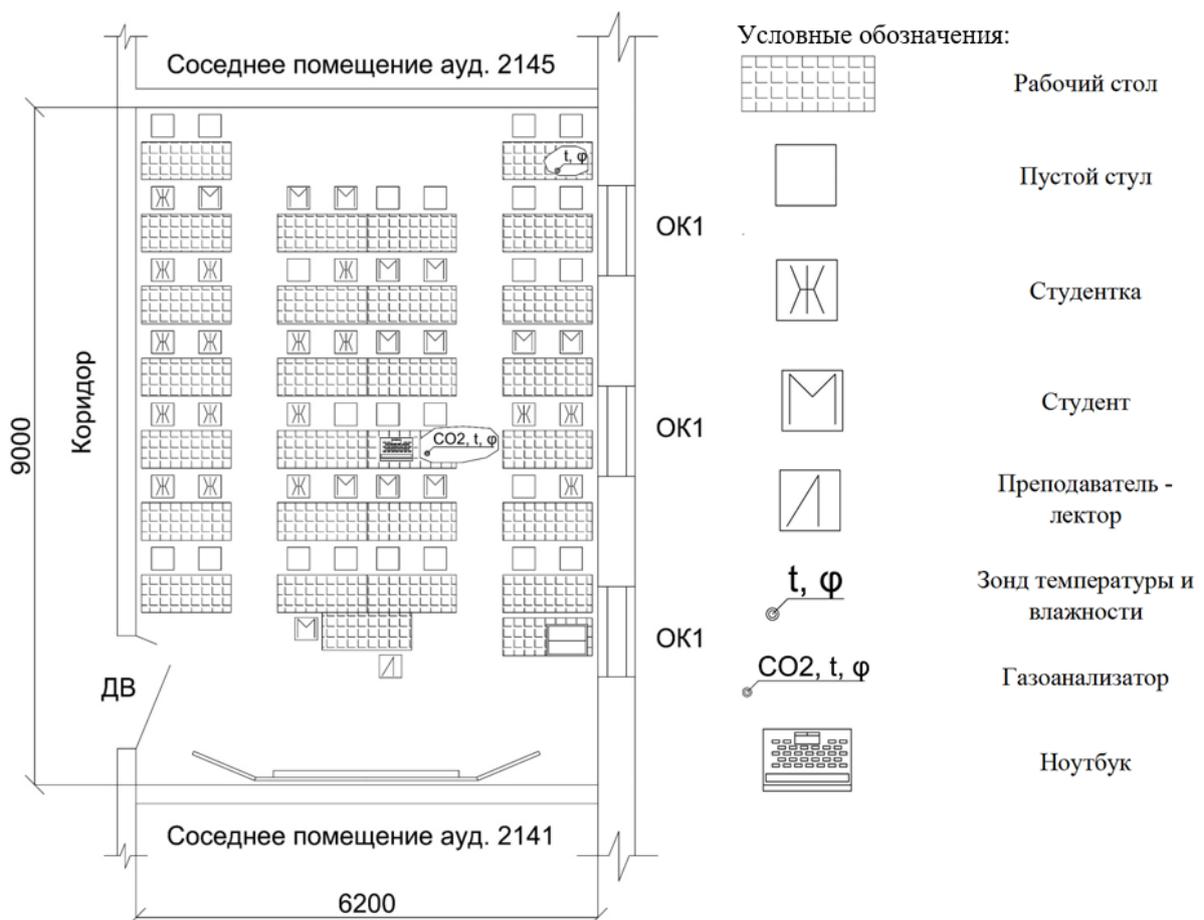


Рис. 1 – План-схема учебной аудитории во время проведения исследования

Далее помещение проветривается при открытых окнах и двери в течение примерно 10 минут. За это время подключается измерительное оборудование: прибор PCE – GA 70 устанавливается в центре аудитории на свободной парте таким образом, чтобы с каждой стороны от прибора находились люди, а датчик не попадал непосредственно в зону дыхания человека (см. рис. 1); прибор Testo 605i располагается в углу помещения (см. рис.1). Одновременно измеряется артериальное давление и пульс пятерым студентам. Результаты измерений представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты замеров артериального давления и пульса

Возраст	Пол	Артериальное давление, мм рт. ст.		Пульс, уд/мин	
		В начале исследования	В конце исследования	В начале исследования	В конце исследования
21 год	женский	102/73	110/84	73	72
21 год	женский	113/71	104/65	92	84
20 лет	мужской	121/62	111/55	74	60
21 год	мужской	120/71	131/100	94	55
20 лет	мужской	123/77	114/81	126	119

Второй этап – проведение измерений

В проветренной, закрытой аудитории находится группа студентов: 17 девушек, 13 молодых людей (в возрасте 20...23-х лет), а также преподаватель [4]. Во время учебного занятия студенты слушают лекцию, конспектируют её, иногда отвечая на сопутствующие вопросы преподавателя по теме. В это время параметры воздушной среды, регистрируемые измерительными приборами, фиксируются: PCE – GA 70 подключен к ноутбуку и с интервалом в 60 секунд сохраняет данные в табличном виде с помощью установленного программного обеспечения; Testo 605i – измеряемые параметры фиксируются через приложение на смартфон «Smart Probes» с возможностью последующего вывода в виде таблицы Excel.

Третий этап – контрольные замеры показателей самочувствия

По окончании лекционного занятия повторно замеряется артериальное давление и пульс тем же пятерым студентам (см. табл. 2). Также всеми участниками заполняются опросные листы, в которых они описали своё самочувствие на протяжении лекционного занятия (табл. 3). После выполнения вышеуказанных действий, открываются окна и двери и начинается проветривание помещения, а студенты в течение двух минут собирают вещи и выходят из аудитории.

Таблица 3

Результаты опроса студентов о качества воздуха во время занятия

Описание критериев оценки воздушной среды	Количество людей, чел.	
	Женский пол	Мужской пол
Высокое качество воздуха на протяжении всей пары (в аудитории свежий воздух, нет посторонних запахов, ни холодно/ ни жарко).	0	1
Среднее качество воздуха на протяжении всей пары (высокое, за исключением одного из параметров).	3	2
Низкое качество воздуха на протяжении всей пары (чувствуешь себя не комфортно в помещении).	2	0

Окончание табл. 3

Описание критериев оценки воздушной среды	Количество людей, чел.	
	Женский пол	Мужской пол
В начале пары – высокое качество воздуха (в аудитории свежий воздух, нет посторонних запахов, ни холодно/ ни жарко). В конце пары - низкое качество воздуха (чувствуешь себя не комфортно в помещении).	6	4
В начале пары – высокое качество воздуха (в аудитории свежий воздух, нет посторонних запахов, ни холодно/ ни жарко). В конце пары – среднее качество воздуха (высокое, за исключением одного из параметров).	5	4
В начале пары – среднее качество воздуха (высокое, за исключением одного из параметров). В конце пары – низкое качество воздуха (чувствуешь себя не комфортно в помещении).	1	2

Четвертый этап – обработка результатов

Обработка результатов исследования состоит из анализа двух групп данных:

1) объективные (артериальное давление, пульс) и субъективные (опросный лист) данных самочувствия студентов;

2) изменения параметров воздушной среды в центре и углу помещения.

По первой группе данных можно сделать следующие выводы: значительных изменений артериального давления от первоначальных данных не наблюдается, что свидетельствует об отсутствии общей тенденции роста или спада. Однако, значение величины пульса снижается у всех испытуемых, причем максимальное отклонение составляет 41,5 % (см. табл. 2).

Основные жалобы студентов: сонливость, головная боль, ухудшение внимания, невозможность полностью концентрироваться на учебном процессе, духота, головокружение, а также снижение работоспособности [5, 6, 7]. Данные изменения проявлялись с течением времени: в начале лекции 86,7 % учащихся чувствовали себя лучше, чем по окончании занятия (см. табл. 4).

Таблица 4

Итоговые данные по оценке качества воздуха студентами

Пол человека	Самочувствие без изменений	Незначительные негативные изменения самочувствия	Значительные негативные изменения самочувствия
	Количество людей, человек		
женский	1	7	9
мужской	3	5	5

В результате обработки данных изменения параметров воздушной среды на 2 этапе проведения исследования, построены графики зависимости относительной влажности, температуры воздуха в помещении (в центре и углу) и концентрации углекислого газа (в центре) от времени (см. рис.2, 3, 4).

На графике изменения концентрации углекислого газа (рис. 2) наблюдается прямая зависимость роста объёмного содержания CO₂ в воздухе внутри помещения от времени. Прямая линия тренда описывает закономерность изменения углекислого газа с высокой сте-

пенью достоверности аппроксимации ($R^2=0,9986$). За время проведения исследования концентрация диоксида углерода выросла со значения 743 ppm до величины 3754 ppm, что значительно выше рекомендуемых значений, согласно ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

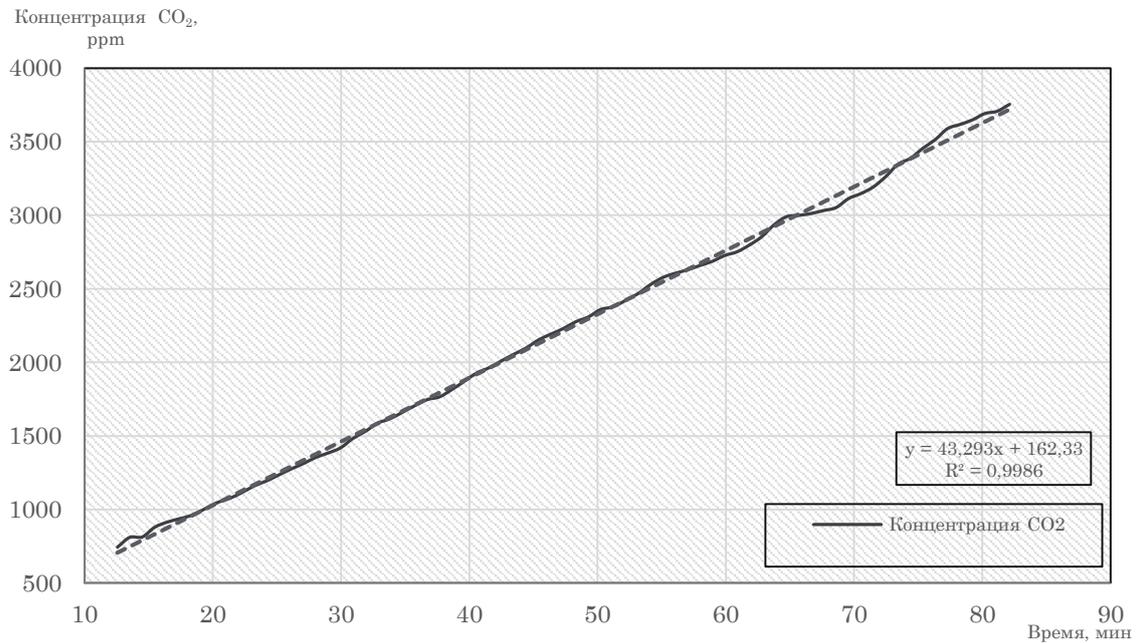


Рис. 2 – Изменение концентрации углекислого газа (CO_2) в помещении

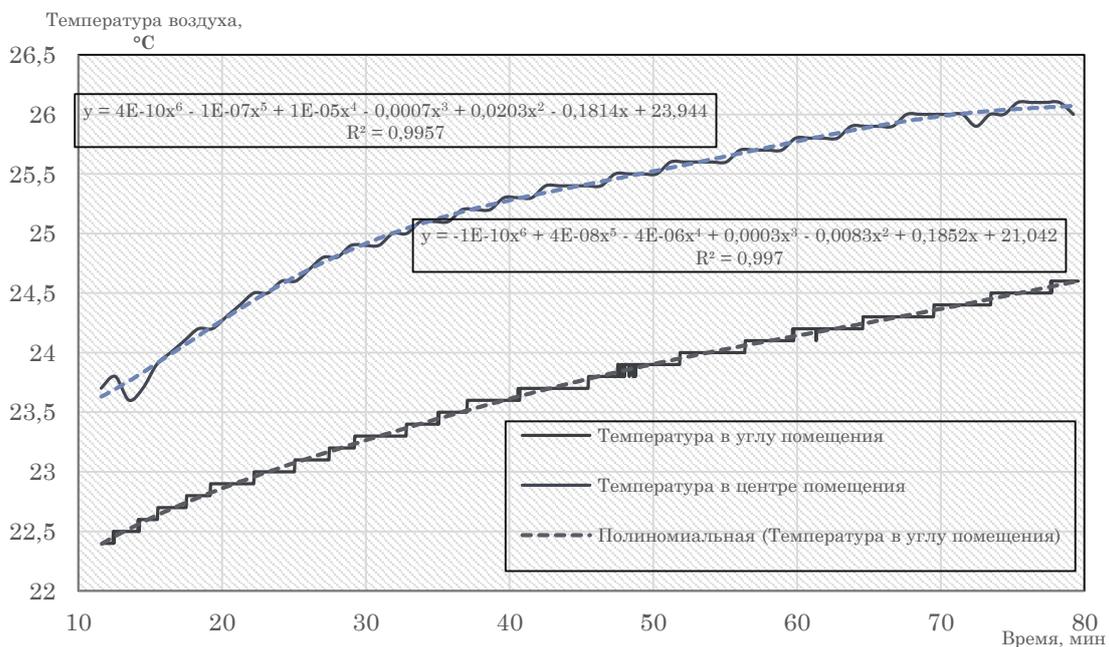


Рис. 3 – Изменение температуры внутреннего воздуха в помещении

На графике изменения температуры внутреннего воздуха (рис. 3) наблюдается постоянный тренд роста с постепенным выравниванием температурного режима, что свидетельствует о выравнивании значений температур внутреннего воздуха и радиационной.

На графике изменения относительной влажности (рис. 4) видно, что ее величина постоянно растет, но в течение опыта за рамки допустимых значений, согласно ГОСТ 30494-

Полученные результаты, на основе проведенных исследований по изучению влияния CO₂ на человека, не противоречат многочисленным данным отечественных и зарубежных авторов [3, 5, 9,10]

Заключение.

В процессе увеличения концентрации углекислого газа во внутреннем воздухе выявлено негативное воздействие на самочувствие и работоспособность студентов, занятых умственной деятельностью.

Следует учесть, что для повышения достоверности первой группы данных, приведенных в статье, необходима организация оптимальных параметров микроклимата в помещении, так как в данном случае неприятные ощущения у студентов могли возникнуть не только с ухудшением экологической обстановки, а с повышенной температурой внутреннего воздуха.

Полученные результаты показывают необходимость проектирования и разработки систем обеспечения нормируемых параметров воздушной среды в помещениях умственного труда, в процессе реконструкции зданий, с целью создания благоприятной обстановки для высокой работоспособности без ущерба самочувствию и здоровью учащихся.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Полосин, И. И.** О необходимости внесения изменений в нормативные документы для определения параметров микроклимата в помещениях умственного труда / И. И. Полосин, Д. В. Лобанов // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2009. – № 1. – С. 46-51.
2. **Лобанов, Д. В.** Анализ параметров микроклимата в помещениях умственного труда с применением ПЭВМ / Д. В. Лобанов, Р. А. Шепс // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 1(4). – С. 47-53.
3. **Банхиди, Л.** Тепловой микроклимат помещений / Л. Банхиди, перевод с венг. – М.: Стройиздат, 1981. – 248 с.
4. **Лобанов, Д. В.** Схема создания комфортных климатических параметров в офисах / Д. В. Лобанов, И. И. Полосин // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2015. – № 2(158). – С. 58-61.
5. **Физиология человека.** В 3-х томах. Т. 2. Пер. с англ. / Под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. – М.: Мир, 1996. – 313 с.
6. **Физиология человека:** учебник (в двух томах. Т. II). / В. М. Покровский, Г. Ф. Коротько, Ю. В. Наточин. – М.: Медицина, 1997. – 368 с.
7. **Фокин, В. Ф.** Энергетическая физиология мозга / В. Ф. Фокин, Н. В. Пономарева. – М.: Антидор, 2003. – 288 с.
8. **Лобанов, Д. В.** Углекислый газ как показатель качества внутреннего воздуха и эффективности работы системы вентиляции / Д. В. Лобанов, И. И. Полосин // Материалы 15-ой межрегиональной научно-практической конференции «Высокие технологии. Экология». Воронеж, ВГАСУ. – 2013. – С. 21-27.
9. **Нестеров, В. А.** Оптимизация психофизического состояния человека, занимающегося различными видами профессиональной деятельности / В. А. Нестеров // Гос. ком. по физ. культуре и спорту. – Хабаровск: Изд-во ДВГАФК, 2003. – 98 с.
10. **Андряшкин, О. О.** Сравнение технико-экономических показателей локальных устройств для очистки приточного воздуха / О. О. Андряшкин, О. А. Жданова, М. С. Кононова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 1(4). – С. 104-110.

Поступила в редакцию 2 июля 2019

EXPERIMENTAL JUSTIFICATION OF THE NEED FOR DEVELOPMENT OF VENTILATION SYSTEMS IN EDUCATIONAL AUDITORIES FOR RECONSTRUCTION OF PREMISES

A. N. Pertsev, V. A. Kaminskaya, D. V. Lobanov, K. V. Garmonov

Pertsev Andrey Nikolaevich, undergraduate of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-28-92; e-mail: pertsev_andrey@list.ru

Kaminskaya Valeriya Alexandrovna, undergraduate of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-28-92; e-mail: valeriya_aleksandrova@mail.ru

Lobanov Dmitriy Valerevich, senior lecturer of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-28-92; e-mail: LDV-36@mail.ru

Garmonov Kirill Valerevich, senior lecturer of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University; Engineer, FGBU «Research Institute of Building Physics of RAACS»; Voronezh, Russian Federation, phone: +7 (473) 271-28-92, e-mail: garmonkir@mail.ru

The article discusses the need to develop ventilation systems in classrooms for the reconstruction of premises (for example, the audience of one of the universities in Voronezh). The purpose of the study is to assess the quality of the air environment and its impact on the health and performance of people in the room during one session. Often, in most of the premises of this kind, required supply and exhaust ventilation systems are missing or not working properly. It should also be noted the constantly changing stringent requirements for the arrangement of buildings with engineering systems: heating, ventilation, smoke protection, fire alarms, etc. The authors carried out an experimental study to assess the state of the air environment in the room of mental work. It was established that the values of the studied parameters of the air environment changed in different percentages: the temperature of the internal air increased by 13 %, the relative humidity – 34.8 %, and the concentration of carbon dioxide increased by 405 %, i.e. 4 times the original value. It should be noted that the above-mentioned changes in the microclimate parameters caused the following complaints of students: drowsiness, headache, worsening of attention, inability to fully concentrate on the educational process, stuffiness, dizziness, as well as reduced performance. The results obtained, based on studies of the effect of CO₂ on humans, do not contradict the numerous data of domestic and foreign authors: in the process of increasing the concentration of carbon dioxide in the indoor air, a negative impact on the well-being and performance of students engaged in mental activity was revealed.

Keywords: air quality; carbon dioxide concentration; heat and humidity mode of the room; mental work.

REFERENCES

1. **Polosin I. I., Lobanov D. V.** *On the need to amend the regulatory documents for determining the microclimate parameters in the premises of mental work.* Scientific magazine. Engineering systems and structures. 2009. No. 1. Pp. 46-51. (in Russian)
2. **Lobanov D. V., Sheps R. A.** *Analysis of microclimate parameters in the premises of mental work using PC.* Housing and communal infrastructure. 2018. No. 1(4). Pp. 47-53. (in Russian)
3. **Banhidi L.** *Thermal indoor climate.* Moscow, Stroyizdat. 1981. 248 p. (in Russian)
4. **Lobanov D. V., Polosin I. I.** *The Scheme of creating comfortable climatic parameters in the office.* Plumbing, heating, air conditioning. 2015. No. 2(158). Pp. 58-61(in Russian)
5. **Schmidt R., Thews G.** *Human physiology.* In 3 volumes. Vol.2. Moscow: Mir. 1996. 313 p. (in Russian)
6. **Pokrovsky V. M.** *Human physiology. Textbook (in two volumes. T. II).* Moscow, Medicine. 1997. 368 p. (in Russian)

7. **Fokin V. F., Ponomareva N. In.** *Energy physiology of the brain*. Antidor. 2003. 288 p. (in Russian)
8. **Lobanov D. V., Polosin I. I.** *Carbon dioxide as an indicator of indoor air quality and the efficiency of the ventilation system*. Proceedings of 15-th interregional scientific-practical conference «High technologies. Ecology». Voronezh, VGASU. 2013. Pp. 21-27 (in Russian)
9. **Nesterov V. A.** *Optimization of the psychophysical condition of the person engaged in various types of professional activity*. Khabarovsk: Publishing house Gugark. 2003. 98 p. (in Russian)
10. **Andriyashkin O. O., Zhdanova O. A., Kononova M. S.** *The comparison of technical and economic parameters of local devices for clearing of inlet air*. Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 1(4). Pp. 104-110. (in Russian)

Received 2 July 2019

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Перцев, А. Н. Экспериментальное обоснование необходимости разработки вентиляционных систем в учебных аудиториях при реконструкции помещений / А. Н. Перцев, В. А. Каминская, Д. В. Лобанов, К. В. Гармонов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 3(10). – С. 58-67.

FOR CITATION:

Pertsev A. N., Kaminskaya V. A., Lobanov D. V., Garmonov K. V. *Experimental justification of the need for development of ventilation systems in educational auditories for reconstruction of premises*. Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 3(10). Pp. 58-67. (in Russian)

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ, РЕСТАВРАЦИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВО

CITY. RECONSTRUCTION, RESTORATION AND LANDSCAPING

УДК 711.5: 303.425.6

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕОРГАНИЗАЦИИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ

Т. В. Михалова, Н. А. Размахнина, Д. В. Шлемин

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

Размахнина Наталья Андреевна, студент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(950)766-25-55; e-mail: razmahn@mail.ru

Шлемин Дмитрий Валерьевич, студент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(950)766-25-55; e-mail: shlemin@mail.ru

В настоящее время при высоком темпе жилищного строительства в городах, современная методика проектирования городских территорий не учитывает мнение конечного пользователя, его истинные проблемы и потребности и является нежизнеспособной. Качество и среда жилых районов не отвечает принципам комфортности и компактности. В статье рассматривается анализ сложившейся застройки на конкретных примерах, приводятся примеры соучаствующей реорганизации городской среды, когда выстраивается коммуникация между жителями, представителями власти, бизнесом и местными сообществами.

Ключевые слова: территориальное сообщество; застройка; общественное пространство; жилищное строительство; социологические исследования; соучастие.

Город и градостроительство – это столкновение интересов различных локальных сообществ, социальных групп, этнических общностей, городских властей и горожан по поводу распределения ресурсов, реализации интересов и потребностей городских сообществ.

Следовательно, социальный конфликт – реальная составляющая жизни города. Специалист по градостроительству должен обладать знаниями по их урегулированию, уметь управлять процессами протекания, а затем разрешить конфликт.

В последнее время сформировались городские территориальные сообщества и запустили процессы переосмысления образа жизни в городе. В результате повысились требования людей к качеству городской среды. Люди стали отстаивать свое право на благоустроенные парки и скверы, удобные улицы и дворы, качественное и доступное жилье.

Современная методика проектирования городских территорий, которая не учитывает мнение конечного пользователя, его истинные проблемы и потребности, является нежизнеспособной. Она приводит к неэффективному использованию территорий и ресурсов, образованию пустующей недвижимости, росту негативных настроений населения.

Общественное пространство должно быть живым и доступным для множества групп людей [1]. Утрата общегородских пространств стала одной из проблем современной жилой застройки. Зачастую, запроектированные территории не осваиваются, а используются под стоянки автомобилей. Пространства вблизи мест проживания горожан (дворы, междворовые территории) утрачивают свойства «обжитых» территорий.

Поэтому вопросы организации и использования таких пространств, при формировании городской среды, необходимо решать не только градостроителям, но и заинтересованным жителям, общественным организациям [2].

Вопросы, касающиеся необходимости привлечения горожан к разработке программ городского развития за рубежом, стали поднимать в начале XX века, а к 1960-м годам они получили широкое развитие в США и Западной Европе, известные как идеи «соучастия» – «Popular participation» (участие населения), «Citizen participation» (участие горожан), «Publik participation» (участие общественности) [3].

Идея о включении участия общественности в процесс градостроительного планирования, возникшая в США, получила распространение и в Великобритании в конце 1960-х годов. Так, в 1969 году в Великобритании было создано общественное архитектурное бюро, предлагавшее бесплатные архитектурные консультации стихийно сложившимся территориальным группам протеста против ухудшения качества среды.

В 1990-х годах получили распространение идеи архитектуры «соучастия». Социальную информацию стали относить к одному из важных пунктов предпроектной процедуры, где в центре проблем общественного развития должен находиться конкретный человек (В.Л. Глазычев, К.В. Кияненко и др.) [3].

В настоящее время одним из актуальных направлений градостроительства считается изучение и постепенный переход к широкому использованию методов демократического соучастия.

«Соучастие» – это не сбор пожеланий, а механизм принятия решений и принцип распределения ответственности и ресурсов в общих интересах.

При соучаствующем проектировании городской среды выстраивается коммуникация между жителями, представителями власти, бизнесом и местными сообществами на этапе зарождения идеи. Программируются будущие изменения вместе с заинтересованными сторонами, а также принимаются решения, полезные и интересные для всех. Конкретные социологические исследования призваны играть роль одного из самых необходимых элементов системы управления, а именно, элемента обратной связи этого механизма.

Социологическое исследование всегда связано с анализом большого числа фактов, для которых действуют статистические законы. Статистика позволяет выявить тенденции [4]. Чем комфортнее горожане с разным уровнем дохода соседствуют друг с другом, чем лучше объединяются для совместного управления и содержания территорий коллективного пользования, тем выше безопасность и лучше состояние городской среды [5].

В 2016 году, в целях обеспечения учета общественного мнения, предложений и рекомендаций граждан и общественных объединений был создан Общественный совет при управлении архитектуры и градостроительства Воронежской области.

Один из проектов, созданных общественным советом, стал «Рейтинг жилой среды новостроек Воронежа». Члены общественного совета разработали систему оценки жилой среды новостроек, наладили механизм работы и запустили процесс тестирования жилых комплексов. На сегодняшний день оценено порядка 30 комплексов.

В настоящее время требования российских граждан к жилью растут вместе с ростом экономики и уровнем жизни [6, 7, 8]. Люди уже не хотят покупать просто жильё, им важен комфорт, как в самом здании, так и окружающей среды. Сегодня для каждого покупателя важен внешний вид проекта и грамотный подход к жилому пространству. Востребованными будут квартиры с разнообразием планировок, высотой потолков не менее 2,8 метров, входными группами на уровне земли и комфортными пространствами общего пользования (велосипедные, колясочные и места сезонного хранения вещей, помещения консьержа и т.д.). Близость образовательных учреждений и парковочных мест — является одним из важнейших требований комфортности проживания.

На практике мы сталкиваемся со слабо развитой улично-дорожной сетью, с преобладанием широких многополосных проспектов. Современная микрорайонная застройка страдает от малого количества зеленых насаждений, а многие пространства ограничены от жителей заборами и оградами. Дворы жилых домов практически всегда заставлены личным автотранспортом [9].

Существующие проблемы, связанные с безликостью и не комфортностью современной городской среды, обусловлены тем, что основной объем жилого фонда России был сформирован по единой модели, установленной в 1958 г. Планировочной единицей для развития территорий жилой застройки был принят микрорайон, остающийся основной планировочной единицей города и в настоящее время. Реже всего в современных городах сохраняется историческая среда, которая в наибольшей мере отвечает критериям компактности и разнообразия проживания. В условиях современного города, сохранившаяся историческая застройка привлекательна своим колоритом, декоративностью, оформлением фасадов, сомасштабностью застройки и человека [10, 11, 12].

К такой застройке относятся исторические центры городов и советская застройка до 1955 г. Доля такой застройки от общего жилого фонда в России составляет всего 1 % и 4 % соответственно [5].

В подтверждение актуальности реорганизации общественных пространств, на кафедре жилищно-коммунального хозяйства ВГТУ по заказу Управы Советского района г. Воронежа проводилась работа по обследованию и модернизации ряда жилых домов и придомовой территории, в том числе, жилого дома адресу: г. Воронеж, ул. Путиловская 2а, ул. Южно-Моравская, 38, ул. 9 января д.87, ул. Теплоэнергетиков, д. 3 (рис. 1 - 4).

Жилой дом по ул. Путиловская 2 а, входит в состав жилого комплекса, который был построен в 2009 году. Объект состоит из 3-х секций (рис. 1). 10-ти этажное жилое здание имеет встроенные нежилые помещения на 1-м этаже.

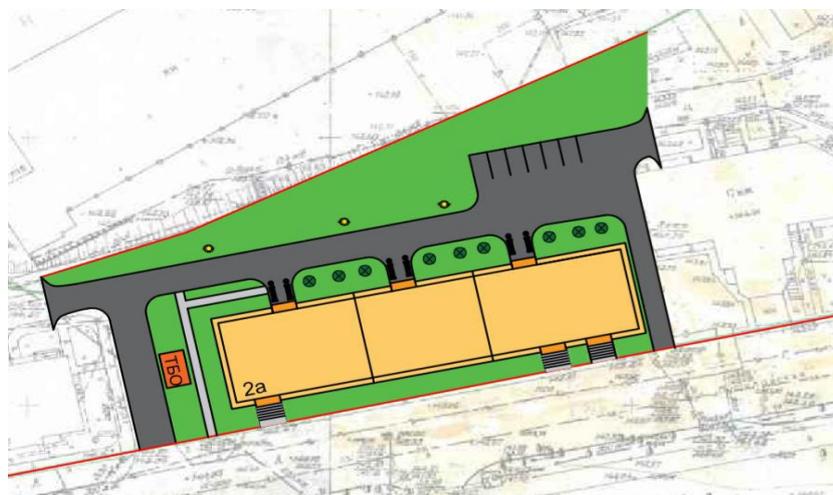


Рис. 1 – Генплан земельного участка жилого дома по ул. Путиловская 2 а, г. Воронеж

Был проведен социологический опрос жителей различных возрастных групп. Анкетирование жителей заключалось в оценке состояния дворовой территории и непосредственно жилого дома по нескольким критериям.

По результатам опроса населения выяснилось, что, несмотря на сравнительно небольшой период эксплуатации дома, во внутридомовой территории необходимо провести благоустройство и заменить малые архитектурные формы, провести дополнительное озеленение территории, оборудовать детские площадки, предусмотреть парковочную зону и площадки для установки мусорных контейнеров.

Разработаны проектные предложения по реконструкции входных групп в соответствии с нормативными требованиями для маломобильных групп населения (рис. 2).

На основании проведенных исследований, было разработано несколько вариантов проектных предложений по благоустройству придомовых территории и ремонту домов.

Первый вариант благоустройства придомовой территории предусматривал комплекс следующих мероприятий:

- ✓ устройство детской площадки;
- ✓ перенос площадки для сбора твердых бытовых отходов;
- ✓ ряд мер по озеленению;
- ✓ устройство парковки на 7 машино-мест;
- ✓ замена дорожного покрытия.

а)



б)



в)



г)



Рис. 2 – Входная группа в жилой дом: а, б – внешний вид наружного и внутреннего пандуса до реконструкции; в, г – предложения по реконструкции наружного и внутреннего пандусов

Во втором варианте предлагалось расширение парковочных мест до 12 машино-мест, а также 4 машино-места выделить для маломобильных групп населения.

Третий вариант благоустройства по адресу ул. Путиловская 2а, включал в себя строительство двухуровневого сооружения: детской площадки на втором уровне и паркинга на первом; перенос площадки для сбора твердых бытовых отходов; комплекс мероприятий по озеленению дворового пространства; устройство парковки на 10 машино-мест и выделение для маломобильных групп населения 4 машино-места.

Главным достоинством детской площадки и паркинга в двух уровнях является их многофункциональность и небольшая площадь застройки при ограниченной территории двора в 3281 квадратный метр.

Двухуровневая площадка представляет собой один надземный этаж с эксплуатируемой крышей. Площадь наземной части вместе с паркингом составляет 273 кв. м (рис. 3).



Рис. 3 – Концептуальное предложение двухуровневой внутривортовой площадки с паркингом

С целью покрытия нескольких статей расходов на благоустройство или получение дохода от аренды, возможно устройство пункта быстрого питания, кафетерия или магазина на первом уровне двухъярусного сооружения. Для воплощения этой идеи потребуются дополнительные коммуникации и оборудование, а также дополнительные статьи расходов. Но в связи с активизацией рынка недвижимости и земли, в ближайшие годы самыми массовыми и популярными, а соответственно перспективными, станут договор аренды зданий и сооружений. Следовательно, собственники жилья могут заинтересоваться данной концепцией с целью получения дополнительного пассивного дохода.

Анализ территории и проектные предложения по модернизации жилых домов и придомовой территории, расположенного по ул. 9 января д.87, ул. Южно-Моравская, 38, ул. Теплоэнергетиков, д. 3 были приняты также с учетом опроса и пожеланий жителей. В качестве примера на рис. 4 приведен генплан территории придомового участка, разработанный в соответствии с пожеланиями жителей.



Рис. 4 – Генплан дворового участка по ул. Теплоэнергетиков, д. 3

Дворы – личное пространство жильцов. Они заинтересованы в том, чтобы во дворах было уютно и комфортно. Здесь должны отдыхать дети и взрослые. Внутренняя территория квартала – личное пространство, а снаружи – публичное.

Предложенные варианты проектных разработок помогут при решении актуальной задачи градостроительства - создание городской комфортной среды.

Если постепенно внедрять данные методы, то городская среда станет комфортной, люди станут бережней относиться к окружающим их вещам, станут более грамотными в вопросах благоустройства и эксплуатации.

Заключение.

Таким образом, на современном этапе развития, одним из актуальных направлений совершенствования архитектуры и градостроительства в России считается изучение и постепенный переход к широкому использованию методов демократического соучастия. Градорегулирующая деятельность становится предметом дискуссий, в которых все чаще принимают участие не только специалисты-архитекторы, строители, экономисты, но и другие представители общественных организаций, жители городов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Гатауллин, Р. Ф.** Проблемы повышения качества микропространства и благоустройства в крупном городе / Р. Ф. Гатауллин // Вестник евразийской науки. – 2018. – Т. 10. – № 4. – С. 35.
2. **Кузнецова, Н. В.** Вопросы организации общественных пространств в представлении городского сообщества / Н. В. Кузнецова, К. Е. Яковлева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 4(7). – С. 57-66.
3. **Капков, С. А.** Развитие городских общественных пространств: социально-философские аспекты / С. А. Капков // Общество: философия, история, культура. – 2016. – № 11. – С. 58-63.
4. **Парк, Р. Э.** Городское сообщество как пространственная конфигурация и моральный порядок / Р. Э. Парк // Социологическое обозрение. – 2006. – Т. 5. – № 1. – С. 11-18.
5. **Ковалев, Д. В.** Ревитализация территории микрорайонов массовой жилой застройки / Д. В. Ковалев // Архитектура, градостроительство и дизайн. – 2015. – № 3(05). – С. 24-30.
6. **Глушакова, Е. С.** О роли соучаствующего архитектурного проектирования в формировании открытых рекреационных общественных пространств для граждан – конечных потребителей архитектуры / Е. С. Глушакова, Н. В. Багрова // Творчество и современность. – 2017. – № 1(2). – С. 14.
7. **Кононова, М. С.** Варианты размещения нормируемого количества парковочных мест при проектировании жилой застройки // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2017. – № 1. – С. 42-47.
8. **Цветкова, И. В.** Социальные аспекты благоустройства города в контексте устойчивого развития / И. В. Цветкова // Вектор науки ТГУ. – 2017. – № 3(41). – С. 152-157.
9. **Михайлова, Т. В.** Формирование комфортной городской среды в жилых районах на примере города Воронежа / Т. В. Михайлова, В. Д. Фернюк // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 4(7). – С. 62-71.
10. **Михайлова, Т. В.** Архитектурно-градостроительные проблемы реконструкции исторически сложившейся застройки на примере городского округа город Воронеж / Т. В. Михайлова, Д. В. Паршин // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 1(4). – С. 50-56.

11. **Семенов, В. Н.** Комплексное развитие инженерной инфраструктуры туристического маршрута «Старый Воронеж» в городском округе город Воронеж / В. Н. Семенов, Т. В. Михайлова, О. Н. Ермоленко // Градостроительство. – 2014. – № 5(33). – С. 57-63.

12. **Михайлова, Т. В.** История формирования улицы Сакко и Ванцетти городского округа город Воронеж, как исторически ценного градоформирующего объекта города / Т. В. Михайлова, А. Е. Гузева // Градостроительство, инфраструктура, коммуникации. – 2016. – № 3. – С 56-63.

Поступила в редакцию 2 июля 2019

PUBLICSPACES OF RESIDENTIAL DEVELOPMENT AND OFFERS OF THEIR REORGANIZATION

T. V. Mikhailova, N. A. Razmakhnina, D. V. Shelemin

Mikhailova Tatyana Vitalievna, Cand. architecture, associate professor of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: + 7(950)766-25-55; e-mail: mtvit.1955 @ mail.ru

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

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

At present, with a high pace of housing construction in cities, the modern method of designing urban areas does not take into account the opinion of the end user, his true problems and needs, is not viable. The quality and environment of residential areas does not meet the principles of comfort and compactness. The article considers the analysis of the existing building with concrete examples, provides examples of participatory reorganization of the urban environment, when communication is built between residents, government officials, business and local communities.

Keywords: territorial community; building; public space; housing; case studies; complicity.

REFERENCES

1. **Gataullin R. F.** *The problem of improving the quality of microdistrict and improvement in a large city.* Bulletin of the Eurasian science. 2018. Vol. 10. No. 4. Pp. 35. (in Russian)

2. **Kuznetsova N. V., Yakovleva K. E.** *The organization of public spaces in the representation of the urban community.* Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 4(7). Pp. 57-66. (in Russian)

3. **Капков С. А.** *Development of city public spaces: social and philosophical aspects.* Society: philosophy, history, culture. 2016. No. 11. Pp. 58-63. (in Russian)

4. **Park R. E.** *City community as spatial configuration and moral order.* Sociological review. 2006. V. 5. No. 1. Pp. 11-18. (in Russian)

5. **Kovalev D. V.** *Revitalization of the territory of the districts of mass housing construction.* Architecture, urban planning and design. 2015. No. 3. Pp. 24-30. (in Russian)

6. **Glushakova E. S., Bagrova N. V.** *About a role of the participating architectural projection in formation of open recreational public spaces for citizens – end users of architecture.* Creativity and present. 2017. No. 1(2). Pp. 14-27. (in Russian)

7. **Kononova M. S.** *Variants of arrangement of normed quantity of parking places at designing by a core of building // Housing and communal infrastructure.* 2017. No. 1. Pp. 42-47.

8. **Tsvetkova I. V.** *Social aspects of improvement of the city in the context of sustainable development.* TGU science vector. 2017. No. 3(41). Pp. 152-157. (in Russian)

9. **Mikhailova T. V., Fernyuk V. D.** *Formation of a comfortable urban environment in the residential areas on the example of Voronezh city.* Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 4(7). Pp. 50-56. (in Russian)
10. **Mikhailova T. V., Parshin D. V.** *Architectural and urban reconstruction problems istoicheski the current building on the example of the urban district of the city of Voronezh.* Housing and communal infrastructure. 2018. No. 1(4). Pp. 50-56. (in Russian)
11. **Semenov V. N., Mikhailov T. V., Ermolenko O. M.** *Comprehensive development of engineering infrastructure of the tourist route «old Voronezh» in the urban district of Voronezh city.* Town planning. 2014. No. 5(33). (in Russian)
12. **Mikhailova T. V., Guzeva A. E.** *Street history of Sacco and Vanzetti Voronezh City District as historically valuable city object gradoformirujushhego.* Urban planning, infrastructure, communication. 2016. No. 3. Pp. 56-63 (in Russian)

Received 2 July 2019

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Михайлова, Т. В. Предложения по реорганизации общественных пространств жилой застройки / Т. В. Михайлова, Н. А. Размахнина, Д. В. Шлемин // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 3(10). – С. 68-75.

FOR CITATION:

Mikhailova T. V., Razmakhnina N. A., Shelemin D. V. *Publicspaces of residential development and offers of their reorganization.* Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 3(10). Pp. 68-75. (in Russian)

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

УДК 551.581.1:711-1

КЛИМАТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТОВ (НА ПРИМЕРЕ Г. ВОРОНЕЖ)

И. В. Попова

Попова Ирина Владимировна, старший преподаватель кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-53-21; e-mail: iradobr@yandex.ru

Влияние городской среды на климатические условия определяется особенностями географического положения города и его ландшафтной структурой. Ландшафтно-географическая концепция изучения микроклиматической дифференциации городской среды рассматривает город как совокупность ландшафтов разной степени антропогенной трансформации, оказывающих влияние на метеорологический режим приземного слоя атмосферы. В статье рассмотрены возможности изучения микроклиматических особенностей территории городов с использованием ландшафтно-географического подхода и геоинформационно-аналитических методов оценки свойств подстилающей поверхности, направленных на выделение климатопов и описание микроклиматических различий в их границах, которые определяются морфометрическими характеристиками застройки, характером благоустройства ее территории и интенсивностью техногенной нагрузки на окружающую среду. Выполнена климатическая классификация городских ландшафтов и построена карта климатопов территории города Воронеж. В качестве параметров для определения климатопов оценивались: доля территории, относящейся к определенному типу подстилающей поверхности; показатель закрытости горизонта; доля растительного покрова. По результатам геоинформационного анализа и климатической классификации городских ландшафтов на территории города Воронежа выделено всего 10 классов климатопов: жилой климатоп повышенной этажности, жилой среднеэтажный, жилой малоэтажный, промышленный, коммунально-складской, дорожно-транспортный, сельскохозяйственный, луговой, лесопарковый, аквальный.

Ключевые слова: микроклимат; климатоп; антропогенный ландшафт; городской климат; геоинформационный анализ.

Общность физико-географических условий и атмосферной циркуляции создает одинаковые «фоновые» условия для формирования климата города и его окрестностей, однако в городе возникают свойственные только ему микроклиматические особенности, которые обусловлены изменением радиационного, температурного, ветрового режимов и определяются своеобразием светового поглощения и излучения, хода температуры воздуха и температуры подстилающей поверхности, влажности воздуха, атмосферного давления и направления ветра. Перечисленные особенности являются следствием преобразования естественного растительного и почвенного покрова в процессе градостроительства и замены деятельного слоя на покрытие разнообразными строительными материалами, сооружения многоэтажных зданий, определенного размещения улиц, площадей относительно господствующих ветров, создания садово-парковых зон, а в некоторых случаях и водоемов. В условиях преобразованного ландшафта и строительства искусственных сооружений из кирпича, стекла и бетона изменение микроклиматических характеристик в различных частях города неизбежно [1].

В зарубежной и отечественной практике градостроительства применяется климати-

ческая классификация отдельных морфологических единиц города – городских ландшафтов, выполненная с позиций архитектурно-климатического анализа. Эта классификация основана на определении характерных для того или иного морфотипа застройки климатических параметров [2,3,4,5]. Выделяемые при этом микроклиматические типы застроек, имеющие выраженные особенности ветрового и температурного режима, характер распределения осадков и другие микроклиматические особенности, получили название «климатопы». В разных по физико-географическому положению городах абсолютные значения климатических характеристик в одних и тех же климатопах могут различаться. Общими признаками, позволяющими провести климатическую типизацию территории, являются характер и степень отклонения климатических условий от естественных для того или иного ландшафта или типа застройки. В городе границы климатопов, в силу особенностей атмосферных процессов и подвижности атмосферного воздуха как среды, несущей основные климатические признаки, не обязательно совпадают с линиями градостроительного регулирования или границами географических ландшафтов, причем, расхождение границ климатопов с другими формально установленными границами может составлять до 100 м [6, 7]. Такой подход к городской климатологии получил свое официальное признание на государственном уровне в Германии. Наряду с генеральным и мастерпланом каждый населенный пункт обязан иметь так называемую карту климатофункционального зонирования, на которой отображены климатопы и предлагаемые мероприятия по обеспечению теплового комфорта в микрорайонах с неблагоприятными микроклиматическими условиями. Первыми работами в этом направлении были исследования в старых промышленных районах Рурской агломерации, землях Баварии и Баден-Вюртенберг [8]. После вступления в силу технического регламента VDI 3787 в 1997 году к исследованиям комфортности городской среды с учетом микроклиматических особенностей подключились и другие регионы Германии.

В настоящее время насчитывается более 15 стран по всему миру, использующих климатические карты городов в области городского планирования [9]. В Азии пионером создания и применения климатических карт стала Япония при содействии немецких исследователей (Moriyama M., Takebayashi H., Tanaka T. [10, 11]).

В работах отечественных географов в области антропогенного ландшафтоведения также часто встречается описание особенностей климата городов и его отдельных частей: «Городу присущ свой микроклимат с ярко выраженной городской дифференциацией» отмечает Ф.Н. Мильков [12].

Для систематизации информации и знаний о микроклиматических различиях отдельных морфологических единиц города автором выполнена климатическая классификация городских ландшафтов территории города Воронеж.

Город Воронеж – административный центр Воронежской области. Расположен на берегах Воронежского водохранилища. Главной физико-географической особенностью является природная контрастность территории города. Согласно исследованиям некоторых авторов, ландшафтные рубежи контрастности играют важную роль в формировании градостроительной структуры урбанизированных пространств и их окружения [13, 14, 15]. Воронеж расположен вблизи границы степной и лесостепной зон, что объясняет неустойчивость атмосферных процессов, чередование сухих и влажных периодов и достаточную пеструю ландшафтную структуру – гармоничное сосуществование открытых степных, луговых и лесных пространств, пестроту почвенного покрова.

В основу выделения климатопов положена классификация городских ландшафтов Ф.Н. Милькова [12], разделяющая город в зависимости от этажности и «каменистости» и с учетом сохранности биоты на 4 основных типа городского ландшафта: садово-парковый, малоэтажный, многоэтажный и заводской. В связи с изменением границ города и активной современной застройкой повышенной этажности автором предложено расширить классификацию ландшафтов с точки зрения микроклиматических различий между ними. Основ-

ной характеристикой определения климатопа является категория землепользования, определяющая тип подстилающей поверхности. Параметр «каменистости» был учтен с помощью показателя *закрытости горизонта*, характеризующим соотношение средней высоты зданий и сооружений к расстоянию между ними, а биотическая составляющая городских ландшафтов оценивалась с помощью критерия, характеризующего *долю растительного покрова*.

Выделение характерных климатопов на территории города Воронежа проводилось с помощью инструментов геоинформационного анализа в среде ArcGIS. Сформированная для этих целей геоинформационная база данных содержит информацию о типе подстилающей поверхности и застройке с указанием этажности. В качестве картографической основы использованы открытые данные с портала Open Street Map, а также аэрофотоснимки исследуемой территории (ESRI World Imagery), подгружаемые в ArcMap в интерактивном режиме, материалы Генерального плана и Правил землепользования и застройки города Воронежа.

Выделены следующие типы подстилающей поверхности:

- ✓ жилая застройка; промышленные территории;
- ✓ территории коммунально-складского назначения (гаражи, парковки, территории крупных торговых центров и рынков, площади);
- ✓ улично-дорожная сеть с твердым асфальтовым покрытием; территории с сельскохозяйственной растительностью (дачные участки, сады, опытные поля);
- ✓ водохранилище и другие водные объекты;
- ✓ лесопарковая зона (городские зеленые насаждения, парки и участки леса);
- ✓ естественное покрытие с травянистой и редкой кустарниковой растительностью (луга, пастбища, обширные участки газонной растительности, другие свободные от застройки и древесных зеленых насаждений территории).

Данные о застройке и реальном использовании земель были уточнены в результате собственных обследований территории.

Для построения карты климатопов исследуемая территория была разбита на сетку, размер ячейки которой составляет 100 на 100 м. В каждой ячейке был произведен пространственный анализ средствами ГИС, оцениваемые параметры представлены в табл. 1. На первом этапе анализа климатоп определяется по максимальному значению занимаемой в ячейке площади, относящейся к определенному типу подстилающей поверхности, соответствующему строкам №1...14 в табл. 1.

Первоначально были определены 8 классов климатопов по типу подстилающей поверхности: жилой, промышленный, коммунально-складской, дорожно-транспортный, сельскохозяйственный, луговой, лесопарковый и аквальный. Дальнейший анализ заключался в делении жилого климатопа на классы по показателю *закрытости горизонта* – строки №15...19 и *доле растительного покрова* (строки 20...21 в табл. 1).

Показатель *закрытости горизонта* является геометрическим параметром городской застройки и характеризует уменьшение потерь тепла путем длинноволнового излучения поверхностей, происходящее из-за многократного переотражения радиационных потоков в многоэтажной и плотной застройке. Расчет показателя *закрытости горизонта* представляет собой отношение средней высоты зданий в ячейке к среднему расстоянию между объектами. Расчет расстояний между зданиями был произведен с использованием инструмента «Близость» в группе инструментов пространственного анализа *ArcToolbox*. Данный инструмент рассчитывает дальность расстояний для каждого объекта от его геометрического центра до всех объектов в радиусе поиска. Радиус был задан исходя из размеров сетки – 100 м. Предварительно для каждой ячейки на основании данных об этажности была рассчитана средневзвешенная высота зданий h^* по формуле:

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

где V_i – объем i -го здания в ячейке; h_i – высота i -го здания в ячейке.

Таблица 1

Параметры подстилающей поверхности для определения климатопа

№	Описание	Единица измерения
1	Площадь водных объектов	м ²
2	Доля площади водных объектов в ячейке	0...1
3	Площадь городских зеленых насаждений	м ²
4	Доля городских зеленых насаждений в ячейке	0...1
5	Площадь территории газонов, пашни, луговой растительности	м ²
6	Доля территории газонов, пашни, луговой растительности в ячейке	0...1
7	Площадь сельскохозяйственных территорий	м ²
8	Доля площади сельскохозяйственных территорий в ячейке	0...1
9	Площадь территории объектов коммунально-складского хозяйства (гаражи, крупные супермаркеты, парковки и рынки)	м ²
10	Доля площади территории объектов коммунально-складского хозяйства (гаражи, крупные супермаркеты, парковки и рынки) в ячейке	0...1
11	Площадь промышленных территорий в ячейке	м ²
12	Доля площади промышленных территорий в ячейке	0...1
13	Площадь дорог с асфальтовым покрытием	м ²
14	Доля площади дорог в ячейке	0...1
15	Площадь зданий	м ²
16	Доля площади зданий в ячейке	0...1
17	Средневзвешенная высота зданий в ячейке	м
18	Средневзвешенное расстояние между зданиями	м
19	Отношение высоты зданий к расстоянию между зданиями (закрытость горизонта)	0-...
20	Площадь растительного покрова (по спутниковым снимкам)	м ²
21	Доля растительного покрова в ячейке	0...1

Результат анализа представлен на карте распределения показателя *закрытости горизонта* (рис. 1, а). Наиболее высокие значения показателя *закрытости горизонта* обнаружены на отдельных участках современных жилых микрорайонов, этажность которых достигает 17...25 этажей, имеющих при этом достаточно высокую плотность застройки. К этим территориям можно отнести вновь возводимые жилые комплексы по ул. Шишкова, бульвара Победы, Олимпийский бульвар и Московский проспект на правом берегу и отдельные участки многоэтажных жилых комплексов на левом берегу и в околоцентральной части города на месте бывших промышленных территорий (ул. Кропоткина и 40 лет Октября), а также исторический центр города, где высокие значения данного показателя определяются в большей степени плотностью застройки, а не высотой зданий.

Доля растительного покрова – характеристика, обратная доле искусственных поверхностей, параметру, необходимому для описания процессов сокращения расхода тепла на испарение вследствие замены естественных почвенных покровов, покрытых зелеными насаждениями на искусственные материалы и покрытия. Оценка доли растительного покрова в городском пространстве представляет собой учет всех имеющихся на территории города зеленых насаждений, как общего пользования, так и различные участки дворовых посадок деревьев и кустарников, посадок вдоль автомагистралей и другие неучтенные объекты и дальнейшее вычисление доли, занимаемой ими площади в ячейке. Методика и результаты оценки доли растительного покрова рассматривались автором ранее [16, 17]. Полученное картографическое изображение, характеризующее долю растительного покрова, представлено на рис. 1, б.

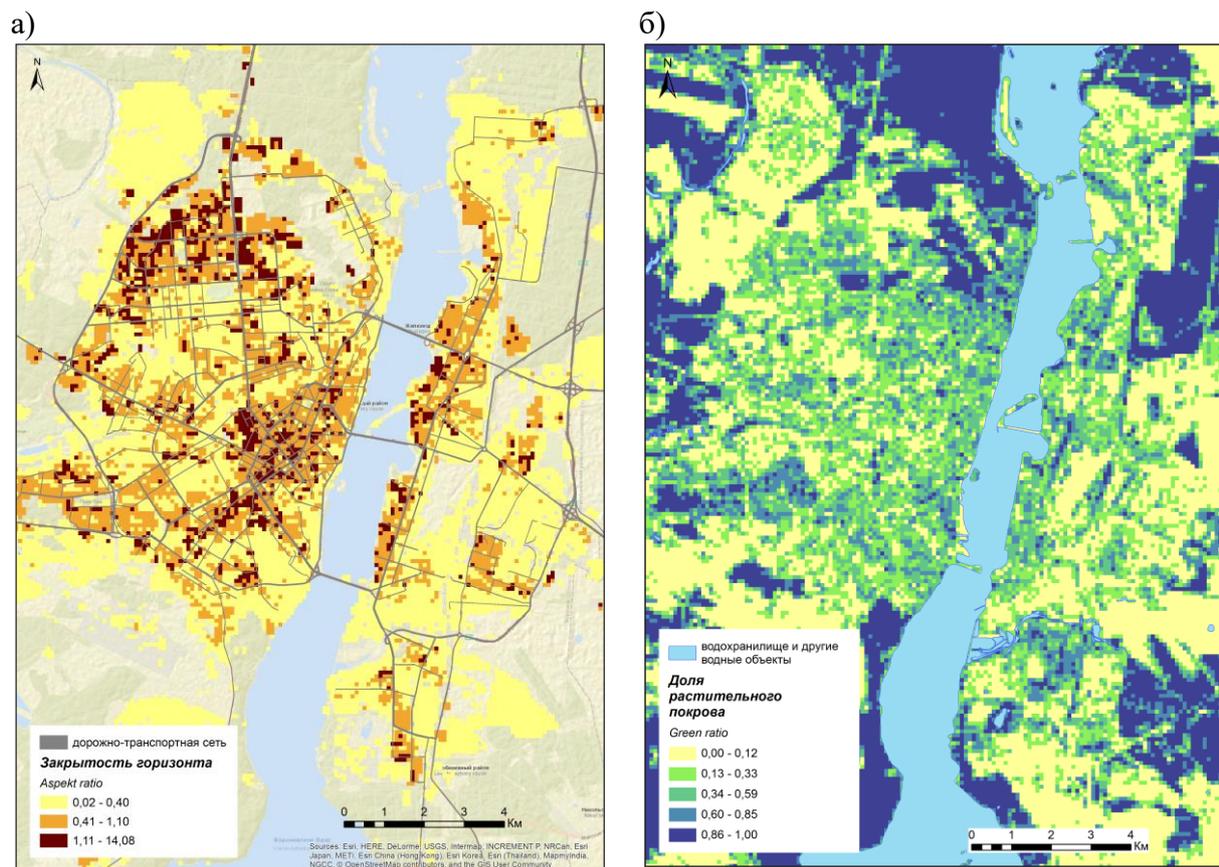


Рис. 1 – Распределение расчетных показателей:
а) закрытость горизонта; б) доля растительного покрова

Наряду с собственно «зеленым поясом» города Воронеж, достаточно хорошо озелененными участками городской застройки является территория административного района «Советский», ограниченного улицами Пирогова, Ворошилова, Космонавтов и Героев-Сибиряков; некоторые территории сложившейся застройки в районе улиц Лизюкова и Хользунова, микрорайона «Дубрава»; жилые микрорайоны по ул. Ломоносова и Тимирязева; частная застройка на крутом правобережном склоне; 5...9-ти этажная застройка в районе улиц Остужева и Минская, 25 Января и Переверткина на левом берегу Воронежского водохранилища; малоэтажная застройка по ул. Ленинградская и Гвардейская, Менделеева и Саврасова.

Классификация по параметрам *закрытости горизонта* и *доли растительного покрова* позволила выделить дополнительно три подкласса жилого климатопы: жилой климатоп повышенной этажности, среднеэтажный и малоэтажный. Статистика распределения значений закрытости горизонта и доли растительного покрова по классам климатопов представлена в табл. 2.

Классифицируемые показатели на территории городской застройки, окруженной улицами Софьи Перовской, Петровской наб., 20 лет Октября, ул. Коммунаров, Кольцовской и Революции 1905 года, имеют широкий разброс значений. Застройка на данной территории представлена в основном плотно застроенными жилыми и административно-деловыми районами. Характеризуется высокой способностью аккумулирования тепла и собственным длинноволновым излучением поверхностей, а наиболее нагретыми участками являются крыши зданий.

На рис. 2 представлена карта распределения климатопов на территории города Воронежа.

Таблица 2

Статистика показателей *закрытости горизонта* и *доли растительного покрова* по классам климатопов

Климатоп	Закрытость горизонта			Доля растительного покрова		
	MIN	MAX	MEAN	MIN	MAX	MEAN
Жилой <i>повышенной этажности</i> <i>среднеэтажный</i> <i>малоэтажный</i>		>0,8			<0,25	
		0,5-1,2			>0,25	
		<0,5			0,1-0,99	
Промышленный	0,03	3,28	0,23	0,00	0,94	0,18
Коммунально-складской	0,03	3,35	0,27	0,00	0,95	0,14
Дорожно-транспортный	0,02	2,53	0,38	0,00	0,88	0,24
Сельскохозяйственный	0,03	0,20	0,12	0,00	1,00	0,77
Луговой	0,03	2,36	0,20	0,00	1,00	0,23
Лесопарковый	0,02	1,82	0,26	0,00	1,00	0,70
Аквальный	0,03	0,57	0,13	0,00	0,90	0,29

Примечание: *MIN* – минимальное значение; *MAX* – максимальное значение; *MEAN* – среднее значение.

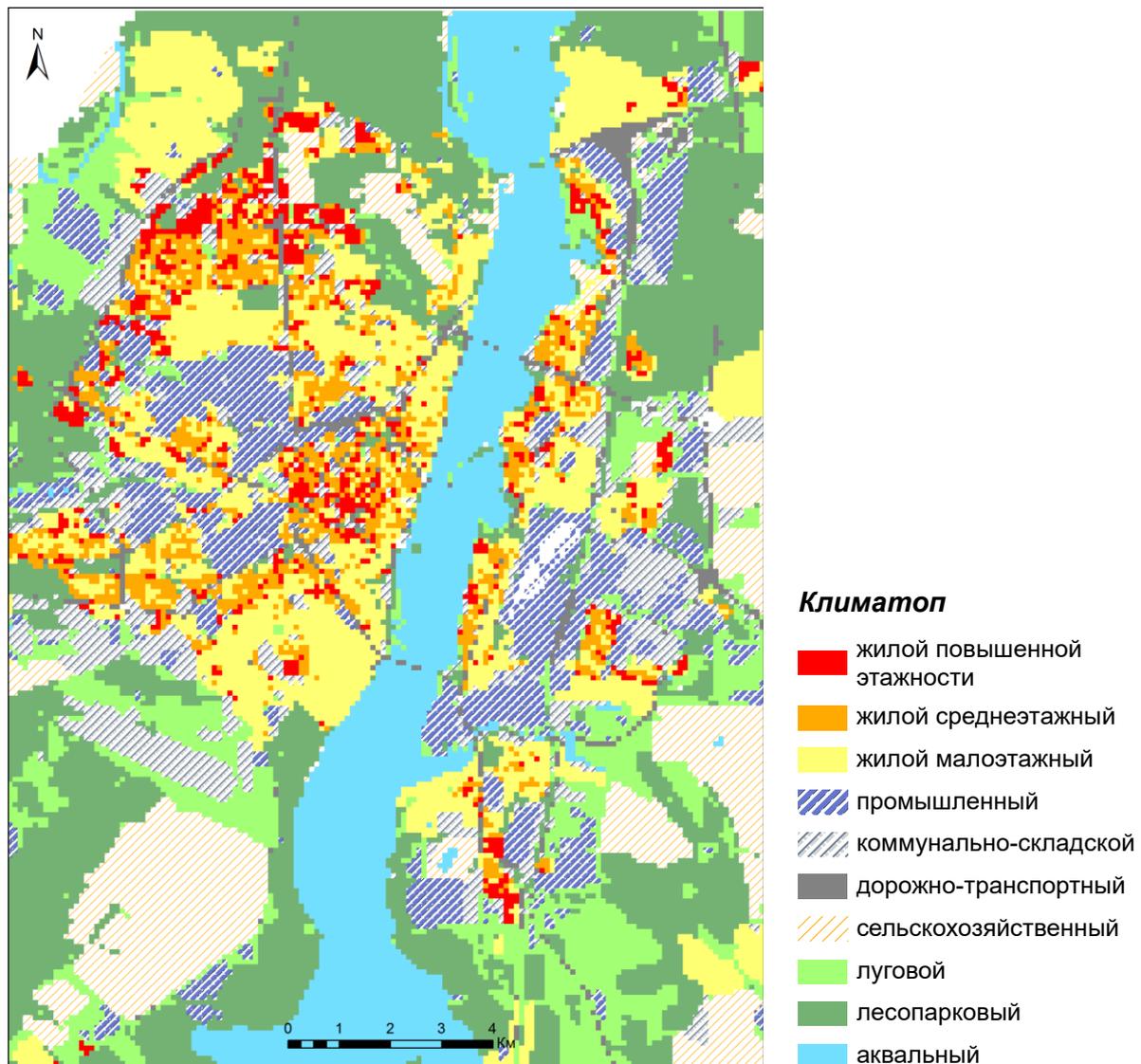


Рис. 2 – Распределение климатопов на территории города Воронеж

К жилому климатопу повышенной этажности отнесены территории с высокими значениями показателя закрытости горизонта и низкой долей растительного покрова, а именно: жилые микрорайоны с многоэтажной застройкой и современным типом благоустройства дворовой территории, характеризующимся высокой долей искусственных покрытий, растительность представлена в виде отдельных участков газонов. Скорость ветра меняется в широких пределах от полного застоя воздуха до очень высоких значений, что связано с обтеканием воздушным потоком зданий. Климатоп жилой застройки повышенной этажности занимает менее 2 % площади города.

Жилой климатоп средней этажности относится к опорной застройке 5...9 этажей, занимает около 4% площади города Воронежа, характеризуется средними значениями показателя закрытости горизонта, имеет высокую долю растительного покрова, искусственные поверхности представлены дворовыми проездами и улицами микрорайонного значения. Суточный ход метеоэлементов сглаженный. Ввиду высоких значений шероховатости как за счет самих зданий и сооружений, так и за счет высокой доли древесных пород в озеленении дворового пространства, могут образовываться застои воздуха, что в районах с высоким уровнем загрязнения способствует накоплению загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы. Однако более низкие скорости ветра оптимальны с точки зрения обеспечения достаточного уровня теплового комфорта в зимнее время, поскольку исключается охлаждающее действие ветра.

Жилой климатоп малой этажности в большей степени относится к частной и коттеджной застройке города. Данный климатоп довольно широко представлен в черте города и занимает более 10 % площади. Микроклиматический режим этого типа застройки характеризуется довольно выраженными суточным ходом температурно-влажностных характеристик: хорошо прогревается в утренние и дневные часы, а вечером температура воздуха за счет высокой доли озеленения может быть ниже, чем в соседних районах средней и повышенной этажности. Низкий уровень шероховатости поверхности способствует достаточному уровню аэрации с равномерными скоростями ветра. С некоторыми ограничениями послевоенная застройка по ул. Ленинградская, Героев Стратосферы, ул. Менделеева и Саврасова, пр-т Труда, Солнечная, Машиностроителей, частично 9 Января также может быть отнесена к жилому малоэтажному климатопу. Доля растительного покрова имеет широкий разброс значений и может иметь как максимальные, так и минимальные значения, так как в частной застройке растительность представлена в основном плодово-ягодными породами деревьев и участками приусадебного хозяйства, газонными травами, а в старой послевоенной застройке, где зеленые насаждения представлены в основном взрослыми деревьями, показатель доли растительного покрова достигает максимальных значений, затрудняя при этом аэрацию.

Территории производственных объектов относятся к *промышленному климатопу*. Данный микроклиматический тип застройки характеризуется высоким разнообразием строительных конструкций и материалов. Очень высокая плотность застройки и преобладание искусственных поверхностей приводит к более выраженному тепловому загрязнению прилегающих территорий. Сами здания являются источниками длинноволнового излучения, аэрация затруднена из-за высокого уровня шероховатости. Условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере зависят в большей степени от высоты источника выбросов на предприятии. Площадь, занимаемая промышленным климатопом, достигает около 8 % всей территории города.

Коммунально-складской климатоп, представленный территориями гаражных кооперативов, автостоянок, складов, крупных торговых центров и прилегающих к ним обширных парковочных площадей, занимает более 6 % площади города. Высокая доля искусственных покрытий способствует более интенсивному нагреву поверхностей, а более низкие значения шероховатости подстилающей поверхности, по сравнению с жилой застройкой, обеспечивают достаточный уровень аэрации.

Дороги с твердым покрытием, городские улицы, участки шоссе и трасс в черте города, городские площади относятся к *дорожно-транспортному климатопу*, который занимает около 2 % всей территории города. Отсутствие затрат на испарение влаги вследствие зарегулированности стока приводит к резкому снижению относительной влажности воздуха, а низкое альbedo асфальтированной поверхности вместе с разогретыми выхлопами автомобилей способствуют формированию выраженного приземного «острова тепла», имеющего вытянутую форму. В июле в полдень при средней температуре воздуха 19,5 °С температура поверхности асфальта достигает 54,5 °С. В то время как автотранспорт является основным источником загрязнения атмосферного воздуха в городе Воронеже, широкие участки дорожно-транспортной сети города, ориентированные основному направлению ветра и благодаря низкой шероховатости поверхности, одновременно выполняют функцию вентиляционных коридоров.

Сельскохозяйственные территории, сады и участки личного подсобного хозяйства в пригородных районах города, занимающие около 10 % его площади, относятся к *сельскохозяйственному климатопу*. Это довольно обширные открытые и хорошо продуваемые территории, занятые сельскохозяйственными видами растительности. Отчетливо выражен суточный ход температурно-влажностных характеристик.

Луговой климатоп занимает более 16 % городского пространства, к нему относятся луга, пашни и обширные участки газонов с редкой мелкокустарниковой растительностью и отдельными деревьями – это хорошо продуваемые территории с ярко выраженным суточным ходом метеоэлементов. Благодаря низкому уровню шероховатости скорость ветра достигает максимальных значений. В летнее время ночью в условиях антициклональной погоды участки лугового климатопы являются областями ночного радиационного выхолаживания. При наличии активного рельефа, холодные воздушные массы, проникая в городскую среду, могут способствовать уменьшению мощности и интенсивности городского «острова тепла». Однако, холодные воздушные массы, образующиеся во впадинах рельефа или на достаточно обширном равнинном участке, в отсутствии значимого градиента давления слабо перемещаются, застаиваясь на месте, что в сочетании с приземными инверсиями и низкими выбросами, оседающими в нижних слоях атмосферы, создает опасность накопления загрязняющих веществ.

Лесопарковый климатоп занимает около 25 % площади города, к нему относятся городские лесные насаждения, парки, скверы за городом и в его пределах без учета внутридворового озеленения жилых микрорайонов. Характеризуется более сглаженным радиационным, температурно-влажностным и ветровым режимом, более высокой влажностью по сравнению с застроенными территориями. Древесные насаждения увеличивают шероховатость подстилающей поверхности и тем самым ограничивают воздухообмен. Площадь территории, на которую участок леса или городской парк могут оказывать климатомелиоративное воздействие, зависит не только от его размеров, но и в значительной степени от рельефа местности и плотности окружающей застройки. Небольшие по площади участки зеленых насаждений (до 10 га) также могут развивать свой собственный микроклиматический режим, но, как правило, оказывают незначительное влияние на прилегающие районы.

Водные объекты (реки, притоки, ручьи) и собственно территория Воронежского водохранилища относятся к *аквальному климатопу*. Площадь всех водных поверхностей составляет 15% всей территории города. Незначительная шероховатость поверхности обуславливает высокие скорости ветра. Аквальный климатоп в весенний и летний период года способствует охлаждению и увлажнению прибрежных территорий. Осенью, наоборот, водные объекты, обладая высокой теплоемкостью, являются участками с положительной температурной аномалией. Спокойный в течение дня ход температуры обусловлен термической инертностью воды. Также в летний период температура воздуха днем чуть понижается у берега, а ночью повышается, поскольку вблизи водохранилища формируется бризовая

циркуляция воздушных масс. В частности, крупные водоемы имеют компенсирующее тепловое воздействие на окружающую среду из-за слабых дневных и летних температур.

Заключение.

Выполнена климатическая классификация городских ландшафтов и построена карта климатопоп территории города Воронеж. В качестве инструмента для оценки свойств подстилающей поверхности применялись геоинформационные технологии, позволяющие ускорить и автоматизировать процесс пространственного анализа.

По результатам климатической классификации городских ландшафтов на территории города Воронежа выделено 10 климатопоп: жилой климатопоп повышенной этажности, жилой среднеэтажный, жилой малоэтажный, промышленный, коммунально-складской, дорожно-транспортный, сельскохозяйственный, луговой, лесопарковый, аквальный. Для жилого климатопоп повышенной этажности характерно сочетание высоких значений показателя закрытости горизонта (свыше 0,8) и низкой доли растительного покрова (менее 0,25).

Разработанная методика климатической классификации городских ландшафтов может применяться в градостроительстве на стадиях территориального планирования и проектов планировки городских территорий при разработке градостроительных концепций по оздоровлению среды обитания с целью снижения неблагоприятного влияния климатических условий на человека и его жизнедеятельность. Оценка мезо- и микромасштабных климатических изменений и регулирование микроклимата являются одной из наиболее важных задач на пути обеспечения устойчивого развития урбанизированных территорий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Мягков, М. С.** Механизм формирования теплового баланса в городской застройке на примере г. Москвы.: автореф. дис. канд. тех. наук: 25:00:30 / Мягков М.С. // Государственный университет по землеустройству. – Москва, 2004. – 26 с.
2. **Сазонов, Э. В.** Архитектурно-климатический анализ городской среды (на примере г. Воронежа) / Э.В. Сазонов, И.В. Попова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2017. – № 4(3). – С. 61-69.
3. **Тудрий, В. Д.** Исследование микроклиматов ландшафтов / В. Д. Тудрий. – Казань: Изд-во КГУ, 1993. – 207 с.
4. **Katzschner, L.** Klimafunktionskarten und ihre Nutzung für Klimaanpassungsmaßnahmen / Katzschner L., Kupski S., Burghardt R. // Jahrbuch Naturschutz in Hessen. – 2012. – Bd. 14. – Pp. 36-40.
5. **Lohmeyer, A.** Klimafunktions- und Planungshinweiskarten / Lohmeyer A. – Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG – Lohmeyerer aktuell. – 2008. – Ausgabe Nr. 20. – 4 p.
6. **Eggenstein, J.** Erstellung einer Klimafunktionskarte mit Hilfe eines GIS basierten Decision Support Moduls / J. Eggenstein // GeoLoge. – 2010. – Vol. 2. – Pp. 2-15.
7. **Städtebauliche Klimafibel. Hinweise für die Bauleitplanung Druckfrisch** / Ul. Reuter, R. Kapp. – Stuttgart: Verlag für Druckerzeugnisse, 2010. – 274 p.
8. **Beckröge, W.** Klimakarten in der Stadtplanung / W. Beckröge // Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (Hrsg.). Umweltmeteorologie. – Düsseldorf : Schriftreihe, 1990 – Band 15. – Pp. 105-117.
9. **The Urban Climatic Map. A Methodology for Sustainable Urban Planning** / ed. By E. Ng and Ch. Ren. – NYC: Rithledge, 2015. – 474 p.
10. **Moriyama, M.** Making method of «Klimatope» map based on normalized vegetation index and one-dimensional heat budget model / M. Moriyama, H. Takebayashi // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. – 1999. – №81. – Pp. 211-220.
11. **Moriyama, M.** Urban environmental climate map for neighborhood planning [electronic resource] / M. Moriyama, T. Tanaka, H. Takebayashi // In Paper Presented at the 4th Japanese–

German Meeting on Urban Climatology. – 2005. – Available at: <http://www.kenken.go.jp/japanese/information/information/event/jgmuc/report/h2.pdf>.

12. **Мильков, Ф. Н.** Человек и ландшафты: Очерки антропогенного ландшафтоведения / Ф. Н. Мильков. – М.: Мысль, 1973. – 222 с.

13. **Хрипякова, В. Я.** Микроклиматические особенности и их ландшафтно-экологические следствия в пределах левобережья г. Воронежа / В. Я. Хрипякова // Вестн. Воронеж. отд-ния Рус. геогр. об-ва. – 2000. – Т. 2. – Вып. 1. – С. 37-39.

14. **Антропогенные ландшафты: структура, методы и прикладные аспекты изучения.** Сб. науч. тр. / под. ред. Ф. Н. Милькова. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1988. – 142 с.

15. **Фирсова, Н. В.** Урбогеосистемы Центрально-Черноземного региона: природно-ландшафтные особенности, типология, землепользование: монография / Н. В. Фирсова. – Воронеж: Изд-во Воронежского ГАСУ, 2012. – 269 с.

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

17. **Попова, И. В.** Применение геоинформационных систем для мониторинга и развития системы зеленых насаждений города / И. В. Попова, Е. Э. Бурак, Ю. А. Воробьева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 4(7). – С. 67-75.

Поступила в редакцию 29 июня 2019

CLIMATIC CLASSIFICATION OF URBAN LANDSCAPES (ON THE EXAMPLE OF VORONEZH)

I. V. Popova

Popova Irina Vladimirovna, senior lecturer of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-52-49; e-mail: iradobr@yandex.ru

The influence of the urban environment on climatic conditions is determined by the peculiarities of the geographical location of the city and its landscape structure. The landscape-geographical concept of studying the microclimatic differentiation of the urban environment considers the city as a set of landscapes of varying degrees of anthropogenic transformation that affect the meteorological regime of the surface layer of the atmosphere. The article considers the possibility of studying the microclimatic features of the territory of cities using the landscape-geographical approach and geoinformation-analytical methods for assessing the properties of the underlying surface, aimed at the allocation of climatopes and description of microclimatic differences in their boundaries, which are determined by the morphometric characteristics of the building, the nature of the improvement of its territory and the intensity of anthropogenic load on the environment. The climatic classification of urban landscapes is carried out and the map of climatopes of the territory of Voronezh is constructed. As parameters for determining the climate, the following were estimated: share of territory with a specific type of underlying surface; the indicator aspect ratio; vegetation cover ratio. According to the results of geoinformation analysis and climatic classification of urban landscapes in the city of Voronezh, only 10 classes of climatopes were identified: residential climatop of high-rise, residential medium-rise, residential low-rise, industrial, utility and warehouse, transport, agricultural, grassland, forest, aquatic.

Keywords: microclimate; klimatop; anthropogenic landscape; urban climate; GIS analysis.

REFERENCES

1. **Myagkov M. S.** *The Mechanism of formation of heat balance in urban development on the example of Moscow*. State University of land management. 2004. 26 p. (in Russian)
2. **Sazonov E. V., Popova I. V.** Architectural and climatic analysis of the urban environment (in Voronezh). *Housing and communal infrastructure*. 2017. No. 4(3). Pp. 61-69. (in Russian)
3. **Tudriy V. D., Khairullin R. R., Perevedentsev Yu. P., Yatsyk V. S.** *A study of the microclimates of the landscape*. KSU Publishing house. 1993. 207 p. (in Russian)
4. **Katzschner L., Kupski S., Burghardt R.** *Klimafunktionskarten und ihre Nutzung für Klimaanpassungsmaßnahmen*. Jahrbuch Naturschutz in Hessen. 2012. Bd. 14. Pp. 36-40.
5. **Lohmeyer A.** *Klimafunktions- und Planungshinweiskarten*. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG. Lohmeyerer aktuell. 2008. Ausgabe Nr. 20. 4 p.
6. **Eggenstein J.** *Erstellung einer Klimafunktionskarte mit Hilfe eines GIS basierten Decision Support Moduls*. *GeoLoge*. 2010. Vol. 2. Pp. 2-15.
7. **Reuter Ul., Kapp R.** *Städtebauliche Klimafibel. Hinweise für die Bauleitplanung Druckfrisch*. Stuttgart: Verlag für Druckerzeugnisse. 2010. 274 p.
8. **Beckröge W.** *Klimakarten in der Stadtplanung*. Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (Hrsg.). *Umweltmeteorologie*. Düsseldorf: Schriftreihe. 1990. Band 15. Pp. 105-117.
9. **Ng Edward, Ren Chao.** *The Urban Climatic Map. A Methodology for Sustainable Urban Planning*. NYC: Rithledge. 2015. 474 p.
10. **Moriyama M., Takebayashi H.** *Making method of «Klimatope» map based on normalized vegetation index and one-dimensional heat budget model*. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 1999. №81. Pp. 211-220.
11. **Moriyama M., Tanaka T., Takebayashi H.** *Urban environmental climate map for neighborhood planning* [electronic resource]. In Paper Presented at the 4th Japanese-German Meeting on Urban Climatology. 2005. Available at: <http://www.kenken.go.jp/japanese/information/information/event/jgmuc/report/h2.pdf>.
12. **Milkov F. N.** *People and landscapes: Essays on the anthropogenic landscape science*. 1973. 222 p. (in Russian)
13. **Khrapakova V. J.** *Microclimatic features and their landscape ecological consequences within the left Bank of Voronezh*. *Bulletin of Voronezh branch of the Russian geographical society*. 2000. Vol. 2. Issue. 1. Pp. 37-39. (in Russian)
14. **Milkov F. N.** *Anthropogenic landscapes: structure, methods and applied aspects of the study*. VSU Publishing house. 1988. 142 p.
15. **Firsova N. B.** *Urban Systems of the Central black earth region: natural landscape features, typology, land use*. 2012. 269 p.
16. **Popova I. V., Kurolap S. A., Vinogradov P. M.** *Modeling «urban heat islands» by tools of gis-analysis*. *Housing and utilities infrastructure*. 2018. No. 2(5). Pp. 87-95. (in Russian)
17. **Popova I. V., Burak E. E., Vorob'eva Y. A.** *Using gis for monitoring and development of green plantings of the city*. *Housing and utilities infrastructure*. 2018. No. 4(7). Pp. 67-75. (in Russian)

Received 29 June 2019

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Попова, И. В. Климатическая классификация городских ландшафтов (на примере г. Воронеж) / И. В. Попова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 3(10). – С. 76-86.

FOR CITATION:

Popova I. V. *Climatic classification of urban landscapes (on the example of Voronezh)*. *Housing and utilities infrastructure*. 2019. No. 3(10). Pp. 76-86. (in Russian)

УДК 658.562

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НЕФТЕГАЗОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

Ю. А. Воробьева, Ю. А. Начарова, В. А. Кунченко

Воробьева Юлия Александровна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: cccp38@yandex.ru

Начарова Юлия Александровна, магистрант кафедры строительных конструкций ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: fredlem@mail.ru

Кунченко Виктория Александровна, студент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: filipova_viktorija@rambler.ru

Создание объектов нефтегазовой отрасли, как правило, сопровождается идентификацией и оценкой значимости экологических аспектов предприятия. Авторами изучены современные научные подходы к проблеме экологизации хозяйственной деятельности предприятий и обоснована целесообразность использования экологического контроля в практике экологического управления. В работе обосновывается необходимость ранжирования элементов деятельности строительных организаций при возведении нефтеперерабатывающих комплексов по значимости их влияния на окружающую среду. Одним из решений для оценки воздействия на компоненты природной среды и эффективного управления на современном этапе является внедрение экологического менеджмента в организации на базе стандартов ПАО «Газпром». В работе рассмотрены вопросы охраны окружающей среды при строительстве нефтегазового комплекса в Тюменской области с учетом специфики строительных работ. Определен общий алгоритм идентификации и оценки значимости экологических аспектов. Выделены отдельные участки, отличающиеся производственными процессами и характером воздействия на окружающую среду, виды воздействий, свойственные строительному предприятию. Для проектируемого нефтегазового комплекса была проведена идентификация экологических аспектов, выделены значимые аспекты и рассчитаны индексы воздействия по каждому из них. Приведены критерии, по которым происходила оценка в баллах показателей, характеризующих количество загрязняющего вещества, поступающего в окружающую среду, объем потребления ресурса, величину физического воздействия, а также показателей, характеризующих характер распространения воздействия и показателей, характеризующих опасность воздействия в зависимости от вида воздействия. Предложен общий алгоритм действий, необходимый при идентификации экологических аспектов при строительстве предприятий нефтегазовой отрасли.

Ключевые слова: экологический аспект; значимые экологические аспекты; охрана окружающей среды; нефтегазовая отрасль; строительство объектов; производственные процессы.

В России в настоящее время активно развивается нефте- и газодобывающая промышленность, растет объем инвестиций в обработку нефти, производство легких углеводородов, и наряду с этим появляется необходимость оценки и снижения экодеструктивного влияния производственной деятельности предприятий на этапе их строительства на окружающую природную среду. Успешно решать данные задачи позволяет процесс идентификации и оценки значимости экологических аспектов, направленный на анализ производственных операций и выявление видов воздействия. Исследованию проблем экологизации хозяйственной деятельности предприятий посвящены работы отечественных и зарубежных ученых: Шляго Н., Кожуховой О., Лыковой Е. и др. [1, 2]

Под экологическими аспектами деятельности предприятия понимаются элементы деятельности организации, ее продукции или услуг, которые могут взаимодействовать с окружающей средой¹, причем значимый экологический аспект может оказать более существенное экологическое воздействие на окружающую среду [3, 4]. Значимые экологические аспекты определяются организацией с применением одного или более критериев. Для эффективного управления воздействием на компоненты природной среды необходимо ранжировать экологические аспекты, и сосредоточить усилия на более значимых из них [5, 6].

В качестве примера рассмотрим строительство нефтегазового комплекса в Тюменской области. Цель исследования заключалась в выявлении значимых воздействий, которые могут оказать влияние на компоненты окружающей среды при строительстве нефтегазового объекта, а также в определении мероприятий, которые позволят предотвратить или минимизировать эти воздействия. Проектирование и строительство нефтегазового комплекса будет осуществляться поэтапно. В состав первого этапа входит подготовка территории основной площадки, строительство подъездных автомобильных дорог. Во второй этап входит вертикальная планировка и отсыпка площадок строительства завода, строительство комплекса временных зданий и сооружений, строительство водозаборных сооружений, дорог.

В рамках основного строительства предусматривается реализация основных технических объектов предприятия – нефтехранилища, системы закачки нефти, узлов перекачки, технологических и очистных сооружений, насосных станций, а также административных зданий, объектов вспомогательных производств, газо-нефтеперерабатывающего комплекса, товарно-сырьевой базы, газопровода.

Для достижения указанной цели на основании анализа фоновых данных, предоставленных уполномоченными органами и материалов инженерных и инженерно-экологических изысканий, была проведена оценка современного состояния компонентов окружающей природной и социальной среды в районе размещения проектируемых объектов данного комплекса. С целью идентификации экологических аспектов авторами были выделены отдельные участки, отличающиеся производственными процессами и характером воздействия на окружающую среду. Выделенные функциональные зоны и экологические аспекты были внесены в перечень экологических аспектов предприятия (табл. 1). Идентификация произведена в соответствии с положением стандарта².

Таблица 1

Перечень экологических аспектов в период строительства нефтехимического комплекса

Функциональная зона	Экологический аспект	Индекс воздействия (ИВ)			
		К*	Р*	В*	ИВ
Строительные площадки	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу	1	3	2	6
	Образование отходов	3	2	1	6
	Потребление водных ресурсов	2	2	2	8
	Факторы физического воздействия	3	1	2	6
	Нарушение почвенного покрова	1	3	3	9
Объекты вспомогательных производств	Образование отходов	2	1	2	4

*Расшифровку показателей см. формулу (1)

Основными факторами (критериями), по которым оценивается значимость экологических аспектов являются [5, 7]:

¹ ГОСТ Р ИСО 14001-2016 Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению

² СТО «Газпром» «Охрана окружающей среды. Планирование. Порядок идентификации экологических аспектов», утвержденный распоряжением ПАО Газпром №300 от 12.10.2015г.

- ✓ величина воздействия на окружающую среду (масса выбросов, сбросов, площадь нарушенных земель, границы воздействий);
- ✓ распространения воздействия;
- ✓ опасность воздействия (токсичность, класс опасности загрязняющих веществ);
- ✓ состояние окружающей среды в зоне воздействия;
- ✓ соответствие намечаемой деятельности требованиям действующего законодательства и установленным нормативам;
- ✓ мнение заинтересованных сторон (позиция населения, местных властей и др.).

Индекс воздействия (ИВ) представляет собой интегральный показатель, характеризующий степень влияния негативных факторов на окружающую среду, определяется по формуле

$$\text{ИВ} = K \times P \times B, \quad (1)$$

где K – показатель, характеризующий количество (объем, масса) загрязняющего вещества, поступающего в окружающую среду, либо объем потребления ресурса, либо величину физического воздействия; P – показатель, характеризующий характер распространения воздействия (глобальный, региональный, локальный); B – показатель, характеризующий опасность воздействия. Каждый коэффициент оценивается в баллах от 1 до 3.

Ниже приведены критерии, по которым происходила оценка в баллах коэффициентов K , P и B в зависимости от вида воздействия для рассматриваемого примера. При этом к объектам проектирования и строительства, учитываемых при воздействии на окружающую среду, относят водозаборные сооружения, канализационные очистные сооружения, внеплощадочные коммуникации - водоводы, канализационные коллекторы, линии электропередач и связи.

Выбросы загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух в период строительства.

В период строительства объектов вспомогательных производств атмосферный воздух будет подвергаться воздействию выбросов загрязняющих веществ от дорожно-строительной техники, сварочных агрегатов, окрасочных участков, площадок разгрузки сыпучих строительных материалов, песчано-гравийной смеси, площадок заправки дорожно-строительной техники топливом, бензопил, площадок укладки битума. Воздействие на атмосферный воздух будет также связано с работой шумящих источников, к которым относятся дорожно-строительная техника, автотранспорт, блок-боксы аварийных стационарных дизельных электростанций ДЭС-1000 и ДЭС-1600 (при периодических пусках дизелей).

Основной вклад в валовые выбросы вносят: диметилбензол (ксилол) – 38,9 %, оксид углерода – 16,2 %, диоксид азота – 12 %, азот(II) оксид – 7,2 %. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в период строительства являются дорожная техника и автотранспорт. Значительный вклад демитилбензола обусловлен большим объемом окрасочных работ.

Потребление водных ресурсов

За период строительства проектируемых объектов водопотребление необходимо на хозяйственно-питьевые и производственные нужды. Безвозвратное водопотребление приходится на приготовление бетона строительных и буровых растворов. Для экономии свежей воды повторно используются сточные воды, аккумулированные в емкостях после гидравлических испытаний первой единицы емкостного оборудования и первого участка трубопроводов для последующих этапов гидравлических испытаний следующих единиц емкостного оборудования и участков трубопроводов.

Факторы физического воздействия

Источниками шума при строительстве являются дорожно-строительная техника, автотранспорт и дизельные электростанции, работающие на строительной площадке.

Нарушение почвенного покрова

По проектным данным, площадь земельных участков, необходимых для строительства проектируемых объектов – 99,65 га. Площадь рекультивации земель – 27,9 га.

Образование отходов

В период строительства нефтегазового комплекса образуются отходы производства и потребления. К отходам потребления, образующимся в результате жизнедеятельности людей, занятых на строительстве проектируемых объектов относятся:

- ✓ отходы из жилищ несортированные;
- ✓ мусор от офисных и бытовых помещений организаций;
- ✓ пищевые отходы кухонь и организаций общественного питания несортированные.

Отходы производства, образующиеся в ходе СМР представлены:

- ✓ отходами изделий и материалов используемых при строительстве объектов.;
- ✓ отходами бурения водозаборных скважин и скважин ГАЗ для электрозащиты;
- ✓ древесными отходами, образующимися в результате вырубки деревьев и растительности на территории, отведенной под строительство объектов;
- ✓ отходами очистки сточных вод;
- ✓ отходами, образующимися при износе спецодежды строительными рабочими.

Для оценки значимости возьмем только те аспекты, индекс воздействия (ИВ) которых больше 6 баллов, а также те, по которым было превышение установленных нормативов. Оценка производится с помощью системы повышающих или понижающих коэффициентов по формуле:

$$\text{ИЗЭА} = \text{ИВ} \times k_1 \times k_2 \times k_3, \quad (2)$$

где ИЗЭА – индекс значимости экологического аспекта; ИВ – индекс воздействия; k_1 – коэффициент состояния окружающей среды (ОС); k_2 – коэффициент соответствия требованиям законодательства и установленным нормативам; k_3 – коэффициент учета мнения заинтересованных сторон. При отсутствии нормативно установленного критерия, определяющего значимость воздействия, коэффициенты принимаются равным 1.

Коэффициент состояния ОС (k_1) определяется для атмосферы, водных объектов и почв по уровням фоновых загрязнений. Информация о фоновых загрязнениях представляется территориальными центрами по мониторингу загрязнений окружающей среды. Уровень существующего загрязнения окружающей среды в районе расположения объекта соответствует установленным нормативам, следовательно, принимается $k_1=0,8$.

Коэффициент k_2 , учитывающий соответствие экологических аспектов требованиям законодательства и установленным нормативам, определяется по формуле

$$k_2 = k_2^1 \times k_2^2 \times k_2^3, \quad (3)$$

где k_2^1 – коэффициент соответствия нормативам воздействия. Определяется по годовому объему выбросов, сбросов, размещения отходов, уровню физического воздействия; k_2^2 – коэффициент устранения нарушений по предписаниям государственных и ведомственных органов экологического надзора по оцениваемому аспекту объекта; k_2^3 – коэффициент природоохранных ограничений в зоне воздействия объекта.

По результатам анализа принимаем значение коэффициентов $k_2^1 = 0,8$ (не превышает установленный норматив ПДВ, ПДС, лимит на размещение отходов ПДУ); $k_2^2 = 1$ (отсутствуют не устраненные нарушения, замечания государственных и ведомственных органов экологического надзора); $k_2^3 = 1$ (природоохранных и других ограничений нет).

Коэффициент k_3 , учитывающий мнения заинтересованных сторон (контролирующие и законодательные органы, общественность, потребители и поставщики, подрядчики, средства массовой информации), определяется по формуле

$$k_3 = k_3^1 \times k_3^2, \quad (4)$$

где k_3^1 – коэффициент учета экологических факторов (приоритета природоохранных органов) в месте расположения источников воздействия; k_3^2 – коэффициент учета общественного мнения, определяется в зависимости от количества жалоб со стороны населения, общественных организаций или других заинтересованных сторон о загрязнении ОС объектами в деятельности общественных организаций или других заинтересованных сторон. В результате анализа исходных данных получаем значения коэффициентов $k_3^1=1$, $k_3^2=1$.

Полученные значимые экологические аспекты ранжируются по категориям значимости и выстраиваются в порядке убывания индекса значимости экологического аспекта (табл. 2).

Таблица 2

Критерии оценки значимости экологических аспектов

Индекс значимости экологического аспекта (ИЗЭА)	Значимость экологического аспекта	Действия по управлению экологическим аспектом
30 и более	Чрезвычайно высокая	Требуется принятие действий – установление экологической цели по аспекту и разработка внеочередных мероприятий на ближайший период
Более 12 до 30	Высокая	Требуется планирование мероприятий на следующий плановый период
Более 6...12	Повышенная	Необходимо обратить внимание и планировать мероприятия по снижению воздействия

Результаты расчета индекса значимости экологического аспекта занесены в табл. 3.

Таблица 3

Индекс значимости экологического аспекта

Функциональная зона	Экологический аспект	Индекс воздействия				Коэффициенты значимости						Индекс значимости экологического аспекта (ИЗЭА)
		К	Р	В	ИВ	состояния окружающей среды	соответствия требованиям законодательства и нормативам			учета мнения заинтересованных сторон		
							k_1	k_2^1	k_2^2	k_2^3	k_3^1	
Строительные площадки	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу	2	3	2	12	0,8	0,8	1	1	1	1	7,68
	Образование отходов	3	2	1	6	0,8	0,8	1	1	1	1	3,84
	Потребление водных ресурсов	2	2	2	8	0,8	0,8	1	1	1	1	5,12
	Факторы физического воздействия	3	1	2	6	0,8	0,8	1	1	1	1	3,84
	Нарушение почвенного покрова	1	3	3	9	0,8	0,8	1	1	1	1	5,76

Согласно полученным данным (табл. 3) значимость экологических аспектов в период строительства проектируемых объектов классифицирована как незначительно повышенная:

✓ на строительных площадках в части выбросов диметибензола (ксилол) – за счет проведения большого объема окрасочных работ;

✓ на площадке временных зданий и сооружений – в части выбросов азота диоксида, поступление которого связано с работой дизельных электростанций.

Указанные аспекты могут потребовать планирования мероприятий по снижению воздействия при подтверждении уровня воздействия фактическими данными.

Заключение.

При идентификации экологических аспектов при строительстве предприятий нефтегазовой отрасли необходимо следовать следующему алгоритму действий:

✓ определить характеристики каждого фактора, по которым оценивается значимость экологических аспектов;

✓ оценить воздействие фактора на окружающую среду;

✓ проанализировать потенциальный риск загрязнения и нанесения вреда природной среде;

✓ запланировать мероприятия по минимизации воздействия рассчитанного фактора на окружающую среду.

В систему экологического менеджмента предприятия должны быть вовлечены все заинтересованные лица и стороны, включая общественность, хозяйствующие субъекты в зоне строительства и надзорные органы.

Решать проблемы экоструктивного влияния производственной деятельности предприятий на окружающую природную среду необходимо путем применения интегрированных систем внешней и внутренней отчетности, проведения производственного экологического контроля и мониторинга, регулярных аудитов организаций, привлеченных к строительству объекта, а также ведения реестра экологических обязательств каждого объекта строительства с определением иерархии уровней принятия решений и ответственности за выполнение этих обязательств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Руднева, Е. Ю.** Управление экологическими аспектами в системе экоконтроллинга предприятия / Е. Ю. Руднева, А. Н. Кузьменко, В. Р. Дьяченко // Современные тенденции развития и перспективы внедрения инновационных технологий в машиностроении, образовании и экономике. – 2017. – Т. 3. – № 1(2). – С. 24-29.

2. **Zherlykina, M. N.** Forecasting the Envir Onmental Risk and the Outcome of the Impact of a Chemical Accident on the Environment / M N Zherlykina, Y A Vorob'eva, S A Jaremenko // *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 272 022027 – 2019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/272/2/022027>

3. **Волчик, О. В.** Идентификация и оценка значимости экологических аспектов на предприятии газовой отрасли // Территория «НЕФТЕГАЗ». – 2015. – № 11. – С. 144-151.

4. **Шоба, В. А.** Проектирование системы экологического менеджмента предприятия в соответствии с новой версией стандарта ISO 14001:2015/ В. А. Шоба, В. А. Снегирев // Бизнес. Образование. Право. – 2017. – № 1(38). – С. 136-142.

5. **Разумовская, И. В.** Планирование процесса экологизации газодобывающей отрасли // Экономика и экология территориальных образований. Ростов-на-Дону. – 2017. – Т. 2. – С. 86-89

6. **Маркин, С. В.** Экологическое обоснование и стратегия природоохранной деятельности в нефтегазовом комплексе / С. В. Маркин, Е. Е. Белоусова, О. П. Лыков, А. Ю. Недре, А. Г. Дедов // Труды Российского государственного университета нефти и газа им. И. М. Губкина. – 2010. – № 3(260). – С. 116-124.

7. **Морозова, О. И.** Управление экологическими аспектами на предприятии в рамках реализации государственной стратегии «Зелёная экономика»/ О. И. Морозова, М. Э. Игнашин //в сборнике: Формирование устойчивого развития экономики на принципах экологического менеджмента Материалы XIII международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 301-306.

Поступила в редакцию 28 июня 2019

IDENTIFICATION OF ENVIRONMENTAL ASPECTS UNDER CONSTRUCTION OF OIL AND GAS COMPLEXES

Yu. A. Vorob'eva, Yu. A. Nacharova, V. A. Kunchenko

Vorob'eva Yuliya Aleksandrovna, Cand. Techn. associate Professor, associate Professor, Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7 (473)271-28-92; e-mail: cccp38@yandex.ru

Nacharova Yuliya Aleksandrovna, undergraduate student of the Department of building structures, Ufa State Technical University, Ufa, Russian Federation, phone: +7 (473)271-28-92; e-mail: fred1em@mail.ru

Kunchenko Victoria Aleksandrovna, student of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7 (473)271-28-92; e-mail: filipova_viktorija@rambler.ru

The creation of any objects of the oil and gas industry is accompanied by the identification and assessment of the significance of the environmental aspects of the enterprise. The authors have studied modern scientific approaches to the problem of greening the economic activity of enterprises and justified the expediency of using environmental control in the practice of environmental management. The paper substantiates the need for ranking the elements of the activities of construction organizations in the construction of oil refining complexes according to the significance of their environmental impact. One of the solutions for assessing the impact on the components of the environment and effective management at the present stage is the introduction of environmental management in an organization based on the standards of PJSC Gazprom. The paper deals with environmental issues in the construction of an oil and gas complex in the Tyumen region, taking into account the specifics of construction work. The authors determined a general algorithm for identifying and assessing the significance of environmental aspects: certain areas were distinguished, differing in production processes and nature of environmental impact, types of impacts characteristic of a construction company. For the projected oil and gas complex, the identification of environmental aspects was carried out, significant aspects were identified and impact indices were calculated for each of them. The criteria are given, according to which there was an assessment in points of indicators characterizing the amount of pollutant entering the environment, the amount of resource consumption, the amount of physical impact, indicators characterizing the nature of the impact propagation and indicators characterizing the danger of exposure, depending on the type of impact. A general algorithm of actions is proposed that is necessary in identifying environmental aspects in the construction of oil and gas enterprises.

Keywords: environmental aspect; significant environmental aspects; environmental protection; oil and gas industry; construction of facilities; production processes.

REFERENCES

1. **Rudneva E. Yu. Kuzmenko A. N., Dyachenko V. R.** *Management of environmental aspects in the enterprise eco-trolling system.* Current trends of development and prospects for the introduction of innovative technologies in engineering, education and economics. 2017. T. 3. No. 1(2). Pp. 24-29. (in Russian)

2. **Zherlykina M. N., Vorob'eva Yu. A., Jaremenko S. A.** *Forecasting the Chemicals and the Chemicals*. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 272 022027. 2019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/272/2/022027>

3. **Volchik O. V.** *Identification and assessment of the significance of environmental aspects at the enterprise of the gas industry*. Territory "NEFTEGAZ". 2015. No. 11. Pp. 144-151. (in Russian)

4. **Shoba V. A., Snegirev V. A.** *Designing the environmental management system of the enterprise in accordance with the new version of ISO 14001: 2015*. Business. Education. Right. 2017. No. 1(38). Pp. 136-142. (in Russian)

5. **Razumovskaya I. V.** *Planning the process of greening the gas-producing industry*. Economy and ecology of territorial entities. Rostov-on-Don. 2017. T. 2. Pp. 86-89. (in Russian)

6. **Markin S. V., Belousova E. E., Lykov O. P., Nedre A. Yu., Dedov A. G.** *Environmental justification and strategy of environmental activities in the oil and gas complex*. Proceedings of the Russian State University of Oil and Gas. THEM. Gubkin. 2010. No. 3(260). Pp. 116-124. (in Russian)

7. **Morozova O. I., Ignashin M. E.** *Management of environmental aspects of the enterprise in the framework of the implementation of the state strategy "Green economy"*. In the collection: *Forming sustainable economic development on the principles of environmental management*. Materials of the XIII International Scientific and Practical Conference. 2017. Pp. 301-306. (in Russian)

Received 28 June 2019

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Воробьева, Ю. А. Идентификация экологических аспектов при строительстве нефтегазовых комплексов / Ю. А. Воробьева, Ю. А. Начарова, В. А. Кунченко // *Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура*. – 2019. – № 3(10). – С. 87-94.

FOR CITATION:

Vorob'eva Yu. A., Nacharova Yu. A., Kunchenko V. A. *Identification of environmental aspects under construction of oil and gas complexes*. Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 3(10). Pp. 87-94. (in Russian)

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

УДК 332.024

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНЫХ УСЛУГ ЧЕРЕЗ ФОРМИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ В ЖКХ

И. Е. Горюшинская, М. В. Долженкова

Горюшинская Ирина Евгеньевна, преподаватель специальных дисциплин, ТОГБПОУ «Строительный колледж», Тамбов, Российская Федерация, тел.: +7(902)7286613; e-mail: irina_672@mail.ru

Долженкова Марина Валентиновна, канд. техн. наук, доцент кафедры архитектуры и строительства зданий, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Российская Федерация, тел.: +7(915)670-95-19; e-mail: dmv20101@yandex.ru

Рассмотрены основные проблемы, связанные с профессиональной подготовкой специалистов в сфере жилищно-коммунального хозяйства. Поставлена задача ликвидации дефицита кадров в сфере жилищно-коммунального хозяйства и перехода подготовки специалистов на более высокий профессиональный уровень. Приведены данные об отсутствии на сегодняшний день у специалистов сферы ЖКХ должного уровня профессионального образования, а также обозначены некоторые причины снижения этого уровня и рассмотрены варианты его поднятия на более высокую, новую ступень технического интеллекта. Выявлены некоторые причины низкой подготовки профессиональных кадров и возможные пути их преодоления, а также другие проблемы, требующие внедрения инновационных подходов к их решению в свете требований по успешной реализации реформ жилищной сферы. Для достижения поставленных целей по подготовке необходимого количества высококвалифицированных специалистов, рекомендовано консолидировать усилия всех ветвей власти, а также коммерческих структур, общественных и образовательных учреждений, как для привлечения финансовых средств, так и для разработки единой нормативно-законодательной и организационной базы. Сделано заключение о необходимости инновационных подходов для решения проблем в жилищно-коммунальном хозяйстве с помощью грамотного кадрового сопровождения проводимых реформ и подготовки специалистов нового уровня по управлению качеством жилищно-коммунальных услуг.

Ключевые слова: жилищно-коммунальное хозяйство; профессиональная подготовка; «опережающее обучение»; инновационная кадровая политика в ЖКХ.

С целью повышения качества жизни граждан Россия встала на путь инновационного развития, направленный в том числе на формирование инновационной кадровой политики в жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ), опирающийся на реализацию человеческого потенциала, то есть на наиболее эффективное применение знаний, умений, компетенций людей для совершенствования технологий, модернизации производств, получения высоких экономических результатов и развития общества в целом. Необычайно возросла необходимость грамотного кадрового сопровождения проводимых реформ и повышения уровня квалификации и компетентности сотрудников организаций всех видов собственности в одной из важнейших для государства сфер по предоставлению жилищно-коммунальных услуг (ЖКУ) населению [1].

В настоящее время в сфере ЖКХ занято огромное количество людей, около 1 % от всех работающих в РФ, о низкой производительности труда в этой области, о устаревших технологиях производства и управления, об отсутствии должных профессиональных

знаний как у руководителей, так и у сотрудников. Кроме того, специалистов для работы в ЖКХ готовят в строительных колледжах и вузах, естественно, с уклоном в техническую эксплуатацию, а этого, на сегодняшний день, недостаточно. Проблемы, чаще всего, возникают в вопросах правоотношений между управляющими компаниями и собственниками жилья, а также ресурсными компаниями. Переход к инновационной экономике в сфере ЖКХ требует принципиально нового уровня специалистов по управлению качеством жилищно-коммунальных услуг (ЖКУ). Одна из важнейших причин сложившейся ситуации – это неудовлетворительная и неэффективная организация системы подготовки профессиональных кадров в области управления ЖКХ в свете требований Жилищного Кодекса РФ от 29.12.2004 N 188-ФЗ в новой редакции от 29.05.2019 года.

В настоящий момент специалистам не хватает компетентности, культуры управления, психологической устойчивости и умения работать в кризисных, стрессовых ситуациях. Большим тормозом экономических и организационных нововведений являются оформившиеся в прежних условиях управления знания, умения, традиции кадрового подбора и состава ЖКХ. Сейчас подготовка специалистов для ЖКХ идет разрозненно, однако, она должна соответствовать современным, новым требованиям. Для решения этой проблемы необходимо переработать и сформировать соответствующие образовательные стандарты, программы дополнительного профессионального образования, особенно, для обучения специалистов, занимающихся непосредственно эксплуатацией жилого фонда.

В государственном стандарте РФ профессионального образования уровень профессионального развития определяется как выполнение алгоритма нетиповой деятельности, то есть не только полученные знания, но и организованность, адаптивность, самоконтроль, ответственность являются неотъемлемой составной частью профессионального уровня. К этому в профессиональном обучении и следует стремиться.

По мнению экспертов, во всех образовательных учреждениях необходимо модернизировать не столько оборудование, сколько преподавательский состав. Регулярное повышение квалификации сотрудников образовательных учреждений обязательно, так как в современном мире это является объективной необходимостью для подготовки высококвалифицированных и компетентных специалистов. Особенно своевременна постановка вопроса о обновлении знаний и повышении квалификации преподавательского состава по тематике предоставления ЖКУ.

Преподаватель трансформирует полученные знания через собственный опыт и реализовывает их в процессе своей профессиональной деятельности. Особенно важно то, чтобы процесс повышения квалификации преподавателя был адаптирован к ее слушателям. Главное, чтобы образовательная среда стала конкурентоспособной.

К сожалению, на настоящий момент методики преподавания в образовательных учреждениях остаются устаревшими, так как такие ее формы, как интерактивные методы обучения с использованием видеотехники или «ролевые игры» не получили широкого распространения и не стали повсеместно доступны по ряду объективных причин. В связи с этим, чрезвычайно актуален на сегодня вопрос о разработке обновленных, стимулирующих методов преподавания, когда, например, не преподаватель, а обучаемый становится генератором идей и активным участником процесса обучения.

Специфика повышения квалификации в том, что ее основным принципом должно стать, так называемое, «опережающее обучение». Тогда слушатели получают такие знания и информацию, которые носят эксклюзивный характер и еще не известны широкому, массовому слушателю. Вопросы на занятиях могут касаться актуальных тем, которые могут возникнуть (а могут и не возникнуть) завтра, например, стандартизация ЖКУ и другие.

Содержание обучения и переподготовки кадров должно в полном объеме раскрывать сущность реформы ЖКХ, укреплять психологическую устойчивость, мобильность сотрудников жилищных служб [2].

Переподготовка требуется и управленческому персоналу ЖКХ, специально для которого необходимо разработать проекты подготовки кадров в этой сфере, увязанные с задачами реформы ЖКХ. На сегодняшний день 80 % руководящих работников в этой сфере ни разу не повышали свою квалификацию после получения базового образования. «Фонд содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства» предоставил данные о том, что в регионах России почти 50 % кадрового состава специалистов ЖКХ не имеют профильного образования, а доля специалистов с высшим образованием составляет всего около 8%. Общий дефицит профессиональных кадров в этой отрасли – около 50 %.

Для работников, занятых непосредственно на производстве, для повышения их квалификации хорошо оправдали себя два направления в методике обучения: преобладание самостоятельной работы слушателя и индивидуальное обучение.

Потребность в соответствующих грамотных специалистах последовательно закрепляется законодательно. Так, действующий закон о саморегулировании в сфере управления жилой недвижимостью обязывает для работы в этой области иметь профессиональное образование. Особенно это актуально в сфере управления многоквартирными домами (МКД). Правительство Российской Федерации поставило задачу повысить требования к квалификации сотрудников ЖКХ и, соответственно, к членам саморегулируемых организаций в области управления МКД, в которых обязательным условием является подтверждение квалификации их сотрудников.

Подбор персонала, соответствующего профессиональным требованиям для работы на предприятиях ЖКХ, требует использования при приеме сотрудников новых технологий, как, например, тестирование и другое. Кроме того, необходимо внедрять методики, которые предусматривают обоснованную оценку конкретного человека, для полного и рационального использования его возможностей по внесению личного вклада в работу предприятия. Следует формировать информационные банки резерва кадров, а также создавать системы экономических и моральных стимулов для всех сотрудников предприятия с целью повышения уровня профессионализма как в управленческой, так и в производственной эксплуатационной деятельности.

Оценка или аттестация, как наиболее важная технология оценки, сотрудников предприятий ЖКХ, учебных заведений и прочих учреждений совершенно необходима. Однако, форму и способы аттестации, представленные в нормативных документах, возможно придется пересмотреть для более эффективного достижения намеченной цели.

Нарастающее количество аварийных ситуаций в сфере ЖКХ требует обязательного современного профессионального образования, так как негативная ситуация в этой сфере в настоящее время сложилась не только из-за физического и морального износа функционирующей инфраструктуры или халатного отношения сотрудников к своим обязанностям, но и, в большей степени, из-за отсутствия у этих сотрудников необходимого технического интеллекта нового уровня. Специалист в непредвиденной аварийной ситуации должен самостоятельно быстро принять решение и выполнить необходимые действия по ее предотвращению. Поднятие на новый уровень не только новых знаний и умений, но и технического профессионального интеллекта, как раз и должна обеспечить современная учебная программа [3].

Дефицит профессионально подготовленных специалистов на более высоком уровне научно-технического прогресса – это одна из причин неудовлетворительного качества предоставления услуг в сфере ЖКХ, тормозящая реформирование и модернизацию.

Изучение состояния профессиональной подготовки специалистов позволило сделать выводы о некоторых причинах, которые являются, возможно, основополагающими в снижении уровня профессиональной подготовки сотрудников ЖКХ:

- ✓ отсутствие соответствующей материально-технической базы;
- ✓ недостаточное бюджетное финансирование образовательного учреждения;
- ✓ низкая квалификация преподавателей и методистов педагогического коллектива;

- ✓ отсутствие современных программ обучения;
- ✓ отсутствие действующих нормативных документов и методических пособий;
- ✓ отсутствие контроля за качеством обучения.

Для достижения качественного профессионального образования, для поднятия его на новый современный уровень в ЖКХ необходимо, соответственно, устранить выявленные в процессе изучения и анализа причины.

Для оценки качества обучения необходимо проанализировать некоторые факторы, взаимодействующие между собой и влияющие на качество подготовки специалистов, а именно:

- ✓ организация учебного процесса;
- ✓ методы обучения и их соответствие современным требованиям подготовки специалистов;
- ✓ условия труда преподавателя;
- ✓ социально-психологический климат в коллективе;
- ✓ профессиональная подготовка педагогического и методического коллектива;
- ✓ наличие качественных научно-методических и информационных средств обучения;
- ✓ культура речи и доступное изложение учебного материала;
- ✓ мастерство преподавателя по владению аудиторией.

Для решения вопроса кадрового обеспечения жилищно-коммунального хозяйства необходимо обеспечить взаимосвязь и работу следующих систем:

- ✓ системы профессиональных стандартов и квалификационных требований для руководителей и специалистов сферы ЖКХ;
- ✓ системы государственных образовательных стандартов, основанной на системе профстандартов;
- ✓ системы непрерывного профессионального образования: НПО-СПО-ВПО-аспирантура, докторантура -ДПО;
- ✓ системы аттестации и сертификации кадров;
- ✓ системы мониторинга, анализа и регулирования кадрового обеспечения.

Совместное, четкое функционирование каждой из этих систем является необходимым условием работы системы подготовки кадров в целом, оно может обеспечить высокое качество обучения специалистов ЖКХ в постоянно меняющихся рыночных условиях. Положительное состояние перечисленных факторов, безусловно, является залогом высококачественной подготовки специалистов [4].

Вступление страны на путь инновационного развития требует глобальных и реально оправданных инвестиций в человеческий капитал. Так, в частности, Государственная программа Тамбовской области «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан области» на 2014-2020 годы (далее Госпрограмма) финансируется в объеме на общую сумму 97 536 723, 9 тысяч рублей из средств Федерального бюджета, бюджета Тамбовской области, средств местного бюджета и внебюджетных источников. Международная практика говорит, что с увеличением инвестиций в подготовку кадров (человеческий капитал) растет и валовый внутренний продукт [5, 6].

Одной из главнейших целей Госпрограммы является повышение качества и надежности предоставления жилищно-коммунальных услуг гражданам, именно для достижения этой цели необходимо обеспечить строительный комплекс квалифицированными кадрами в требуемом объеме [7].

Администрация Тамбовской области в Постановлении № 586 от 05.06.2013 года об утверждении Государственной программы Тамбовской области «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан области» на 2014-2020 годы в редакции Постановления № 1040 от 30.10.2017 г. для выполнения намеченных в данной

Госпрограмме целей представила количество необходимых учебных мест для подготовки специалистов строительного комплекса.

Из таблицы видно, что в Тамбовской области выпуск специалистов намечается с нарастанием год от года. Так, выпуск специалистов очной и заочной формы обучения с 2014 года по 2020 год запланировано увеличить в 7 раз, а переподготовку и повышение квалификации специалистов – в 8 раз, что должно обеспечить потребности Тамбовской области в квалифицированных кадрах строительного комплекса, в том числе в сфере ЖКХ.

Количество запланированных учебных мест для специалистов строительного профиля в Тамбовской области на 2014...2020 годы

Годы	Выпуск специалистов учебными заведениями				Подготовка и переподготовка/ повышение квалификации
	Итого (очная/заочная форма обучения)	НПО	СПО (очная/заочная форма обучения)	ВПО (очная/заочная форма обучения)	
2014	788/95	382	229/25	167/30	2350/340
2015	820/102	392	236/25	167/30	2400/350
2016	845/100	404	243/25	170/35	2450/360
2017	780/100	409	246/25	175/35	2500/370
2018	785/100	413	250/25	175/37	2550/380
2019	790/100	415	251/25	175/39	2600/390
2020	795/100	415	251/25	175/39	2650/400
Всего	5603/420	2831	1706/175	1211/245	19800/2590

Для достижения поставленной государством цели по подготовке высококвалифицированных специалистов в необходимом количестве для предоставления населению качественных жилищно-коммунальных услуг и грамотной эксплуатации жилого комплекса привлекаются региональные, муниципальные органы управления, а также образовательные учреждения, общественные организации в рамках целевой региональной программы. Только совместные дальнейшие усилия в условиях рыночной экономики смогут достигнуть решения проблемы по подготовке современных, грамотных кадров для предприятий ЖКХ [8, 9, 10].

Заключение.

Таким образом, определена одна из существенных проблем в сфере ЖКХ – дефицит профессиональных кадров. В результате всестороннего анализа проблемы определены характер и степень влияния определенных факторов на инновационные подходы и выбор инструментов для решения в настоящее время этой проблемы в свете требований по успешной реализации реформ жилищной сферы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Савин, К. Н.** Устойчивое развитие жизнеобеспечения населения как основа оценки качества жизни / К. Н. Савин // Стандарты и качество. – 2011. – № 5. – С. 80 – 82.
2. **Ивакина, А. М.** Современные проблемы жилищно-коммунального хозяйства / А. М. Ивакина // Молодой ученый. – 2015. – № 8. – С. 537-539.
3. **Иванов, В. В.** Потенциал наукоемких технологий / В. В. Иванов, А. Н. Коробова // Жилищное и коммунальное хозяйство. – 2009. – № 7. – С. 4-8.
4. **Юркова, С. Н.** Повышение квалификации преподавателей и консультантов в сфере местного самоуправления: современные технологии: учеб. пособие / под ред. С.Н. Юрковой. – СПб.: УНЦ ГМУ, 2002. – 157 с.

5. **Арцыбашев, В. М.** Совершенствование рыночного механизма функционирования жилищно-коммунального комплекса / В. М. Арцыбашев, Н. Е. Симионова // Экономика строительства. – 2004. – № 3. – С. 64
6. **Бузырев, В. В.** Экономика жилищной сферы: учебное пособие / В. В. Бузырев, В. С. Чекалин. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 254 с.
7. **Горбунов, А. А.** Формирование научно-учебного инновационного комплекса подготовки специалистов по направлению «Управление жилищно-коммунальным комплексом мегаполиса» / А. А. Горбунов, В. П. Пилявский, В. П. Головачук // Сборник трудов кафедры Предпринимательства и управления ЖКХ СПбГУСЭ «Социально-экономические аспекты реформирования ЖКХ». – 2005. – Вып. 1. – 343с.
8. **Ефимова, М. Р.** Социально-экономическая статистика: учебник для академического бакалавриата / М. Р. Ефимова, А. С. Аброскин, С. Г. Бычкова, М. А. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 591 с.
9. **Чернышев, Л. Н.** Жилищно-коммунальная реформа в России. Финансово-экономические особенности: Нормативные документы / Л. Н. Чернышев. – М.: МЦФЭР, 1997. – 278 с.
10. **Шаповалов, Н. Н.** Оценка фактического состояния объектов ЖКХ – важный шаг на пути реформирования отрасли / Н. Н. Шаповалов // Жилищное и коммунальное хозяйство. – 2010. – № 3. – С. 71-72.

Поступила в редакцию 30 июня 2019

IMPROVING THE QUALITY OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES THROUGH THE FORMATION OF INNOVATION PERSONNEL POLICY IN THE HOUSING AND COMMUNAL ECONOMY

I. E. Goryushinskaya, M. V. Dolzhenkova

Goryushinskaya Irina Evgenievna, teacher, Tambov Regional State Budgetary, Vocational Educational Institution «College of Construction», Tambov, Russian Federation, phone.: +7(902)728-66-13; e-mail: irina_672@mail.ru
Dolzhenkova Marina Valentinovna, Cand. tech. sciences, associate Professor the Department of architecture and building construction, Tambov state technical University, Tambov, Russian Federation, phone: +7(915)670-95-19; e-mail: dmv20101@yandex.ru

The main problems associated with the professional training of specialists in the field of housing and communal services are considered. The task was to eliminate the shortage of personnel in the field of housing and utilities and the transition of training to a higher professional level. The data on the lack of specialists in the sphere of housing and public utilities, to date, the proper level of professional education are given, as well as some reasons for reducing this level are indicated and options for raising it to a higher, new level of technical intelligence are considered. After analyzing the presented factors, some reasons for low professional training and possible ways to overcome them, as well as other problems requiring the introduction of innovative approaches to their solution in the light of the requirements for the successful implementation of housing reforms, were identified. In order to achieve the goals of preparing the required number of highly qualified specialists, it is also recommended to consolidate the efforts of all branches of government, as well as commercial structures, public and educational institutions both to attract funds and to develop a unified regulatory and legislative framework. The conclusion was made about the need for innovative approaches to solve problems in the housing and utilities sector with the help of competent personnel to support the reforms being conducted and to train specialists of a new level in the management of the quality of housing and utility services.

Keywords: department of housing and utilities; professional training; innovative personnel policy in the housing and utilities sector.

REFERENCES

1. **Savin K. N.** *Sustainable development of the livelihood of the population as a basis for assessing the quality of life.* Standards and Quality. 2011. No. 5. Pp.80-82. (in Russian)
2. **Ivakina A. M.** *Modern problems of housing and communal services.* Young scientist. 2015. No. 8. Pp. 537-539. (in Russian)
3. **Ivanov V. V., Korobova A. N.** *The potential of high technologies.* Housing and communal services. 2009. No. 7. Pp. 4-8. (in Russian)
4. **Yurkova S. N.** *Improving the skills of teachers and consultants in the field of local self-government: modern technologies: Proc. manual.* Textbook. center of state and municipality manage. Ural Scientific Center Municipal State Institution. 2002. 157 p. (in Russian)
5. **Artsybashev V. M., Simionov N. E.** *Improving the market mechanism of functioning of the housing and communal complex.* Construction Economics. 2004. No. 3. Pp.64. (in Russian)
6. **Buzyrev V. V., Chekalin V. S.** *Housing economy: a tutorial.* Moscow, INFRA-M. 2001. 254 p. (in Russian)
7. **Gorbunov A. A., Pilyavsky V. P., Golovachuk V. P.** *Formation of scientific and educational innovation complex of training specialists in the direction of «Management of housing and communal complex of the megalopolis».* Collection of works of the Department of Entrepreneurship and Management of Housing and Communal Services of the St. Petersburg State University of Service and Economics «Social and Economic Aspects of the Housing and Public Utilities Reform». 2005. Issue. 1. 343 p. (in Russian)
8. **Efimova M. R., Abroskin A. S., Bychkova M. A.** *Socio-economic statistics: a textbook for academic undergraduate.* Moscow, Yurait Publishing House. 2017. 591 p.
9. **Chernyshev L. N.** *Housing and communal reform in Russia. Financial and economic features: Regulatory documents.* Moscow, International Center for Financial and Economic Development. 1997. 278 p. (in Russian)
10. **Shapovalov N. N.** *Assessment of the actual state of housing facilities – an important step in the reform of the industry.* Housing and utilities. 2010. No. 3. Pp. 71-72. (in Russian)

Received 30 June 2019

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Горюшинская, И. Е. Повышение качества жилищно-коммунальных услуг через формирование инновационной кадровой политики в ЖКХ / И. Е. Горюшинская, М. В. Долженкова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 3(10). – С. 95-101.

FOR CITATION:

Goryushinskaya I. E., Dolzhenkova M. V. *Improving the quality of housing and communal services through the formation of innovation personnel policy in the housing and communal economy.* Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 3(10). Pp. 95-101. (in Russian)

УДК 628.292: 303.094.6

ОЦЕНКА РИСКА АВАРИИ НА ОБЪЕКТЕ «ГОРОДСКАЯ КАНАЛИЗАЦИОННАЯ НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ»

Г. Д. Шмелев, А. В. Жукова

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

Жукова Анна Владимировна, старший преподаватель кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)254-92-96; e-mail: kav1177@mail.ru

В рамках выполнения работ по проведению комплексного обследования технического состояния строительных конструкций и оборудования здания городской канализационной насосной станции Левобережная г. Воронежа проведена оценка риска аварии, выполненная с использованием требований ГОСТ 31937-2011. При оценке риска аварии вычисления проводились для помещения заглубленного машинного зала основного здания. В качестве расчетных случаев аварии были рассмотрены три события: событие первое – отказ основного оборудования; событие второе – разрушение разделительной стенки между резервуаром и машинным залом с затоплением последнего; событие третье – затопление машинного зала талыми водами при подтоплении территории. Для каждого расчетного события оценены вероятности их происхождения и стоимости последствий устранения аварий и связанные с остановкой работы оборудования материальные затраты. С использованием полученных значений проведена оценка риска аварии для каждого расчетного случая и для различных их сочетаний. По результатам выполненного расчета рисков аварии представителям заказчика сформулированы рекомендации по дальнейшей эксплуатации объекта.

Ключевые слова: канализационная насосная станция; оценка технического состояния; риск аварии; нормальная эксплуатация; капитальный ремонт.

Введение. При выполнении работ по оценке фактического технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений, а также технологического оборудования промышленных предприятий различного назначения бывает полезным оценивать риски возникновения аварий от техногенного и природного происхождений. Оценка риска вероятной аварии показывает насколько опасным с точки зрения возникновения аварии и возможных ее последствий может быть то или иное событие, и к насколько серьезным экономическим последствиям оно может привести.

В рамках выполнения работ по хозяйственному договору с ООО «РВК-Воронеж» летом 2016 года было выполнено обследование технического состояния строительных конструкций и оборудования комплекса зданий Левобережной городской канализационной насосной станции (ГКНС) г. Воронежа. Комплекс зданий представлен зданием, сблокированным из трех объектов (рис. 1 и рис. 2):

- ✓ основное здание насосной с приемным помещением № 1, резервуаром сточных вод на 400 м³ и заглубленным машинным залом (поз. 1 на рис. 2);
- ✓ пристройка по главному фасаду основного здания (поз. 2 на рис. 2);
- ✓ административно-бытовое здание с переходом и грабельным отделением (поз. 3 на рис. 2).

Выполнение работ по обследованию технического состояния здания проводилось в соответствии с «Методикой оценки технического состояния и расчетного прогнозирования и обоснования остаточного срока службы строительных конструкций» [1] (далее – мето-

дика). Основные положения методики соответствуют требованиям и указаниям действующих нормативно-технических документов: ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» и СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений».



Рис. 1 – Вид на комплекс зданий ГКНС со стороны Вогресовской дамбы г. Воронежа



Рис. 2 – Схема размещения комплекса зданий на территории ГКНС (источник Техпаспорт БТИ)

Для каждого из трех зданий ГКНС было проведено комплексное обследование, определены категории технического состояния строительных конструкций и оборудования, оценены степень поврежденности всех строительных конструкций и вероятного снижения несущей способности несущих конструкций.

Оценка риска аварии.

Проведенный анализ существующих методик оценки риска возникновения аварий [2...11] показал существенное различие в подходах к оценке рисков у различных авторов. Между тем существует единая методика оценки риска аварии строительного объекта, описанная в ГОСТ 31937-2011 (прил. Ф), в соответствии с которым необходимо оценивать безопасность объектов с проведением комплексной оценки риска от аварийных воздействий природного и техногенного характера.

Предельно допустимым фоновым риском для РФ принято значение равное $5 \cdot 10^{-6}$. Значение риска свыше $5 \cdot 10^{-5}$ является недопустимым и требует срочных разработки и внедрения системы мер для его снижения. Для промежуточных значений (от $5 \cdot 10^{-6}$ до $5 \cdot 10^{-5}$) требуется разработка системы мер, полнота и сроки, реализации которых устанавливаются с учетом экономических и социальных аспектов.

Основными критериями опасности аварийной остановки ГКНС Левобережная, выявленными в ходе проведенного комплексного обследования станции, являются:

- ✓ Событие 1. Отказ основного оборудования.
- ✓ Событие 2. Разрушение разделительной стенки между резервуаром и машинным залом с затоплением последнего.
- ✓ Событие 3. Затопление машинного зала талыми водами при подтоплении территории.

В соответствии с формулой оценки риска аварийного события, приведенной в справочном приложении Ф к ГОСТ 31937-2011, величину риска следует рассчитывать следующим образом:

$$R = P(H) \cdot P(A/H) \cdot P(T/H) \cdot P(D/H) \cdot C, \quad (1)$$

где $P(H)$ – вероятность возникновения опасности; $P(A/H)$ и $P(T/H)$ – вероятности встречи опасности с рассматриваемым объектом в пространстве и времени соответственно; $P(D/H)$ – вероятность нанесения ущерба данного уровня; C – относительный ущерб (отношение стоимости ущерба к стоимости объекта).

Учет риска при отказе основного оборудования (событие 1).

Расчет риска остановки станции за счет выхода из строя основного оборудования производится по формуле:

$$R_{об} = P_{об} \cdot \frac{C_y}{C_{ГКНС}}, \quad (2)$$

где $P_{об}$ – вероятность отказа оборудования; C_y – стоимость ущерба от аварии, руб.; $C_{ГКНС}$ – стоимость объекта, руб.

Учет риска при разрушении разделительной стенки между резервуаром и машинным залом с затоплением последнего (событие 2).

Риск остановки станции из-за разрушения разделительной стенки определяется по формуле:

$$R_{рс} = P_{рс} \cdot \frac{C_y}{C_{ГКНС}}, \quad (3)$$

где $P_{рс}$ – вероятность отказа (обрушения) разделительной стенки; C_y – стоимость ущерба от аварии, руб.; $C_{ГКНС}$ – стоимость объекта, руб.

Учет риска при затоплении машинного зала талыми водами при подтоплении территории (событие 3).

Риск остановки станции из-за затопления машинного зала талыми водами при подтоплении территории определяется по формуле:

$$R_{зат} = P_{зат} \cdot \frac{C_y}{C_{ГКНС}}, \quad (4)$$

где $P_{зат}$ – вероятность затопления станции талыми водами; C_y – стоимость ущерба от аварии, руб.; $C_{ГКНС}$ – стоимость объекта, руб.

Учет суммарного риска аварии.

Суммарный риск от наступления всех трех указанных событий определяется по формуле:

$$R_{сумм} = R_{об} \cdot R_{рс} \cdot R_{зат}, \quad (5)$$

Исходные данные, принятые для расчёта:

- ✓ вероятность отказа оборудования (по данным, представленным заказчиком) $P_{об} = 0,01$;
- ✓ вероятность обрушения подпорной стенки (из расчетов, выполненных в рамках обследования) $P_{рс} = 0,001$;
- ✓ вероятность затопления машинного зала талыми водами (по материалам, представленным заказчиком) $P_{зат} = 4,5 \cdot 10^{-4}$;

✓ ориентировочная стоимость оборудования с установкой (определена в рамках проведенного обследования и оптимизации оборудования) 80 млн. руб.

Ориентировочная стоимость ущерба от остановки станции зависит от следующих параметров:

- ✓ время устранения аварии и восстановления работы станции;
- ✓ количество пострадавших человек;
- ✓ стоимость утраченного оборудования, доставку и установку нового оборудования;
- ✓ затраты на обследование технического состояния и ремонт станции.

Время устранения аварии при предыдущем отказе оборудования станции (1992 год.) составило около 36 часов (1,5 суток). Сведения получены от специалистов, непосредственно руководивших устранением аварии, связанной с затоплением машинного зала ГКНС. Для расчетов риска остановимся на этой цифре, так как других данных о сроках устранения аварий для г. Воронежа нет.

По данным на 2008 год на территории Левобережного района г. Воронежа проживало 169,6 тысяч человек (Численность постоянного населения на начало года // Воронеж в цифрах. Статистический сборник. – Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Воронежской области, Воронеж, 2008, стр. 18). По данным сайта Департамента труда и занятости населения Воронежской области (от 04 мая 2016 г.) население Левобережного района составляет 186,1 тыс. человек.

Суточная норма потребления питьевой воды 1-м человеком – 1,5 литра.

Средняя стоимость 1 л питьевой воды в пересчете со стоимости 19 л бутилированной воды (250 рублей) составляет ~ 13 рублей.

Таким образом, материальные затраты от остановки ГКНС Левобережная с отключением водоснабжения на закупку питьевой воды составят:

$$186100 \text{ чел.} \times 1,5 \text{ л./чел.} \times 13 \text{ руб.} \times 1,5 \text{ дн.} = 5\,443\,425 \text{ руб.}$$

Округленно, затраты населения на питьевую воду на весь период аварийной остановки ГКНС Левобережная – пять с половиной миллионов рублей.

Стоимость насосного оборудования и его установка на станции на дату проведения обследования (лето 2016 г.) обойдутся ориентировочно в 80 млн. руб. Стоимость определена по прайс-листам производителей оборудования, с учетом затрат на монтаж.

Затраты на проведение технического обследования здания и разработку рекомендаций по его ремонту и восстановлению составят ориентировочно 300 тыс. руб. Стоимость оценена по укрупненным показателям на обследование и капитальный ремонт зданий и сооружений.

Затраты на текущий ремонт станции после ее затопления можно оценить исходя из ориентировочной цифры (минимальная стоимость текущего ремонта промышленных зданий по г. Воронежу) – 5 000 руб./м². При площади подземной части станции 330 м² косметический ремонт обойдется примерно в сумму

$$5\,000 \times 330 = 1\,650\,000 \text{ руб.}$$

Таким образом, полный ущерб от остановки ГКНС Левобережная составит:

$$5,5 + 80,0 + 0,3 + 1,65 = 87,45 \text{ млн. руб.}$$

Округленно – восемьдесят семь с половиной миллионов рублей.

Риск отказа оборудования (событие 1) определяем по формуле (2):

$$R_{об} = 0,01 \times (87,5/80) = 0,01075 \text{ или } 1,09 \times 10^{-2}$$

Риск обрушения раздельной стенки (событие 2) определяем по формуле (3):

$$R_{pc} = 0,001 \times (87,5/80) = 0,001075 \text{ или } 1,09 \times 10^{-3}$$

Риск затопления при паводке (событие 3) определяем по формуле (4):

$$R_{зам} = 4,5 \times 10^{-4} \times (87,5/80) = 0,00049 \text{ или } 4,9 \times 10^{-4}$$

Суммарный риск одновременного возникновения трех событий по формуле (1):

$$R = 0,0109 \times 0,00109 \times 0,00049 = 0,0000000058 \text{ или } 5,8 \times 10^{-9}$$

Риск одновременного возникновения событий 1 и 2 определяется произведением

риска отказов:

$$R = 0,0109 \times 0,00109 = 0,000011881 \text{ или } 1,19 \times 10^{-5}$$

Аналогично иск одновременного возникновения событий 1 и 3:

$$R = 0,0109 \times 0,00049 = 0,000005341 \text{ или } 5,34 \times 10^{-6}$$

Риск одновременного возникновения событий 2 и 3:

$$R = 0,00109 \times 0,00049 = 0,0000005341 \text{ или } 5,34 \times 10^{-7}$$

В расчетах риска не учтены моральные издержки населения, на случай остановки станции и выключения подачи воды в здания. Не учтены расчетом также потери производственных предприятий от простоя и недополучения прибыли, что неминуемо увеличит показатели риска аварии.

Выводы по результатам оценки риска аварии.

1. Уровень риска для каждого из трех рассмотренных событий оказывается недопустимо высоким и требует срочной разработки системы мер по снижению риска, каждого из рассмотренных событий.

2. Риск одновременного наступления отказа оборудования и обрушения разделительной стенки (событие 1 + событие 2) составляет $1,19 \times 10^{-5}$, что требует учитывать социальную и экономическую значимость объекта при разработке мер по понижению риска аварии.

3. Риск одновременного наступления отказа оборудования и затопление машинного зала талыми водами при подтоплении территории (событие 1 + событие 3) составляет $5,34 \times 10^{-5}$, что требует учитывать социальную и экономическую значимость объекта при разработке мер по понижению риска аварии.

4. Риск наступления одновременно трех рассмотренных аварийных событий ($5,8 \times 10^{-9}$) или пары оставшихся аварийных событий (событие 2 + событие 3 ... $R = 5,34 \times 10^{-7}$) не превышает допустимого (фонового) уровня риска 5×10^{-6} .

Заключение.

Выполненные расчеты риска аварии на действующем объекте ГКНС показали, что риск возникновения аварии при появлении любого из трех рассмотренных расчетных случаев превышает не только допустимый фоновый уровень риска, но и недопустимый уровень риска и требует срочной разработки и внедрения системы мер для его снижения.

С учетом текущего состояния оборудования в качестве мероприятий по снижению уровня риска может быть рекомендовано строительство новой резервной ГКНС, с возможностью переключения между двумя станциями, в случае аварии на одной из них.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

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

2. **Чебоксаров, Д. В.** Использование методики оценки риска аварии для качественной оценки объектов капитального строительства специалистами Госстройнадзора / Д. В. Чебоксаров, М. С. Эпштейн // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2018. – Т. 18. – № 2. – С. 39-44.

3. **Рыбаков, А. В.** Комплексная оценка риска возникновения аварии на опасных производственных объектах на основе аппарата нечетких множеств и логико-вероятностного подхода / А. В. Рыбаков, А. Д. Сорокин, В. В. Кочетков, Е. В. Арефьева // Проблемы анализа риска. – 2018. – Т. 15. – № 1. – С. 18-25.

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

5. **Шмелев, Г. Д.** Использование показателей физического износа для оценки вероятности и риска наступления аварийного технического состояния строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений / Г. Д. Шмелев // Инженерные решения. – 2019. – № 1(2). – С. 36-39.
6. **Иванов, В. И.** Техническая диагностика и оценка риска аварии / В. И. Иванов, Б. В. Туробов // Контроль. Диагностика. – 2016. – № 5. – С. 19-25.
7. **Иващенко, И. Н.** «Стоимость жизни» и безопасность плотин / И. Н. Иващенко, К. И. Иващенко // Безопасность энергетических сооружений. – 2016. – № 1(21). – С. 3-29.
8. **Прибытков, С. С.** Проблема выбора методики анализа рисков, связанных с неисправностями железобетонных пролетных строений мостов / С. С. Прибытков, А. В. Александров // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2014. – № 30. – С. 16-21.
9. **Шмелев, Г. Д.** Методика оценки риска при прогнозировании остаточного срока службы строительных конструкций / Г. Д. Шмелев // Академический вестник УралНИИПроект РААСН. – 2013. – № 3. – С. 81-84.
10. **Кононова, М. С.** Реализация метода прогнозирования состояния трубопроводов тепловых сетей на ЭВМ / М. С. Кононова, Э. В. Сазонов, А. А. Кононов // Известия вузов. Строительство. – 2001. – № 7. – С. 68-70.
11. **Ishkov, A. N.** Use of physical wear to assess the risk of accidents / A. N. Ishkov, G.D. Shmelev // В сборнике: ADVANCED SCIENCE сборник статей VI Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 103-106.

Поступила в редакцию 30 июня 2019

RISK ASSESSMENT OF AN ACCIDENT AT AN OBJECT «CITY SEWAGE PUMP STATION»

G. D. Shmelev, A. V. Zhukova

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

Zhukova Anna Vladimirovna, senior lecturer of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-52-49; e-mail: kav1177@mail.ru

As part of the work to conduct a comprehensive survey of the technical condition of the building structures and equipment of the building of the city sewage pumping station Levoberezhnaja, Voronezh, the risk assessment of the accident was performed using the requirements of GOST 31937-2011. In assessing the risk of an accident, calculations were performed to place the buried machine room of the main building. Three events were considered as calculated accidents: event 1 - failure of the main equipment; event 2 - destruction of the separating wall between the reservoir and the machine room with the flooding of the latter; Event 3 – flooding of the machine room with melt water when the territory is flooded. For each calculated event, the probabilities of their origin and the cost of the consequences of eliminating accidents and the costs associated with stopping the operation of equipment are estimated. Using the obtained values, an accident risk assessment was carried out for each calculated case and for various combinations thereof. According to the results of the calculation of the accident risks, the customer's representatives were given recommendations for the further operation of the facility.

Keywords: sewage pumping station; technical condition assessment; accident risk; normal operation; overhaul.

REFERENCES

1. **Shmelev G. D., Kononova M. S., Maleva N. A.** *Methods of assessing the technical condition, forecasting and justification of the residual life of building structures.* Housing and Communal Infrastructure. 2019. No. 2(9). Pp. 34-42. (in Russian)
2. **Cheboksarov D. V., Epstein M. S.** *Use of the accident risk assessment methodology for the qualitative assessment of capital construction objects by Gosstroy nadzor specialists.* Bulletin of the South Ural State University. Series: Building and Architecture. 2018. Vol. 18. No. 2. Pp. 39-44. (in Russian)
3. **Rybakov A. V., Sorokin A. D., Kochetkov V. V., Arefieva E. V.** *Comprehensive assessment of the risk of an accident at hazardous production facilities based on fuzzy sets and logic-probabilistic approach.* Problems of risk analysis. 2018. Vol. 15. No. 1. Pp. 18-25. (in Russian)
4. **Fedotova M. I.** *Express method for assessing technical risks during inspections of buildings and structures.* Housing and Communal Infrastructure. 2017. No. 3(2). Pp. 16-21. (in Russian)
5. **Shmelev G. D.** *The use of indicators of physical deterioration to assess the likelihood and risk of the onset of emergency technical condition of building structures of buildings and structures in use.* Engineering solutions. 2019. No. 1(2). Pp. 36-39. (in Russian)
6. **Ivanov V. I., Turobov B. V.** *Technical diagnostics and accident risk assessment.* Control. Diagnostics. 2016. No. 5. Pp. 19-25. (in Russian)
7. **Ivashchenko I. N., Ivaschenko K. I.** *«Cost of living» and dam safety.* Safety of energy facilities. 2016. No. 1(21). Pp. 3-29. (in Russian)
8. **Pribitkov S. S., Aleksandrov A. V.** *The problem of choosing a methodology for analyzing risks associated with the faults of reinforced concrete bridge span structures.* Bulletin of the Siberian State University of Communications. 2014. No. 30. Pp. 16-21. (in Russian)
9. **Shmelev G. D.** *Risk assessment methodology in predicting the residual life of building structures.* Academic Bulletin UralNIIPROJECT RAACS. 2013. No. 3. Pp. 81-84. (in Russian)
10. **Kononova M. S., Sazonov E. V., Kononov A. A.** *Implementation of the method of forecasting the state of pipelines of thermal networks on computers.* News of Higher Educational Institutions. Construction. 2001. No. 7. Pp. 68-70. (in Russian)
11. **Ishkov A. N., Shmelev G. D.** *Use of physical wear to assess the risk of accidents.* In the collection: ADVANCED SCIENCE collection of articles of the VI International Scientific-Practical Conference. 2019. Pp. 103-106.

Received 30 June 2019

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Шмелев, Г. Д. Оценка риска аварии на объекте «ГОРОДСКАЯ КАНАЛИЗАЦИОННАЯ НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ» / Г. Д. Шмелев, А. В. Жукова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 3(10). – С. 102-108.

FOR CITATION:

Shmelev G. D., Zhukova A. V. *Risk assessment of an accident at an object «CITY SEWAGE PUMP STATION».* Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 3(10). Pp. 102-108. (in Russian)

ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ WRITING RULES AND GUIDELINE

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

Осуществляется подписка на журнал «Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура». Подписной индекс в каталоге агентства «Роспечать» – 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.

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

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

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

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

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

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

Требования к оформлению статьи

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

Структура статьи:

русскаяязычная часть:

- ✓ **индекс УДК** – в левом верхнем углу, прописными буквами (шрифт 12 пт, обычный);
- ✓ **название статьи** – прописными буквами с выравниванием по центру (шрифт 12 пт, полужирный);
- ✓ **инициалы, фамилии авторов**, с выравниванием по центру (шрифт 12 пт, полужирный);
- ✓ **сведения об авторах**: последовательно для каждого – фамилия, имя, отчество, ученая степень, звания (звания в негосударственных академиях наук и почётные звания не указывать), должность, наименование учреждения, в котором работает автор, город, страна, контактный телефон; e-mail автора, выравнивание по ширине, (шрифт 10 пт, обычный);
- ✓ **аннотация** объёмом от 200 до 250 слов, выравнивание по ширине, отступ слева и справа 1 см (шрифт 11 пт, обычный);
- ✓ **ключевые слова** от 5 до 12 слов, указывающие на принципиально важные объекты и особенности исследования, отделяются друг от друга точкой с запятой, выравнивание по ширине, (шрифт 10 пт, обычный);

✓ **текст статьи** (в тексте статьи должны быть отражены: актуальность проблемы, оценка степени ее разработанности, цели, задачи и методы решения научной задачи, полученные результаты). В конце статьи обязательно приводится **заключение**.

При оформлении текста статьи следует придерживаться следующих требований:

- ✓ русские и греческие буквы и индексы, а также цифры, аббревиатуры и стандартные функции (Re, cos и др.) в тексте, формулах, подписях к рисункам и в таблицах набираются прямым шрифтом; латинские буквы – курсивом;
- ✓ в статье должен быть необходимый минимум формул, которые:
 - ❖ следует набирать шрифтом Times New Roman в редакторе формул MS Equation или MathType;
 - ❖ начинать с красной строки;
 - ❖ располагать по центру и нумеровать арабскими цифрами в скобках у правого края страницы;
 - ❖ ссылки на формулы в тексте – арабскими цифрами в скобках;
- ✓ рисунки и таблицы должны быть пронумерованы и добавлены в текст после первого упоминания;
 - ✓ до и после рисунка и таблицы необходимо сделать пробел (шрифт 12 пт);
 - ✓ иллюстрации представляются в редакцию
 - ❖ в виде отдельных файлов (рисунков и фотографий), записанных с расширением .TIFF или .JPEG; линии чертежа – не тоньше 1 пт; иллюстрации, в том числе фотографии, должны иметь хорошую проработку деталей;
 - ❖ подписи к рисункам нумеруются и располагаются под ними, выравнивание текста по центру (шрифт 10 пт, обычный), в конце точка не ставится;
 - ✓ таблицы оформляются следующим образом:
 - ❖ шрифт выбирается автором самостоятельно с учетом возможности качественного чтения текста;
 - ❖ наименования в таблицах даются полностью, без сокращения слов;
 - ❖ номер таблицы располагается отдельно, выравнивание текста по правому краю (шрифт 10 пт, обычный);
 - ❖ название таблицы размещается над таблицей, выравнивание текста по центру (шрифт 11 пт, обычный), в конце точка не ставится;
 - ✓ **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**, составляемый по следующим правилам;
 - ❖ список используемой литературы должен включать не менее 10 источников;
 - ❖ шрифт 12 пт, выравнивание текста по ширине, абзацный отступ 1 см;
 - ❖ в список включаются *только опубликованные работы*, в порядке упоминания в статье; ссылки на них в тексте статьи даются арабскими цифрами в квадратных скобках;
 - ❖ в списке не должно быть нормативных документов (ГОСТ, СП, технических регламентов, правовых актов и т.п. неавторизованных источников) – ссылки на них даются в тексте статьи в развернутом виде или в форме подстраничных сносок;
 - ❖ библиографические описания оформляются в соответствии с ГОСТ 7.1-2003; включенные в текст статьи или подстраничные библиографические ссылки следует оформлять по ГОСТ Р 7.0.5-2008;
 - ❖ ссылки на интернет-сайты не допускаются; для статей из зарегистрированных *электронных журналов* указываются фамилии и инициалы авторов, название статьи, название журнала, выходные данные выпуска, адрес сайта журнала и дата обращения к электронному ресурсу;

англоязычная часть:

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



ISSN 2541-9110



9 772541 911039