## жилищное хозяйство

## и коммунальная инфраструктура

№ 2(13), 2020



Строительные конструкции, здания и сооружения Экология и безопасность городской среды

Градостроительство. Реконструкция, реставрация и благоустройство Экономика и организация строительства

Инженерные системы и коммуникации Дорожно-транспортное хозяйство и строительная техника

## НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

## ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО и коммунальная инфраструктура

**№** 2(13), 2020

# 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»

Адрес издателя: 394026, Воронеж, Московский проспект, 14

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

Выходит 4 раза в год

#### Журнал публикует материалы по следующим разделам:

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

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

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

#### Воронеж



# Scientific journal Voronezh State Technical University Housing and utilities infrastructure



Published 2017

Founder and publisher:

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

Address of publisher: 14, Moscowsky prospekt, Voronezh, 394026

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
- $\checkmark$  Road transport agriculture and construction equipment
- $\checkmark$  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

#### Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. № 2(13). 2020

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

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

Аверкин А. Г., д-р техн. наук, профессор (Пензенский государственный университет архитектуры и строительства) Блех Е. М., д-р экон. наук, профессор (Институт отраслевого управления РАНХиГС), г. Москва

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

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

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

Гришин Б. М., д-р техн. наук, профессор (Пензенский государственный университет архитектуры и строительства) Зайцев О. Н., д-р техн. наук, профессор (Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Столбоушкин 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.  $\Gamma$ . Шухова)

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

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

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

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

Редакторы: Кононова М. С., Жерлыкина М. Н. Дизайн обложки Якубенко А. В. Фото обложки Шмелев Г. Д.

Дата выхода в свет 19.06.2020. Усл. печ. л. 13,6. Формат  $60\times84/8$ . Тираж 500 экз. Заказ № Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-69631

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

Шена своболная

#### Housing and utilities infrastructure. No. 2(13). 2020

#### EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ziganshin A. M., PhD. tech. Sciences, associate Prof. (Kazan State University of Architecture and Civil Engineering) Ezhov V. S., Dr. of Sn., Prof. (South-West State University) Kas'yanov V. F., Dr. of Sn., Prof., corresponding member of the housing Academy of the Russian Federation, honored worker of higher school, honored worker of higher education, honorary Builder of Russia, honorary Builder of Moscow, honorary worker of housing and communal services of the Russian Federation, National research Moscow state University of civil engineering (Moscow state University of civil engineering)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Schukin O. S., Dr. of Sn., Prof. (Voronezh State University) Eview V. A., Dr. of Sn., Prof. (Calmic State University, Elista)

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

Editors: Kononova M. S., Zherlykina M. N. Cover design Yakubenko A. V. Photo cover Shmelev G. D.

Date of publication 19.06.2020. Conventional printed sheets 13,6. Format 60×84/8. Circulation 500 copies. Order Registration certificate ПИ № ФС 77 – 69631

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

Price free

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

#### СОДЕРЖАНИЕ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ
Фрюнин Н. Д., Тумаков С. А.
Проектирование монолитного железобетонного перекрытия
при неравномерном распределении нагрузки9
Степанов С. Д., Богомолов А. Г.
Оценка влияния резонанса в вантах вантового моста на его аэродинамическую
устойчивость
Соломенцев А. Б., Корогодина В. В.
Влияние термоэластопластов типа <i>SBS</i> на вязкость полимерно-битумного
вяжущего и технологические температуры асфальтобетонной смеси25
ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И КОММУНИКАЦИИ
Марков В. А., Алексеева А. В., Алексеева С. В.
Повышение эффективности отвода талых вод с крыш домов
в осенне-весенний период
Шичкин В. В., Жерлыкина М. Н., Гармонов К. В., Соловьев С. А.
Теплотехническое моделирование теплообменника системы рекуперации
холодоносителя с переменным расходом воздуха
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ,
РЕСТАВРАЦИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВО
Ельчищева Т. Ф., Жиркова В. А.
Моделирование жилого дома средней этажности
в Октябрьском районе города Тамбова
ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ
Попова И. В., Куролап С. А., Сазонов Э. В., Клепиков О. В., Виноградов П. М.
Исследование влияния рельефа на формирование зон повышенного загрязнения
атмосферного воздуха (на примере г. Воронеж)
ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЕ ХОЗЯЙСТВО
И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
Булавина Л. В., Мухаметгалиева А. Р.
Совершенствование автобусного сообщения в городе как средство решения
транспортных проблем
ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА
Мартыновская Д. В., Талалаева М. М.
Прогнозирование экономических эффектов от строительства
и эксплуатации высокоскоростной магистрали Екатеринбург-Челябинск86
Безуглова А. Н., Коротких Д. Н.
Сопоставительный анализ стоимости технологий зимнего бетонирования
базисно-индексным методом94
Иванова Е. С.
Ликвидация ветхого и аварийного жилья – важный инструмент решения
жилищной проблемы99
Елагина И. Г., Сучков К. О., Умнова О. В.
Экономическая эффективность при вариантном проектировании энергосберегающих
ограждающих конструкций для здания гостиницы в городе Тамбове105
ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ116
© ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2020

#### **CONTENTS**

BUILDING CONSTRUCTION, BUILDINGS AND STRUCTURES
Frumin N. D., Tumakov S. A.
Design of a monolithic reinforced concrete floor with uneven load distribution
Asement of the influence of resonance in the cables of cable-stayed bridge
on its aerodinamic stability
Solomentsev A. B., Korogodina V. V.
Influence of thermoelastoplastes type SBS on viscosity
of polymeric-bituminous binder and technological temperatures of asphalt concrete mixtures25
ENGINEERING SYSTEMS AND COMMUNICATIONS
Markov V. A., Alekseeva A. V., Alekseeva S. V.
Improving the efficiency of drainage of melt water from the roofs of houses
in the autumn and spring
Shichkin V. V., Zherlykina M. N., Garmonov K. V., Solovyov S. A.  Thermal modeling of heat recovery system cooling medium
with a variable air flow
CITY. RECONSTRUCTION, RESTORATION
AND LANDSCAPING
Elchisheva T.F., Zhirkova V.A.
Modeling a residential house of a middle floor in the October district of Tambov57
<b>ECOLOGY AND SAFETY OF THE URBAN ENVIRONMENT</b> Popova I. V., Kurolap S. A., Sazonov E. V., Klepikov O. V., Vinogradov P. M.  Study of the influence of terrain on the formation of zone sin creased air pollution (on the example of Voronezh)
ROAD TRANSPORT, AGRICULTURE
AND CONSTRUCTION MACHINES
Bulavina L. V., Mukhametgalieva A. R.
Transit service in the city as a means of solving transport problems improving bus
ECONOMICS AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION
Martynovskaya D. V., Talalaeva M. M.
Forecasting the economic effects from construction and operation
of high-speedhighwa Yekaterinburg – Chelyabinsk
Comprative analysis of the cost of winter concreting technologies using
the basic index method
Ivanova E. S.
Elimination of dilapidated and emergency housing - an important tool for solving
the housing problem
Elagina I. G., Suchkov K. O., Umnova O. V.
Economic efficiency at optional design of energy-saving fencing constructions for building a hotel in Tambov
WRITING RULES AND GUIDELINES116

© Voronezh State Technical University, 2020

## <u>СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ</u> BUILDING CONSTRUCTION, BUILDINGS AND STRUCTURES

УДК 624.073:624.042

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ПЕРЕКРЫТИЯ ПРИ НЕРАВНОМЕРНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ НАГРУЗКИ

#### Н. Д. Фрюнин, С. А. Тумаков

Фрюнин Никита Дмитриевич, магистрант кафедры «Строительные конструкции», ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет», Ярославль, Российская Федерация, тел.: +7(903)827-87-70; e-mail: fryunin\_nukuta@mail.ru

Тумаков Сергей Анатольевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Строительные конструкции», ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет», Ярославль, Российская Федерация, тел.: +7(4852)40-21-99; e-mail: tumakovsa@ystu.ru

В статье рассматривается справедливость расчета монолитного перекрытия на действие равномерно распределенной нагрузки. Поставлена задача определения отличия усилий, возникающих при равномерном распределении нагрузки, от усилий, возникающих при неравномерном распределении нагрузки. Проведен обзор статей и технической информации по теме работы на предмет существующих методик определения расчетных и типовых схем загружений. Для достижения поставленной цели было выбрано здание с монолитным каркасом, собраны нагрузки на перекрытие. Опираясь на рекомендации, составлена расчетная модель, максимально приближенная к реальной конструкции. Определены усилия при равномерном распределении нагрузки. Выполнен подбор расчетных сочетаний усилий и определены комбинации «пятен», при которых возникают эти усилия. Замоделированы загружения «пятнами», полученные при анализе отчетов по расчетным сочетаниям усилий, был составлен ряд моделей случайным образом. Моделирование осуществлялось путем составления комбинаций загружений из отдельных «пятен». Выполнено сравнение полученных усилий от разных схем загружения. Результаты показали, что расчетные сочетания усилий дают очень близкие результаты к аналогичному загружению, смоделированному без понижающих коэффициентов. Вывлено, что варианты усилий, полученные при равномерном сплошном загружении, не полностью отражают возможные экстремальные состояния при проектном режиме эксплуатации.

**Ключевые слова:** неравномерное загружение пятнами; расчетные сочетания усилий; монолитное перекрытие

При проектировании монолитных ребристых перекрытий расчетную схему перекрытия обычно представляют в виде многопролетной неразрезной балки, рассматривая их, как балки с тавровым сечением, у которых плита является полкой тавра, а сама балка является ребром тавра. При этом увеличивается и высота балки, и площадь сжатой зоны бетона.

Многопролетная неразрезная балка проектируется как статически неопределимая, количество степеней статической неопределимости которой зависит от количества пролетов. Количество пролетов в разных направлениях при этом может быть разным. Но это не является недостатком, в одном случае будут однозначно подобраны размеры второстепенных балок, а во втором — главных.

На значение изгибающего момента в сечениях неразрезной балки влияет характер приложения нагрузки. При проектировании сборного варианта перекрытий [1, 2, 3] рассматривают полосу перекрытия шириной в один метр, нагруженную равномерно распределенной нагрузкой. При расположении временной нагрузки через один пролет получают

© Фрюнин Н. Д., Тумаков С. А., 2020

максимальные моменты в загружаемых пролетах; при расположении временной нагрузки в двух смежных пролетах и далее через один пролет получают максимальные по абсолютному значению моменты на опоре.

Из приведенной выше информации можно сделать вывод, что расчетные усилия будут больше при неравномерном загружении перекрытия.

В случае с проектированием монолитных перекрытий на всех схемах обычно учитывается только равномерно распределенная нагрузка. Вопрос неравномерного загружения монолитного перекрытия «пятнами» грузовых площадей в нормативной литературе рассмотрен только в СП 20.13330.2016. «Нагрузки и воздействия» (раздел 6, п. 1), при этом следует учитывать, что если на плиту действует система внешних нагрузок и требуется производить расчет на различные их сочетания, то рекомендуется следующий прием. Зафиксировать все нагрузки кроме i-той, в каком-то их сочетании, и рассматривать эти нагрузки как постоянные. Нагрузку с номером i рассматриваем как изменяющуюся пропорционально параметру  $p_i$ . Как, например, это показано в работах [4, 5].

Однако указанный подход не удобен для реализации в современных программных комплексах. Кроме того, он не дает понимания, в каком сочетании необходимо зафиксировать нагрузки.

Некоторое подобие неравномерного загружения встречается в работах А. Н. Малахова [6] и Н. Г. Головина [7]. Ими рассматривается не отсутствие временной нагрузки в некоторых частях конструкции, а недогруз промежуточных балок из-за перераспределения усилий. При этом возможное отсутствие временной нагрузки в различных частях конструкции не учитывается.

В рамках настоящей работы поставлена задача проверки справедливости метода определения расчетных моментов, описанных в технической литературе и используемых на практике, при неравномерном загружении монолитного перекрытия, и определения значения моментов, которые дает известный метод.

Для рассмотрения вопроса по определению наиболее неблагоприятного загружения одного монолитного перекрытия проведено исследование конкретного здания: жилой дом, в 7 этажей, на 29 квартир с подземной автостоянкой, и арендными площадями на первом этаже по ул. Свободы в г. Ярославле.

Рассматриваемое здание имеет полный железобетонный каркас с монолитными перекрытиями. Высота этажа 3 м. Площадь перекрытия 808,4 м². Фундамент выполнен в виде сплошной плиты выполненной из железобетона со степенью водонепроницаемости W20. Стены подземной части здания выполнены из железобетона тех же характеристик. Все перекрытия однотипные, ребристые. Наружные стены из пустотелого кирпича. Перегородки толщиной 100мм, выполнены из гипсобетона. Покрытие пола первого этажа: плиты из стеклянного шпательного волокна «URSA» - 200 мм ГОСТ 4640; стяжка из цементно-песчаного раствора М 150 – 70 мм ГОСТ 28013-98; грунтовка — праймер битумный ТехноНИКОЛЬ ГОСТ 9.602-2005; плитка керамогранитная — 10 мм ГОСТ Р 57141-2016. Покрытие пола остальных этажей: изолон ТУ 5763-031-17925162-2005 — 10 мм ГОСТ 17241-2016; стяжка из цементно-песчаного раствора М 150 – 70 мм ГОСТ 28013-98; водно-дисперсионная грунтовка — 2 мм ГОСТ 34395-2018; водно-дисперсионный клей — 3 мм ГОСТ 28780-2004; линолеум ПВХ — 5 мм ГОСТ 7251-2016. Все окна и оконные блоки соответствуют ГОСТ 30674-99. Межкомнатные и входные двери соответствуют ГОСТ 6629-88.

На основании рекомендаций [8, 9, 10] моделировалось перекрытие как совокупность пластин и стержневых элементов, которые между собой соединяют жесткостные вставки.

Рассматривались варианты равномерного сплошного загружения в соответствии с рекомендациями, приведенными в работе В.Н. Байкова [1]. При равномерно распределенной нагрузке максимальные значения момента в сечениях элементов составили:

- ✓ для главных балок  $M_v$ = -190,71 кН×м/м;  $M_v$ = 106,36 кН×м/м;
- ✓ для второстепенных балок  $M_v$  = -105,78 кН×м/м;  $M_v$  = 37,02 кН×м/м;

✓ пластины:  $M_x$  = -11,22 кH×м/м;  $M_x$  = 11,31 кH×м/м;  $M_y$  = -2,66 кH×м/м;  $M_y$  = 1,98 кH×м/м.

В качестве отправной точки было принято составление так называемых ячеек загружений. Это самостоятельное загружение кратковременной полезной нагрузки, прикладываемой на площадь, заключенную между четырьмя рядом расположенными колоннами. Был проведен их перебор при помощи задействования функции расчетных сочетаний усилий и перемещений в программе SCAD++, из пакета программ SCAD Office 21.1. После чего были найдены в отчете элементы с максимальным моментом и комбинацией загружений, которая послужила причиной их образования:

 $\checkmark$  для главных балок: расположение элемента с максимальным отрицательным значением момента показано на рис. 1, а, значение максимального отрицательного момента  $M_y$  = -236,336 кH×м/м, комбинация загружений, соответствующая моменту:

$$L1+L2+L3+0,7\cdot L5+0,9L9+0,7L10+0,7L12+0,7L13+0,7L16+0,7L17+0,7L18+0,7L20,$$

где L1, L2, L3... – это номера нагрузок приложенных к одному пятну 1A, 1Б, 1В...

Расположение элемента с максимальным положительным значением момента показано на рис. 1, б, значение максимального положительного момента  $M_y = 110,322 \text{ кH} \times \text{м/м}$ , комбинация загружений, соответствующая моменту:

$$L1+L2+L3+0,7\times L5+0,9\times L6+0,7\times L8+0,7\times L10+0,7\times L11+0,7\times L13+0,7\times L15+0,7\times L19+0,7\times L20,$$

где L1, L2, L3... – это номера нагрузок приложенных к одному пятну 1A, 1Б, 1В...

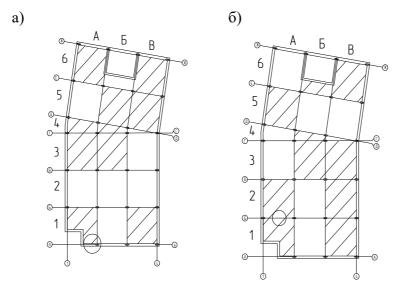


Рис. 1. Схемы загружения пятнами для главных балок:

a- соответствующая максимальному отрицательному моменту; б - соответствующая максимальному положительному моменту

 $\checkmark$  для второстепенных балок: Расположение элемента с максимальным отрицательным значением момента показано на рис. 2, а, значение максимального отрицательного момента  $M_y = -108,329 \text{ kH} \times \text{m/m}$ , комбинация загружений, соответствующая моменту:

$$L1+L2+L3+0,7L5+0,7L8+0,9L9+0,7L10+0,7L12+0,7L13+0,7L14+0,7L17+0,7L19,$$

где L1, L2, L3... – номера нагрузок, приложенных к одному пятну 1A, 1Б, 1В...

Расположение элемента с максимальным положительным значением момента показано на рис. 2, б, значение максимального положительного момента  $M_v$ =39,087 кH×м/м, комбинация загружений, соответствующая моменту:

$$L1+L2+L3+0.9L4+0.7L8+0.7L9+0.7L10+0.7L17+0.7L19$$
,

где L1, L2, L3... – номера нагрузок, приложенных к одному пятну 1A, 1Б, 1В...

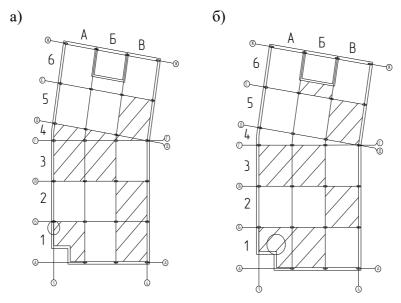


Рис. 2. Схемы загружения пятнами для второстепенных балок: а – соответствующая максимальному отрицательному моменту; б – соответствующая максимальному положительному моменту

✓ для элементов перекрытия, моделируемых пластинами: Расположение элемента с максимальным отрицательным значением момента в направлении оси X показано на рис. 3, а, значение максимального отрицательного момента в направлении оси X  $M_x$ = -23,47 кH×м/м, комбинация загружений соответствующая моменту:

$$L1+L2+0.7L4+0.7L5+0.7L6+0.7L10+L11+0.7L13+0.7L16+0.9L17+0.7L18$$

где L1, L2, L3... – номера нагрузок, приложенных к одному пятну 1A, 1Б, 1В...

Расположение элемента с максимальным положительным значением момента в направлении оси X показано на рис. 3, б, значение максимального положительного момента в направлении оси X  $M_x = 11,88$  к $H \times m/m$ , комбинация загружений соответствующая моменту:

$$L1+L2+L3+0,7L4+0,7L8+0,9L9+0,7L10+0,7L16+0,7L17+0,7L18+0,7L20,$$

где L1, L2, L3... – номера нагрузок, приложенных к одному пятну 1A, 1Б, 1В...

Расположение элемента с максимальным отрицательным значением момента в направлении оси Y показано на рис. 3, в, значение максимального отрицательного момента в направлении оси Y  $M_y$ = -23,325 кH×м/м, комбинация загружений соответствующая моменту:

$$L1+L2+0.7L4+0.7L5+0.7L6+0.7L10+0.9L11+0.7L13+0.7L16+L17+0.7L18$$
,

где L1, L2, L3... – номера нагрузок, приложенных к одному пятну 1A, 1Б, 1В...

Расположение элемента с максимальным положительным значением момента в направлении оси *Y* показано на рис. 3, г, значение максимального положительного момента

в направлении оси  $Y M_y = 2,077 \text{ кH} \times \text{м/м}$ , комбинация загружений, соответствующая моменту:

L1+L2+L3+0,7L4+0,7L8+0,9L9+0,7L10+0,7L16+0,7L18+0,7L20.

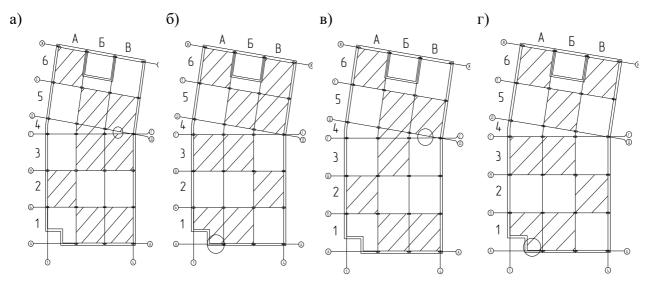


Рис. 3. Схемы загружения пятнами с максимальными моментами в элементах перекрытия, моделируемых пластинами:

- a соответствующая максимальному отрицательному моменту в направлении оси X;
- б соответствующая максимальному положительному моменту в направлении оси Х;
- в соответствующая максимальному отрицательному моменту в направлении оси У;
- $\Gamma$  соответствующая максимальному положительному моменту в направлении оси Y

Анализ результатов исследований показывает, что традиционная модель дает заниженные значения расчетных усилий по сравнению со значениями, полученными при подборе расчетных сочетаний усилий. Расчет, полученный с помощью подбора расчетного сочетания усилий программой SCAD++, из пакета программ SCAD Office 21.1., очень близок к максимальным значениям моментов и позволяет, не вводя вручную все возможные комбинации загружений, подобрать необходимую схему загружения.

#### Заключение.

Установлено, что усилия, возникающие в элементах конструкции при равномерном сплошном загружении перекрытия, не в полной мере отражают возможные экстремальные состояния при проектном режиме эксплуатации.

Результаты расчетов различных комбинаций неравномерного нагружения перекрытия показали, что, не смотря на понижающий коэффициент, все нагрузки, полученные в результате подбора расчетных сочетаний неравномерно распределенных усилий, превышают аналогичные при равномерно распределенной нагрузке.

Таким образом, обоснована необходимость дополнения методики определения расчетных моментов при неравномерном загружении монолитного перекрытия, представленной в СП 20.13330.2016. «Нагрузки и воздействия».

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. **Байков, В. Н.** Железобетонные конструкции: Общий курс: учебник для вузов / В. Н. Байков, Э. Е. Сигалов. М.: Стройиздат, 1991. 767 с.
  - 2. Пецольда, Т. М. Железобетонные конструкции. Основы теории расчета и кон-

струирования: учебное пособие для студентов строительных специальностей / Т. М. Пецольда, В. В. Тур. – Брест: БГТУ, 2003. – 380 с.

- 3. **Кремнев, В. А.** Расчет прочности на продавливание плиты безбалочного безкапительного перекрытия / В. А. Кремнев, В. С. Кузнецов, Ю. А. Талызова // Вестник МГСУ. -2014. № 10. С. 34-40.
- 4. **Тамразян, А. Г.** К расчету плоских железобетонных перекрытий при локальном приложении нагрузки / А. Г. Тамразян, И. К. Манаенков // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения.  $-2017. \mathbb{N} 2. \mathbb{N} 1. \mathbb{N} 2.$
- 5. **Тамразян, А. Г.** Учет свойств ограниченного бетона при расчете несущей способности плит перекрытий / А. Г. Тамразян, И. К. Манаенков // Строительство: наука и образование. -2014. N 0. 1. 0. 0.
- 6. **Малахова, А. Н.** Особенности работы монолитного балочного перекрытия под нагрузкой / А. Н. Малахова // Вестник МГСУ. 2013. № 11. С. 50-57.
- 7. **Головин, Н. Г.** Проектирование монолитных железобетонных перекрытий многоэтажного здания: методические указания для студентов направления 270800.62 «Строительство» / Н. Г. Головин. М.: МГСУ, 2014. 60 с.
- 8. Скорук, Л. Н. Поиск эффективных расчетных моделей ребристых железобетонных плит и перекрытий / Л. Н. Скорук // CADmaster. -2004. -№ 3. -ℂ. 78-83.
- 9. **Карпиловский, В. С.** SCADOffice. Версия 21. Вычислительный комплекс SCAD++ / В. С. Карпиловский, Э. 3 Криксунов, А. А. Маляренко, А. В. Перельмутер, М. А. Перельмутер, С. Ю. Фиалко. М.: Издательство «СКАД СОФТ», 2015. 848 с.
- 10. **Труш, Л. И.** Программно-вычислительный комплекс SCAD для расчета железобетонных конструкций: учебное пособие / Л. И. Труш. Н. Новгород: Нижегородский государственный строительный университет, 2004.-101 с.

Поступила в редакцию 28 января 2020

### DESIGN OF A MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE FLOOR WITH UNEVEN LOAD DISTRIBUTION

#### N. D. Frumin, S. A. Tumakov

Fryunin Nikita Dmitrievich, graduate student Department of building constructions, Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russian Federation, phone: +7(903)827-87-70; e-mail: fryunin\_nikita@mail.ru Tumakov Sergey Anatolyevich, Cand. tech. sciences, associate Professor Department of building constructions, Yaroslavl State technical University, Yaroslavl, Russian Federation, phone: +7(4852)40-21-99; e-mail: tumakovsa@ystu.ru

The article considers the validity of the calculation of a monolithic overlap for the action of a uniformly distributed load. The task is to determine whether the forces that occur when the load is evenly distributed differ from those that occur when the load is not evenly distributed, and in which direction. A search for articles and other information on the topic of the work was carried out. The literature has been analyzed for existing methods for determining calculated loading schemes and typical loading schemes. To achieve this goal, a building with a monolithic frame was selected, loads on one floor were collected, based on recommendations, and a design model was drawn up that is as close as possible to the actual structure. The forces for uniform load distribution are determined. The selection of calculated combinations of forces is performed and the combinations of «spots» where these forces occur are determined. The «spot» loads obtained during the analysis of the DCS reports were modeled, and a number of models were drawn up randomly. The simulation was carried out by making combinations of loads from individual «spots». A comparison of the received forces from different loading schemes is performed. The results showed that the DCS gives very close results to a similar load modeled without lowering coefficients. The force variations obtained during uniform

continuous loading do not fully reflect the possible extreme conditions in the design mode of operation.

**Keywords:** load case of uneven spots; design combinations of forces; the monolithic slab.

#### REFERENCES

- 1. **Baikov V. N., Sigalov E. E.** Reinforced concrete structures: General course. Moscow, Stroizdat. 1991. 767 p. (in Russian)
- 2. **Petzold T. M., Tour V. V.** Reinforced concrete structure. Fundamentals of the theory of calculation and constructio. Brest, BSTU. 2003. 380 p. (in Russian)
- 3. **Kremnev V. A., Kuznetsov V. S., Talasova J. A.** Calculation of the compressive strength of the beam-free floor slab. Vestnik MGSU. 2014. No. 10. Pp 34-40. (in Russian)
- 4. Tamrazyan A. G., Manaenkov I. K., To the calculation of flat reinforced concrete floors with local load application. Safety of the construction Fund of Russia. Problems and solutions. 2017. No. 1. Pp. 156-161. (in Russian)
- 5. **Tamrazyan A. G., Manaenkov I. K.** Taking into account the properties of limited concrete when calculating the load-bearing capacity of floor slabs. Construction: science and education. 2014. No. 1. P. 2. (in Russian)
- 6. **Malakhova A. N.** Featuresof monolithic beam floor operation under load. Vestnik MGSU. 2013. No. 11. Pp. 50-57. (in Russian)
- 7. **Golovin N. G.** Design of monolithic reinforced concrete floors of a multi-storey building. Moscow, MGSU, 2014. 60 p. (in Russian)
- 8. **Skoruk L. N.** Search for effective calculation models of ribbed reinforced concrete slabs and overlappings. CADmaster. 2004. No. 3. Pp. 78-83. (in Russian)
- 9. Karpilovsky V. S., Kriksunov E. Z., Malyarenko A. A., Perelmuter A. V., Perelmuter M. A., Fialko S. J. SCAD Office. Version 21. computing system SCAD++. Moscow, SCUD SOFT publishing House. 2015. 848 p. (in Russian)
- 10. **Trush L. I.** Software and computer complex SCAD for calculation of reinforced concrete structures: Tutorial. N. Novgorod, Nizhny Novgorod state University of civil engineering. 2004. 101 p. (in Russian)

Received 28 January 2020

#### Для цитирования:

**Фрюнин, Н.** Д. Проектирование монолитного железобетонного перекрытия при неравномерном распределении нагрузки / Н. Д. Фрюнин, С. А. Тумаков // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. -2020. -№ 2(13). -ℂ. 9-15.

#### FOR CITATION:

Frumin N. D., Tumakov S. A. Design of a monolithic reinforced concrete floor with uneven load distribution. Housing and utilities infrastructure. 2020. No. 2(13). Pp. 9-15. (in Russian)

УДК 624.5:624.042.41

#### ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЕЗОНАНСА В ВАНТАХ ВАНТОВОГО МОСТА НА ЕГО АЭРОДИНАМИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ

С. Д. Степанов, А. Г. Богомолов

Степанов Сергей Дмитриевич, канд. техн. наук, доцент кафедры строительной механики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(910)341-42-25; e-mail: 89103414225@mail.ru

Богомолов Арсений Георгиевич, магистрант кафедры строительной механики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(980)542-58-25; e-mail: senybogomolov@yandex.ru

Изучены резонансные явления в вантах мостовых сооружений, а также представлены результаты численных исследований по оценке влияния таких явлений на пролетное строение. В ходе исследования были проведены вычисления критических скоростей, вызывающих резонанс вант для первой формы собственных колебаний (предварительно был выполнен расчет всего сооружения на статические загружения). Для оценки влияния резонанса в вантах моста на его аэродинамическую устойчивость были получены частоты и периоды собственных колебаний всего сооружения. Критическая скорость ветра для вант вычислялась по аналитическим формулам, поведение всего сооружения под статическими и динамическими нагрузками моделировалось в программном комплексе Лира САПР в нелинейной постановке (ванты моделируются КЭ-310 - нить). Расчетная модель апробирована на примере вантового пешеходного моста через проток реки Кан в Красноярском крае.

Ключевые слова: вантовые мостовые сооружения; резонансные явления в вантах.

#### Актуальность исследования.

Одним из основных направлений современного мостостроения является возведение большепролетных мостовых сооружений, основную часть которых составляют вантовые конструкции. Объясняется это тем, что такой тип мостовых сооружений характеризуется меньшей, по сравнению с другими, материалоёмкостью конструкций, отличается технологичностью при возведении сооружения и обладает рядом других преимуществ. Также необходимо отметить высокую вариацию архитектурных разнообразий таких мостов, которая является важным фактором при проектировании сооружений, особенно в черте города. Снижение материалоемкости конструкций достигается за счёт наиболее полного использования прочностных характеристик материала основных несущих конструкций — вант, которые воспринимают только продольные растягивающие усилия [1]. Одним из недостатков вантовых мостовых сооружений является относительно большая податливость, что делает их особо чувствительными к воздействию ветра. Такая чувствительность может привести к различным формам аэродинамической неустойчивости, таким как дивергенция, флаттер, ветровой резонанс, галопирование, параметрический резонанс и бафтинг.

Мостовые сооружения являются важным элементом в развитии транспортной структуры страны, поэтому любые исследования по оценке их надежности и живучести под воздействием всех возможных внешних факторов следует считать актуальными.

#### Цели исследования.

Целью настоящего исследования является оценка влияния резонанса в вантах на аэродинамическую устойчивость вантовой системы в целом.

**Анализ причин появления резонанса в вантах и методов борьбы с этим явлением.** При пульсационном воздействии ветровой нагрузки на вантовые конструкции с определёнными динамическими характеристиками в них могут возникать резонансные явления.

© Степанов С. Д., Богомолов А. Г., 2020

Ванты являются гибкими нитями, которые могут колебаться и в горизонтальном направлении. В таком случае, когда частоты вынужденных колебаний от ветровой нагрузки совпадут с собственными частотами колебаниями вант, возникает явление ветрового резонанса. Существуют различные методы борьбы с этим явлением:

- ✓ использование многовантовых систем;
- ✓ использование демпфирующих устройств;
- ✓ использование жестких A образных пилонов;
- ✓ использование железобетонной балки жесткости [1].

В связи с несовпадением в вантовых мостах центра масс с центром изгиба, свободные горизонтальные колебания моста связаны с крутильными, то есть свободные колебания происходят по изгибно-крутильной форме. Однако при применении коробчатых сечений и прикреплении вант к горизонтальной оси такого сечения, горизонтальные и крутильные формы колебаний можно рассматривать отдельно [2]. В данном исследовании было принято именно такое предположение.

#### Геометрическая схема и расчетные данные рассматриваемого моста.

Исследование поставленного вопроса было проведено на примере трехпролетного пешеходного вантового моста со схемой  $24\times96\times24$  м (рис. 1, 2). Система расположения вант – пучок. Балка жесткости — железобетонная с коробчатым сечением, что обеспечивает хорошие аэродинамические характеристики пролетного строения. Класс бетона по прочности на сжатие В30, начальный модуль деформаций  $E=3,246\times10^7$  кПа. Пилоны одностоечные металлические высотой 17 м, поперек моста — в виде двухстоечной пилонной рамы (рис. 2). Длина панелей назначена кратной 4 м. Число вант в каждой из плоскостей N=14 (ванты — канаты 38- $\Gamma$ -I-C-Л-O-P-1370,  $\Gamma$ OCT 3081-80), диаметр 45,5 мм,  $EA=2.0152\times10^{10}$  кН. Ширина стойки пилона принята B=0,6 м.

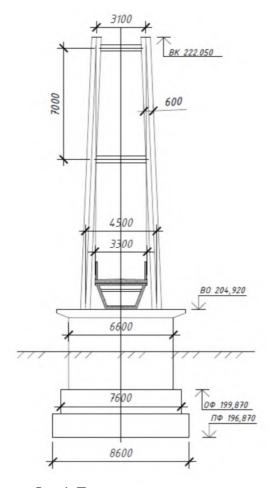


Рис. 1. Поперечное сечение пилона

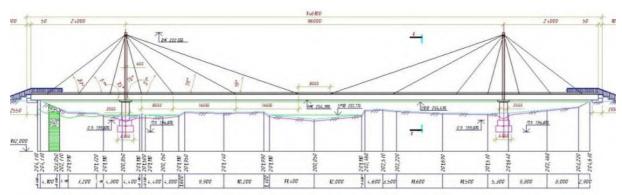


Рис. 2. Схема моста

#### Теоретические сведения о колебаниях вантовых мостовых сооружений.

Горизонтальные колебания вантовых систем зависят от изгибной жёсткости пролетного строения в горизонтальной плоскости и высоты подвеса балки жесткости, от уровня воды к пилонам. В таких системах рассматриваются поперечные колебания отдельных элементов по известным аналитическим формулам. [2]

Круговая частота собственных линейных колебаний натянутых вант определяется по формуле [3]:

$$\dot{\omega} = \frac{n\pi}{l} \times \sqrt{\frac{gS}{q}},\tag{1}$$

где l — длина ванты, м; S — сила натяжения ванты, кH; q — погонный вес ванты, кH/м.

При вынужденных колебаниях от импульсной составляющей ветровой нагрузки возможно возникновение ветрового резонанса моста в целом или его отдельных элементов. Поскольку ванты являются наименее жесткими элементами рассматриваемой конструкции и обладают одинаковыми (или очень близкими) физико-механическими характеристиками, то теоретически явление резонанса может возникнуть во всех вантах сразу, что может привести к увеличению амплитуды и периода колебаний всей конструкции в целом. При появлении ветрового резонанса в вантах появляется опасность либо их разрушения, либо возникновения параметрического резонанса. Ветровой резонанс происходит при совпадении частоты срыва вихрей Бернара-Кармана с одной из собственных частот. При аэродинамическом расчете условием прочности является такая критическая скорость ветра, которая может вызвать частоты вынужденных колебаний, совпадающие с собственными частотами [4].

Исходя из предположения об одинаковых физико-механических характеристиках вант, для оценки влияния резонанса в вантах на все сооружение в целом рассмотрим колебания одной ванты и найдем критическую скорость ветра, вызывающую ее резонанс:

$$v_{\rm Kp} = \omega_n \, d / 0.185 \, 2 \, \pi, \tag{2}$$

$$v_{\rm kp} = \omega_n \, d / \, 0.185 \, 2 \, \pi, \tag{2}$$

$$\omega_n = \frac{n\pi}{l} \times \sqrt{N/m}, \, n = (1, 2, \ldots), \tag{3}$$

где  $\omega_n$  – угловая частота колебаний (совпадение с любой из них вызывает резонанс),рад/с; d – диаметр вант, м; N – натяжение вант, кH; m – масса вант, кH. [5]

Затем полученное из критической скорости давление ветра (с заданной частотой) приложим ко всему сооружению и рассмотрим его колебательный процесс.

Статический расчет. Моделирование вантового моста производится в ПК Лира САПР в нелинейной постановке (рис. 3, 4) для расчета на статические и динамические загружения (ванты задаются КЭ 310 – нить). Балка жесткости и пилоны моделируются универсальным пространственным стержневыми элементами КЭ 10. Для обеспечения соответствующего расстояния крепления вант от центра тяжести балки жесткости используется совместное перемещение узлов вант и балки жесткости. При модальном анализе нагрузки задаются как динамические по трём направлениям (X, Y, Z) в уровень балки жесткости. Фундамент закреплен жестко – без учета свойств грунтового основания.

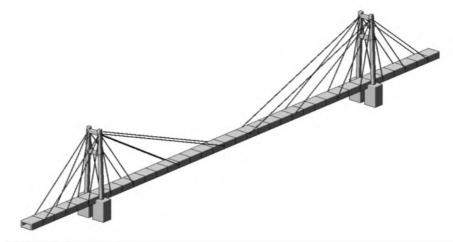


Рис. 3. 3D-модель вантового моста

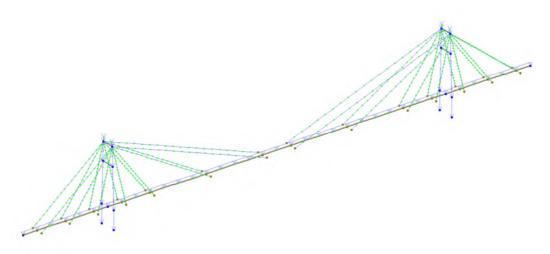


Рис. 4. Нелинейная конечно-элементная модель вантового моста

Результаты расчета на статические загружения сведем в табл. 1.

Таблица 1 Результаты расчета модели вантового моста на статические загружения

Наименование характеристики	Значение
Перемещение $z_{max}$ балки жесткости	-1,79 мм
Максимальный провис вант	-1,2 мм
Максимальное усилие в вантах $N_{max, 6}$	1670 кН
Максимальный момент в балке жесткости $M_{max, \delta}$	2140 кН×м
Максимальная поперечная сила в балке жесткости $Q_{max,\delta}$	813 кН
Максимальное усилие в балке жесткости $N_{max,\delta}$	4820 кН
Максимальное усилие в пилоне $N_{max,n}$	100 кН

#### Определение критической скорости ветра.

Рассматриваем критическую скорость ветра для каждой ванты, поскольку схема симметрична, то берем только одну половину пролета, ванты нумеруются справа налево от середины пролета. Критические скорости вычисляем по формулам (2), (3).

Запишем формулу для перехода от скорости ветра к ветровому давлению:

$$\mathbf{w} = 0.5 \times p \times v^2,\tag{4}$$

где  $p = 1,2041 \text{ кг/м}^3$  – нормальная плотность воздуха.

Рассмотрим критическую скорость ветра только для первой формы колебаний (табл. 2):

Таблица 2 Результаты расчетов критических скоростей для вант мостового сооружения (номер формы колебаний n=1) \*

Номер ванты	Длина, <i>l</i> , м	Продольное усилие, N, кН	Масса ванты, <i>m</i> , кг	Круговая частота, <i>ю́п</i> , рад/с	Критическая скорость, ν <sub>кр</sub> , м/с	Давление, w, кН/м
Ванта № 1	46,819	1570	4,214	1,295	0,05	0,015
Ванта № 2	32,249	1570	2,902	2,266	0,088	0,046
Ванта № 3	20	770	1,8	3,249	0,126	0,095
Ванта № 4	16,492	172	1,484	2,051	0,079	0,038
Ванта № 5	16,492	310	1,484	2,753	0,107	0,068
Ванта № 6	20	512	1,8	2,649	0,103	0,063
Ванта № 7	25,612	340	2,305	1,49	0,058	0,02

Примечание. Расчеты проведены для вант диаметром d = 0.045 м.

Давление ветра, при котором во всех вантах скорость ветра будет превышать критическую, возникает в ванте № 3, w = 0.095 кН/м. Приложим полученное ветровое давление ко всей системе и вычислим ее частоты. Резонанс в вантах возникает при образовании срывов вихрей Бернара-Кармана, которые зависят от числа Рейнольдса (Re > 50), Re =  $v \times d/v$ , где  $v = 0.145 \times 10^{-4}$  м²/с – кинематическая вязкость воздуха [5, 6]. Из этого выражения можно вычислить минимальную скорость ветра, при которой возможны срывы вихрей, при заданном диаметре: v = 0.0145 м/с, следовательно, как и предполагалось ранее, резонанс может возникнуть во всех вантах. Для сопоставления частоты вынужденных колебаний от ветрового воздействия с частотой свободных колебаний всей системы выполним модальный анализ расчётной схемы мостового сооружения. В расчётах будут учитываться пять первых форм колебаний. Частота ветрового воздействия  $\acute{\omega} n = 1,295$  рад/с.

#### Определение частот свободных колебаний.

Частоты свободных колебаний всей системы определим с помощью программного комплекса Лира САПР. Результаты расчета сведем в табл. 3.

Таблица 3 Результаты расчета свободных колебаний всей системы

Номер	Час	тоты		Коэффициент		Сумма масс	
формы колеба- ний	ю́, Рад/с	ν, Гц	Периоды, Т, с	распределе-	Macca		
1	13,575547	2,161711	0,462596	1,319228	16,743588	16,743588	
2	34,390826	5,476246	0,182607	-0,000002	0,000000	16,743588	
3	55,363342	8,815819	0,113432	-1,187857	15,618919	32,362508	
4	60,045907	9,561450	0,104587	-0,194451	0,246344	32,608852	
5	66,778794	10,633566	0,094042	0,549821	3,202357	35,811209	

Графическое изображение результатов вычислений, представленных в табл.1, показано на рис. 5 - 9.

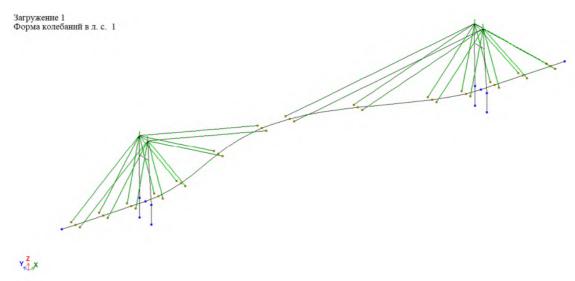


Рис. 5. Первая форма колебаний вантового моста при T = 0,463 c;  $\nu$  = 2,167  $\Gamma$ ц

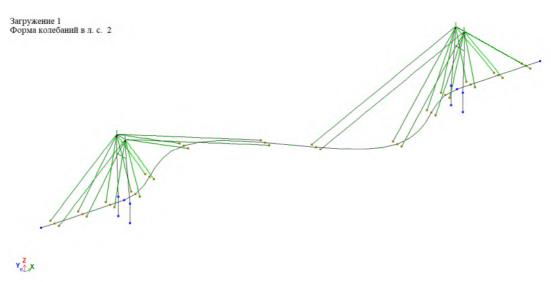


Рис. 6. Вторая форма колебаний вантового моста при T=0,183с; v=5,476  $\Gamma$ ц

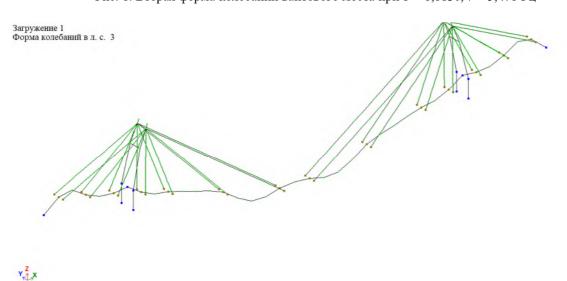


Рис. 7. Третья форма колебаний вантового моста при T=0.113 с;  $\nu=8.816$   $\Gamma$ ц

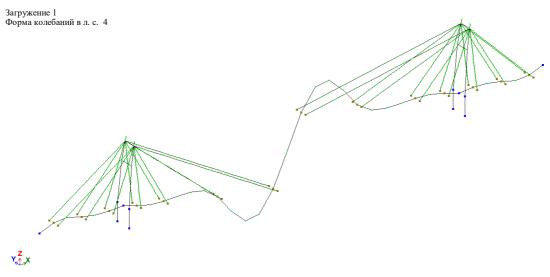


Рис. 8. Четвертая форма колебаний вантового моста при T = 0.105 с; v = 9.562 Гц

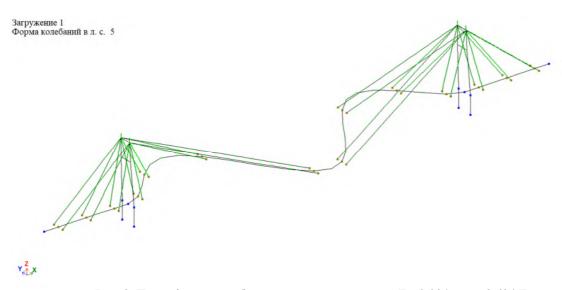


Рис. 9. Пятая форма колебаний вантового моста при T=0,094 с;  $\nu=9,634$   $\Gamma$ ц

Из приведенных результатов расчёта становится видно, что ветровое воздействие с критической скоростью, соответствующей частоте внешнего воздействия  $\acute{\omega}n=1,295$  рад/с (вызывающее резонанс в вантах мостового сооружения), не может вызывать резонансных явлений во всем сооружении в целом.

Поскольку выполненное исследование в известной степени привязано к конкретному сооружению, то можно предположить существование таких расчётных схем, в которых ветровое воздействие, вызывающее резонансные явления в вантах, может приводить и к резонансным явлениям во всём сооружении [7]. В таких случаях следует выполнить упомянутые в начале данного исследования конструктивные мероприятия для того, чтобы либо максимально "разнести" частоты собственных колебаний вант и всего сооружения, либо повысить его демпфирующие свойства.

#### Заключение.

В настоящем исследовании были изучены причины возникновения резонансных явлений от ветрового воздействия, как в отдельных элементах вантовых мостовых сооружений, так и во всей конструкции в целом. Составлена и апробирована расчётная модель вантового мостового сооружения для его статического и динамического анализа, в том числе и модального анализа резонансных явлений.

Численные исследования расчётной модели показали отсутствие влияния резонанса в вантах на аэродинамическую устойчивость всего сооружения в целом. Результат является ожидаемым, поскольку ванты обладают наименьшей жесткостью по сравнению с другими элементами вантового моста. Однако возникновение ветрового резонанса в вантах мостового сооружения может привести к их усталостному обрушению, а, следовательно, к изменению статических и динамических характеристик всего сооружения (эта проблема выходит за рамки данного исследования и должна рассматриваться отдельно).

Следует отметить, что приведенное исследование справедливо только для рассматриваемого сооружения и для сооружений с подобными характеристиками, но полученные результаты можно использовать для качественной оценки всего класса подобных сооружений.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. **Бахтин, С. А.** Проектирование висячих и вантовых мостов: курс лекций / С. А. Бахтин. Новосибирск: СибГАПС, 1995. 121 с.
- 2. **Качурин, В. К.** Проектирование висячих и вантовых мостов / А. В. Брагин, Б. Г. Ерунов. М: Транспорт, 1971. 279 с.
- 3. **Петропавловский, А. А.** Вантовые мосты / А. А. Петропавловский. М: Транспорт, 1985. 224 с.
- 4. **Казакевич**, **М. И.** Проблема стабилизации вант / М. И. Казакевич // Металлические конструкции. -2011. -№ 2. -C. 63-84.
- 5. **Рагех Басем, О. С.** Численный энергетический метод в приложении к большепролетным вантовым мостам: диссертация канд. техн. наук: 05.23.17. Санкт-Петербург, 2014. 152 с.
  - 6. **Казакевич, М. И.** Аэродинамика мостов. М: Транспорт, 1987. 240 с.
- 7. **Кадисов**, **В. М.** Динамика вантового моста после обрыва ванты / В. М. Кадисов, В. В. Чернышов // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. -2011. № 4. С. 19-23.

Поступила в редакцию 9 апреля 2020

### ASEMENT OF THE INFLUENCE OF RESONANCE IN THE CABLES OF CABLE-STAYED BRIDGE ON ITS AERODINAMIC STABILITY

#### S. D. Stepanov, A. G. Bogomolov

Stepanov Sergey Dmitrievich, Cand. Tech. Sciences, associate Professor, Department of structural mechanics, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(910)341-42-25; e-mail: 89103414225@mail.ru

Bogomolov Arsenii Georgievich, graduate student, Department of structural mechanics, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(980)542-58-25; e-mail: senybogomolov@yandex.ru

This article studies the resonance phenomena in cables of cable-stayed bridge, and presents the results of numerical research to assess the effect of such phenomena on the superstructure. As a part of study, the critical speeds causing resonance in cables for the first mode of natural vibrations were calculated (previously, the entire structure was calculated for static loads). To assess the effect of resonance in cables of the bridge on its aerodynamic stability, the natural vibrations frequencies and periods of the entire structure were obtained. The critical wind speed for cables was calculated using analytical formulas; the entire structure behavior under static and dynamic loads was modeled in Lyra CAD software in a nonlinear setting(cables are modeled by KE-310 - thread). The simulation model was tested on the example of a cable-stayed pedestrian bridge over the channel of the Kanriver in Krasnoyarsk Krai.

Keywords: cable-stay bridges, resonance phenomena in cables.

#### **REFERENCES**

- 1. **Bahtin S. A.** *Design of Suspension and Cable-stayed Bridges.* Novosibirsk. 1995. 121 p. (in Russian)
- 2. Kachurin V. K., Bragin A. V., Erunov B. G. Design of suspension and cable-stayed bridges. Moscow, Transport. 1971. 279 p. (in Russian)
  - 3. Petropavlovskiy A. A. Cable-stay bridges. Moscow, Transport. 1985. 224 p. (in Russian)
- 4. **Kazakevitch M. I.** *The problem of cables stabilization*. Metal Constructions. 2011. No. 2. Pp. 63-84. (in Russian)
- 5. **RagehBasem O. S.** *The numerical energy method as applied to wide-span cable-stayed bridges.* St. Petersburg. 2014. 152 p. (in Russian)
  - 6. Kazakevitch M. I. Aerodynamics of bridges. Transport. 1987. 240 p. (in Russian)
- 7. **Kadisov V. M., Chernishov V. V.** *Dynamics cable-stayed bridge after breakage stay cable.* Vestnik of Siberian State Automobile and Highway University. 2011. No. 4. Pp. 19-23. (in Russian)

Received 9 April 2020

#### Для цитирования:

Степанов, С. Д. Оценка влияния резонанса в вантах вантового моста на его аэродинамическую устойчивость / С. Д. Степанов, А. Г. Богомолов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. -2020. — № 2(13). — С. 16-24.

#### FOR CITATION:

**Stepanov S. D., Bogomolov A. G.** Asement of the influence of resonance in the cables of cable-stayed bridge on its aerodinamic stability. Housing and utilities infrastructure. 2020. No. 2(13). Pp. 16-24. (in Russian)

УДК 625.85

## ВЛИЯНИЕ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОВ ТИПА SBS НА ВЯЗКОСТЬ ПОЛИМЕРНО-БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ

#### А. Б. Соломенцев, В. В. Корогодина

Соломенцев Александр Борисович, канд. техн. наук, доцент кафедры проектирования городской среды, ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», Орел, Российская Федерация, тел.: 8(910)748-17-58; e-mail: absolomentsev@mail.ru

Корогодина Валерия Валерьевна, инженер отдела инженерной подготовки производства филиала, АО «Орелдорстрой», Орел, Российская Федерация, тел.: +7(929)060-002-51; e-mail: stebletsova\_95@mail.ru

Получены значения динамической вязкости приготовленного с использованием термоэластопластов российского производства и готового полимерно-битумного вяжущего
ПБВ 60 в температурном интервале 70...180 °C. При введении добавок термоэластопластов в дорожный битум производства АО «Воронежсинтезкаучук» вязкость битума значительно повышается. Наиболее высокие значения динамической вязкости наблюдаются у полимерной добавки СБС Л 30-01А, это ярко выражено при расходе 8 % добавки
от массы битума и при температурах ниже 130 °C. Добавка СБС Л 30-01А является более тугоплавкой, по сравнению с другими термоэластопластами производства АО «Воронежсинтезкаучук», т.к. температура ее растворения на 10 °C выше, чем у ДСТ Л 3001 (СР) и ДСТ Л 30-01, а время растворение больше на 15...20 минут. Определены допустимые технологические температуры асфальтобетонных смесей на ПБВ на этапах
структурообразования асфальтобетона.

**Ключевые слова:** полимерные добавки; термоэластопласты (ТЭП); полимерно-битумное вяжущее (ПБВ); допустимые технологические температуры асфальтобетонных смесей; динамическая вязкость ПБВ; структурно-реологические характеристики ПБВ.

Термоэластопласты (термопластичные эластомеры) представляют собой полимеры, которые в условиях эксплуатации способны, подобно эластомерам, к большим обратимым деформациям, а при повышенных температурах, в частности при переработке в изделия, текут подобно термопластам [1]. Они представляют собой блоксополимеры ABA и  $(AB)_n$ , где A — жесткие блоки термопластов (например, полиакриловые полистирольные, полипропиленовые), B — гибкие эластомерные блоки (например, полиизопреновые, полибутадиеновые, изопрен-стирольные, сополимерные — бутадиен-стирольные). Блоксополимеры на основе стирола и бутадиена (SBS) часто используется для модификации дорожного битума и для получения полимерно-битумного вяжущего (ПБВ) [2, 3].

Динамическая вязкость битумных вяжущих при 135 °C, включая модифицированные блоксополимерами SBS битумные вяжущие, определяет пригодность вяжущих к перекачке насосным оборудованием, а ее величина в соответствии со спецификацией Superpave не должна превышать 3,0 Па·с. В системе проектирования Superpeve для оценки температур перемешивания асфальтобетонной смеси и ее уплотнения на гираторе при приготовлении лабораторных образцов рекомендуют производить оценку динамической вязкости не состаренного вяжущего. В этом случае под температурой уплотнения асфальтобетонной смеси понимается та, при которой динамическая вязкость вяжущего находится в пределах  $0,28 \pm 0,03$  Па·с. Под температурой перемешивания асфальтобетонной смеси понимается та, при которой динамическая вязкость битумного вяжущего находится в пределах  $0,17 \pm 0,02$  Па·с [4].

В работе [5] на основе анализа научно-технической литературы и измеренных значений динамической вязкости дорожного битума были установлены диапазоны ее значений в

© Соломенцев А. Б., Корогодина В. В., 2020

производственных условиях при технологических температурах приготовления и уплотнения асфальтобетонных смесей, что позволило предложить методику определения допустимых технологических температур для модифицированных битумных вяжущих, в том числе и для битумов, модифицированных блоксополимерами SBS.В нижеприведенных исследованиях использовали следующие значения динамической вязкости битумного вяжущего для технологических этапов [5]:

- ✓ приготовление асфальтобетонной смеси менее 0,3 Па·с;
- ✓ начало уплотнения асфальтобетонной смеси 0,3...1,5 Па·с;
- ✓ окончание уплотнения асфальтобетонной смеси 20...120 Па·с.

Приведенные интервалы использовались для определения технологических температур дорожного битума с термоэластопластами.

Для исследования использовались термоэластопласты марок ДСТ Л 30-01, ДСТ Л 30-01 (СР) и СБС Л 30-01А, которые выпускаются в настоящее время компанией «СИБУР» на предприятии АО «Воронежсинтезкаучук». По внешнему виду они представляют собой гранулы белого цвета, не имеющие запаха, и являются продуктами блоксополимеризации бутадиена и стирола в растворе углеводородов в присутствии литийорганического инициатора. Содержание связного стирола в полимерной части термоэластопластов составляет 30 %, плотность при 20 °С составляет 0,94 г/см³,0,94 г/см³ и 0,95 г/см³ соответственно, вязкость раствора в толуоле при 25 °С 10, 7 и 13 сП соответственно. В добавке СБС Л 30-01А массовая доля основного компонента — сополимер стирола с 1,3 бугадиеном составляет 98,75 %, а в добавках ДСТ Л 30-01, ДСТ Л 30-01 (СР) не менее 94 %. Между собой ДСТ Л 30-01 и ДСТ Л 30-01 (СР) отличаются по физико-механическим показателям.

Для сравнения были рассмотрены ранее представленные в [5] термоэластопласты на стирольной основе производства южно-корейской компании *Kumho Petrochemical*. В табл. 1 приведены сведения об используемых термоэластопластах.

Термоэластопласты вводились в битум нефтяной дорожный вязкий производства АО «Газпромнефть-Московский НПЗ» марки БНД 60/90 по ГОСТ 22245-90. Расход полимерных добавок в битуме составлял 4,6 и 8 % от массы битума. Добавки ДСТ Л 30-01 и ДСТ Л 30-01 (СР) расплавлялись в битуме при температуре от 170 до 190 °C в течении 30 минут, а добавка СБС Л 30-01А расплавлялась при 180...200 °C в течение 45...48 минут до образования однородной массы.

Динамическая вязкость битума с добавками определялась при различных температурах и расходах добавок с помощью ротационного вискозиметра *Brukfild RVDV-II-PR*. Данный вискозиметр произведен в США фирмой «*Brookfield Engineering Laboratories, Jnc*» и предназначен для измерения динамической вязкости, напряжения сдвига и скорости сдвига. Прибор состоит из термоячейки *Thermosel*, программируемого температурного контролера, панели управления, цилиндра для заполнения испытываемого материала, шпинделей *SC*4-21 или *SC*4-29, лабораторного штатива.

Для получения смеси битума с полимерной добавкой образец битума БНД 60/90 массой 200 г нагревали до температуры 160...170 °C и однородного жидкого состояния. Затем вводилась добавка термоэластопласта в количестве 4, 6 или 8 % от массы битума, проводилось тщательное перемешивание битума с добавкой при помощи лабораторной мешалки МЛ-2-01 в течении 30...50 минут до полного растворения добавки. Время растворения термоэластопластов в битуме приведено в табл. 1.

Подготовка вискозиметра к проведению измерений осуществлялась следующим образом. В нагретую камеру заливали разогретый до 170...190 °C битум с добавками в объеме 8 или 13 мл, в зависимости от номера используемого шпинделя (SC4-21 и SC4-29 соответственно). Камера помещалась в термоячейку *Thermosel* и закреплялась, после чего, включался и обнулялся прибор. Далее навинчивался шпиндель SC4-21 или SC4-29 на вал вискозиметра (номер выбранного шпинделя зависит от пределов измеряемой вязкости) и погру-

жался в камеру термоячейки. Отверстие термоячейки закрывалось термокрышкой. На температурном контролере выбиралась необходимая для проведения испытаний температура 180...70 °C.

Сведения об используемых термоэластопластах

Таблица 1

Название добавки	Название основных составляющих веществ и химических соединений	Физиче- ское состояние и товарная форма	Вязкость раствора в толуоле при 25 °C, сП/плотность при 20 °C, г/см <sup>3</sup>	Содержание связного стирола в полимерной части, %	Темпера- тура, °C /время растворе- ния добавки в битуме, мин.
ДСТ Л 30- 01	Сополимер стирола с 1,3-бутадиеном, ли- нейной структуры	Гранулы белого цвета	10/0,94	30	180/30
ДСТ Л 30- 01 (СР)	Сополимер стирола с 1,3-бутадиеном ли- нейной структуры	Гранулы белого цвета	7/0,94	30	180/30
СБС Л 30- 01A	Сополимер стирола с 1,3-бутадиеном линейной структуры	Гранулы белого цвета	13/0,95	30	190/46
KTR 101	Сополимеры (стирол-бутадиен) ×2 линейной структуры	Пористая крошка белого цвета	4,5/0,94	31,5	200/40
KTR 103	Сополимеры (стирол-бутадиен- стирол) линейной структуры	Пористая крошка белого цвета	2/0,94	31,5	200/40

После стабилизации значения температуры образец битума с добавками в камере термоячейки термостатировался в течении 30 минут. После этого, проводилось измерение динамической вязкости при различных скоростях сдвига. Значения динамической вязкости битума БНД60/90 с добавками термоэластопластов представлены в табл. 2, где также приведены значения динамической вязкости дорожного исходного битума без добавок, а также полимерно-битумного вяжущего ПБВ 60 (оригинальное название) -полимерно-модифицированный битум  $G\text{-}Way\ Styrelf\ 60}$  Стандарт, производства АО «Газпромнефть-МНПЗ» под контролем ООО «Газпромнефть-Тоталь ПМБ».

Зависимости динамической вязкости битума с добавками от температуры приведены на рис. 1 и 2 в виде диаграмм.

Из табл. 2 и рис. 1 и 2 видно, что при добавлении термоэластопластов производства АО «Воронежсинтезкаучук» вязкость битума повышается в несколько раз. Так, при 4 % добавки ДСТ Л 30-01 значение динамической вязкости битума возросло в среднем в 6,4 раза, добавки ДСТ Л 30-01 (СР) – в 5,8 раза, а добавки СБС Л 30-01 A – в 9,4 раза.

Анализируя реологическое поведение битума с добавками, отметим, что наиболее вязким является битум с СБС Л 30-01 А, это ярко выражено при расходе 8 % добавки от массы битума. Среднее значение вязкости битума с этой добавкой в 49 раза превышает значение вязкости битума, в 1,2 раза битума с добавкой ДСТ Л 30-01, в 2,1 раза значение вязкости битума с ДСТ Л 30-01 (СР) и в 3,6 раза значение вязкости ПБВ60 по сравнению с битумом без добавок. Сравнивая российские полимерные добавки и южно-корейские компании Кито Реtrochemica КТК101 и КТК103, можно увидеть, что значения динамической вязкости дорожного битума с добавкой КТК103 на этапах приготовления и уплотнения при рас-

ходе 4 и 6 % в 1,5...2,0 раза меньше значений битума с российскими полимерными добавками производства АО «Воронежсинтезкаучук», а при 8 % в 1,4 раза больше, чем битума с добавкой ДСТ Л 30-01 (СР). Добавка KTR101 лишь при расходе 4 % от массы битума имеет значение динамической вязкости выше, чем KTR103, ДСТ Л 30-01 и ДСТ Л 30-01 (СР).

Таблица 2 Средние значения динамической вязкости дорожного битума БНД 60/90 с добавками

эрэдш	Расход		Значения динамической вязкости, Па·с,									
Церрония по	добавки в				Пј	ри тем	перату	/pe, ⁰C	2			
Название до- бавки	битуме,											
Оавки	%, массы	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
	в битуме											
Без добавки	-	21,42	7,62	3,30	1,62	0,91	0,53	0,30	0,21	0,11	0,080	0,06
ПБВ 60	ı	902	163	41	14,30	4,85	2,11	1,08	0,68	0,45	0,32	0,23
	4	155	55,50	19,70	8,54	5,33	2,97	1,70	1,00	0,56	0,53	0,35
KTR101	6	171	66,40	21,96	11,00	5,63	3,21	2,00	1,10	0,69	0,47	0,34
	8	186	77,80	23,70	11,80	5,80	3,55	2,60	1,25	0,98	0,91	0,60
	4	77,85	22,00	20,30	8,10	3,47	1,75	1,00	0,58	0,40	0,30	0,19
KTR103	6	520	382	108	23,70	9,28	4,34	2,30	1,20	0,67	0,53	0,37
	8	1037	760	195	59,30	19,20	9,03	4,80	2,85	1,92	1,12	0,78
	4	150,25	52,85	21,16	14,504	6,33	2,94	2,06	0,95	0,60	0,39	0,25
ДСТ Л 30-01	6	729	228,38	82,97	40,34	18,73	7,36	4,48	3,13	1,55	0,81	0,50
	8	2570	771	206,40	65,12	36,95	15,01	9,10	4,12	2,36	1,39	0,85
пот п 20 01	4	145,62	50,80	19,26	14,09	5,98	2,60	1,87	0,87	0,45	0,31	0,21
ДСТ Л 30-01 (CP)	6	466,83	129,13	44,20	36,38	13,68	7,12	4,04	2,00	0,99	0,53	0,33
(Cr)	8	1420	345,88	95,78	40,23	15,41	8,70	4,11	2,57	1,50	0,89	0,56
СБС Л 30-01 А	4	254,43	85,11	37,11	15,67	8,73	4,57	2,08	1,09	0,64	0,39	0,29
	6	1120	356,14	126,75	37,79	20,77	9,31	4,23	2,54	1,31	0,68	0,48
	8	2880	800,75	240	77,10	48,48	25,52	7,81	4,74	2,52	1,50	0,87

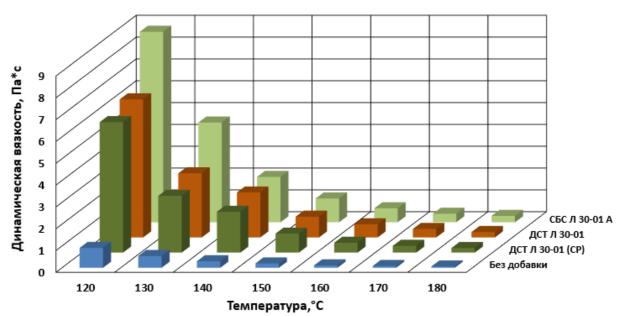


Рис. 1. Зависимость динамической вязкости битума с полимерными добавками от температуры на этапах приготовления и начала уплотнения асфальтобетонной смеси при расходе добавок 4 % от массы битума

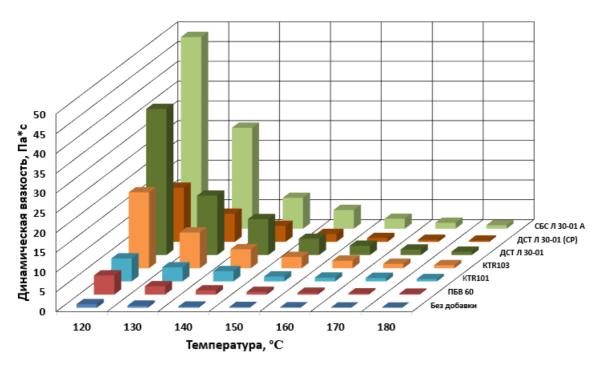


Рис. 2. Зависимость динамической вязкости битума с добавками от температуры на этапах приготовления и начала уплотнения асфальтобетонной смеси при расходе добавок 8 % от массы битума

Для определения допустимых технологических температур асфальтобетонных смесей на основе битума с термоэластопластами, согласно изложенной в [5] методике, построены графики зависимости динамической вязкости битума с добавками от температуры на этапах приготовления, начала уплотнения и окончания уплотнения асфальтобетонной смеси при расходе добавок 4, 6 и 8 % (рис. 3 - 5). На графиках нанесены границы допустимых значений динамической вязкости битума, зафиксированы точки пересечения их с соответствующими кривыми, из которых спроецированы вертикальные линии на ось абсцисс (значения температуры) и найдены соответствующие температуры.

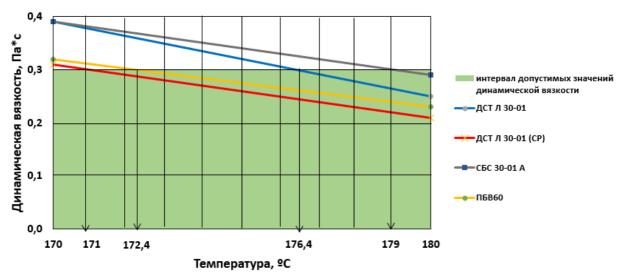
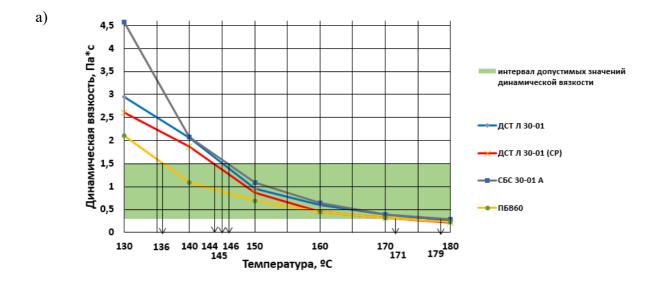
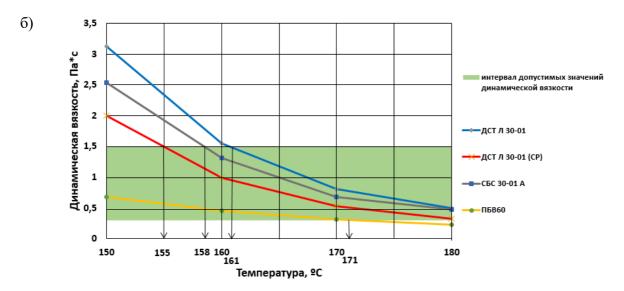


Рис. 3. Определение допустимых технологических температур дорожного битума БНД 60/90 с полимерными добавкам на этапе приготовления асфальтобетонной смеси при расходе добавок 4%





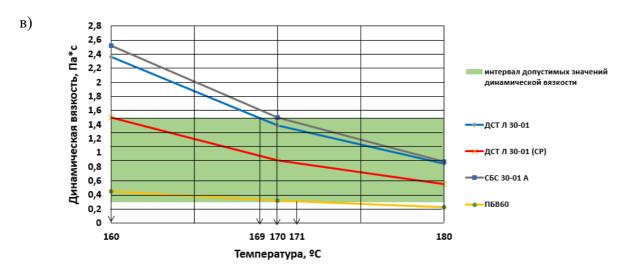
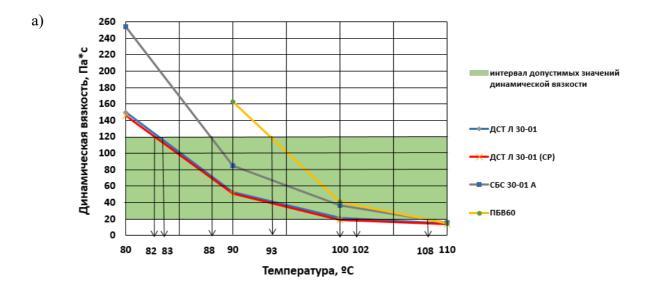
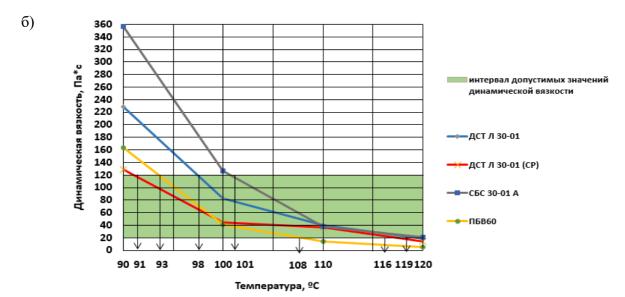


Рис. 4. Определение допустимых технологических температур дорожного битума БНД 60/90 с полимерными добавками на этапе начала уплотнения асфальтобетонной смеси при расходе добавок (от массы битума): a-4%; b-6%; b-8%





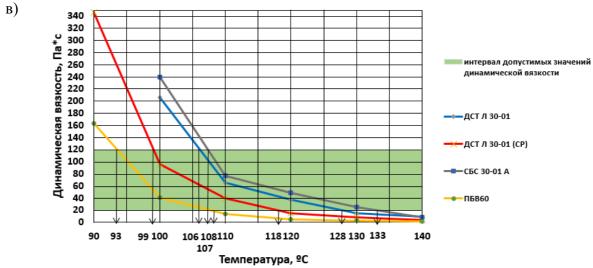


Рис. 5. Определение допустимых технологических температур дорожного битума БНД 60/90 с полимерными добавками на этапе окончания уплотнения асфальтобетонной смеси при расходе добавок (от массы битума): a-4%; b-6%; b-8%

Результаты определения допустимых технологических температур приведены в табл. 3.

Таблица 3 Допустимые технологические температуры битума БНД 60/90 с полимерными добавками на этапах структурообразования асфальтобетона

Назва-			Допус		ологически оде добавок					
ние	Приготовление			Нач	ало уплотн	ения	Окончание уплотнения			
добавки	4 %	6 %	8 %	4 %	6 %	8 %	4 %	6 %	8 %	
Битум без добавок	150	150180 120140 7080								
ПБВ60	172	2180		136171			93108			
ДСТ Л 30-01	176180	>180	>180	145179	161180	169180	83102	98119	106128	
ДСТ Л 30-01 (СР)	171180	>180	>180	144171	155180	160180	82100	91116	99118	
СБС Л 30-01 А	179180	>180	>180	146179	158180	170180	88108	101120	107133	

Анализируя табл. 2, отметим, что динамическая вязкость битума с 6 и 8 % добавки от массы битума при температуре  $180^{\circ}$ С превышает допустимое значение  $0,3\Pi a \times c$ .

Из табл. 3 следует, что на этапе приготовления асфальтобетонной смеси для битума с добавками и для ПБВ 60 допустимая температура приготовления значительно выше, чем для битума без добавок, она колеблется от 170 до 180 °C. На этапе приготовления при расходе добавок 4 % от массы битума температура перемешивания остается допустимой для всех добавок, смещаясь к верхнему пределу. А при расходе 6 и 8 %, необходимые для перемешивания температуры находятся выше предельно допустимых значений.

На этапе начала уплотнения интервал допустимых температур асфальтобетонной смеси со всеми полимерными добавками также смещается вверх на 25...40 °C и на 15... 30 °C для асфальтобетонной смеси с ПБВ 60. Самая высокая температура требуется для асфальтобетонной смеси на битуме с добавкой СБС Л 30-01 А при расходе 8 % (170...180 °C), а самая низкая – с добавкой ДСТ Л 30-01 (СР) при расходе 4 % (144...171 °C).

На этапе окончания уплотнения складывается аналогичная картина. Более высокие допустимые технологические температуры асфальтобетонных смесей (от 107 до 133 °C) получаются для битума с добавкой СБС Л 30-01 А, более низкие (от 82 до100 °C) — с добавкой ДСТ Л 30-01 (СР).

Следует отметить, что допустимые технологические температуры определены на основе интервалов динамической вязкости, которые в конкретных условиях производства могут быть другими и их следует уточнять и конкретизировать. Это связано с тем, что при формировании структуры асфальтобетонной смеси в процессе перемешивания, а также при уплотнении смеси полимернобитумные прослойки между минеральными частицами находятся под влиянием дальнодействующих поверхностных сил минеральных частиц [6].

Как отмечает Золотарев В. А. [7], при превышении критической концентрации полимера *SBS* в битуме, близкой к содержанию 5 % полимера, наблюдается резкое понижение температуры хрупкости. В системе «битум-полимер» происходят принципиальные структурные изменения, которые заключаются в обращении (инверсии) фаз, когда полимерная сетка становится средой, а фазой — битум, что сопровождается повышением деформативности вяжущего при низких температурах. Таким образом, макромолекулы термоэластопластов в битумной среде при расходе более 5 % от массы полимера образуют непрерыв-

ную полимерную структуру, что будет приводить при формировании структуры полимернобитумной пленки на минеральных зернах и полимернобитумных прослоек в асфальтобетонной смеси к формированию более структурированных и более толстых слоев ориентированного полимерно-битумного вяжущего на минеральных частицах минерального порошка, песка и щебня в асфальтобетонной смеси, т.к. в соответствии с представлениями И. В. Королева о распределении битума в асфальтобетоне «толщина битумной пленки на зернах прямо пропорциональна вязкости битума» [8]. На формирование структуры полимернобитумной прослойки будут также оказывать влияние активные поверхностные центры минеральных компонентов асфальтобетона [9].

Для создания необходимых условий для однородного распределения полимерно-битумного вяжущего, снижения толщины полимернобитумных прослоек и снижения реологических сопротивлений при перемешивании асфальтобетонной смеси нужно или повышать температуру перемешивания или вводить какие-то добавки для уменьшения вязкости в полимернобитумных прослойках, например, адгезионные добавки с катионными поверхностно-активными веществами (ПАВ) или температуропонижающие добавки (для теплых асфальтобетонных смесей) также на основе ПАВ [10, 11]. При уплотнении асфальтобетонных смесей реологические сопротивления уплотнению смесей и расклинивающее давление полимерно-битумных прослоек также возрастет по сравнению с аналогичными характеристиками битумных прослоек, что потребует более высоких температур для уплотнения асфальтобетонных смесей.

#### Заключение.

При введении добавок термоэластопластов в дорожный битум производства АО «Воронежсинтезкаучук» вязкость битума значительно повышается. Наиболее высокие значения динамической вязкости наблюдаются у полимерной добавки СБС Л 30-01A, это ярко выражено при расходе 8 % добавки от массы битума и при температурах ниже 130 °C.

Добавка СБС Л 30-01А является более тугоплавкой, по сравнению с другими добавками термоэластопластами производства АО «Воронежсинтезкаучук», т.к. температура ее растворения на 10 °C выше, чем у ДСТ Л 30-01 (СР) и ДСТ Л 30-01, а время растворение больше на 15...20 минут.

На этапе приготовления асфальтобетонной смеси при расходе полимерных добавок 6 и 8 % от массы битума значения температуры приготовления превысили 180 °C. На этапе начала уплотнения допустимые технологические температуры асфальтобетонной смеси с термоэластопластами смещаются в сторону больших значений и составляют: при расходе добавок 4 % от массы битума 144 °C...179 °C, при расходе добавок 6 % от массы битума – 155 °C...180 °C. а при расходе добавок 8 % от массы битума – 160 °C...180 °C.

На этапе окончания уплотнения асфальтобетонной смеси с термоэластопластами допустимые технологические температуры также смещаются в сторону больших значений и составляют: при расходе добавок 4 % от массы битума 82 °С...108 °С, при расходе добавок 6 % от массы битума – 91 °С...120 °С, а при расходе добавок 8 % от массы битума – 99 °С...133 °С.

Для того, чтобы снизить температуры приготовления и уплотнения асфальтобетонных смесей предлагается использовать адгезионные добавки на основе азотосодержащих катионактивных ПАВ или температуропонижающие добавки (для теплых асфальтобетонных смесей).

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Энциклопедия полимеров.** Т.3. / В. А. Кабанов [и др.]. – М.: Советская энциклопедия, 1977. – С. 638.

- 2. **Гохман, Л. М.** Комплексные органические вяжущие материалы на основе блоксополимеров типа СБС / Л. М. Гохман. М.: ЗАО «ЭКОН-ИНФОРМ», 2014. 510 с.
- 3. **Золотарев, В. А.** Битумы, модифицированные полимерами и добавками. Избранные труды. Том 2 / В. А. Золотарев. Санкт-Петербург: Славутич, 2013. 149 с.
- 4. **Кинг, Г. Н.** Свойства полимерно-битумных вяжущих и разрабатываемые в США методы их испытания / Г. Н. Кинг, Б. С. Радовский // Новости в дорожном деле. -2004. Вып. 6. С. 1-27.
- 5. **Соломенцев, А. Б.** Реологическая чувствительность дорожного битума к полимерным добавкам и допустимые технологические температуры асфальтобетонных смесей / А. Б. Соломенцев, С. Л. Ревякин, Д. А. Оноприйчук // Строительство и реконструкция. 2017. № 6. С. 129-139.
- 6. **Соломенцев, А. Б.** Условия формирования битумных прослоек в асфальтобетоне / А. Б. Соломенцев // Научный журнал строительства и архитектуры. 2019. № 1(53). С. 44-55.
- 7. **Золотарев, В. А.** Особенности структуры и свойств битумов, модифицированных полимерами типа *SBS* / В. А. Золотарев, Л. А. Беспалова. Под общ ред. д.т.н. В.А. Золотарева, д.т.н. В.И. Братчуна. Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2003. С. 211-228.
- 8. Дорожный теплый асфальтобетон / И. В. Королев [и др.]. Киев: Вища школа, 1984. С. 41-42.
- 9. **Ядыкина, В. В.** Влияние активных поверхностных центров кремнеземсодержащих минеральных компонентов на взаимодействие с битумом / В. В. Ядыкина // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2003. № 9(537). С. 75-79.
- 10. Соломенцев, А. Б. Реологические свойства дорожного битума с адгезионными добавками на основе азотсодержащих катионных ПАВ /А. Б. Соломенцев, Л. С. Мосюра // Строительство и реконструкция. -2015. № 6. С. 120-127.
- 11. **Соломенцев, А. Б.** Особенности реологического поведения дорожного битума с добавками для теплого асфальтобетона / А. Б. Соломенцев, А. В. Куликова // Четвертый всероссийский дорожный конгресс «Перспективные технологии в строительстве и эксплуатации автомобильных дорог»: сборник научных трудов. М.: МАДИ, 2015. С. 187-195.

Поступила в редакцию 11 апреля 2020

## INFLUENCE OF THERMOELASTOPLASTES TYPE SBS ON VISCOSITY OF POLYMERIC-BITUMINOUS BINDER AND TECHNOLOGICAL TEMPERATURES OF ASPHALT CONCRETE MIXTURES

#### A. B. Solomentsev, V. V. Korogodina

Solomentsev Alexander Borisovich, Cand. Tech. Sciences, associate Professor, Chair of Urban Environment Design, Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russian Federation, phone: +7(910)748-17-58; e-mail: absolomentsev@mail.ru

Korogodina Valeria Valeryevna, engineer of the engineering preparation department of a branch of Oreldorstroy JSC, Orel, Russian Federation, phone: +7(929)060-002-51; e-mail: stebletsova\_95@mail.ru

The values of dynamic viscosity obtained using Russian-made thermoplastic elastomers and ready-made polymer-bitumen binder PBV 60 in the temperature range of 70...180 °C are obtained. When additives of thermoplastic elastomers are added to road bitumen produced by «Voronezhsintezkauchuk JSC», the bitumen viscosity significantly increases. The highest values of dynamic viscosity are observed for the SBS L 30-01A polymer additive, this is pronounced at a consumption of 8 % of the additive by weight of bitumen and at temperatures below 130 °C. SBS L 30-01A additive is more refractory than other thermoplastic elastomers produced by Voronezhsintezkauchuk JSC, because its dissolution temperature is 10 °C higher than that of DST L 30-01 (SR) and DST L 30-01, and the dissolution time is longer by 15...20

minutes. The permissible technological temperatures of the asphalt concrete mixtures at the PBB at the stages of the formation of asphalt concrete are determined.

**Keywords**: polymer additives; thermoplastic elastomers (TEP); polymer-bitumen binder (PBB); allowable process temperatures of asphalt mixtures; dynamic viscosity of PBB; structural and rheological characteristics of PBB.

#### REFERENCES

- 1. **Kabanov V. A.** *Encyclopedia of Polymer*. T. 3. Moscow, Soviet Encyclopedia. 1977. P. 638. (in Russian)
- 2. **Gokhman L. M.** Complex organic binders based on block copolymers of the SBS type. Moscow, EKON-INFORM CJSC. 2014. 510 p. (in Russian)
- 3. **Zolotarev V. A.** Bitumen modified with polymers and additives. Selected Works. St. Petersburg, Slavutich. 2013. T. 2. 149 p. (in Russian)
- 4. **King G. N., Radovskiy B. S.** *Properties polymeric bituminous astringent and methods, developed in USA, of their trial.* News in road matter. 2004. Vol. 6. Pp. 1-27. (in Russian)
- 5. Solomentsev A. B., Revyakin S. L., Onopriychuk D. A. Rheological sensitivity of road bitumen to polymer additives and allowable process temperatures of asphalt mixtures. Construction and reconstruction. 2017. No. 6. Pp. 129-139. (in Russian)
- 6. **Solomentsev A. B.** The conditions for the formation of bitumen layers in asphalt concrete. Scientific journal of construction and architecture. 2019. No. 1(53). Pp.44-55. (in Russian)
- 7. **Zolotarev V. A., Bespalova L. A.** Singularities of structure and properties of bitumens, modified polymetric compounds such as SBS. Kharkov, KhNADU publishing house. 2003. Pp. 211-228. (in Russian)
- 8. **Korolev I. V.** *Road warm asphalt concrete*. Kiev, Vishka school. 1984. Pp. 41-42. (in Russian)
- 9. Yadykina V. V. The effect of active surface centers of silica-containing mineral components on the interaction with bitumen. News of higher educational institutions. Construction. 2003. No. 9(537). Pp. 75-79. (in Russian)
- 10. **Solomentsev A. B., Mosyura L. S.** Rheological properties of road bitumen with adhesive additives based on nitrogen-containing cationic surfactants. Construction and reconstruction. 2015. No. 6. Pp. 120-127. (in Russian)
- 11. **Solomentsev A. B., Kulikova A. V.** Features of the rheological behavior of road bitumen with additives for warm asphalt. Fourth All-Russian Road Congress Advanced Technologies in the Construction and Operation of Roads. Moscow, MADI. 2015. Pp. 187-195. (in Russian)

Received 11 April 2020

#### Для цитирования:

**Соломенцев, А. Б.** Влияние термоэластопластов типа *SBS* на вязкость полимерно-битумного вяжущего и технологические температуры асфальтобетонной смеси / А. Б. Соломенцев, В. В. Корогодина // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. -2020. - № 2(13). - C. 25-35.

#### FOR CITATION:

**Solomentsev A. B., Korogodina V. V.** *Influence of thermoelastoplastes type SBS on viscosity of polymeric-bituminous binder and technological temperatures of asphalt concrete mixtures.* Housing and utilities infrastructure. 2020. No. 2(13). Pp. 25-35. (in Russian)

## ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И КОММУНИКАЦИИ ENGINEERING SYSTEMS AND COMMUNICATIONS

УДК 699.88

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТВОДА ТАЛЫХ ВОД С КРЫШ ДОМОВ В ОСЕННЕ-ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

## В. А. Марков, А. В. Алексеева, С. В. Алексеева

Марков Владимир Александрович, старший научный сотрудник ЦНИИ «Электроприбор», Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: +7(921)875-48-58; e-mail: pum333@rambler.ru Алексеева Анастасия Вадимовна, начальник отдела обеспечения качества, АО «Фармасинтез», Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: +7(931)336-22-58; e-mail: loh.nes777@gmail.com Алексеева Светлана Владимировна, канд. техн. наук, доцент кафедры высшей математики, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: +7(921)384-03-94; e-mail: pum222@mail.ru

Рассмотрены причины образования наледей на крышах домов и в водосточных трубах. Приведены особенности таяния снежного покрова на крышах домов с металлической кровлей и его движение по кровельному настилу. Проведён анализ известных способов удаления снежного покрова и наледей с крыш домов, а также способов отведения талой воды. Предложен метод отвода талой воды с крыши дома без образования сосулек и наледей. Дано описание конструкции устройства для отвода талых вод с крыши дома применительно к различным видам водосточных труб. Приведены результаты натурного испытания двух образцов устройств, которые проводились на крыше жилого дома серии ГЗИ-68 с кровельным покрытием из рулонного материала в осенне-весенний период в климатических условиях Санкт-Петербурга. Описаны преимущества предлагаемого устройства при его применении. Даны рекомендации при его использовании на зданиях с водостоками, обходящими выступающие карнизы.

Ключевые слова: отвод воды с крыши; сливной лоток; водосточная система; направляющие.

Водосточные системы низкоэтажных домов, состоящие из водоотводящего желоба, собирающего талые и дождевые воды с выступающего козырька (свеса), сливной воронки и водосточной трубы, способны успешно отводить только дождевые воды. Осенне-весенний период характеризуется частым переходом температур с отрицательных значений на положительные, что приводит к образованию наледей на крышах домов и водосточных трубах. Это может не только приводить к разрушению элементов водоотводящей системы, но и несет потенциальную опасность для людей в случае обрушения фрагментов наледи. Поэтому одной из задач жилищно-коммунальных служб в переходный период является организация удаления образующихся элементов наледи, что не всегда удается своевременно осуществить. Уборка снега, наледи и сосулек с крыш производится в настоящее время в основном вручную при помощи ломов и лопат, что порой приводят к повреждению кровельного покрытия. Кроме того, этот способ требует особой осторожности при работе на обледенелой крыше, особенно покрытой металлом. В связи с этим актуальной задачей является разработка водоотводящих конструкций, позволяющих минимизировать возможность их обледенения.

Рассмотрим механизм образования наледей на скатных кровлях жилых зданий, имеющих чердачное помещение. Снег на крыше дома тает от трёх основных источников тепла:

- 1) тепло чердачного помещения постоянно действующий источник;
- 2) тепло перемещающихся воздушных масс;

© Марков В. А., Алексеева А. В., Алексеева С. В., 2020

- 3) солнечное излучение самый мощный источник тепла направленного действия.
- Дополнительные факторы, влияющие на интенсивность таяния снега:
- ✓ ориентация крыши относительно сторон света (влияет на количество, попадающей на крышу солнечной энергии);
- ✓ угол наклона крыши и угол расположения солнца над горизонтом (влияет на перпендикулярность потока солнечной энергии относительно элементов кровли);
- ✓ материал покрытия крыши метал или другие кровельные материалы (материалы имеют различную теплопроводность и различный коэффициент скольжения);
  - ✓ цвет кровли (влияет на нагрев её солнечным излучением);
  - ✓ конструкция крыши (наличие выходов, воздуховодов, надстроек);
  - ✓ толщина и загрязненность снега;
  - ✓ наличие рядом стоящих высоких домов и деревьев;
  - ✓ ветровая характеристика крыши (на продуваемой крыше снег тает быстрее).

Крыши жилых зданий имеют конструкции в основном односкатные, двухскатные и четырёхскатные, хотя имеются и конструкции более сложной формы. Этот факт влияет на интенсивность таяния снега на каждой из сторон. Если на южной стороне будут действовать все три источника тепла, то на северной стороне солнечное излучение будет влиять незначительно, и таяние снега будет происходить медленно.

Если рассмотреть механизм образования ледяной массы, то она образуется в основном в утренние и вечерние часы, когда температура воздуха отрицательная, а на поверхности крыши под действием различных источников тепла тает снег и капли воды скатываются к желобу. Температура крыши дома имеет перепады, если температура над перекрытием дома будет положительной по перечисленным выше факторам, то на козырьке (свесе) дома, выполненным из оцинкованного железа, она будет практически равна температуре окружающего воздуха [1].

Талая вода стекает в водосточную трубу с двух направлений. Одна, меньшая часть, попадает напрямую в водосточную воронку, а вторая, большая часть, стекает в водосточную воронку по холодному желобу, уже остывая по пути движения. Например, для пятиэтажного дома серии ГЗИ-68, при расстоянии между водостоками приблизительно 12 метров среднее расстояния движения воды по холодному желобу до сливной воронки будет составлять 3 метра при небольшой скорости её движения, из-за малого уклона желоба. Так как вода — смачивающая жидкость, то капля воды при движении оставляет за собой мокрый след, который сразу же замерзает при отрицательной температуре наружного воздуха. Так происходит как на козырьке, где образуются наледи и сосульки, так и в водосточных трубах при их длине около 18 метров для пятиэтажного дома, где вероятность замерзания воды в нижней части водосточной трубы очень высока, так как стекающие капли останавливаются при равенстве силы тяжести, действующей на каплю, и силы притяжения её к стенке трубы. В дальнейшем лёд заполняет весь объем трубы, а также свешивается с крыши дома.

Снеговая масса на металлическом покрытии имеет более слабое сцепление, чем с покрытием из других материалов, имеющих шероховатую поверхность. При металлическом покрытии крепление листов между собой выполняется в основном в виде вертикальных фальцев, температура верхней части которых ниже, чем температура плоскости листа, подогреваемого теплотой чердачного помещения (рис. 1). Это связано с тем, что плоскость нагрева фальца теплотой чердачного помещения намного меньше плоскости его охлаждения. При колебании температур от минуса к плюсу снеговая масса над плоскостью листа подтаивает больше, чем над верхней частью фальца и при отрицательной температуре образуется ледяная корочка, оторванная от поверхности кровли, а это ещё более снижает её сцепление с кровлей. При сбросе наледи с желоба, установленного на козырьке крыши, снеговая масса теряет упор и приходит в лавинообразное движение, при этом создается опасная ситуация для людей, находящихся на кровле или внизу рядом со зданием.

В технической литературе описаны различные способы борьбы с сосульками на крышах домов. Кратко рассмотрим некоторые из них.

Способ обогрева труб и крыши нагревательным электрическим кабелем дорог и малоэффективен, из-за большого количества тепла, уходящего в воздух, что напрямую влияет на потеплении климата, а гарантия производителя на бесперебойную работу нагревательного электрического кабеля составляет всего 3...5 лет. Широкое его применение противоречит концепции закона РФ от 23 ноября 2009 г. № 261 об энергосбережении. Поэтому его допустимо применить только на домах большой социальной значимости с интенсивным движением людей по тротуару: административных зданиях, магазинах, культурных заведениях.

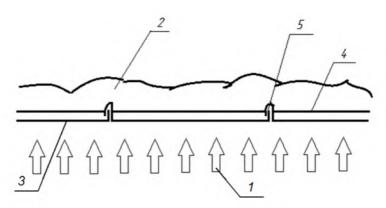


Рис. 1. Схема процессов образования наледи на металлической кровле: 1 – тепловой поток из чердачного помещения; 2 – снеговая масса; 3 – кровельный настил; 4 – место образования ледяной корочки; 5 – фальцевое соединение

Способ отвода талых вод во внутреннюю водосточную систему [2], требует переделки крыши дома, и поэтому дорог. Кроме того, отсутствует гарантия, что при морозе, от испарений из канализационной трубы, не образуется ледяная пробка в отводной трубе, поэтому предусматривается обогрев её нагревательным кабелем, что также увеличивает стоимость работ.

Способы лазерный и вибрационный и другие, могут применяться только для обрушения уже образовавшихся сосулек [3], но это скорее научные эксперименты, чем оборудование для широкого применения в ЖКХ.

Влияние тепла чердачного помещения на интенсивность таяния снега на крыше дома, при наличии там источников тепла, можно минимизировать, методика изложена в [4, 5]. Однако она применима только в домах с большой высотой чердачного помещения, в основном это дома старой постройки, только в них можно проводить работы по вентиляции чердачного помещения и утеплению потолков. Для домов с углом наклона крыши 10...20 ° она вряд ли применима без снятия кровельного покрытия, а это связано уже со значительными денежными затратами.

Осенне-весенний период можно условно разделить на две части. Первая – осенне-зимняя, когда световой день короткий, погода пасмурная, солнце низко над горизонтом - это ноябрь, декабрь и половина января. Основные источники тепла в это время воздушные массы и чердачное помещение. Вторая часть – зимне-весенняя, когда солнце начинает подниматься над горизонтом, увеличивается световой день и число солнечных дней – это вторая половина января, февраль и март. В это время солнечная энергия занимает основное место в образование сосулек и наледей на крышах зданий. Например, при проведении эксперимента на загородном доме с металлической кровлей коричневого цвета и углом наклона 60 градусов было установлено, что снег начинает таять на южной стороне в солнечную погоду при температуре воздуха в тени минус 17 °C, и температуре чердачного помещения минус 7 °C.

Основная проблема при отводе талых вод с крыши дома при низкой температуре воздуха — это быстрая их доставка на землю, не позволяя им замерзнуть на желобе и в водосточных трубах. Устройство для отвода талых вод с крыши зданий должно работать в различных климатических условиях, на различных крышах и максимально быстро доставлять талую воду до земли.

Для решения этой проблемы предлагается следующая методика. Основную массу талой воды необходимо направить мимо холодного козырька крыши по тёплой её части, подогреваемой теплом чердачного помещения над коробкой дома, к сливной воронке водосточной трубы. Это можно сделать при помощи направляющих, установленных под небольшим углом (10...20°) к краю козырька крыши (рис. 2), и прикреплённых к крыше с помощью специальной мастики. Эти направляющие выполняют ещё функцию снегозащитного бруса, не позволяя снежной массе сползать к водосточному желобу и свешиваться с него. Снегозащитный брус с водопропускным зазором по всей его длине предназначен для защиты сливной воронки от закупорки её снежной массой.

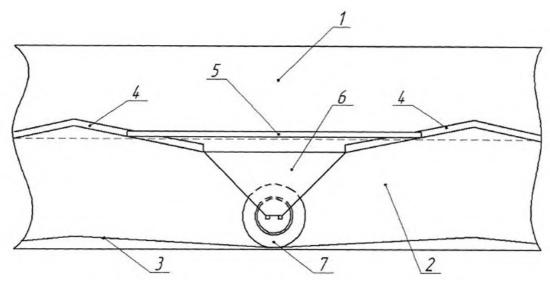


Рис. 2. Схема устройства для отвода талых вод с крыши:

1– кровля здания (вид сверху); 2 – козырек кровли; 3 – желоб; 4 – направляющие;

5 – снегозадерживающий брус; 6 – сливной лоток; 7 – воронка водосточной трубы

Остальная, незначительная часть снежного покрова крыши, а это менее 10% площади крыши, будет таять на козырьке дома при температуре воздуха выше 0%С. Таким образом, потоки талой воды будут разделены условно на теплый и холодный.

Чтобы талая вода не замерзала на стенках водосточной трубы, надо заменить стекание воды по стенкам свободным падением её внутри трубы, тогда талая вода за считанные секунды достигнет поверхности земли. Это можно осуществить следующим образом. Над центром сливной воронки устанавливается специальный лоток, покрытый фольгированным изолоном, окрашенный гидрофобной мастикой черного цвета с суженным вертикальным концом, который уменьшает ширину потока воды и направляет его по центру водосточной трубы (рис. 3). В этом случае талая вода будет стекать в водосточную трубу, не охлаждаясь на козырьке, и не касаясь её стенок.

Нижний изогнутый патрубок может быть удален на зимний период и заменён открытым лотком, с которого при необходимости скалывается образовавшийся лёд или заменён быстросъёмным патрубком (рис. 4) с отверстиями для подвески его на нижний хомут крепления водосточной трубы. Патрубок будет касаться трубы только в четырёх точках и при нарастании на нем льда он может быть легко снят и отнесён в теплое помещение для отта-ивания.

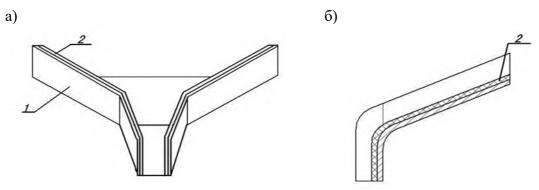


Рис. 3. Конструкция сливного лотка: а – вид спереди, б – вид в разрезе

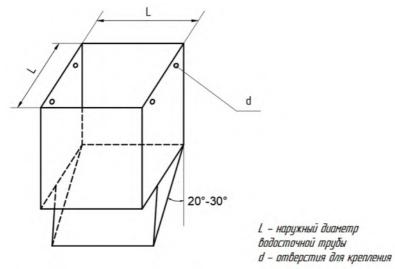


Рис. 4. Схема конструкции съёмного патрубка для нижней части водосточной трубы: L – размер, соответствующий диаметру водосточной трубы; d – отверстия для крепления

Вода с остальной незначительной части крыши и козырька будет таять при положительной температуре воздуха и стекать через дополнительную воронку, установленную внутри основной воронки, диаметр цилиндрической части которой меньше диаметра водосточной трубы (рис. 5). Поэтому талая вода будет так же падать вниз, не касаясь стенок водосточной трубы.

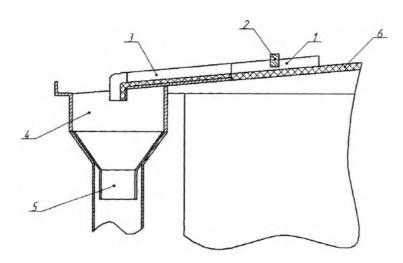


Рис. 5. Схема верхней части водостока для прямой водосточной трубы: 1 – направляющие; 2 – снегозадерживающий брус; 3 – сливной лоток; 4 – воронка трубы; 5 – дополнительная воронка; 6 – кровельный материал

Для водостоков, имеющих изогнутое колено в верхней части водосточной трубы, устанавливается вкладыш из теплоизоляционного материал типа фольгированного изолона, сток из которого происходит по центру следующего вертикального участка водосточной трубы (рис. 6).

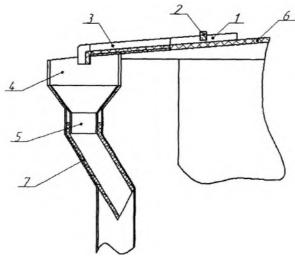


Рис. 6. Схема верхней части водостока для водосточной трубы, имеющей изгиб: 1 — направляющие; 2 — снегозадерживающий брус; 3 — сливной лоток; 4 — воронка трубы; 5 — дополнительная воронка; 6 — кровельный материал; 7 — вкладыш из фольгированного изолона

Толщина слоя фольгированного изолона, согласно требованиям ГОСТ 617-73 «Фольга», составляет от 10 до 100 микрометров в зависимости от толщины теплоизоляционного слоя. Из этого следует, что вес фольги алюминиевого слоя составляет всего несколько граммов. При удельной теплоёмкости воды 4200 Дж/(кг.°С) и алюминия 920Дж/(кг.°С) фольгированный слой будет иметь температуру, близкую к температуре талой воды.

Для водосточных труб, имеющих изгиб при обходе выступающих карнизов, самым радикальным способом является выпрямление их путем прохода сквозь карниз, при этом вид стены дома только улучшится. Если по архитектурным соображениям этого сделать нельзя, то предлагается следующий способ. Внутрь верхнего наклонного участка вставить вкладыш в виде трубы из фольгированного изолона, внутренняя фольгированная сторона которого покрывается гидрофобной мастикой (рис. 7).

Нижний конец трубы располагается над центром следующего вертикального участка. Также располагается и аналогичный вкладыш в нижнем наклонном участке водосточной трубы.

Если водосточные трубы расположены на солнечной стороне дома, то нижний патрубок можно покрасить в темные тона с коэффициентом поглощения солнечной энергии 0,7...0,9 (чёрный, тёмно-синий, красно-коричневый), что обеспечит его нагрев солнечной энергией. На теневой стороне дома нижний патрубок можно оклеить изнутри фольгированным изолоном аналогично верхнему участку трубы, что предохранит его от замерзания.

Для подтверждения эффективности предлагаемого устройства, приведенного на рис. 5, были проведены натурные испытания на двух водосточных трубах пятиэтажного дома серии ГЗИ-68 в Санкт-Петербурге зимой 2015...2016 годов. На (рис. 8) представлен внешний вид двух водосточных труб, на которых были установлены устройства для отвода талых вод. Как видно на снимке, они не имеют повреждений и наледей.

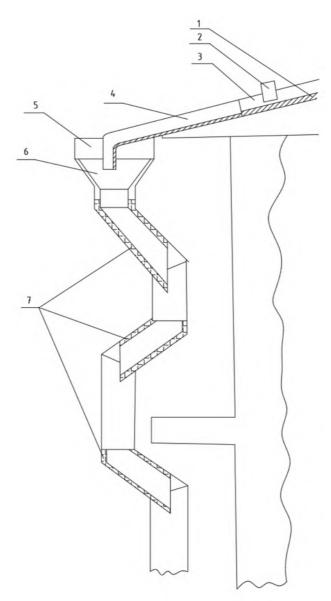


Рис. 7. Схема водостока, имеющего изгибы при обходе выступающих карнизов: 1 – кровельный настил; 2 – снегозадерживающий брус; 3 – направляющие; 4 – сливной лоток; 5 – сливная воронка; 6 – дополнительная воронка; 7 – вкладыш из фольгированного изолона



Рис. 8. Внешний вид водосточных труб, на которых были установлены устройства для отвода талых вод, находящиеся в эксплуатации в осенне-зимний период

Все остальные водосточные трубы, не оборудованные предлагаемыми устройствами, (рис. 9) имеют повреждения и ледяные массы внутри них, что подтверждено актом комиссии № 40 от 01.02.2016 г. управляющей компании ООО «Комфорт». В положительном отзыве компания ООО «Комфорт» в качестве достоинств данного устройства указала простоту изготовления и его низкую стоимость.





Рис. 9. Внешний вид водосточных труб без устройств для отвода воды с повреждениями в результате замерзания воды в них

Устройство для отвода талых вод с крыши дома получило положительную оценку и на заседании Сектора НТС Жилищного комитета Санкт-Петербурга (Письмо № ОБ-7532-1/19-0-2 от 10.07.2019).

Предлагаемые устройства имеют следующие положительные качества:

- ✓ подтаявший снежный покров не сползает на жёлоб и не свешивается с него;
- ✓ основная масса снежного покрова тает на крыше и поэтому не требуется проведения работ по очистке крыши от снега;
- ✓ устройство не требует капитальных затрат для переделки крыши дома, так как все элементы конструкции накладные и легко встраиваются в имеющуюся водоотводящую систему;
- ✓ талая вода быстро достигает поверхности земли и не замерзает на стенках водосточной трубы;
- ✓ замёрзшая на земле вода легко удаляется подручными средствами, при необходимости;
  - ✓ устройство не требует электроэнергии и управления его работой человеком,
  - ✓ срок службы устройства равен сроку службы крыши до планового её ремонта.

Новизна и промышленная полезность описанных в статье устройств для отвода талых с крыши подтверждена выдачей патента [6].

### Заключение.

На основе проведенного анализа механизма образования наледей в водоотводящих системах крыш зданий разработаны конструктивные устройства, позволяющие минимизировать вероятность замерзания талых вод.

Предложенные авторами конструкции предназначены для применения на водостоках в зданиях, находящихся в эксплуатации, не требуют значительных капитальных затрат и могут быть применены для различных конфигураций наружного водостока.

Эффективность разработанных конструкций подтверждена экспериментальными испытаниями опытных образцов устройств на примере малоэтажного жилого дома в климатических условиях Санкт-Петербурга.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. **Дружинин, П. В.** Механизм образования наледей и сосулек на крышах домов / П. В. Дружинин, Е. Ю. Юрчик // Технико-технологические проблемы сервиса. 2012. № 1(19). С. 66-71.
- 2. **Устройство крыши здания и сооружений** / А. А. Палей. Пат. RU 2494199C1. (Российская Федерация); заявл. 09.04.2012; опубл. 27.09.2013, бюл. № 17.
- 3. **Кровли:** Соколова, С. Д. Образование сосулек и борьба с ними [Электронный ресурс] / С. Д. Соколова, И. А. Попов // Кровли. Интернет издание о кровлях. 29.01.2013 г. Режим доступа: http://www.krovlirussia.ru, свободный. Загл. с экрана
- 4. **Горшков, А. С.** Причины образования ледяных дамб на крыше зданий. / А. С. Горшков// Кровельные и изоляционные материалы. -2014. N = 6. C.34-35.
- 5. **Горшков, А.С.** Оценка воздухообмена, требуемого для нормализации температурно-влажностного режима холодных чердаков. / А.С. Горшков, А.Ю. Дадченко, В.Я. Ольшевский, П.П. Рымкевич // Кровельные и изоляционные материалы. 2016. №4. С. 33-36.
- 6. **Устройство** для отвода талых вод с крыши / В.А. Марков. Пат. RU 2688655 (Российская Федерация), заявл.16.03.2016; опубл. 21.05.2019, бюл. №15.

Поступила в редакцию 11 марта 2020

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF DRAINAGE OF MELT WATER FROM THE ROOFS OF HOUSES IN THE AUTUMN AND SPRING

## V. A. Markov, A. V. Alekseeva, S. V. Alekseeva

Markov Vladimir Aleksandrovich, senior researcher, Central research Institute Electropribor, Saint-Petersburg, Russian Federation, phone: +7(921)875-48-58; e-mail: pum333@rambler.ru

Alekseeva Anastasia Vadimovna, head of quality assurance Department, joint -stock company Pharmasintez, Saint-Petersburg, Russian Federation, phone: +7(931)336-22-58; e-mail: loh.nes777@gmail.com

Alekseeva Svetlana Vladimirjvna., Cand. tech. sciences, associate Professor of Department Higher Mathematics, Saint-Petersburg state forest engineering University, Saint-Petersburg, Russian Federation, phone: +7(921)384-03-94; e-mail: pum222@mail.ru

The reasons for the formation of ice on the roofs of houses and in drainpipes are considered. Features of snow cover melting on the roofs of houses with metal roofs and its movement on the roof deck are given. The analysis of known methods for removing snow cover and ice from the roofs of houses, as well as ways to remove meltwater, are carried out. A method for removing meltwater from the roof of a house without the formation of icicles and ice is proposed. A description of the design of a device for removing meltwater from the roof of a house in relation to various types of downpipes is given. The results of full-scale testing of two samples of devices that were carried out on the roof of a residential building of the GZI-68 series with a roof covering made of rolled material in the autumn-spring period in the climatic conditions of St. Petersburg are presented. The advantages of the proposed device in its application are described. Recommendations are given when using it on buildings with drains that bypass protruding eaves.

Keywords: water drainage from the roof; drain tray; drainage system; guides.

#### **REFERENCES**

- 1. **Druzhinin P. V., Yurchik E. Yu.** The mechanism of formation of ice and icicles on the roofs of houses. Technical and technological problems of service. 2012. No. 1(19). Pp. 66-71. (in Russian)
- 2. **Palei A. A.** *The device roof of the building and structures.* Patent RU 2494199C1. Russian Federation, Appl. 09.04.2012. Publ. 27.09.2013. Bull. No.17. (in Russian)
- 3. **Sokolova S. D., Popov I. A.** *The formation of icicles and the fight against them.* Roofing. Internet edition. 29.01.2013. http://www.krovlirussia.ru, free. Ver. from the screen. (in Russian)
- 4. **Gorshkov A. S.** The reasons for the formation of ice dams on the roof of buildings. Roofing and insulation materials magazine. 2014. No. 6. Pp. 34-35. (in Russian)
- 5. Gorshkov A. S., Dadchenko A. Yu., Olshevsky V. Ya., Rymkevich P. P. Assessment of air exchange required to normalize the temperature and humidity conditions of cold attics. Roofing and insulation materials magazine 2016. No. 4. Pp. 33-36. (in Russian)
- 6. **Markov V. A.** A device for draining meltwater from the roof, Pat. No. 2688655. Russian Federation. Appl. 16.03.2016. Publ. 05.21.2019. Bull. No. 15. (in Russian)

Received 11 March 2020

#### Для цитирования:

**Марков, В. А.** Повышение эффективности отвода талых вод с крыш домов в осенне-весенний период / В. А. Марков, А. В. Алексеева, С. В. Алексеева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. -2020. -№ 2(13). -С. 36-45.

#### FOR CITATION:

Markov V. A., Alekseeva A. V., Alekseeva S. V. Improving the efficiency of drainage of melt water from the roofs of houses in the autumn and spring. Housing and utilities infrastructure. 2020. No. 2(13). Pp. 36-45. (in Russian)

УДК 628.84:697.911

## ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННИКА СИСТЕМЫ РЕКУПЕРАЦИИ ХОЛОДОНОСИТЕЛЯ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ ВОЗДУХА

## В. В. Шичкин, М. Н. Жерлыкина, К. В. Гармонов, С. А. Соловьев

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

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

Гармонов Кирилл Валерьевич, канд. техн. наук, доцент кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-53-21; e-mail: garmonkir@mail.ru

Соловьев Сергей Анатольевич, старший преподаватель кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7-960-123-57-61; e-mail: swiftsnake@rambler.ru

Обоснована актуальность применения энергосберегающих технологий в системе кондиционирования воздуха. Выполнен сравнительный анализ характеристик теплоутилизаторов. Предложено решение по повышению энергоэффективности путем внедрения системы утилизации теплоты с применением гликолевого рекуператора, когда в качестве промежуточного тепло-хладоносителя используют этиленгликолевый раствор. Применение данного типа оборудования позволит обеспечивать пожаровзрывобезопасность при работе систем обеспечения микроклимата в помещении общественного здания многофункционального назначения. Предложена принципиальная схема системы рекуперации холодоносителя в теплый период года и представлено подробное описание принципа ее работы. С помощью *Id*-диаграммы состояния влажного воздуха выполнено построение процессов его обработки в центральном кондиционере в теплый период года. Приведена методика расчета коэффициента теплопередачи теплообменника и определения эффективности его работы в зависимости от теплосодержания воздуха. Проведен численный эксперимент и определено значение коэффициента теплопередачи теплообменника при переменном расходе воздуха. Выполнено построение графика зависимости коэффициента теплопередачи от температуры наружного воздуха при переменном его расходе. Определены исходные данные для совершенствования конструктивного решения теплообменного оборудования и разработки алгоритма его функционирования в рациональном диапазоне теплотехнических характеристик.

**Ключевые слова:** теплообменник; теплоутилизатор; этиленгликоль; промежуточный теплоноситель; переменный расход воздуха; температура; теплопоступление.

В настоящее время при решении инженерных задач особое внимание уделяется вопросам повышения энергоэффективности. В любые сферы и системы, затрагивающие процесс жизнедеятельности человека, стремительно внедряются энергосберегающие технологии. Рациональное использование энергии может быть реализовано при утилизации теплоты, что наиболее актуально при кондиционировании воздуха помещений больших объемов [1, 2].

В системах утилизации теплоты теплообменники-теплоутилизаторы работают по принципу передачи теплоты, забираемой из удаляемого воздуха, приточному воздуху. Среди утилизаторов теплоты наибольшую популярность приобрели тепловые насосы и рекуперативные теплоутилизаторы. Следует отметить, что при рекуперации теплоты теплообмен осуществляется между воздушными потоками, происходящими через разделяющую

© Шичкин В. В., Жерлыкина М. Н., Гармонов К. В., Соловьев С. А., 2020

перегородку.

На сегодняшний день рынок рекуператоров широко представлен и отечественными, и зарубежными торговыми марками – такими как Wesper (Франция), VTS Clima (Польша), Ругох (Швеция), Clivet (Италия), Lennox (США), IV-produkt (Швеция), Remak (Чехия), Веза (Россия), Мовен (Россия), Арктос (Россия) и другие. Однако для каждого объекта строительства в зависимости от технологического процесса необходим индивидуальный подход к подбору оборудования. Поэтому оборудование этого класса чаще всего изготавливается и поставляется только на заказ. В связи с этим при проектировании систем обеспечения микроклимата многофункциональных помещений больших объемов необходимо не только корректно подобрать теплообменник, но и разработать систему утилизации теплоты, работающей в оптимальном режиме.

Основной вид рекуператоров – пластинчатые рекуперативные теплоутилизаторы, которые по конструкции можно разделить на перекрестные и противоточные; роторные и гликолевые [3].

Сравнительный анализ характеристик современных теплоутилизаторов, применяемых в системах климатизации общественных зданий, представлен в табл. 1.

Сравнительный анализ характеристик теплоутилизаторов

Таблица 1

	Тип теплоутилизатора			
Параметр	пластинчатый	роторный	с промежуточным теплоносителем	
Максимальная эффективность	70%	80%	55%	
Возможность передачи влаги	нет	незначительная (конденсационный ротор) более высокая (энтальпийный ротор) максимальная (сорбционный ротор)	нет	
Приточная и вытяжная часть должны быть объединены	да	да	нет	
Соотношение длин блоков	максимальная	минимальная	средняя	
Возможность перетока воздуха через неплотности конструкции	незначительный (до 0,1%)	количество и направление зависит от расположения вентиляторов	отсутствует	
Необходимость защиты от замораживания	да	да	да	
Необходимость отвода конденсата	да (в приточной и вытяжной части)	нет	да (в вытяжной части)	
Возможность изготовления в гигиеническом исполнении	да	да (для энтальпийного и сорбционного ротора при условии перетока приточного воздуха в вытяжной)	да	
Возможность использования при наличии в вытяжном воздухе сильнопахнущих веществ	да	нет	да	

Продолжение	табл.	1
-------------	-------	---

	Тип теплоутилизатора			
Параметр	пластинчатый	роторный	с промежуточным теплоносителем	
Наличие подвижных частей, требующих технического обслуживания	нет	да	да	
Возможность изготовления во взрывозащищенном исполнении	да	нет	да	
Необходимость периодической очистки	да	нет (обладают свойством самоочистки)	да	

Отличительной особенностью климатизации многофункционального помещения является переменный расход воздуха в системе в зависимости от режима его использования. В этом случае для возможности большего числа вариаций работы системы наиболее рационально выбрать теплообменник, в котором не объединены приточная и вытяжная часть, т.е. теплоутилизатор с промежуточным теплоносителем, например, гликолевый рекуператор, в котором как промежуточный тепло-хладоноситель используют этиленгликолевый раствор.

В [4, 5] представлена схема системы рекуперации с промежуточным теплоносителем и дополнительным теплообменником от холодильной машины (рис. 1).

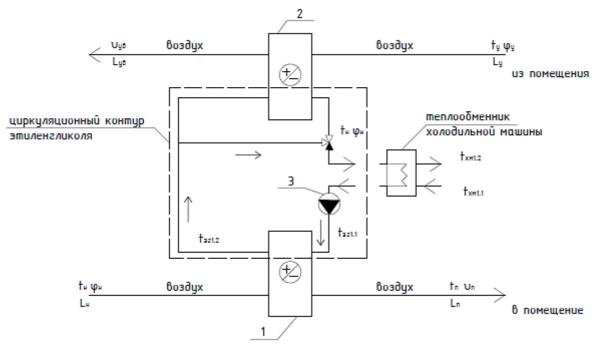


Рис. 1. Принципиальная схема системы рекуперации холодоносителя в теплый период года: 1 — рекуператор приточной системы, 2 — рекуператор вытяжной системы, 3 — трехходовой кран;  $t_{\rm y}$ ,  $\phi_{\rm y}$ ,  $L_{\rm y}$  — температура, °C, относительная влажность, %, объемный расход, м³/ч, уходящего воздуха;  $t_{\rm y}$ ,  $\phi_{\rm y}$ ,  $L_{\rm y}$  — температура, °C, относительная влажность, %, объемный расход, м³/ч, удаляемого воздуха;  $t_{\rm n}$ ,  $\phi_{\rm n}$ ,  $L_{\rm n}$  — температура, °C, относительная влажность, %, объемный расход, м³/ч, приточного воздуха;  $t_{\rm h}$ ,  $\phi_{\rm h}$ ,  $L_{\rm h}$  — температура, °C, относительная влажность, %, объемный расход, м³/ч, наружного воздуха;  $t_{\rm or1,1}$ ,  $t_{\rm or1,2}$  — температура этиленгликоля на входе и на выходе в теплообменник, соответственно, внутри замкнутого контура;  $t_{\rm xm1.1}$ ,  $t_{\rm xm1.2}$  — температура холодоносителя на входе и на выходе, соответственно, в тепло-обменник холодильной машины

Как следует из рис. 1, наружный воздух с параметрами  $t_{\rm H}$ ,  $\varphi_{\rm H}$ ,  $L_{\rm H}$  поступает в теплообменник рекуператора приточной системы 1, в котором происходит процесс теплообмена воздуха с раствором этиленгликоля. После рекуператора 1 воздух поступает в помещение с параметрами  $t_{\rm II}$ ,  $\varphi_{\rm II}$ ,  $L_{\rm II}$ . Внутри установки циркуляция раствора этиленгликоля происходит по малому кольцу «теплообменник холодильной машины — рекуператор 1». Рекуператор вытяжной системы 2 в теплый период года (ТПГ) с помощью трехходового крана 3 отключается. Раствор гликоля охлаждается в теплообменнике холодильной машины и использует теплообменник рекуператора в качестве воздухоохладителя для охлаждения наружного воздуха.

Конструктивно гликолевый теплоутилизатор включает два теплообменника, которые соединены друг с другом, и образуют замкнутый контур, по которому движется теплоноситель. Один из змеевиков теплообменника размещают в подающем канале, а другой в вытяжном. В холодный период года вытяжной змеевик работает на охлаждение, а приточный — на обогрев. В теплый период года их задание меняется. Конденсационные ванны с гидравлическим затвором служат для собирания и удаления конденсата. Контроль мощности рекуператора делают при помощи трехходового регулировочного вентиля. При работе с взрывоопасными средами и во всех случаях, когда удаляемым и поступающим потокам нельзя соприкоснуться, использование гликолевого рекуператора является единственно правильным решением. Отдаленность в просторе змеевиков гликолевого теплоутилизатора — неоспоримое преимущество при обновлении и усовершенствовании существующих систем вентиляции.

Объектом исследования выбран многоцелевой концертный зал Event-Hall, расположенный в г. Воронеж, площадь которого составляет 2100 м². Конфигурации зрительного зала позволяют проводить мероприятия разного формата [6].

Произведен расчет часового расхода воздуха в зависимости от количества теплоты, поступающей от посетителей в ТПГ [7]. За расчетные параметры в ТПГ приняты: температура и энтальпия наружного воздуха, нормируемые СП 131.13330.2012 «Строительная климатология»,  $t_H$ =29 °C и  $J_H$ =57 кДж/кг соответственно; температура внутреннего воздуха помещения (в обслуживаемой зоне), нормируемая ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»,  $t_B$ =23 °C.

Результаты расчетов расхода воздуха в зависимости от величин потоков вредных выделений представлены в табл. 2.

Расчетный расход воздуха в многофункциональном помещении

Таблица 2

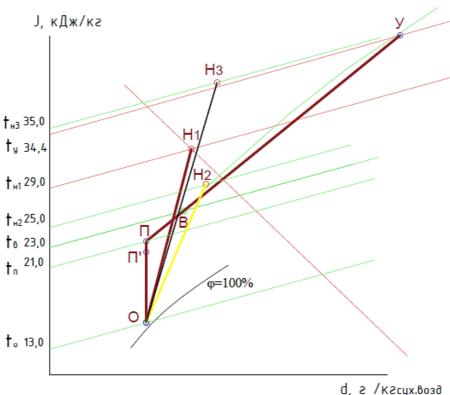
Конфигурация зала	Максимальное количество посетителей, чел.	Расход воздуха, $G$ , кг/ч, по тепловыделениям от людей	Явные теплопоступления от людей, $Q^{s}_{\ \ л}$ , Вт
1. Трибуны с полной посадкой людей	2200	81141	152900
2. Танцевальный партер с трибуной	3000	73112	273500
3. Танцевальный партер	5000	136333.3	510000
4. Ринг плюс трибуны	1500	29672,5	111000
5. Торжественные мероприятия	1000	39274,7	74000
6. Выставочный павильон	500	22556,4	42500

В ТПГ рекуперация теплоты возможна при высокой наружной температуре, но из-за больших теплопоступлений в помещении, а, следовательно, высокой температуры удаляемого воздуха, она малоэффективна.

Задачей настоящего исследования является сравнение коэффициента теплопередачи для заданной площади теплообменника при различных режимах использования многофункционального зала и определение эффективности его работы в зависимости от теплосодержания воздуха.

Для проведения численного эксперимента согласно данным табл. 2 выбран центральный кондиционера AIRNEP-M40, просчитаны параметры теплоносителя в контуре теплообменника. Площадь фронтального сечения центрального кондиционера AIRNEP-M40 составляет  $f_{\rm B}$ =11 м², площадь живого сечения одной медной трубки  $f_{\rm W}$ =0,0001108 м², расстояние между трубками 2,5м, высота трубной решетки  $H_{\rm Tp}$ = 2,7м. В качестве теплоносителя использован 40%-ный раствор этиленгликоля.

На *Id*-диаграмме состояния влажного воздуха выполнено построение процессов обработки воздуха в центральном кондиционере (рис. 2).



и, 2 / кесух.оозо
Рис. 2. Построение процессов обработки воздуха в центральном кондиционере в ТПГ:

точка O — состояние воздуха на входе в теплообменник;  $\Pi$  — состояние воздуха на выходе из теплообменника;  $\Pi$  — состояние приточного воздуха; Y — состояние уходящего воздуха;  $H_1$  — состояние наружного воздуха при  $t_{\rm H2}$ =29 °C;  $H_2$  — состояние наружного воздуха при  $t_{\rm H2}$ =25 °C;

 $H_3$  – состояние наружного воздуха при  $t_{\rm H3}$ =35 °C

Процесс  $OH_1$  характеризует изменение параметров воздуха при нормативных значениях наружного воздуха,  $OH_2$  — при минимальной разнице температур между внутренним и наружном воздухом,  $OH_3$  — при максимальной температуре наружного воздуха, указанной производителем оборудования в качестве максимально допустимой для его работы.

Определяем конечную температуру воды на выходе из теплообменника,  $t_{wk}^{BO}$ , °C, по формуле:

$$t_{wk}^{\text{BO}} = t_{w_H}^{\text{BO}} + W(t_{\text{H}} - t_{\text{o}}), \tag{1}$$

где W— показатель отношения теплоемкости потоков, принимаем равным при  $t_{\rm H1}$  — равным 0,3, при  $t_{\rm H2}$ — равным 0,4, при  $t_{\rm H3}$  равным — 0,2;  $t_{\rm WH}{}^{\rm BO}$ — начальная температура воды на входе в теплообменник, равная температуре точки росы, определяется по рис. 2,  $t_{\rm H}$  —температура

наружного воздуха,  $t_{\rm H1}$ =29 °C,  $t_{\rm H2}$ =25 °C,  $t_{\rm H3}$ =35 °C;  $t_{\rm o}$  – конечная температура охлаждения воздуха (рис. 2), равная 13 °C.

В эксперименте – разность  $\Delta t_w = t_{wk}{}^{BO} - t_{wh}{}^{BO}$  принята в диапазоне температур от 2 до 6 °C путем изменения величины W.

Показатель теплотехнической эффективности определяется по формуле:

$$\Theta_t = \frac{t_{_{\mathrm{H}}} - t_{wk}^{\mathrm{BO}}}{t_{_{_{\mathrm{H}}}} - t_{wy}^{\mathrm{BO}}}.$$
 (2)

По графику [8] при известных  $\Theta_t$  и W находится значение числа единиц переноса  $N_t$ . Массовая скорость движения воздуха в живом сечении теплообменника,  $\nu \rho$ ,  $\kappa \Gamma/(M^2 \cdot c)$ , определяется по формуле:

$$v\rho = \frac{G_{\rm B}}{3600 \cdot f_{\rm B}},\tag{3}$$

где  $G_{\rm B}$  – расход воздуха, кг/ч;  $f_{\rm B}$  – площадь фронтального сечения теплообменника, м<sup>2</sup>.

Расход теплоносителя при оптимальном значении эквивалента W определяется по формуле:

$$G_{_{\mathbf{K}}} = \frac{G_{_{\mathbf{B}}} \cdot c_{_{\mathbf{B}}}}{W \cdot c_{_{\mathbf{K}}}},\tag{4}$$

где W=0,3;  $c_{\text{в}}$  – теплоемкость воздуха, равная 1,005 кДж/(кг·°С);  $c_{\text{ж}}$  – теплоемкость промежуточного теплоносителя, равная 3,39 кДж/(кг·°С);  $G_{\text{в}}$  – расход воздуха, кг/ч.

Общее количество трубок, шт, определяется по формуле:

$$N = \frac{p \cdot H_{\rm rp}}{h_{\rm go}},\tag{5}$$

где  $h_{\text{во}}$  – шаг труб по высоте, м,  $h_{\text{во}}$ =0,05 м;  $H_{\text{тр}}$  – высота трубной решетки, м,  $H_{\text{тр}}$ =2,7 м; p – число рядов, по [9] принято равным 10; N=10·2,7 / 0,05 = 540 шт.

Число трубок, подключаемых к подающему коллектору, шт., определяется по формуле:

$$m = \frac{N}{n},\tag{6}$$

где N – общее число трубок, шт.; n – число ходов, по [8] принято равным 2; m = 540 / 2 = 270 шт.

Скорость движения теплоносителя в трубках теплообменника определяется по формуле:

$$w_{*} = \frac{G_{*}}{3600 \cdot f_{*} \cdot m \cdot \rho_{*}}, \tag{7}$$

где  $G_{\text{ж}}$  – расход теплоносителя, кг/ч;  $f_{\text{ж}}$  –площадь живого сечения одной медной трубки,  $f_{\text{w}}$  =0,0001108 м<sup>2</sup> [8]; m– число трубок, подключаемых к подающему коллектору, шт.;  $\rho_{\text{ж}}$  – плотность теплоносителя,1067 кг/м<sup>3</sup>.

Коэффициент теплопередачи,  $BT/(M^2 \cdot {}^{\circ}C)$ , определяется по формуле:

$$K^{\text{BO}} = 21,68 \cdot (\nu \rho)^{0.37} \cdot (w_{_{\text{\tiny M}}})^{0.18}, \tag{8}$$

$$K^{\text{BO}} = 21,68 \cdot (3,4)^{0.37} \cdot (1,16)^{0.18} = 35,0 \,\text{BT/(M}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}).$$

Требуемая площадь поверхности теплообменника, м<sup>2</sup>, определяется по формуле:

$$F_{\rm Tp}^{\rm BO} = \frac{N_{\rm t} \cdot G_{\rm B} \cdot C_{\rm B}}{3.6 \cdot p \cdot K^{\rm BO}}, \tag{9}$$

$$F_{\rm TP}^{\rm BO} = \frac{1,4 \cdot 136333, 3 \cdot 1,005}{3,6 \cdot 10 \cdot 35,0} = 152,2 \,\mathrm{m}^2.$$

Площадь поверхности теплообменника, рассчитанная при нормируемой температуре наружного воздуха, принята при выборе оборудования и используется в численном эксперименте, результаты которого представлены в табл. 3.

Таблица 3 Определение теплотехнической эффективности и коэффициента теплопередачи теплообменника при различных температурах наружного воздуха

$t_{_{ m H}}$ , ${}^{ m o}{ m C}$	$t_{wk}^{\mathrm{BO}}$ , °C	$\Theta_{t}$	$N_t$	$v ho$ , $\kappa\Gamma/({ ext{m}}^2 \cdot  ext{c})$	$G_{\scriptscriptstyle{\mathbbmsptok}}$ , кг/ч	<i>W</i> <sub>ж</sub> ,м/c	$K^{\mathrm{BO}},$ $\mathrm{Br/(M^2.\circ C)}$
25	16,8	0,6	1,05	3,4	101043,5	0,88	26,25
29	16,8	0,7	1,4	3,4	134054,4	1,16	35,0
35	16,4	0,8	1,7	3,4	202087,0	1,76	42,5

Определение коэффициента теплопередачи теплообменника при переменном расходе воздуха представлено в виде зависимости:

$$K^{\text{BO}} = \frac{N_t \cdot G_{\text{B}} \cdot c_{\text{B}}}{3.6 \cdot p \cdot F_{\text{TD}}^{\text{BO}}}.$$
 (10)

Результаты расчета коэффициента теплопередачи теплообменника при переменном расходе воздуха представлено в табл. 4.

Таблица 4 Результаты расчета коэффициента теплопередачи теплообменника при переменном расхоле возлуха

при переменном раскоде воздука					
	Значение коэффициента теплопередачи, $K^{BO}$ , $Br/(M^2 \cdot C)$				
Конфигурация зала					
	<i>t</i> <sub>H</sub> =29 °C	<i>t</i> <sub>H</sub> =25 °C	<i>t</i> <sub>H</sub> =35 °C		
1. Трибуны с полной посадкой людей	20,8	15,6	25,3		
2. Танцевальный партер с трибуной	18,3	14,0	22,8		
3. Танцевальный партер	35,0	26,25	42,5		
4. Ринг плюс трибуны	7,6	5,7	9,2		
5. Торжественные мероприятия	10,1	7,6	12,2		
6. Выставочный павильон	5,8	4,3	7,0		

Определение расчетного значения коэффициента теплопередачи теплообменника, используемого в системе рекуперации холодоносителя, при различных режимах использования многофункционального помещения представлено на рис. 3.

Таким образом, расчетные значения коэффициента теплопередачи при различных режимах использовании помещения находятся в рабочей области. Однако имеет место значительное отклонение расчетных значений величины от рабочего, соответствующего принятой марки и типоразмера теплообменника. Следовательно, для системы рекуперации холодоносителя, представленной на рис. 1, требуются дополнительные исследования и разработка конструктивного решения и принципа работы теплообменного аппарата с учетом специфики объекта строительства.

Стоит также отметить, что на рис. 3 имеет место область значений, выходящих за пределы рабочей области. Для выявления возможности применения системы рекуперации с промежуточным теплоносителем в этом случае выполнены дополнительные исследования: определена температура воздуха после теплообменника при максимальной температуре  $t_{\rm H}$ =35 °C для конфигурации зала № 3 (табл. 2) по расчетным параметрам теплообменника при  $t_{\rm H}$ =29 °C и построен процесс на Id-диаграмме состояния влажного воздуха (рис. 4). Температура воздуха после теплообменника определялась по формуле:

$$t_{\rm o} = t_{\rm H} - \frac{t_{wk}^{\rm BO} - t_{wn}^{\rm BO}}{W}$$
 (11)

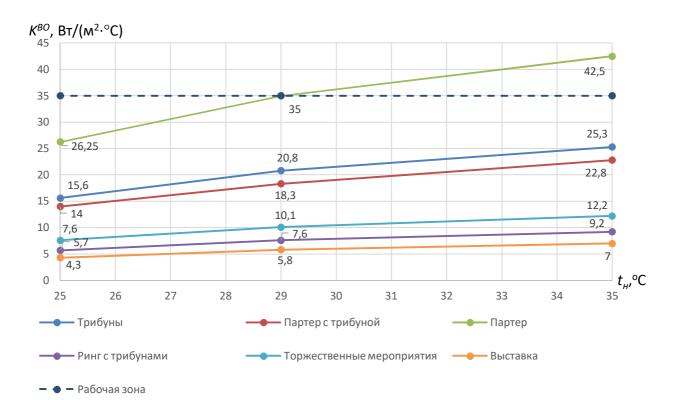


Рис. 3. График зависимости коэффициента теплопередачи от температур наружного воздуха при переменных расходах воздуха

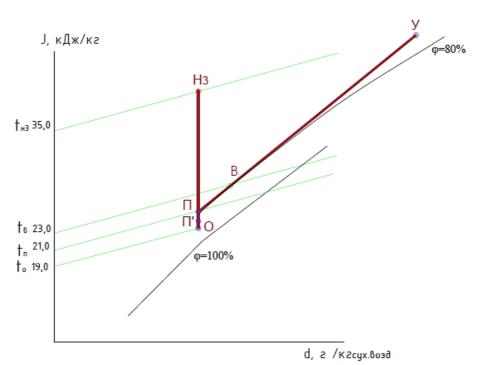


Рис. 4. Построение процессов обработки воздуха в центральном кондиционере в ТПГ при параметрах наружного воздуха, превышающих нормативные значения

При анализе процесса обработки воздуха при  $t_{\rm H}$ =35 °C (рис. 4) установлено, что нормативное значение влажности в помещении значительно больше оптимальных величин

[10], а теплообменник с расчетной площадью не удовлетворят требованию по максимальной скорости жидкости в трубках.

#### Заключение.

Обосновано, что для обеспечения энергосбережения системы кондиционирования воздуха многофункциональных помещений общественных зданий наиболее рациональным решением является применение системы рекуперации холодоносителя с промежуточным теплоносителем. Для обработки приточного воздуха рекомендуется предусматривать гликолевый теплоутилизатор.

Выполнены исследования режима работы теплообменника при разных теплопоступлениях в помещении, указывающие на необходимость совершенствования конструктивного решения оборудования и разработки алгоритма его функционирования в рациональном диапазоне теплотехнических характеристик.

Установлено, что при значениях наружного воздуха, близких к +35 °C, указанных производителями климатического оборудования как максимально допустимые для его работы, невозможно использовать предложенную схему рекуперации холодоносителя в ТПГ. Данные выводы следует учитывать при совершенствовании конструкции теплообменного оборудования с целью обеспечения продолжения работы системы рекуперации при достижении высоких значений параметров наружного воздуха.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. **Жерлыкина, М. Н.** Обеспечение энергосбережения СКВ предприятий общественного питания/ М. Н. Жерлыкина, Т. В. Щукина, Е. И. Лобов// Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. -2018. № 3(6). С. 34-42.
- 2. **Богуславский, Л. Д.** Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: справочное пособие / Л. Д. Богуславский [и др.]. Москва: Стройиздат, 1990. 624 с.
- 3. **Мерщиев, А. А.** Рекуперация тепла в здании / А. А. Мерщиев, И. П. Мерщиева // Инженерные системы и сооружения. -2013. -№ 4. C. 16-21.
- 4. **Свердлов, А. В.** Современные технологии рекуперации тепла в климатическом оборудовании / А. В. Свердлов // ABOK. -2014. -№ 3. C. 28-30.
- 5. Свердлов, А. В. Температурный расчет системы рекуперации тепла Econet / А. В. Свердлов // ABOK. -2015. N 2. C. 22.
- 6. **Шичкин, В. В.** Обоснование применения рекуперации теплоты вентиляционного воздуха при климатизации универсальных быстротрансформирующихся зданий / В.В. Шичкин, М.Н. Жерлыкина, С.А. Яременко, С.А. Соловьев // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. − 2020. − № 1 (12). − С. 40-48.
- 7. **Лобанов**, **Д. В.** Учет комплекса параметров при оценке состояния микроклимата в помещении / Д.В. Лобанов, В.В. Шичкин // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. -2017. № 4(3). С. 70-75.
- 8. **Жерлыкина, М. Н.** Кондиционирование воздуха и холодоснабжение общественных зданий: учебное пособие / М. Н. Жерлыкина. Воронеж: Воронежский ГАСУ, 2011. 128 с.
- 9. **Белова, Е. М.** Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях / Е. М. Белова. Москва: Евроклимат, 2006. 640 с.
- 10. **Ливчак, В. И**. О нормах воздухообмена общественных зданий и последствиях их завышения / В. И. Ливчак // ABOK 2007. № 6 С. 4-9.

Поступила в редакцию 10 мая 2020

## THERMAL MODELING OF HEAT RECOVERY SYSTEM COOLING MEDIUM WITH A VARIABLE AIR FLOW

## V. V. Shichkin, M. N. Zherlykina, K. V. Garmonov, S. A. Solovyov

ShichkinVitaly Vladimirovich, graduate student, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(980)544-13-89; e-mail: adiadi23@mail.ru

Zherlykina Mariya Nikolaevna, Cand. Tech. Sciences, 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: zherlykina@yandex.ru

Garmonov Kirill Valer'evich, Cand. Tech. Sciences, associate Professor, Department hydraulics, water supply and sanitation Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-53-21; e-mail: garmonkir@mail.ru

Solovyov Sergey Anatolyevich, senior teacher, Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(960)123-57-61; e-mail: swiftsnake@rambler.ru

The relevance of the application of energy-saving technologies in the air conditioning system is proved. A comparative analysis of the characteristics of heat exchangers is performed. A solution is proposed to improve energy efficiency by implementing a heat recovery system using a glycol recuperator, when an ethylene glycol solution is used as an intermediate heat carrier. The use of this type of equipment will ensure fire and explosion safety when operating microclimate systems in the premises of a multi-purpose public building. A schematic diagram of the cold carrier recovery system in the warm season is proposed and a detailed description of the principle of its operation is presented. Using The ID-diagram of the state of humid air, the construction of its processing processes in the Central air conditioner during the warm period of the year is performed. A method for calculating the heat transfer coefficient of a heat exchanger and determining its efficiency depending on the heat content of the air is given. A numerical experiment was performed and the value of the heat transfer coefficient of the heat exchanger for variable air flow was determined. A graph of the dependence of the heat transfer coefficient on the temperature of the outdoor air at variable flow rate is constructed. The initial data for improving the design of heat exchange equipment and developing an algorithm for its functioning in a rational range of thermal characteristics are determined.

**Keywords**: heat exchanger; heat recovery unit; ethylene glycol; intermediate heat carrier; variable air flow; temperature; heat gain.

### **REFERENCES**

- 1. **Zherlykina M. N., Shchukina T. V., Lobov E. I.** Ensuring energy saving of air conditioning system of public catering enterprises. Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 3(6). Pp. 34-42. (in Russian)
- 2. **Boguslavsky L. D.** Energy saving in heat supply, ventilation and air conditioning systems. Handbook. Moscow, Stroyizdat. 1990. 624 p. (in Russian)
- 3. **Mershchiyev A. A., Mershchiyeva I. P.** *Recovery is warm in Building*. Engineering systems and constructions. 2013. No. 4. Pp. 16-21. (in Russian)
- 4. **Sverdlov A. V.** *Modern technologies of heat recovery in climatic equipment.* AVOK. 2014. No. 3. Pp. 28-30. (in Russian)
- 5. **Sverdlov A. V.** *Temperature calculation of heat recovery system Econet.* AVOK. 2015. No. 2. Pp. 22. (in Russian)
- 6. Shichkin V. V., Zherlykina M. N., Yaremenko S. A., Solovyov S. A. *Justification of use heat recovery ventilation air in the air condition universal fast-transforming buildings*. Housing and utilities infrastructure. 2020. No. 1(12). Pp. 40-48. (in Russian)
- 7. **Lobanov D. V., Shichkin V. V.** *Onsideration of the complex parameters in the assessment of indoor climate.* Housing and utilities infrastructure. 2017. No. 4(3). Pp. 70-75. (in Russian)

- 8. **Zherlikina M. N.** *Air conditioning and cooling of public buildings.* Voronezh, Voronezh State Architectural and Construction University. 2011. 124 p. (in Russian)
- 9. **Belova E. M.** *Central air conditioning systems in buildings.* Moscow, Euroclimat. 2006. 640 p. (in Russian)
- 10. **Livchak V. I.** On the norms of air exchange in public buildings and the consequences of their overstatement. AVOK. 2007. No. 6. Pp. 4-9. (in Russian)

Received 10 May 2020

#### Для цитирования:

Теплотехническое моделирование теплообменника системы рекуперации холодоносителя с переменным расходом воздуха / В. В. Шичкин, М. Н. Жерлыкина, К. В. Гармонов, С. А. Соловьев // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2020. – № 2(13). – С. 46-56.

#### FOR CITATION:

Shichkin V. V., Zherlykina M. N., Garmonov K. V., Solovyov S. A. Thermal model ing of heat recovery system cooling mediumwith a variable air flow. Housing and utilities infrastructure. 2020. No. 2(13). Pp. 46-56. (in Russian)

## ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ, РЕСТАВРАЦИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВО

## CITY. RECONSTRUCTION, RESTORATION AND LANDSCAPING

УДК 004.94:721.021.23

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЖИЛОГО ДОМА СРЕДНЕЙ ЭТАЖНОСТИ В ОКТЯБРЬСКОМ РАЙОНЕ ГОРОДА ТАМБОВА

### Т. Ф. Ельчищева, В. А. Жиркова

Ельчищева Татьяна Федоровна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры архитектуры и строительства зданий, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Российская Федерация, тел.: +7(4752)63-93-73; e-mail: elschevat@mail.ru

Жиркова Валерия Алексеевна, студент кафедры архитектуры и строительства зданий, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Российская Федерация, тел.: +7(953)128-27-73; e-mail: lerkofantazy2018@yandex.ru

В работе описываются этапы разработки основного набора чертежей и создания объемной 3D-модели жилого дома средней этажности с проработкой генерального плана и графическим оформлением проекта на подрамнике. В процессе проектирования использовались учебные версии программного обеспечения для 3D-моделирования и обработки фотографий. Технология моделирования объектов позволила создать реалистичное перспективное изображение объекта, материальность всех конструктивных элементов, солнечные тени от выступающих частей, антураж с прилежащей застройкой, транспортными и пешеходными дорогами. Строительство жилых безлифтовых домов в 3...5 этажей на территории города Тамбова является актуальным, поэтому концепция проектируемого объекта была направлена на разработку комплекса квартир для семей с детьми в Октябрьском районе города рядом с парковой зоной.

**Ключевые слова:** жилой дом средней этажности; 3D-моделирование; технический чертеж; проектирование; рендеринг.

В мире современных технологий умение работы с программным обеспечением для проектирования и 3D-моделирования является необходимым для успешной деятельности специалиста-архитектора [1]. Именно поэтому практика работы с такими программами начинается с выполнения курсовых проектов в архитектурных вузах. Компьютерные технологии позволяют не только создавать чертежи и перспективные изображения, но и автоматически производят, необходимый для дальнейшего строительства, пакет сопутствующих документов. Проект жилого дома средней этажности является одним из таких учебных проектов для разработки студентами с помощью программ ARCHICAD 21 и Adobe Photoshop [2].

Задачами, поставленными перед данной работой, являются:

- ✓ предпроектный анализ градостроительной ситуации с учетом потоков автомобилей и пешеходов, расчетом допустимой площади и объема строительства, организации схемы земельного участка;
- ✓ разработка творческого проектного решения объекта с учетом функциональных, эстетических и технических нормативных требований к жилым зданиям;
- ✓ выполнение поэтажных планов, фасадов, разреза, генерального плана и объемной модели безлифтового жилого дома с помощью программного обеспечения;
  - ✓ графическое оформление проекта на подрамнике.

В качестве градостроительной ситуации была выбрана территория в жилом районе

© Ельчищева Т. Ф., Жиркова В. А., 2020

г. Тамбова, застроенная мало-, средне- и многоэтажными жилыми зданиями, расположенная на пересечении улиц Советская и Средняя. На начальном этапе работы над проектом осуществлен сбор исходных данных о выбранном земельном участке под строительство.

На ситуационном плане участок территории для застройки выделен штриховкой, серая стрелка указывает направление «на север» (рис. 1). Исходя из того, что проектируемый объект главным фасадом ориентируется на пересечение двух улиц, актуальным является проектирование здания с угловым акцентом композиции. В шаговой доступности для будущих жителей дома находятся продуктовые магазины, детский сад «Возрождение», политехнический колледж, парк «Автогородок» и остановка общественного транспорта.

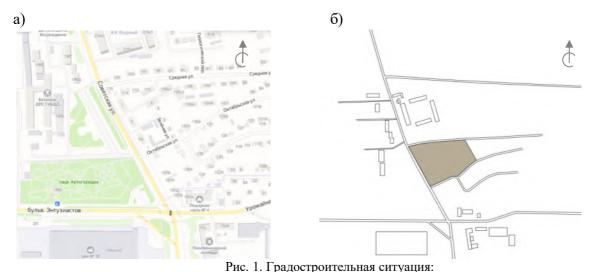


Рис. 1. 1 радостроительная ситуация: а – карта-схема прилегающих кварталов; б – ситуационный план участка застройки

Исходя из анализа земельного участка следует, что заезд на территорию двора может осуществляться с северной и западной стороны относительно будущего здания. Площадь участка строительства составляет 1,2 га. При разработке проекта здания на заданной территории учитывалось расположение окон квартир жилого дома относительно сторон горизонта, размещение дворового фасада с обратной стороны от проезжей части, а также соблюдение нормативного расстояния от красной линии до застройки, регламентируемые в СП 372.1325800.2018 «Здания жилые многоквартирные».

Второй этап работы заключался в поиске концептуальной идеи, включающей не только интересное композиционное решение, но и благоприятные условия среды для комфортного проживания каждого человека. Создание эскизных набросков позволило найти необычную архитектурную форму с помощью черновой схемы плана здания. После этого были выполнены чертежи поэтажных планов, разрез, проработаны эскизные варианты фасадов здания.

Площадь застройки составляет 3000 м<sup>2</sup>. Высота этажа здания была принята равной 3 м. План жилого безлифтового дома средней этажности разрабатывался на 108 квартир в 6-ти секциях: торцевой, двумя рядовыми и тремя поворотными, при этом каждая секция дома занимает 500 м<sup>2</sup>. Торцевая трехэтажная и рядовые четырехэтажные секции включают 1-о, 2-х, 3-х и 4-х комнатные квартиры с лоджиями. Поворотные четырехэтажные и пятиэтажные секции включают в себя одно-, двух- и трехкомнатные квартиры с лоджиями.

Третий этап работы заключался в создании электронных чертежей с помощью программного обеспечения ARCHICAD 21 в учебной версии [3]. Нанесенная сетка осей с размерными линиями позволила выстроить несущие конструкции здания — внешние и внутренние стены, и самонесущие конструкции — перегородки. Окна и двери были выбраны в соответствии с назначением помещений, были выполнены надписи, свидетельствующие о площади и назначении каждого помещения на плане первого и типового этажей [4] (рис. 2).

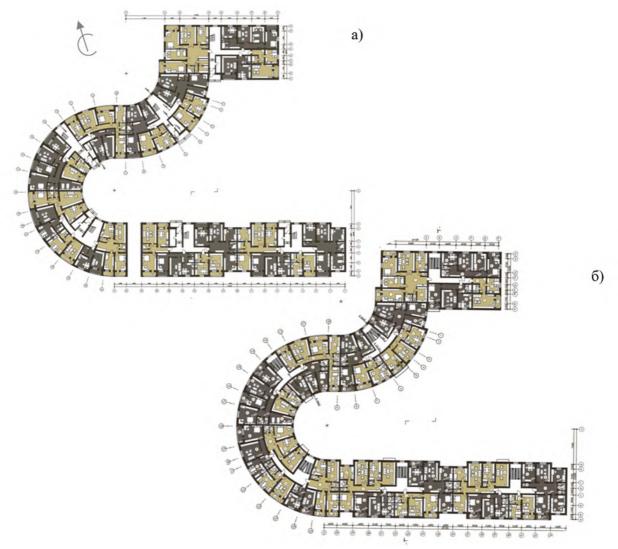


Рис. 2. План жилого дома: а – первый этаж; б – типовой этаж

Для моделирования фасадов (рис. 3) были выбраны параметрические свойства каждой конструкции, использованной в проекте жилого дома. Это позволило задать габаритные размеры, материал, цвет, текстуру и другие параметры. Фасады жилого дома имеют линейное, горизонтальное развитие. Главным акцентом фасадов здания является остекление лоджий, выполненное на вставках из темно-коричневого кирпича. Также используется белый и бежевый кирпич, соответственно, для отделки фасада и декоративных линейных накладок. В качестве основных цветов выбраны белые, темно- и светло-коричневые оттенки кирпича. В окнах используется тонированное светлое стекло. Использование коричневого цвета в отделке фасадов способствует состоянию покоя, а натуральные оттенки способствуют балансированию связи между человеком и природой [5], поэтому выбранный экстерьер здания способствует созданию комфортных условий пребывания в дворовой зоне.

Чертеж генерального плана выполнен с соблюдением необходимых градостроительных, санитарных и противопожарных нормативных требований и разрывов [6] в увязке с существующей окружающей застройкой. Озеленение прилегающей территории предусмотрено с помощью устройства газонов, деревьев и кустарников. Деревья, высаживаемые у здания, располагают таким образом, что посадки не препятствуют инсоляции и освещенности жилых и общественных помещений [7].



Рис. 3. Фасады жилого дома: а – дворовый фасад; б – южный фасад

Во дворе жилого дома располагаются площадки для отдыха жителей, детские площадки, теневые навесы, перголы (рис. 4). Площадки для отдыха и детские площадки запроектированы площадью в соответствии с действующими нормативами и находятся на расстоянии не более 100 м от жилого дома. На территории, прилегающей к застройке, запроектированы асфальтовые проезды шириной 3,5...5,5 м и открытые автостоянки для временного хранения автомобилей жителей дома. Вдоль фасадов, внутридворовых и прилегающих проездов устраиваются тротуары шириной 1,2...1,5 м с покрытием из тротуарной плитки [8]. Проезд во внутренний двор дома запроектирован с двух сторон, в соответствии с СП 372.1325800.2018 «Здания жилые многоквартирные», т.к. длина здания превышает 100 м.

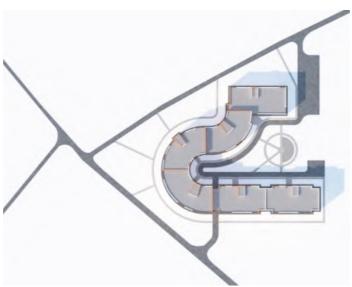


Рис. 4. План придомовой территории

Ветровая нагрузка на здание и прилегающую территорию учитывалась с помощью «розы ветров» для г. Тамбова в январе и июле (рис. 5). Полузакрытая форма жилого дома не только защищает двор от преобладающих южных направлений ветра в январе и северозападных в июле, но и создает у жителей чувство защищенности и уединенности от проезжей части, других зданий и городского шума [9]. Разная этажность секций выполняет роль

динамичной композиции фасадов и позволяет выделять секции, направленные на основную улицу.

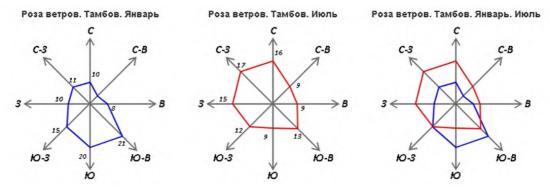


Рис. 5. Роза ветров в г. Тамбов в январе и июле

Финальным этапом был выполнен рендеринг перспективного изображения жилого дома [10] и прилегающей территории с твердым покрытием транспортных и пешеходных сетей, с построением солнечных теней от элементов здания (рис. 6). Затем все электронные чертежи были размещены на подрамнике размером  $1 \times 1$  м и скомпонованы с учетом единой цветовой композиции (рис. 7).



Рис. 6. Перспективное изображение жилого дома

Жилые дома средней этажности — основной вид массового строительства в городах и поселениях городского типа. Строительная стоимость их сравнительно невелика, благодаря применению несложных конструкций, невысокой материалоемкости, отсутствию дорогостоящих в строительстве и эксплуатации лифтовых устройств. Поэтому наибольшее распространение получили четырех- и пятиэтажные дома, относительно простые в строительстве, экономичные и достаточно удобные для проживания. Представленный проект разработан с учетом всех норм проектирования в соответствии с СП 372.1325800.2018 «Здания жилые многоквартирные», СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» и других строительных норм и правил.



Рис. 7. Графическое оформление проекта на подрамнике

## Заключение.

Предпроектный анализ градостроительной ситуации, выполненный с учетом потоков автомобилей и пешеходов, и обоснованный расчетом допустимой площади и объема строительства позволил разработать проект организации схемы земельного участка, соответствующий современным нормативным требованиям.

Творческий подход к разработке проектного решения объекта с учетом функциональных, эстетических и технических нормативных требований к жилым зданиям позволил эффективно использовать территорию застройки и подземные коммуникации.

Применение современных технологий 3D-моделирования и программного обеспечения в проектировании жилого здания облегчает процесс создания набора чертежей, соответствующих строительным нормам и правилам, переводит его на более высокий уровень и помогает выполнить реалистичное перспективное изображение проектного решения, готового к реализации.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. **Волошинов,** Д. В. Научные основы и практика проектирования. Теория и методы геометрического моделирования: учебное пособие / Д. В. Волошинов. СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2008. 183 с.
- 2. **Шумилов, К. А.** Реалистичная визуализация в ARCHICAD / К. А. Шумилов // APXИТЕКТУРА СТРОИТЕЛЬСТВО ТРАНСПОРТ. Материалы 72-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного ун-та. 2016. С. 30-34.
- 3. **Вавин, А. А.** Архитектурное моделирование многоэтажного здания в системе ARCHICAD / А. А. Вавин, В. Н. Уткина // ОГАРЁВ-ONLINE. 2019. № 5(126). С. 2.
- 4. **Демина, А. В.** Многоэтажное жилое здание: методические указания к курсовому проекту / А. В. Демина. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. 16 с.
- 5. **Урванцев,** Л. П. Психология восприятия цвета: методическое пособие / Л. П. Урванцев. Ярославль: Изд-во ЯГУ, 1981. 65 с.
- 6. **Маклакова, Т. Г.** Проектирование жилых и общественных зданий / Т. Г. Маклакова, С. М. Нанасова, В. Г. Шарапенко. М.: Высш. шк., 1998. 399 с.
- 7. **Миловидов, Н. Н.** Жилые здания / Н. Н. Миловидов, Б. Я. Орловский. М.: Высш. шк., 1987. 150 с.
- 8. **Михасик, П. В.** Жилой дом средней этажности для молодых семей / П. В. Михасик // Международный научно-исследовательский журнал. -2015. -№ 5-3(36). C. 106-108.
- 9. **Тагиров, Ю. И.** Концепция формирования территории жилой застройки / Ю. И. Тагиров // Градостроительство. -2015. № 6(40). С. 57-66.
- 10. Степанова, Е. А. Многоэтажная жилая застройка: современное представление и перспективы развития / Е. А. Степанова, Е. О. Суриков // Вестник факультета землеустройства Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. − 2016. − № 2. − С. 71-73.

Поступила в редакцию 15 апреля 2020

## MODELING A RESIDENTIAL HOUSE OF A MIDDLE FLOOR IN THE OCTOBER DISTRICT OF TAMBOV

## T.F. Elchisheva, V.A. Zhirkova

Elchisheva Tatyana Fedorovna, Cand. Tech. Sciences, associate Professor, Department of architecture and building construction, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation, phone: +7(4752)63-93-73; e-mail: elschevat@mail.ru

Zhirkova Valeria Alekseevna, student, Department of architecture and building construction, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation, phone: +7(953)128-27-73; e-mail: lerkofantazy2018@yandex.ru

The paper describes the stages of development of the basic set of drawings and the creation of a 3D volumetric model of a mid-rise residential building with elaboration of the general plan and graphic design of the project on a stretcher. In the design process, educational versions of software for 3D modeling and photo processing were used. The technology of modeling the objects allowed to create a realistic perspective image of the object, the materiality of all structural elements, sunny shadows from the protruding parts, the surroundings with adjacent buildings, transport and pedestrian roads. The construction of residential elevator-free houses of 3-5 floors on the territory of the city of Tambov is relevant, therefore, the concept of the projected object was aimed at developing a complex of apartments for families with children in the Oktyabrsky district of the city near the park area.

Keywords: fire; mid-rise residential building; 3D-modeling; technical drawing; design; rendering.

#### **REFERENCES**

- 1. Voloshinov D. V. Scientific basis and design practice. Theory and methods of geometric modeling: textbook. St. Petersburg, Publishing House of the Polytechnic University, 2008. 183 p. (in Russian)
- 2. **Shumilov K. A.** Realistic visualization in ARCHICAD. ARCHITECTURE CON-STRUCTION TRANSPORT, Materials of the 72nd scientific conference of professors, teachers, scientists, engineers and graduate students of the university, St. Petersburg, Publishing House of St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. 2016. Pp. 30-34. (in Russian)
- 3. Vavin A. A., Utkina V. N. Architectural modeling of a multi-storey building in the ARCHICAD system. OGAREV-ONLINE. 2019. No. 5(126). Pp. 2. (in Russian)
- 4. **Demina A. V.** *Multi-storey residential building: guidelines for the course project.* Tambov, Publishing house of Tamb. state tech. University. 2007. 16 p. (in Russian)
- 5. **Urvantsev L. P.** *Psychology of color perception. Toolkit.* Yaroslavl, Publishing House of YSU. 1981. 65 p. (in Russian)
- 6. Maklakova T. G., Nanasova S. M., Sharapenko V. G. Design of residential and public buildings. Moscow, Graduate School. 1998. 399 p. (in Russian)
- 7. **Milovidov N. N., Oryol B. Ya.** *Residential buildings.* Moscow, Graduate School. 1987. 150 p. (in Russian)
- 8. **Mikhasik P. V.** *Mid-rise residential building for young families*. International Research Journal. 2015. No. 5-3(36). Pp. 106-108. (in Russian)
- 9. **Tagirov Yu. I.** The concept of the formation of a residential area. Urban planning. 2015. No. 6(40). Pp. 57-66. (in Russian)
- 10. **Stepanova E. A., Surikov E. O.** *Multi-storey residential development: a modern view and development prospects.* Bulletin of the Department of Land Management of St. Petersburg State Agrarian University. 2016. No. 2. Pp. 71-73. (in Russian)

Received 15 April 2020

#### Для цитирования:

**Ельчищева, Т. Ф.** Моделирование жилого дома средней этажности в Октябрьском районе города Тамбова / Т. Ф. Ельчищева, В. А. Жиркова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. -2020. -№ 2(13). -ℂ. 57-64.

#### FOR CITATION:

**Elchisheva T.F., Zhirkova V.A.** Modeling a residential house of a middle floor in the October district of Tambov. Housing and utilities infrastructure. 2020. No. 2(13). Pp. 57-64. (in Russian)

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

УДК 712.4:551.586

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЛЬЕФА НА ФОРМИРОВАНИЕ ЗОН ПОВЫШЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА (НА ПРИМЕРЕ г. ВОРОНЕЖ)

### И. В. Попова, С. А. Куролап, Э. В. Сазонов, О. В. Клепиков, П. М. Виноградов

Попова Ирина Владимировна, канд. геогр. наук, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-52-49; e-mail: iradobr@yandex.ru

Куролап Семен Александрович, д-р геогр. наук, профессор, декан факультета географии геоэкологии и туризма, заведующий кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)266-56-54; e-mail: skurolap@mail.ru

Сазонов Эдуард Владимирович, профессор, д-р техн. наук, профессор кафедры жилищно-коммунального хозяйства,  $\Phi\Gamma$ БОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская  $\Phi$ едерация, тел.: +7(473)271-52-49; e-mail:edsazonov36@yandex.ru

Клепиков Олег Владимирович, д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)266-56-54; e-mail: klepa1967@rambler.ru

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

Природно-климатические особенности всегда оказывали влияние на планировку поселений. Роза ветров определяет направление улиц и размещение функциональных зон города; в зависимости от климатической зоны определяется преимущественная ориентация зданий в пространстве и тип жилища; инсоляционный режим является важным фактором в планировке придомовой территории; режим осадков и ветровые характеристики используются при проектировании конструкций здания. Особенности рельефа местности обычно учитываются при организации поверхностного стока с улиц города. Всесторонний учет природно-климатических факторов необходим для создания комфортной и экологически безопасной городской среды. Особого внимания в городах со сложным рельефом заслуживает горно-долинная циркуляция, которая в условиях антициклональной погоды и радиационном выхолаживании подстилающей поверхности может приводить к образованию зон застоя воздуха, часто загрязненного в городской среде. Исследование влияния рельефа на формирование зон повышенного атмосферного загрязнения проводилось на примере города Воронеж. Инструментами пространственного анализа ArcToolbox в среде ArcGIS 10.5. выполнен геоинформационный анализ уклонов и их крутизны, дано описание зон вероятного скопления воздушных масс и представлена характеристика качества атмосферного воздуха.

**Ключевые слова:** природно-климатические условия; рельеф; горно-долинная циркуляция; загрязнение атмосферного воздуха.

Многовековая практика градостроительства имеет множество примеров удачного сочетания средств архитектуры с природой, свидетельствующих об огромном разнообразии планировочных и композиционных приемов при решении отдельных градостроительных задач, наиболее отвечающих местным природно-климатическим условиям, что оказывает положительное влияние на условия жизни и быта людей [1]. Особенности рельефа мест-

© Попова И. В., Куролап С. А., Сазонов Э. В., Клепиков О. В., Виноградов П. М., 2020

ности играют важную роль при проектировании городской среды и формировании ее планировочной структуры [2]. Наиболее частым вопросом, связанным с рельефом, является организация поверхностного стока с городских территорий [3]. Знания об особенностях рельефа важны также с точки зрения формирования экологически безопасной городской среды при размещении производственных и жилых зон. Рельеф может как благоприятствовать выносу загрязняющих веществ в городах на возвышенности, так и препятствовать рассеиванию выбросов в атмосфере в поселениях котловинного типа.

Неоднозначно этот вопрос стоит в городах со сложным рельефом. При наличии сложного рельефа в приземном слое атмосферы возможно образование горно-долинной циркуляции [4, 5]. Термодинамическое воздействие холмистого рельефа на ветер в предвечерние и ночные часы проявляется в виде нисходящих течений, которые часто прослеживаются при антициклональной погоде с небольшими скоростями градиентного ветра. Наличие таких ветров приводит к образованию зон застоя и выхолаживания воздушных масс в понижениях и к большему различию температур воздуха между повышенными и пониженными участками [6, 7].

В связи с этим нами был проведен анализ влияния рельефа на формирование зон повышенного уровня загрязнения атмосферного воздуха. Исследование проводилось на примере территории города Воронежа.

Воронеж – город в Центральном Черноземье с населением более одного миллиона человек. В административном отношении территория города разделена на 6 муниципальных районов, расположенных на правом и левом берегу. На правом берегу водохранилища расположены Центральный, Ленинский, Коминтерновский и Советский районы, на левом берегу – Железнодорожный и Левобережный. В 50...80-е года 20 века Воронеж являлся крупным центром химической, авиастроительной, машиностроительной и оборонной промышленности. Промышленные предприятия размещались в основном на окраинах города, а сеть улиц и широких проспектов выполняла функцию аэродинамических коридоров, способствующих при господствующем западном ветре выносу загрязненных воздушных масс за черту города [8]. В настоящее время город активно развивается и растет, уплотняется застройка, многие пригородные районы введены в состав городского округа город Воронеж в 2004 году. В связи с этим сохранившиеся промышленные предприятия оказались в кольце жилой застройки, как например, ПАО «СИБУР Холдинг», Воронежская ТЭЦ-1, ЗАО «Воронежский шинный завод», ПАО «ВАСО», ООО УК «Рудгормаш», Воронежский механический завод и др. Многие предприятия были вынесены на территорию индустриального парка «Масловский» [9]. Последние 20-летие основным источником загрязнения атмосферы в Воронеже является автотранспорт [10, 11, 12].

Главной физико-географической особенностью является природная контрастность территории города. Согласно исследованиям некоторых авторов, ландшафтные рубежи контрастности играют важную роль в формировании градопланировочной структуры урбанизированных пространств и их окружения. Воронеж расположен близи 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 [13].

Территория находится на границе двух геоморфологических провинций — Среднерусской возвышенности и Окско-Донской низменности. Рельеф окружающей город местности равнинный, расчлененный долинами рек Дон, Воронеж, Усмань, а также многочисленными балками [8]. Воронежское водохранилище, созданное в долине реки Воронеж в 1972 году, делит город в меридиональном отношении на две неравные части. Площадь зеркала Воронежского водохранилища - 70 км², длина водохранилища около 30 км, ширина - 2 км, средняя глубина — 2,9 м, а общий объем — 0,204 км³, высота над уровнем моря 93 м. Левобереж-

ная часть города представляет собой выровненную поверхность 2-ой надпойменной террасы, возвышающуюся над урезом водохранилища на 10...20 м, сложенную преимущественно песчаными и песчано-глинистыми грунтами, переработанными ветром и водной эрозией. Правобережная часть — высокое холмистое суглинистое плато с абсолютными отметками высот 100-160 м (абсолютная отметка 168,2 м в южной части правобережья) и крутым, обрывающимся к водохранилищу, коренным склоном, расчлененным системой древних балок Ботаническая, Чернавская, Стрелецкая, Чижовская, Грачиная [8,11,13].

Оценка аэрационного режима, связанного с термодинамической конвекцией, заключалась в обнаружении и отображении потенциальных областей образования и скопления масс холодного воздуха. Выбор подхода к моделированию горно-долинной циркуляции основывался на допущении, что охлажденный у поверхности воздух ведет себя аналогично жидкости. Средой для моделирования выступила геоинформационная система ArcGIS, инструменты пространственного анализа обеспечены набором «Гидрология» (Hydrology) – дополнительного модуля «SpatialAnalyst» панели ArcToolbox.

Моделирование осуществлялось на основе цифровой модели рельефа (ЦМР) и данных о землепользовании [14]. После предварительной обработки ЦМР, направленной на заполнение мелких отрицательных форм рельефа и сглаживания незначительных подъемов высот, рассчитано направление потока и накопление стока холодного воздуха. Результатом пространственного анализа является сеть потоков холодного воздуха, ориентированных в двумерном пространстве с учетом уклона поверхности (рис. 1).

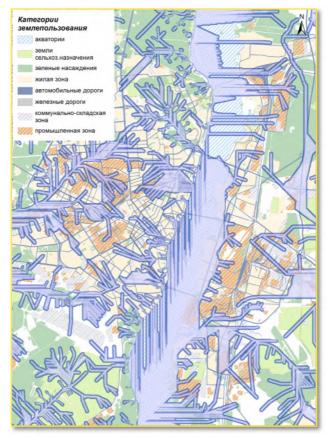


Рис. 1. Результаты анализа фактора термодинамической конвекции: распределение расчетных потоков холодного воздуха при образовании горно-долинной циркуляции на территории города Воронеж — результат моделирования с использованием инструментов ГИС-анализа

Данный вид анализа позволяет визуально оценивать потенциальные зоны радиационного выхолаживания поверхностей и их роль в снижении перегрева поверхностей в следствие образования городского «острова тепла», а также возможные области застоя воздушных масс и их влияние на уровень атмосферного загрязнения прилегающих территорий.

Оценка уровня загрязнения приземного слоя воздуха в городе выполнена на основании рассчитанных значений комплексного показателя загрязнения атмосферы по формуле К.А. Буштуевой в 74 точках наблюдений за период 2009...2013 гг. [11]:

$$K_{\text{атм.}} = \left(\frac{c_1}{N_1 \cdot \Pi \angle K_{c_1}} + \frac{c_2}{N_2 \cdot \Pi \angle K_{c_2}} + \dots + \frac{c_n}{N_n \cdot \Pi \angle K_n}\right) \cdot t, \tag{1}$$

где  $C_{1...n}$  — среднесуточные концентрации отдельных компонентов загрязнения, присутствующих в атмосферном воздухе;  $\Pi \not \coprod K_{c_{1...n}}$  — среднесуточная предельно-допустимая концентрация компонентов загрязнения атмосферы,  $N_{1...n}$  — коэффициент, величина которого зависит от класса опасности вещества и равна для I класса — 1, для II класса — 1,5, для III класса — 2, для IV класса — 4; t — экспозиция воздействия суммы загрязнений, по повторяемости направлений ветров за год, рассчитывается по формуле:  $t = P / P_o$ , где P — среднегодовой процент повторяемости штилей, %;  $P_o = 12.5$  % (процент повторяемости направлений ветров одного румба при круговой розе ветров).

Выбор веществ, включенных в расчет с целью оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха города, осуществлялся в соответствии с Приказом № 273 от 06.06.2017 «Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе».

По результатам расчета суммарных индексов загрязнения атмосферы была сформирована геоинформационная база данных «Качество атмосферного воздуха» по 74 точкам наблюдений с адресной привязкой в ArcGIS, далее с помощью инструментов SpatialAnalyst [11, 14] была построена интерполированная поверхность методом обратно взвешенных расстояний и равномерным охватом всей исследуемой территории (рис. 2, б). Карта характеризует распределение комплексного показателя загрязнения атмосферы на территории города Воронежа.

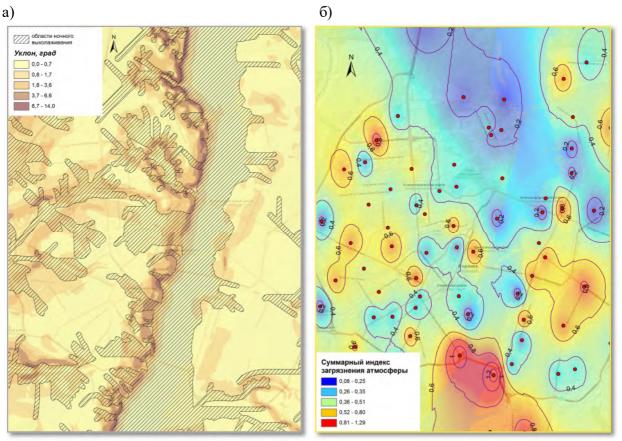


Рис. 2. Анализ влияния особенностей рельефа на формирование зон повышенного атмосферного загрязнения: а — уклон и области ночного выхолаживания;

 $\delta$  –распределение комплексного показателя загрязнения атмосферы  $K_{\text{атм}}$ 

Наибольший вклад в образование зон ночного радиационного выхолаживания подстилающей поверхности вносит крутой правобережный склон Воронежского водохранилища от ул. Ленина до участка леса на ул. Острогожская с преобладающим малоэтажным коттеджным типом застройки и высокой долей озеленения. Потоки воздуха, направленные к Воронежскому водохранилищу, способствуют выносу загрязняющих веществ, находящихся в приземном слое атмосферы центральной части города. Территория Центрального парка города Воронежа, частично микрорайон «Дубрава» и частный сектор по ул. Шишкова, территория Ботанического сада, агрополя Воронежского государственного аграрного университета также являются обширной зоной образования более низких температур в ночное время. При этом расположение склонов и балок таково, что поток холодного воздуха, проходя под транспортной развязкой и Северным мостом, выносится непосредственно к Воронежскому водохранилищу.

Территория Воронежской нагорной дубравы также играет важную роль в образовании прохладного и чистого воздуха в ночное время, а небольшой уклон от Московского проспекта в сторону густонаселенного жилого комплекса по ул. Ломоносова, 114 служит аэрационным коридором, благодаря которому в ночное время нагретые и загрязненные в течение дня воздушные массы замещаются прохладным и свежим воздухом с территории яблоневых садов.

В Северном микрорайоне на участке соснового леса по ул. Владимира-Невского – Антонова-Овсеенко и на территории коттеджной застройки микрорайона «Подгорное» образуется еще одна зона ночного выхолаживания с условно-чистым воздухом, воздушные потоки направлены к пойме Дона.

Благоприятным с точки зрения аэрации является также частный сектор к югу от ул. Матросова и природного комплекса «Песчаный лог», в то же время на территории микрорайона «Тепличный» и «Тенистый» вблизи акватории р. Дон возможно образование локальных зон застаивания загрязненного воздуха, который собирается с прилегающих промышленных территорий.

Система уклонов и понижений, ведущих в сторону Юго-Западного кладбища и Правобережных очистных сооружений, разбивается на два «рукава», один из которых начинается в районе Коминтерновского кладбища и частного сектора за Центральным автовокзалом, второй берет свое начало в районе улиц 9 Января, Пеше-Стрелецкая и Холмистая, захватывая воздушные массы не только над частным сектором, но и потенциально загрязненные с территорий промышленных объектов и крупных автомагистралей, в результате чего в районе пос. Первое Мая и возможно образование зон застоя загрязненного воздуха в ночное время.

На левом берегу ситуация складывается более неблагоприятным образом. Если выше по течению реки Воронеж в Железнодорожном районе прохладный воздух, образующийся над Отроженским сосновым лесом и частным сектором, под действием слабого уклона медленно «стекает» к Воронежскому водохранилищу, то южнее Северного моста, в районе крупной промышленной зоны в Левобережном районе города, образуется мощная зона застоя воздуха, проникающая вглубь жилой застройки вплоть до Ленинского проспекта и ул. Ленинградская, достигает своего максимума в районе Вогрэсовского моста, ул. Лебедева, Ильюшина, Менделеева и Новосибирская. Загрязняющие вещества оседают в приземном слое воздуха, что особенно усугубляется под действием летних и зимних инверсий.

### Заключение.

Выполнен анализ рельефа территории города Воронеж, с помощью геоинформационных технологий определены потоки холодного воздуха, выявлены области радиационного выхолаживания и потенциальные зоны застоя воздушных масс в понижениях рельефа.

Дана оценка качества атмосферного воздуха с помощью комплексного показателя К.А. Буштуевой. Выявлена взаимосвязь уровня загрязнения атмосферного воздуха с формами рельефа.

Полученная информация может быть использована на этапе планирования, при проектировании, реконструкции и размещении объектов промышленности, автомобильных дорог и жилых районов с целью минимизации экологических рисков, связанных с атмосферным загрязнением.

Исследование осуществлено при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект 20-17-00172

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. **Чистякова, С. Б.** Рекомендации по учету природно-климатических факторов в планировке, застройке и благоустройстве, городов и групповых систем населенных мест / С. Б. Чистякова. М.: Изд-во ЦНИИПград, 1980. 139 с.
- 2. **Геворкян, М. Г.** Градостроительные особенности размещения жилых территорий в условиях сложного рельефа / М. Г. Геворкян // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. -2014. -N 4-1(17). -C. 118-124.
- 3. **Болысов, С. И.** Городской рельеф как фактор комфортности проживания населения / С. В. Болысов, С. В. Харченко // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. -2016. -№ 1. С. 21-28.
- 4. **Barlag, A. B.** Planungs relevante Klima analyse einer Stadt in Tallage dargestellt am Beispiel der Stadt Solber / A. B. Barlag // Essener Ökologische Schriften. 1993. Bd. 1. Pp.185-192.
- 5. **Dütemeyer, D.** Urban geographische Bodenwindsysteme in der städtischen PeripherieKölns / D. Dütemeyer // Essener Ökologische Schriften. 2000. Bd. 12. Pp.171-183.
- 6. **Helbig, A.** Stadtklima und Lufreinhaltung / A. Helbig, J. Baumüller, M. J. Kerschgens. // Springer DE. 1999 467 p.
- 7. Lokale Kaltluftabflüsse / J. Vogt // KarlsruherSchriften. 2001. Bd. 14. Pp. 354-368.
- 8. **Мильков, Ф. Н.** Человек и ландшафты: Очерки антропогенного ландшафтоведения / Ф. Н. Мильков. М.: Мысль, 1973. 222 с.
- 9. **Яковенко, Н .В.** Особые экономические зоны как условие инновационного развития региона (Воронежская область) / Н. В Яковенко, И. В. Комов, Н. М. Крутов // Актуальные проблемы наук о Земле: исследования трансграничных регионов Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции, приуроченной к 1000-летию г. Бреста, Брест, 12-14 сентября 2019 г. 2019. С. 285-288.
- 10. **Воронеж: среда обитания и зоны экологического риска** / С. А. Куролап, С. А. Епринцев, О. В. Клепиков [и др.] Воронеж: Изд-во «Истоки», 2010. 207 с.
- 11. Интегральная экологическая оценка состояния городской среды / С. А. Куролап, О. В. Клепиков, П. М. Виноградов [и др.]. Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2015. 232 с.
- 12. **Куролап, С. А.** Оценка техногенного загрязнения воздушного бассейна и микро-климатической комфортности городской среды / С. А. Куролап, И. В. Попова, Д. В. Сарычев [и др.] // Экологическая ситуация и риски для здоровья населения города Воронеж: сб. науч. ст. 2018. С. 34-56.
- 13. **Фирсова, Н. В.** Урбогеосистемы Центрально-Черноземного региона: природноландшафтные особенности, типология, землепользование: монография / Н. В. Фирсова. Воронеж: Изд-во Воронежского ГАСУ, 2012. 269 с.

14. Методика геоэкологической оценки комфортности городской среды с учетом микроклиматических особенностей: автореферат дис. ... кандидата географических наук : 25.00.36 / Попова Ирина Владимировна. — Воронеж, 2019. — 24 с.

Поступила в редакцию 26 апреля 2020

## STUDY OF THE INFLUENCE OF TERRAIN ON THE FORMATION OF ZONE SIN CREASED AIR POLLUTION (ON THE EXAMPLE OF VORONEZH)

## I. V. Popova, S. A. Kurolap, E. V. Sazonov, O. V. Klepikov, P. M. Vinogradov

Popova Irina Vladimirovna, Cand. Geogr. Sciences, associate Professor, Department of housing and communal services, Voronezh state technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-52-49; e-mail: iradobr@yandex.ru

Kurolap Semen Alexandrovich, PhD, Professor, dean of the faculty of geography, geoecology and tourism, head of the Department geoecology and environmental monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)266-56-54; e-mail: skurolap@mail.ru

Sazonov Eduard Vladimirovich, PhD, Professor, Department of housing and communal services, Voronezh state technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-52-49; e-mail: edsazonov36@yandex.ru Klepikov Oleg Vladimirovich, PhD, Professor, Department of geoecology and environmental monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)266-56-54; e-mail: klepa1967@rambler.ru Vinogradov Pavel Mikhailovich, Cand. Geogr. Sciences, senior lecturer, Department of geoecology and environmental monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)266-56-54; e-mail: vinpaul89@gmail.com

Environmental conditions have been always influenced the layout of settlements. The wind rose determines the direction of the streets and the functional areas city location; depending on the climatic zone, the pre-property orientation of buildings in dimensions and the type of dwelling are determined; insolation treatment is an important factor in the planning of the adjacent area; rainfall patterns and wind characteristics are used in the design of building structures. Terrain features are usually taken into account when organizing surface runoff from the city streets. A comprehensive consideration of environmental conditions is necessary to create a comfortable and environmentally friendly urban environment. Mountain-valley circulation deserves special attention in cities with complex terrain, which in anticyclone weather conditions and radiation cooling of the underlying surface can lead to the formation of air stagnation zones, often very polluted in urban environments. The study of the terrain influence on the formation of high air pollution zones was carried out on the example of Voronezh city. Using ArcToolbox spatial analysis tools in ArcGIS 10.5. geoinformation analysis of slopes and their steepness is carried out, probable accumulation of air masses zones is described and the characteristic of ambient air quality is presented.

Keywords: environmental conditions; terrain; mountain-valley circulation; air pollution.

#### REFERENCES

- 1. **Chistyakova S. B.** Recommendations for the accounting of natural and climatic factors in planning, building and landscaping, cities and group systems of populated places. Moscow, 1980. 139 p. (in Russian)
- 2. **Gevorkyan M. G.** Urban planning features of residential territories placement in conditions of complex terrain. Scientific journal. Engineering systems and structures. 2014. No. 4-1(17). Pp. 118-124. (in Russian)
- 3. **Bolysov S. I., Kharchenko S. V.** *Urban topography as a factor of comfortable living of the population*. Bulletin of the Moscow state University. Ser. 5. 2016. No.1. Pp. 21-28. (in Russian)
- 4. **Barlag A. B.** *Planungs relevante Klima analyseeiner Stadt in Tallage dargestellt am Beispiel der StadtSolber*. Essener Ökologische Schriften. 1993. Bd. 1. Pp.185-192.

- 5. **Dütemeyer D.** *Urban geographische Bodenwindsysteme in der städtischen PeripherieKölns.* Essener Ökologische Schriften. 2000. Bd. 12. Pp.171-183.
- 6. **Helbig A., Baumüller J., Kerschgens M. J.** *Stadtklima und Lufreinhaltung.* Springer DE, 1999. 467 p.
  - 7. Vogt J. Lokale Kaltluftabflüsse. Karlsruher Schriften. 2001. Bd. 14. Pp. 354-368.
- 8. **Milkov F. N.** *Man and landscapes: Essays of anthropogenic landscape studies.* Moscow, 1973. 222 p. (in Russian)
- 9. Yakovenko N. V., Komov I. V., Krutov N. M. Special economic zones as a condition for innovative development of the region (Voronezh region). Actual problems of Earth Sciences: studies of cross-border regions Collection of materials of the IV International scientific and practical conference dedicated to the 1000th anniversary of Brest, Brest, September 12-14. 2019. Pp. 285-288. (in Russian)
- 10. Kurolap S. A., Yeprintsev S. A., Klepikov O. V., Fedotov V. I., Stepkin Yu. I., Mamchik N. P., Korystin S. S. Voronezh: habitat and environmental risk zones. Voronezh, 2010. 207 p. (in Russian)
- 11. **Kurolap S. A., Klepikov O. V., Vinogradov P. M.** *Integrated ecological assessment of the urban environment.* 2015. 232 p. (in Russian)
- 12. Kurolap S. A., Popova I. V., Sarychev D. V., Klepikov O. V., Vinogradov P. M. Assessment of technogenic pollution of the air basin and microclimatic comfort of the urban environment. Environmental situation and risks for the health of the population of the city of Voronezh. 2018. Pp. 34-56. (in Russian)
- 13. **Firsova N. V.** *Urban Geosystems of the Central Chernozem region: natural landscape features, typology, land use: monograph.* Voronezh. 2012. 269 p. (in Russian)
- 14. **Popova I.V.** Methodology of geoecological assessment of urban environment comfort taking into account microclimatic features: abstract of dis. Voronezh. 2019. 24 p. (in Russian)

Received 26 April 2020

#### Для цитирования:

Исследование влияния рельефа на формирование зон повышенного загрязнения атмосферного воздуха (на примере г. Воронеж) / И. В. Попова, С. А. Куролап, Э. В. Сазонов, О. В. Клепиков, П. М. Виноградов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. − 2020. − № 2(13). − С. 65-72.

#### FOR CITATION:

Popova I. V., Kurolap S. A., Sazonov E. V., Klepikov O. V., Vinogradov P. M. Study of the influence of terrain on the formation of zone sin creased air pollution (on the example of Voronezh). Housing and utilities infrastructure. 2020. No. 2(13). Pp. 65-72. (in Russian)

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

УДК 656.02

#### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АВТОБУСНОГО СООБЩЕНИЯ В ГОРОДЕ КАК СРЕДСТВО РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОБЛЕМ

#### Л. В. Булавина, А. Р. Мухаметгалиева

Булавина Людмила Вениаминовна, канд. техн. наук, доцент кафедры городского строительства, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина» (УРФУ), Екатеринбург, Российская Федерация, тел.: +7(908)638-52-37; e-mail: bullw@mail.ru Мухаметгалиева Алина Раисовна, магистрант, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина» (УРФУ), Екатеринбург, Российская Федерация, тел.: +7(908)638-52-37; e-mail: muhametgalieva03@gmail.com

В статье рассмотрены мероприятия, направленные на повышение качества работы общественного транспорта. Проанализированы способы предоставления приоритета движения общественного транспорта, которые применяются в зарубежных и отечественных городах. Приведено описание исследований автобусного движения в Екатеринбурге. Определены основные показатели работы автобусного движения, а именно: временные и скоростные характеристики. Выявлены задержки при движении автобуса в часы пик и природа их возникновения. Рассмотрены мероприятия приоритетного проезда общественного транспорта, которые возможно внедрить в Екатеринбурге и рассчитана предполагаемая эффективность этих мероприятий.

**Ключевые слова:** общественный транспорт; автобусное движение; задержки; метробус; приоритетность автобуса.

#### Введение

Продолжающийся рост уровня автомобилизации и увеличение количества перемещений жителей города на личном транспорте привели к перегрузке улично-дорожной сети центральной части города, снижению скорости движения транспорта и появлению заторовых ситуаций не только в центральных районах города, а также на выездах из отдаленных жилых районов. Несовершенная улично-дорожная сеть, некачественная работа общественного транспорта и бесплатные парковки в центре города — всё это усугубляет транспортную ситуацию в Екатеринбурге.

Для создания сбалансированной транспортной системы необходимо контролировать уровень автомобилизации. Решения, которые принимались и принимаются во многих российских городах по этому вопросу, направлены на повышение пропускной способности основных магистральных улиц города. С одной стороны, это улучшает движение на загруженных улицах в первое время, но строительство дополнительных полос и развязок вызывает увеличение транспортного потока, так как созданные условия позволяют более комфортно добираться до пункта назначения. То есть при реализации любого мероприятия, направленного на улучшение условий движения автомобиля, в дальнейшем повторно потребуется введение новых мер. Но постоянное расширение улиц в центральной части города невозможно, так как одним из главных ограничений является существующая застройка. Города, которые применяют такой принцип развития транспортной сети, называются автомобильно-ориентированными. Все города в мире прошли через этот этап разви-

© Булавина Л. В., Мухаметгалиева А. Р., 2020

тия. Российские города только начинают отходить от таких принципов и постепенно стараются направлять транспортную политику в сторону поддержки других видов транспорта.

В зарубежных городах в основе городской транспортной политики стоит поддержка общественного транспорта. Только комплекс мероприятий может решить сложную сложившуюся ситуацию по перенасыщению основных магистральных улиц автомобильным транспортом во многих российских городах. Это параллельно вводимые проекты, которые направлены на ограничение использования личного транспорта в центре города и создание конкурентноспобного общественного транспорта. Основными распространенными мерами, реализуемыми для личного транспорта, являются: уменьшение количества парковок в центральной части города и создание платных, внедрение платного въезда в центр города. Эффективность реализуемых мероприятий возможна только при активном контролировании соблюдения этих мер со стороны власти и других органов. В то же время требуется создание быстрого, комфортного и доступного общественного транспорта для привлекательной альтернативы личному транспорту.

Поэтому в Екатеринбурге, как и в остальных российских городах, начали заниматься вопросом повышения качества работы общественного транспорта.

В статье рассматривается автобусное внутригородское сообщение, так как автобус является самым распространенным видом общественного транспорта в мире. Он самый маневренный, самый дешевый вид общественного транспорта, так как для его ввода не требуется дополнительного строительства. Но из-за того, что автобус движется в общем потоке с личным транспортом, у него есть серьёзные недостатки при движении.

Выделение полосы для движения автобусов и троллейбусов является основным мероприятием по обеспечению приоритета безрельсовому транспорту. Также есть другие способы организации приоритетного движения общественного транспорта, но они еще не так популярны в российских городах.

Например, приоритетные полосы прерывного действия, метод разнесенных стоп-линий связаны с внедрением в городе интеллектуальной транспортной системы, которая в течение ближайших 3...5 лет будет внедряться в российских городах. [1...5]. Но, к сожалению, отсутствие грамотной системы выделенных полос не приносит большого эффекта для движения на общественном транспорте.

Анализ улично-дорожной сети и уровня загрузки магистральных улиц

Основными условиями выделения полосы для движения общественного транспорта в соответствии с указаниями по организации приоритетного движения общественного транспорта является уровень загрузки (z > 0,7) и количество полос движения (n > 3), а также частота движения общественного транспорта (N > 40 ед./час) [6]. Для выбора участка улицы, на котором возможно применить мероприятия, направленные на приоритет общественного транспорта, были проанализированы основные условия выделения.

Для выделения основных магистральных направлений, на которых имеется большая частота движения автобусов и троллейбусов, составлена схема частоты движения на основе средних интервалов движения в часы пик (рис. 1). В результате выявлены следующие улицы: Малышева, Ленина, 8 Марта, Белинского, Щербакова, Карла Либкнехта, Свердлова, Вильгельма де Геннина, Бардина. На этих улицах частота движения варьируется от 31 до 105 единиц в час. Подвижной состав большинства маршрутов, которые проходят по данным улицам, представлены автобусами малой вместимости.

По результатам анализа ширины проезжей части магистралей составлена схема улиц, где потенциально возможно выделение полосы и где возможно выделение полосы с ограничением по ширине проезжей части без дополнительной реконструкции (рис. 2). В итоге потенциальными улицами стали Свердлова, Щербакова (от улицы Лыжников до улицы Самолетной), Щорса (от улицы Московской до улицы Белинского), Малышева и проспект Ленина.

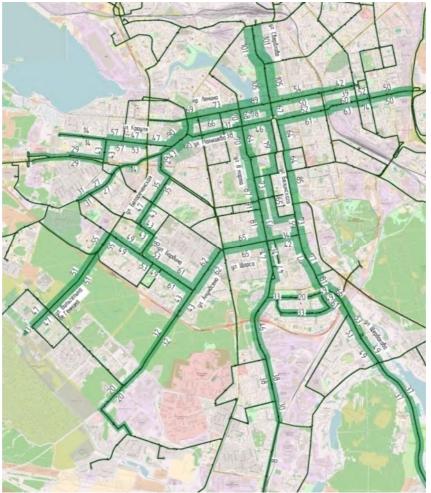


Рис. 1. Карта улично-дорожной сети города Екатеринбурга с указанием частоты движения автобусов

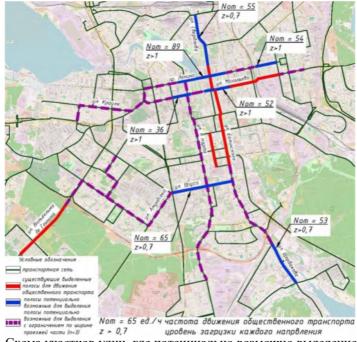


Рис. 2. Схема участков улиц, где потенциально возможно выделение полос для движения общественного транспорта

Натурные обследования показателей автобусного движения в центральной части города

Проведены натурные обследования автобусного движения по пяти магистральным улицам в Екатеринбурге, где замерялись основные временные характеристики движения автобусов. Обследования проводились в угренний час пик в 8-00 в сторону центра города и вечерний – в 18-00 из центра города. Для определения задержек, возникающих на остановках, фиксировалось время начала торможения перед остановкой, время полной остановки и открытия дверей, закрытие дверей и выезд из «кармана». На перегоне при задержках в «пробках» и у светофоров фиксировалось время остановки и время отправления, причины задержек в пути. Форма обследования представлена на рис. 3.

Маршрут следования						
ул. 8 марта	от ул. Щорса	до пр. Ленина				

	0	бследовани	е движения	навтобуса в	з утренний ч	ас пик в центр	альной ч	асти города	
Дата 14.03.2018	Вид трансп	орта и № мар	шрута Автоб	yc №012					
День недели среда	Наименова: Автовокза	ние остановк л	и посадки						
Причина задержки		Время	на ООТ		Пр	обка		етофор	Особые условия
Остановки Время посадки 8:00	Начало маневра	Открытие дверей	Закрытие дверей	Выезд из «кармана»	Время остановки	Время отправления	Время останов ки	Время отправления	движения (наличие задержек в пути и пр.)
№ 1 Автовокзал		00:00	00:17	00:20	00:35	01:19	01:44	02:32	
№ 2 Фрунзе	03:01	03:01	03:15	03:17			03:38	04:23	
							04:53	04:58	
№3 Большакова	05:08	05:15	05:31	05:32					
№4 Цирк	06:56	07:05	07:58	08:26	08:35	09:20	09:26	09:42	Пробка перед перекрестком, не было возможности выехать
							10:36	11:42	
№5 Площадь 1905	12:29	12:34	13:03	13:03					

Рис. 3. Форма обследования

Для обследования выбраны загруженные магистральные улицы с большой частотой движения общественного транспорта (рис. 4).



Рис. 4. Схема размещения обследуемых улиц в центральной части города Екатеринбург

Анализ показателей работы автобусного движения

В результате обследований построены диаграммы элементов затрат времени при движении автобусов по каждому участку. В ходе работы рассмотрены задержки в структуре всего времени движения, и распределены по роду их возникновения. Ниже представлены результаты по улице 8 Марта (рис. 5 - 7).

По улице 8 Марта в утренний час пик задержки составили 56 % всего времени пути. В вечерний час пик в обратном направлении задержки составили 57 %. Задержки составили примерно равные доли, но по роду возникновения распределения разные. Улица в утренний час пик более загружена, чем в вечерний, поэтому доля задержек из-за «пробок» больше и составляет 12 %. Доля задержек у светофоров в утренний час пик составляет 24 %, в вечерний — 34 %. Продолжительность циклов светофорного регулирования составляют 100...130 секунд, поэтому увеличивается доля задержек у светофоров.

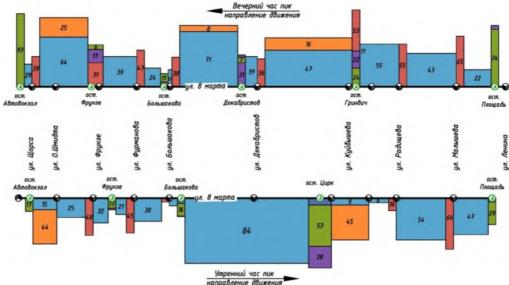


Рис. 5. Диаграмма элементов затраты времени при движении автобуса по ул. 8 Марта в угренний и вечерний час пик



Рис. 6. Характеристика движения по улице 8 Марта в угренний час пик



Рис. 7. Характеристика движения по улице 8 Марта в вечерний час пик

По каждому перегону рассчитана скорость сообщения и ходовая скорость в утренний и вечерний час пик. По ул. 8 Марта ходовая скорость примерно одинаковая и составляет в

утренний час пик 12,9...17,5 км/ч, в вечерний час пик значительно ниже -11,3...14,2 км/ч (рис. 8).

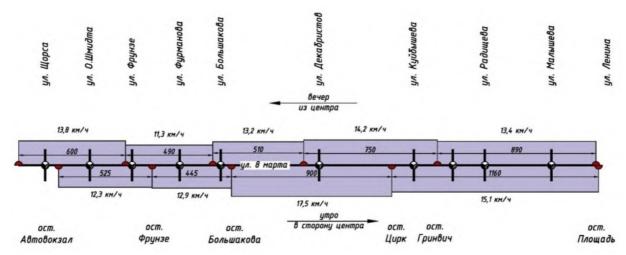


Рис. 8. Ходовая скорость движения общественного транспорта по ул. 8 Марта

Оценка эффективности работы автобусного движения в центральной части города По результатам обследования построены диаграммы, характеризующие задержки, которые возникали при движении автобуса (рис. 6, 7). Согласно полученным диаграммам в утренний час пик задержки в большинстве случаев составили более 50 % всего времени поездки. Большой процент задержек приходится на ожидание разрешающего сигнала светофора.

Сводные сведения по скоростям сообщения по рассматриваемым улицам представлены в табл. 1 Скорость сообщения — это средняя скорость движения автобуса, учитывающая задержки на остановке. По результатам обследований выполнен расчет максимально возможной скорости сообщения без учета задержек от пробок и с минимальными задержками на светофорах. Введен оценочный коэффициент реализации скорости Kv, который характеризуется отношением фактической скорости к максимальной.

Таблица 1 Результаты расчетов показателей скорости сообщения общественного транспорта

Название улицы	Скорость сообщения, км/ч	Коэффициент реализации, <i>Kv</i> скорости	Скорость сообщения, км/ч	Коэффициент реализации, <i>Kv</i> скорости
	утренний	й час пик	вечерний	<ul><li>иас пик</li></ul>
8 Марта	14,3	0,62	9,96	0,60
Белинского/Розы Люксембург	13,5	0,73	8,4	0,44
Ленина	10,7	0,74	7,02	0,48
Малышева	11,0	0,65	6,8	0,44
Щорса (от ул. Московской до ул. Белинского)	10,8	0,84	9,9	0,69

Результаты обследований показали, что самые загруженные направления в центре города — это широтные магистрали пр. Ленина и ул. Малышева, которые имеют практически одинаковые низкие скорости сообщения в утренний и вечерний часы пик. По результатам обследования видно, что автобусы используют только 60...70 % возможной скорости сообщения в утренний час пик и 45...60 % — в вечерний час пик.

На основе обследования выявлены основные причины задержек автобуса при движении в утренний и вечерний часы пик:

- ✓ пробки на остановке из-за большого количества маршрутных средств;
- ✓ длинные очереди перед светофором, в случаях при размещении остановок перед перекрестком (транспортные средства, ожидающие разрешающий сигнал светофора, мешали автобусу выехать и перестроиться на требуемую полосу);
- ✓ при выезде из остановочного кармана возникали трудности при перестроении на требуемую полосу из-за недобросовестности водителей, которые по правилам дорожного движении обязаны уступить дорогу автобусу;

Это означает, что система общественного транспорта в Екатеринбурге работает с временными и экономическими издержками. Так как при большей скорости сообщения увеличиваются оборачиваемость подвижного состава, количество перевезенных пассажиров. Затраты времени на передвижение пассажиров могли бы уменьшиться, как минимум, в 1,5 раза. Для уменьшения времени движения автобусного транспорта необходим комплекс регулировочных и планировочных мероприятий.

Эффективность мероприятий по приоритету автобусного движения в Екатеринбурге

В Екатеринбурге общая протяженность выделенных полос для движения (рис. 9) общественного безрельсового транспорта составляет 9,8 км.



Рис. 9. План существующих полос, выделенных для движения общественного транспорта

Обследование автобусного движения проводились 2018...2019 гг, в этот период улица Малышев обследовалась без выделения и с выделением полосы. По результатам обследования в утренний час пик время в пути на рассматриваемом участке после выделения сократилось на 23 %, в вечерний час пик — на 47 %. Скорость сообщения увеличилась в утренний час пик на 30 %, а вечерний — на 88 %. Наибольший эффект наблюдается в вечерний час пик, так как на выделенном участке наибольшая интенсивность транспортных потоков приходится на вечернее время. Данные, полученные в ходе обследования, представлены в табл. 2.

Можно сделать вывод, что эффективность работы общественного транспорта на этом участке повысилась. Все выделенные полосы для движения общественного транспорта оборудованы средствами фотовидеофиксации, которые предназначены для выявления нарушений ПДД и выписывания штрафов.

Таблица 2 Эффективность выделенной полосы для движения общественного транспорта по улице Малышева на участке от улицы Гагарина до улицы Луначарского

	T '				
	Без выделения полосы	С выделением полосы	Эффект		
		утренний час пик			
Время в пути	6:17	4:49	23%		
	вечерний час пик				
	11:43	6:14	47%		
		утренний час пик			
Скорость	3,9	5,1	30%		
сообщения, км/ч		вечерний час пик			
	2,2	4,2	88%		

Зарубежный опыт организации автобусного движения

Если проанализировать зарубежный опыт по организации автобусного движения, то самой знаменитой системой является скоростной автобус или система BRT (Bus rapid transit). Согласно статистике, такая система существует в 171 городах, из них 54 города находятся в Латинской Америке. BRT — это способ организации автобусного движения, при котором автобус имеет большую скорость сообщения, высокую провозную способность, так как его трасса проходит по выделенным полосам, на перекрестках он имеет преимущество. Эксплуатируется подвижной состав большой вместимостью (чаще всего сочленённые, многосекционные), используется эффективная платежная система, что делает проезд более дешевым, а также имеется расширенная информационная система. Используется в качестве магистральных маршрутов в рамках системы «Trunk & Feeder System». Суть системы заключается в том, что существуют магистральные маршруты с высокой частотой движения и подвозящие. В системе четко спланирована работа магистральных и подвозящих маршрутов, их расписание движения, а также правильно и удобно спроектированы пересадочные узлы.

Первая система BRT была введена в Куритибе, Бразилии. Протяженность системы составляет 74 км, пассажиропоток 565 000 пассажиров в день. Особенностью системы является обособление полос по оси проезжей части, специальные остановки и система внебортовой оплаты.

Самая знаменитая система скоростного автобуса находится в Боготе, Колумбия. Протяженность системы составляет 113 км, пассажиропоток 2 192 009 чел./день. Сеть скоростного автобуса имеет большую провозную способность, но, несмотря на это, уже перегружена.

Система BRT имеет много преимуществ и как утверждает Вукан Вучик: «...системы, работающие на обособленных полосах и наделенные приоритетом в движении, обеспечивают превосходный уровень обслуживания при гораздо меньших инвестициях, чем потребовалось бы для создания рельсовых транспортных систем» [7]. Также преимуществом системы является стоимость строительства, которая в 10 раз меньше, чем сооружение метрополитена.

В табл. 3 представлены статистические данные по континентам мира, в которых функционирует BRT.

Лучшая организация коридоров BRT, то есть трасс движения, такая, при которой сводятся к минимуму пересечения с другими потоками, например, с поворачивающими направо и припаркованными автомобилями вдоль проезжей части. Поэтому более выгодным расположением трассы является расположение в центральной части улицы. При проектировании трассы скоростного автобуса также оценивается величина пассажиропотоков.

Таблица 3

Статистика BRT систем

Континенты	Пассажиропоток в день, чел	Количество городов	Длина, км	Доля континента по протяженности, %
Латинская Америка	20 939 780	55	1 830	35,57
Европа	1 613 580	44	875	17,89
Азия	9 471 593	44	1 624	31,57
Северная Америка	912 598	19	588	11,42
Африка	491 578	5	131	2,55
Океания	436 200	4	96	1,95
Всего	33 865 329	171	5 145	100

Приоритет на перекрестках заключается в запрещении поворотов через автобусную полосу и в минимизации числа фаз светофорного регулирования. Включение зеленого сигнала светофора при приближении автобуса к перекрестку имеет эффект при небольшой частоте движения метробусов.

Устройство платформ на уровне пола автобуса сокращает время посадки пассажиров. При большой частоте движения автобусов устраиваются полосы для обгона там, где проходят несколько маршрутов с высокой частотой движения. Во-первых, полностью выделенная полоса для обгона, возможно является самой безопасным и эффективным вариантом. Во-вторых, возможно разрешение обгона по выделенной полосе встречного направления, при условии соблюдения мер безопасности. Такой вариант возможен при хорошей видимости и низкой частоте движения автобусов. В-третьих, обгон разрешен по полосам смешанного транспортного потока, при условии соблюдения безопасности, такой вариант целесообразен в местах с маленькой транспортной загрузкой.

Система скоростного автобуса позволяет обеспечивать пиковую частоту движения на магистральных маршрутах порядка 60...70 единиц в час и, соответственно, провозная способность достигает до 15...20 тысяч пассажиров в час. Такой подход позволяет сделать систему BRT привлекательной и удобной для пассажиров. [8]

Однако систем скоростного автобуса в России нет, основным мероприятием является выделение полосы для движения автобусов и троллейбусов. Согласно рейтингу выделенных полос, составленному по относительному показателю протяженности на 1000 человек, первое место занимает Казань, на третьем месте — Москва, Екатеринбург занимает 26 место, протяженность выделенных полос составляет 9,8 км.

#### Мероприятия по обеспечению автобусного сообщения отдаленных районов

Проанализировав зарубежную практику, можно сделать вывод, что скоростной автобус (система BRT) является скоростной системой с большой провозной способностью и требует меньшие капиталовложения и меньше времени на строительство, чем метрополитен. Поэтому систему BRT возможно использовать вместо сооружения метрополитена для связи отдаленных районов с центром города. В Екатеринбурге активно развиваются отдаленные районы такие как «Академический» и «ВИЗ – Правобережный» (рис. 10). Для создания удобной и скоростной связи этих районов с центром города возможно создание коридоров скоростного автобуса.

Жилой район «Академический», расположен на юго-западе города. Население на 2019 год составляло 80 000 человек, планируется и дальнейшая активная застройка района. В районе располагаются основные объекты социальной инфраструктуры (поликлиника, учреждения дошкольного образования, школы), но отсутствуют другие места приложения труда. Из-за этого район сталкивается с большой проблемой транспортного обслуживания.

Утренний час пик из-за удаленности от центра начинается с 7:00 ч, хотя в остальных районах он наблюдается с 7:30... 8:00. Район имеет только две улицы, по которым можно выехать и которые связывают его с центром города, поэтому наблюдаются систематические пробки. На рис. 11 представлена фрагмент ЯндексКарт, утренний час пик. Общественный транспорт, обслуживающий район, представлен 11-ю маршрутами автобусов, из которых доля большой вместимости составляет 18 %, средней – 73 %, маршрутки – 9 %. Общественный транспорт в часы пик, как правило, переполнен.



Рис. 10. Предложение по создание скоростного автобуса в Екатеринбурге



Рис. 11. Фрагмент Яндекс Карт. Утренний час пик

Согласно документам территориального планирования, коридор из района «Академический» зарезервирован для будущей трамвайной линии, но строительство затягивается изза отсутствия финансирования. В этом случае, возможно, будет выгоднее проложить на первом этапе линию BRT, которую в дальнейшем заменить трамваем. При невысокой частоте движения трамваев возможно совместное движение автобусов и трамваев по выделенному полотну, как это устроено в Санкт-Петербурге на Лиговском проспекте.

Кроме создания скоростного автобуса для повышения эффективности работы общественного транспорта на начальном этапе в качестве малозатратных мероприятий предлагается обособление путей и предоставление приоритета общественному транспорту. В рамках проекта по созданию в Екатеринбурге системы выделенных полос для безрельсового транспорта (рис. 12) планируется выделение полосы по улицам Щорса и ул. Амундсена. Этот коридор свяжет районы «Академический» и «Юго-западный» с центральными магистралями ул. 8 Марта и ул. Белинского. Территория в границах улиц Волгоградская, Шаумяна, Амундсена, Московская, в настоящее время застроена индивидуальными домами, но согласно генеральному плану в ближайшее время эта территория застроится многоэтажными жилыми домами. Это увеличит нагрузку на прилегающую улично-дорожную сеть. Ниже представлены предполагаемые результаты от внедрения выделенной полосы по улице Щорса, как начальному участку сети выделенной полосы по ул. Щорса — ул. Амундсена.



Рис. 12. Перспективная схема выделенных полос для безрельсового транспорта из проекта Генерального плана развития городского округа - муниципального образования «город Екатеринбург» на период до 2035 года

Из-за разной трассировки общественного транспорта по улице Щорса эффективность рассчитывалась для двух маршрутов: для маршрута № 1, который поворачивает транспорт налево на перекрестке ул. Щорса-8 Марта и для маршрута № 2, который проезжает прямо.

Для расчета эффективности предлагаемых мероприятий проведено моделирование транспортных потоков в программном комплексе PTV Vision VISSIM с учетом проектных решений в утренний и вечерний час пик. Выполнена сравнительная оценка показателей время в пути, скорость, задержки до выделения полос для движения автобуса и с выделением по результатам моделирования. Результаты, приведенные в табл. 4 и 5, подтверждают значительное возможное сокращение времени движения и увеличение скорости сообщения.

Таблица 4 Эффективность работы выделенной полосы по ул. Щорса от ул. Московской до ул. Чайковского в утренний час пик

	Без выделения полосы	С выделением полосы	Эффект			
Время в пути,	ул. I	Московская - ул. 8 Марта				
мин	10:05	5:33	45 %			
IVIIII	ул. М	ул. Московская - ул. Белинского				
	10:26	7:27	28 %			
	ул. Московская - ул. 8 Марта					
Скорость сообще-	6,7	12,1	81 %			
ния, км/ч	ул. М	осковская - ул. Белинского				
	10,8	15,1	40 %			

Таблица 5 Эффективность работы выделенной полосы по ул. Щорса от ул. Московской до ул. Чайковского в вечерний час пик

		•			
	Без выделения полосы	С выделением полосы	Эффект		
D	ул. М	Лосковская - ул. 8 Марта			
Время в пути,	6:25	4:23	32 %		
МИН	ул. Мо	ул. Московская - ул. Белинского			
	12:11	8:05	34 %		
	ул. Московская - ул. 8 Марта				
Скорость	10,9	15,4	42 %		
сообщения, км/ч	ул. Мо	осковская - ул. Белинского			
	9,9	14,9	51 %		

#### Заключение.

Применение мероприятий по приоритету общественного транспорта ведет к увеличению скорости сообщения и сокращению времени в пути автобуса, увеличению оборачиваемости автобусов и сокращению экономических потерь, увеличению пассажироперевозок, повышению точности соблюдения расписания движения автобусов.

Повышение скорости сообщения способствует более эффективной работе общественного транспорта. Это позволит сделать его более удобным и привлекательным для пассажиров. Создание скоростных автобусных систем не практикуется в российских городах, хотя этот способ более эффективный и быстрый по сравнению со строительством метрополитена. Этот способ может создать хорошую и быструю связь отдаленных районов с центром города, а также использовать её в качестве магистральных маршрутов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. **Зырянов, В. В.** Приоритетное движение общественного транспорта: развитие методов организации Транспорт Российской Федерации / В. В. Зырянов, А. А. Мирончук // Транспортные системы городов. 2012. № 3-4 (40-41). С. 22-25.
- 2. **Мирончук, А. А.** Граничные условия организации приоритетного движения автобусов с использованием метода разнесенных стоп-линий / А. А. Мирончук // Инженерный вестник Дона. -2012 № 4. -C. 134.
- 3. **Мирончук, А. А.** Особенности интеграции приоритетных полос прерывного действия с городской интеллектуальной транспортной системой / А. А. Мирончук // Инженерный вестник Дона. -2013 № 3. C. 147.
- 4. **Занозина, Н. М.** К вопросу о разработке критериев эффективности внедрения приоритета общественного транспорта в крупных городах / Н. М. Занозина, М. И. Шаров // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2014 № 6(11). С. 103-108.
- 5. **Курганский, С. Г.** Организация и внедрение приоритетного проезда наземного городского пассажирского транспорта на регулируемых перекрестках / С. Г. Курганский, П. С. Рожин // Транспорт Российской Федерации. Логистика. 2014. № 4(53). С. 60-63.
- 6. Указания по организации приоритетного движения транспортных средств общего пользования / Ю. Д. Шелков [и др.]. Москва: Транспорт, 1984. 33 с.
- 7. **Вукан Р. Вучик.** Транспорт в городах, удобных для жизни / В. Вучик. М.: Издво Территория будущего, 2011.-425 с.
- 8. **Архнадзор**. Почему этот город едет? Субъективные заметки о транспортной системе города Куритиба [Электронный ресурс] / М. Я. Блинкин, С. Гордеев. -2008. -№ 10. Архнадзор, 2007. Режим доступа : www.archnadzor.ru/2008/10/10/pochemu-e-tot-gorod-edet, свободный. Загл. с экрана;
- 9. **Горбанев, Р. В.** Городской транспорт. Учебник для архитектурных ВУЗов / Р. В. Горбанев. Москва: Стройиздат, 1990. 211 с.
- 10. **Гуськов, А. А.** Городской наземный общественный транспорт: проблемы и перспективы развития / А .А. Гуськов, Н. Ю. Залукаева // Научное обозрение. 2017 № 13. С. 79-83.

Поступила в редакцию 14 апреля 2020

### TRANSIT SERVICE IN THE CITY AS A MEANS OF SOLVING TRANSPORT PROBLEMSIMPROVING BUS

L. V. Bulavina, A. R. Mukhametgalieva

Bulavina Lyudmila Veniaminovna, Cand. Tech. Sciences, associate Professor, Urban Development Department, Urals Federal University named after the first Russian President B. Yeltsin (URFU), Ekaterinburg, Russian Federation, phone: +7 (908)638-52-37; e-mail: bullw@mail.ru

Mukhaletgaliyeva Alina Raisovna undergraduate, Urals Federal University named after the first Russian President B. Yeltsin (URFU), Ekaterinburg, Russian Federation, phone: +7(908)638-52-37; e-mail: muhametgalieva03@gmail.com

The article considers measures aimed at improving the quality of public transport. The methods of granting priority to public transport used in foreign and domestic cities are analyzed. Based on the research of bus traffic in Ekaterinburg and the definition of the main elements of time expenditure, the main delays and the nature of their occurrence during bus traffic during rush hours are identified. It also considered measures to improve bus transit services in Ekaterinburg and assessment of their expected efficiency.

Keywords: public transport; bus traffic; delays; metrobus; bus priority.

#### REFERENCES

- 1. **Zyrianov V. V., Mironchuk A. A.** *Priority Traffic of Public Transit: Development of Organization Methods*. Transport in Russian Federation. Transport Systems in Cities. 2012. No. 3-4(40-41). Pp. 22-25. (in Russian)
- 2. **Mironchuk A. A.** Edge Conditions for Organization of Bus Priority Traffic with Use of Method of Spaced Stop-Lines. The Don Engineering Newsletter. 2012. No. 4. Pp. 134 (in Russian)
- 3. **Mironchuk A. A.** Specific Features of Integration of Discontinuous Priority Lanes with Smart Urban Transport System. The Don Engineering Newsletter. 2013. No. 3. Pp. 147 (in Russian)
- 4. **Zanozina N., Sharov M.** Working out the efficiency criteria of implementing the priority of public transport at the crossroads. News of universities. Investment. Construction. Real estate. 2014. № 6(11). Pp. 103-108. (in Russian)
- 5. **Kurgansky S. G., Rozhin P. S.** Organisation and introduction of prioritised passage of ground-based urban passenger transport at signal-controlled junctions. Transport of the Russian Federation. Logistics. 2014. No. 4(53). Pp. 60-63. (in Russian)
- 6. **Yu. D. Shelkov** *Regulations for Organisation of Public Transit Priority Traffic.* Moscow. Transport. 1984. 33 p. (in Russian)
- 7. **Vukan R. Vuchik.** *Transport in Cities Comfortable for Living.* Moscow, Territory of Future. 2011. 425 p. (in Russian)
- 8. **Blinkin M. Ya., Gordeyev S.** Why is This City on Move? Subjective Notes on Transport System in Curitiba City. Archnadzor. No.10. 2008. www.archnadzor.ru/2008/10/10/pochemu-etot-gorod-edet, free. Ver. from the screen. (in Russian)
- 9. **Gorbanev R. V.** *Urban transport. Textbook for architectural universities.* Moscow, Stroyizdat. 1990. 211 p. (in Russian)
- 10. **Guskov A. A., Zalukaeva N. Yu.** City ground public transport: problems and prospects of development. Scientific Review. 2017. No. 13. Pp. 79-83. (in Russian).

Received 14 April 2020

#### Для цитирования:

**Булавина**, **Л. В.** Совершенствование автобусного сообщения в городе как средство решения транспортных проблем / Л. В. Булавина, А. Р. Мухаметгалиева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. -2020. -№ 2(13). -C. 73-85.

#### FOR CITATION:

**Bulavina** L. V., Mukhametgalieva A. R. *Transit service in the city as a means of solving transport problemsimproving bus*. Housing and utilities infrastructure. 2020. No. 2(13). Pp. 73-85. (in Russian)

#### <u>ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА</u> ECONOMICS AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

УДК 69.003.13

#### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ОТ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ МАГИСТРАЛИ ЕКАТЕРИНБУРГ-ЧЕЛЯБИНСК

#### Д. В. Мартыновская, М. М. Талалаева

Мартыновская Дарья Вячеславовна, магистрант кафедры ценообразования в строительстве и промышленности, Институт строительства и архитектуры, ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Российская Федерация, тел.: +7(903)079-79-54; e-mail: mart.dasha2014@gmail.com Талалаева Мария Михайловна, магистрант кафедры ценообразования в строительстве и промышленности, Институт строительства и архитектуры, ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Российская Федерация, тел.: +7(961)761-23-09; e-mail: talalaeva.m.m@mail.ru

Поставлена задача исследования влияния реализации проекта высокоскоростной магистрали Екатеринбург – Челябинск на комплексное развитие территорий Екатеринбургской агломерации и выявления возможных социально-экономических эффектов. Рассмотрены этапы реализации проекта, планируемый объем финансирования и схема трассы высокоскоростной магистрали. Проанализированы сильные и слабые стороны проекта. Проведен анализ влияния строительства и эксплуатации трассы высокоскоростной магистрали на рост занятости населения, увеличение количества рабочих мест, развитие строительных компаний и промышленных предприятий, модернизацию производств, развитие муниципальных образований, входящих в состав Екатеринбургской агломерации. Рассмотрены реализуемые или планируемые к реализации крупные инвестиционные проекты, находящиеся на территории региона, для которых транспортная инфраструктура и доступность имеют важное значение: международный транспортнологистический хаб, особая экономическая зона «Титановая долина», особая экономическая зона «Природный парк «Бажовские места»», агро-логистический парк. Сделан вывод о том, что строительство и эксплуатация высокоскоростной магистрали Екатеринбург – Челябинск положительно повлияет на развитие экономики региона и увеличит инвестиционную привлекательность крупных проектов на территории Екатеринбургской агломерации.

**Ключевые слова:** высокоскоростная магистраль; инфраструктурный проект; транспортный коридор; агломерация.

Развитие экономики Российской Федерации тесно связано с развитием транспортной инфраструктуры, в частности — с развитием железных дорог. В настоящее время все большую популярность набирает высокоскоростной железнодорожный транспорт, или высокоскоростные магистрали (ВСМ). ВСМ станут основой для новой транспортной системы страны, они будут интегрированы в существующую железнодорожную сеть [1]. Главное преимущество ВСМ над другими видами транспорта заключается в увеличении скорости сообщения и сокращении времени передвижения между городами, что, соответственно, влечет за собой выгодные экономические эффекты для регионов РФ.

Наличие высокоскоростного движения является показателем уровня развития не только технического состояния железных дорог, но высокого социального статуса государства в целом [2]. В соответствии со «Стратегией развития железнодорожного транспорта  $P\Phi$  до 2030 г», утвержденной Правительством  $P\Phi$  в 2008 году, предусматривается комплекс мероприятий по строительству и модернизации железных дорог, модернизации и введению

© Мартыновская Д. В., Талалаева М. М., 2020

новых стандартов подвижного состава, инфраструктуры дорог [3].

Сегодня без развития высокоскоростного движения нельзя говорить о дальнейшем увеличении объема пассажирских перевозок и повышении качества сервиса [4].

Огромное значение будет иметь разработка новых технологий и материалов в транспортном строительстве для обеспечения продолжительного жизненного цикла объектов транспортной инфраструктуры, снижения затрат на строительство и эксплуатацию объектов транспорта. Это предполагает системную увязку развития федеральной, региональной, муниципальной транспортной инфраструктуры и транспортных систем разного уровня [5].

Высокоскоростная железнодорожная магистраль Челябинск — Екатеринбург «Урал» (Ural High-speed Railway) (рис. 1) — проектируемая двухпутная высокоскоростная магистраль между Челябинском и Екатеринбургом. Протяжённость магистрали будет составлять 218 км. ВСМ пройдет через шесть станций — Екатеринбург, аэропорт Кольцово (Екатеринбург), Сысерть, Снежинск, аэропорт Баландино (Челябинск), Челябинск. Строительство запланировано на 2019 — 2024 годы. В случае успешной реализации, ВСМ станет частью высокоскоростного транспортного коридора «Москва — Пекин».

Этапы реализации проекта:

1 этап. 2016 г. Создание специальной проектной компании для разработки техникоэкономического обоснования проекта строительства магистрали.

2 этап. 2017 г. Разработка технико-экономического обоснования проекта. Определение инвестора. Подготовка и выход с предложением о заключении концессионного соглашения в соответствии с Федеральным законом от 21.07.2005 № 115-ФЗ «О концессионных соглашениях».

3 этап. 2017...2018 гг. Разработка проектно-сметной документации.

4 этап. 2019...2023 гг. Строительство высокоскоростной магистрали.

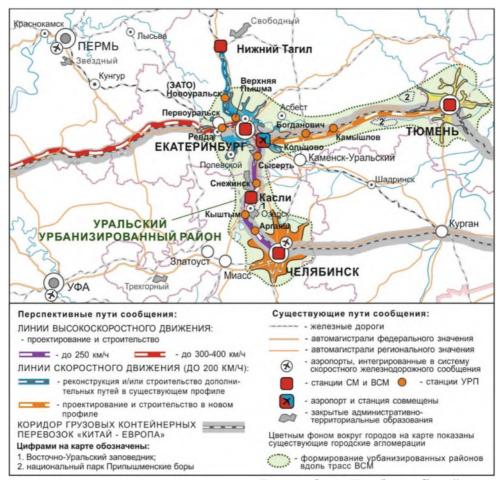


Рис. 1. Схема трассы высокоскоростной магистрали «Екатеринбург – Челябинск» [http://rostransport.com]

По магистрали планируется запуск двух типов поездов — высокоскоростные поезда (ВСП) со скоростью движения до 300 км/ч и ускоренные региональные поезда (УРП) со скоростью движения до 160 км/ч. ВСП будут курсировать между Екатеринбургом и Челябинском, совершая промежуточные остановки в аэропортах Кольцово и Баландино. Время в пути высокоскоростных поездов составит 1 час 10 минут. УРП будут дополнительно останавливаться на станциях Сысерть и Снежинск, время в пути региональных поездов — 2 часа.

Строительство высокоскоростной магистрали требует крупных государственных и частных капиталовложений. Общий объем финансирования, согласно расчетам Хозяйственного партнерства «Уральская скоростная магистраль, составляет 343 876 млн. руб., из которых 231 000 млн. руб. (67 %) — федеральный бюджет РФ, 77 162 млн.руб. (23 %) — заемные средства (инфраструктурные облигации, кредиты банков развития и кредиты некоммерческих банков), 35 715 млн. руб. (10 %) - средства акционеров. Срок окупаемости проекта составляет приблизительно 17...18 лет.

Высокие государственные и частные инвестиции могут быть обоснованы не только эффектами, которые российская экономика получит от строительства ВСМ и осуществления пассажиро-, грузоперевозок, но и высокими социально — экономическими эффектами в результате развития территорий, находящихся в зоне тяготения станций магистрали.

На территории Свердловской области ВСМ пройдет по территории Екатеринбургской агломерации: от железнодорожного вокзала города Екатеринбурга и далее на юго-восток по территориям муниципальных образований, входящих в состав агломерации — Арамильскому и Сысертскому городским округам (ГО). Планируется построить три станции — «Екатеринбург», «Кольцово» и «Сысерть».

Высокоскоростная магистраль – важный проект с точки зрения экономического и территориального развития Екатеринбургской агломерации и Свердловской области. При строительстве и эксплуатацииВСМ прогнозируются следующие экономические эффекты:

- ✓ увеличение количества рабочих мест и рост занятости населения;
- ✓ повышение квалификации строительных компаний, модернизация производств;
- ✓ эффекты от проектов комплексного развития территорий.

Реализация проекта ВСМ позволит населению, проживающему в Сысертском и Арамильском ГО, использовать магистраль в качестве быстрого средства достижения рабочих мест. Сокращение времени передвижения из городских округов приведет к возможности работать в центре агломерации, к увеличению трудовой мобильности населения и росту производительности труда. Местные работодатели будут вынуждены повышать заработные платы из—за возросшей конкуренции за кадры с центром агломерации. Увеличатся доходы населения, и, следовательно, произойдет рост бюджетных доходов.

Строительство высокоскоростной магистрали даст возможность людям переехать из центра агломерации и жить в более комфортной среде. В результате вырастут цены на недвижимость, увеличатся инвестиции и выручки в сфере потребительских услуг, возрастут темпы жилищного строительства, повысится инвестиционная привлекательность Сысертского и Арамильского ГО, что приведет к росту налоговых отчислений (НДС, НДФЛ, налог на прибыль, налог на имущество) и соответственно к росту бюджетных доходов и ВРП. Сильные и слабые стороны проекта приведены в таблице.

Одной из задач проекта является вовлечение предприятий Свердловской области и Екатеринбургской агломерации в строительство Уральской скоростной магистрали. Промышленные предприятия Свердловской области смогут обеспечить до 60 % потребности в оборудовании и строительных материалах, что в перспективе приведет к увеличению количества рабочих мест, к увеличению объема промышленного производства, к модернизации производств, к повышению квалификации строительных компаний.

Сильные и слабые стороны проекта

Сильные стороны проекта	Слабые стороны проекта
Время в пути 1 час 10 минут	Учитывая планируемые остановки, достигнуть
(по расчётам проектировщиков).	конечного пункта
(no pue termi inperimipesimies).	(из Челябинска в Екатеринбург) за 1 час
	10 минут не представляется возможным. На
	этот путь уйдет как минимум 1,5 часа.
Повышение мобильности населения	Автомобилисты не изменят своим привычкам
(создание благоприятных условий для форми-	(это 90 % имеющегося сегодня пассажиропо-
рования и интенсивного экономического раз-	тока).
вития агломерации двух соседних областей с	iokaj.
общим населением более 7,5 млн. человек).	
По утверждению разработчиков, за счет новых	Duray Sayyen atating Hingayeta
	Риск банкротства проекта
агломерационных эффектов в 2020 – 2030 гг.	(влияние инфляции, политическая обстановка
может быть получен прирост валового регио-	в стране, от которой в большей степени зави-
нального продукта (ВРП) для Свердловской	сит финансирование проекта, отсутствие под-
области – 840 млрд р., а для Челябинской об-	держки местных органов власти).
ласти — 350 млрд p.	
Развитие экономических отношений	Отсутствие в России значительной части клю-
с Казахстаном и Китаем.	чевых компетенций для реализации проекта, а
	именно квалифицированных специалистов,
	для проектирования и дальнейшего строитель-
	ства ВСМ.
Рост экономической и потребительской	Негативные для Челябинска процессы
активности населения.	перетока капитала и квалифицированной рабо-
	чей силы из Челябинска в Екатеринбург.
Преимущество для Екатеринбурга –	Ущерб для экологии региона
высококвалифицированные специалисты из	(например, посредством вырубки деревьев при
Челябинска.	строительстве магистрали).

Согласно мировому опыту строительство высокоскоростных магистралей сопровождается комплексным развитием территорий. На территориях, находящихся в зонах тяготения станции «Кольцово» и «Сысерть», существуют предпосылки реализации нескольких крупных инвестиционных проектов.

При объединении двух агломераций, как в случае Екатеринбурга и Челябинска, растут значения экономических показателей в обоих центрах и в прилегающих областях. Кроме того, населенные пункты на пути скоростного сообщения становятся доступнее обоим центрам, получают дополнительную выгоду. Согласно общепринятым в мировой практике оценкам, при времени в пути между центрами до 1,5...2,0 ч происходит сращивание двух агломераций в единое пространство [6].

Первый проект: Международный транспортно-логистический хаб.

Проект формирования в Екатеринбургской агломерации мультимодульного транспортно-логистического узла мирового уровня: «Международный транспортно-логистический хаб» в районе международного аэропорта Кольцово включен в стратегию развития Свердловской области до 2030 года. При реализации проекта ВСМ Екатеринбург — Челябинск предполагается размещение станции в аэропорту Кольцово и строительство железнодорожной ветки на площадку хаба.

Свердловская область пропускает через себя значительные объемы железнодорожных грузопотоков, суммарный объем которых составляет около 110 млн. тонн входящих и 131 млн. тонн исходящих. Из всего объема грузоперевозок 80 % – межрегиональные перевозки по РФ, 20 % – межнациональные перевозки.

Строительство ВСМ ускорит процесс переработки грузопотока из Китая и Центральной Азии, поступающих в Свердловскую область грузов интернет – торговли, увеличит

скорость сообщения грузовых поездов и доставки грузов.

Реализация проекта позволит создать 20...25 тыс. рабочих мест. Общий объем финансирования составит 20 млрд. рублей.

За счет получения платы за доступ к инфраструктуре ВСМ и аэропорта Свердловская область и Екатеринбургская агломерация получат дополнительные экономические эффекты.

Второй проект: Особая экономическая зона «Титановая долина»

Особая экономическая зона – определяемая Правительством РФ часть территории, на которой действует особый режим осуществления предпринимательской деятельности [7].

Федеральным законом «Об особых экономических зонах в Российской Федерации» определены три вида ОЭЗ:

- ✓ промышленно-производственные;
- ✓ технико-внедренческие;
- ✓ туристско-рекреационные [8].

В рамках развития индустриального сектора на основе развития индустриальной инфраструктуры в Екатеринбургской агломерации реализуется строительство особой экономической зоны «Титановая долина» на территории Сысертского городского округа, площадка «Уктус».

ОЭЗ «Титановая долина» – это особая экономическая зона промышленно-производственного типа с особым юридическим статусом и льготными экономическими условиями для национальных и иностранных предпринимателей.

Приоритетными отраслями являются авиастроение, производство изделий из титана, производство компонентов и оборудования для металлургии, машиностроения, производство строительных материалов, медицинских изделий, деревообработка.

Площадь территории ОЭЗ составляет 95,9 га. Объем заявленных инвестиций резидентов составляет 23 млрд. рублей, объем осуществленных инвестиций -8 млрд. рублей.

Транспортная инфраструктура — одно из важнейших условий успешного функционирования объекта. Строительство ВСМ «Екатеринбург — Челябинск» обеспечит ОЭЗ железнодорожным транспортом, что в свою очередь приведет к увеличению объема и скорости грузоперевозок, к снижению конечной цены товаров. ВСМ повысит привлекательность проекта для иностранных инвесторов и резидентов, позволит создать на площадке логистический комплекс [9].

При соответствующей федеральной, региональной и муниципальной поддержке и поддержке органов управления ОЭЗ «Титановая долина» может стать важным элементом комплексного развития территории Екатеринбургской агломерации (строительство жилья, социальная и инженерная инфраструктура, транспортная инфраструктура)

Третий проект: Особая экономическая зона «Природный парк «Бажовские места»» Юго-восточный сектор является перспективным направлением развития рекреационной сферы и экономики впечатлений из-за благоприятной экологической обстановки, наличия достопримечательностей, биологических, геологических, гидрогеологических и ботанических памятников природы.

Строительство ВСМ Екатеринбург — Челябинск увеличит доступность и привлекательность для туристов территорий Сысертского ГО. В процессе улучшения транспортной доступности, сокращения времени передвижения до центра агломерации и до муниципальных образований за счет строительства ВСМ увеличится поток населения, желающего отдохнуть за пределами Екатеринбурга.

Для ускорения развития туризма представляется возможным создание особой экономической зоны туристско-рекреационного типа - «Природный парк «Бажовские места», что позволит создать необходимую инфраструктуру, разместить объекты развлечений и гостиницы, привлечь инвестиции на развитие гостиничных комплексов и индустрии развлечений.

Площадь ОЭЗ будет составлять 400 кв. км. Объем финансирования составит 10...15млрд. рублей. Реализация проекта позволит обеспечить рабочими местами 5 тыс. человек.

Четвертый проект: Агро-логистический парк

В юго-восточном секторе Екатеринбургской агломерации, на территориях Сысертского и Арамильского ГО, развивается производство сельскохозяйственной продукции. Для более интенсивного производства аграрной продукции необходимо развитие инфраструктуры АПК. Агро-логистический парк — комплекс объектов по хранению и переработке сельскохозяйственной продукции, в который входят цеха по забою скота, элеватор, мукомольный цех, цеха по заморозке мяса, контейнеры для хранения продукции, овощехранилище, морозильный цех. Объем финансирования составляет 35...40 млрд. рублей. Приблизительный срок окупаемости — 15 лет. В случае успешной реализации данного проекта появится до 5 тыс. новых рабочих мест.

Решающее значение для успешного функционирования парка имеет транспортная инфраструктура, поэтому необходимо организовать грузо-распределительный центр, станцию железной дороги, разместить транспортные компании [10].

Уральская высокоскоростная магистраль обеспечит транспортную доступность проекта, за счет скоростной железной дороги парк увеличит объемы производства аграрной продукции, увеличится скорость доставки продукции, станет возможным доставлять, хранить и перерабатывать продукцию, поступающую в Свердловскую область из Казахстана.

Экономический эффект, заключающийся в росте экономических показателей (рис. 2), в первую очередь зависит от роста рынка труда и рынка сбыта товаров и услуг. В свою очередь повышение показателей рынка труда зависит от численности населения. Изначально стартовая позиция у городов разная из-за численности населения. Численность населения Екатеринбурга – 1 483 119 чел. (2019 г.), Челябинска – 1 195 446 чел. (2020 г.).

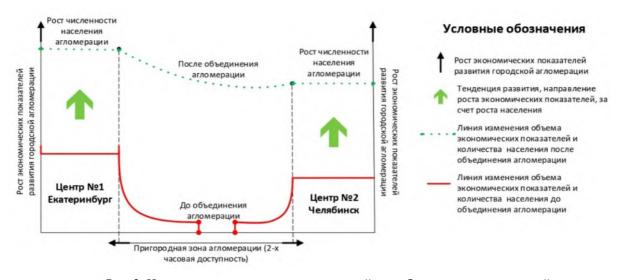


Рис. 2. Изменение экономических показателей при объединении агломераций Екатеринбурга и Челябинска

Таким образом, можно выделить следующие агломерационные эффекты благодаря объединению двух центров:

- ✓ рост экономических показателей в обоих центрах и в прилегающих областях;
- ✓ географическое расширение агломерации за счет снижения времени в пути, повышение мобильности сообщения;
- ✓ прирост иммиграции, способствующий росту рынка труда и повышению эффективности производства
  - ✓ рост инвестиций и повышение показателей экономической активности.

#### Заключение.

Изучение потенциальных экономических эффектов комплексного развития территорий от проектов, реализуемых в зонах тяготения станций высокоскоростной магистрали Екатеринбург — Челябинск, позволяет сделать вывод, что строительство этого транспортного объекта позволит существенно улучшить экономику Свердловской области и Екатеринбургской агломерации.

Строительство высокоскоростной магистрали приведет к улучшению качества жизни населения Екатеринбургской агломерации, к развитию и модернизации строительных компаний, к комплексному развитию территорий и повысит инвестиционную привлекательность крупных проектов, реализующихся на территории агломерации.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. **Мишарин, А. С.** Высокоскоростные магистрали артерии российского гигаполиса / А. С. Мишарин // Транспорт Российской Федерации. 2016. № 2-3(63-64). С. 7-10.
- 2. **Карасёва, А. А.,** Анализ мирового опыта развития высокоскоростного железнодорожного транспорта / А. А Карасёва, М. А. Васильева // Молодой ученый. -2016. -№ 6. С. 114-117.
- 3. **Фадеева**, **Г.** Д. Развитие скоростного железнодорожного транспорта / Г. Д. Фадеева, Л. А. Железняков // Молодой ученый. -2014. -№ 8. -С. 297-298.
- 4. **Мишарин, А. С.** Высокоскоростной железнодорожный транспорт как ключевой фактор развития транспортной системы России // Транспорт Российской Федерации. -2015. -№ 2(57). C. 7-10.
- 5. **Цыденов, А. С.** Создание высокоскоростных магистралей залог успеха страны в настоящем и будущем / А. С. Цыденов // Транспорт Российской Федерации. 2016. № 5(66). С. 10-14.
- 6. **Косой, В. В.** России нужны высокоскоростные магистрали / В. В. Косой // Транспорт Российской Федерации. -2016. -№ 5(66). C. 16-20.
- 7. **Колчеданцева**, **Е. А.** Понятие особой экономической зоны / Е. А. Колчеданцева // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Право. 2010. № 22. С. 77-79.
- 8. Скляр, М. И. Особые экономические зоны в Российской Федерации / М. И. Скляр // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. -2007. -№ 7(16). -ℂ. 34-40.
- 9. **Киселев, И. П.** Высокоскоростной железнодорожный транспорт и перспективы его развития в мире / И. П. Киселев // Транспорт Российской Федерации. 2012. № 5(42). С. 44-51.
- 10. **Бушуев, Н. С.** О перспективах развития высокоскоростных железнодорожных магистралей в России / Н. С. Бушуев, Д. О. Шульман // Бюллетень результатов научных исследований. -2017. -№ 3. С. 7-14.

Поступила в редакцию 1 февраля 2020

### FORECASTING THE ECONOMIC EFFECTS FROM CONSTRUCTION AND OPERATION OF HIGH-SPEEDHIGHWA YEKATERINBURG – CHELYABINSK

#### D. V. Martynovskaya, M. M. Talalaeva

Martynovskaya Darya Vyacheslavovna, master's student, Department of pricing in construction and industry, Institute of construction and architecture, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russian Federation, phone: +7 (903)079-79-54; e-mail: mart.dasha2014@gmail.com Talalaeva Maria Mikhailovna, master's student, Department of pricing in construction and industry, Institute of construction and architecture, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterin-

burg, Russian Federation, phone: +7(961)761-23-09; e-mail: talalaeva.m.m@mail.ru

The task is to study the impact of the implementation of the Yekaterinburg-Chelyabinsk highspeed highway project on the integrated development of the territories of the Yekaterinburg agglomeration and identify possible socio-economic effects. The stages of the project implementation, the planned amount of funding and the route scheme of the high-speed highway are considered. The strengths and weaknesses of the project are analyzed. The analysis of the impact of the construction and operation of the high-speed highway route on the growth of employment, the increase in the number of jobs, the development of construction companies and industrial enterprises, the modernization of production, the development of municipalities that are part of the Yekaterinburg agglomeration. Major investment projects that are being implemented or planned for implementation in the region, for which transport infrastructure and accessibility are important: the international transport and logistics hub, the special economic zone «Titanium valley», the special economic zone «natural Park «Bazhovskie mesto», agro-logistics Park. It is concluded that the construction and operation of the Yekaterinburg-Chelyabinsk high-speed railway will positively affect the development of the region's economy and increase the investment attractiveness of large projects in the Yekaterinburg agglomeration.

Keywords: high-speed highway; infrastructure project; transport corridor; agglomeration.

#### REFERENCES

- 1. **Misharin A. S.** *High-speed highways are arteries of the Russian gigapolis.* Transport of the Russian Federation. 2016. No. 2-3(63-64). Pp. 7-10. (in Russian)
- 2. **Karaseva A. A., Vasileva M. A.** Analysis of world experience in the development of high-speed rail transport. Young scientist. 2016. No. 6. Pp. 114-117. (in Russian)
- 3. **Fadeeva G. D., Zheleznyakova L. A.** *Development of high-speed rail.* Young scientist. 2014. No. 8. Pp. 297-298. (in Russian)
- 4. **Misharin A. S.** High-speed rail transport as a key factor in the development of the Russian transport syste. Transport of the Russian Federation. 2015. No. 2(57). Pp. 7-10. (in Russian)
- 5. **Cydenov A. S.** Creation of high-speed highways is the key to the country's success in the present and future. Transport of the Russian Federation. 2016. No. 5(66). Pp.10-14. (in Russian)
- 6. **Kosoy V.V.** Russia needs the high-speeds highways. Transport of the Russian Federation. 2016. No. 5(66). Pp. 16-20. (in Russian)
- 7. **Kolchedantceva E. A.** *The concept of a special economic zone*. Bulletin of the South Ural State University. Series Law. 2010. No. 22. Pp. 77-79.
- 8. **Sklyar M. I.** *Special Economic Zones in the Russian Federation*. National interests, priorities and security. 2007. No. 7(16). Pp. 34-40. (in Russian)
- 9. **Kiselev I. P.** *High-speed railway transport and its development prospects in the world.* Transport of the Russian Federation. 2012. No. 5(42). Pp. 44-51. (in Russian)
- 10. **Bushuev N. S., Shulman D. O.** On the prospects for the development of high-speed railways in Russia. Research Results Bulletin. 2017. No. 3. Pp. 7-14. (in Russian)

Received 1 February 2020

#### Для цитирования:

**Мартыновская,** Д. В. Прогнозирование экономических эффектов от строительства и эксплуатации высокоскоростной магистрали Екатеринбург-Челябинск / Д. В. Мартыновская, М. М. Талалаева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. − 2020. − № 2(13). − С. 86-93.

#### FOR CITATION:

**Martynovskaya D. V., Talalaeva M. M.** Forecasting the economic effects from construction and operation of high-speedhighwa Yekaterinburg – Chelyabinsk. Housing and utilities infrastructure. 2020. No. 2(13). Pp. 86-93. (in Russian)

УДК 693.547.3:69.003

#### СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТОИМОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ЗИМНЕГО БЕТОНИРОВАНИЯ БАЗИСНО-ИНДЕКСНЫМ МЕТОДОМ

#### А. Н. Безуглова, Д. Н. Коротких

Безуглова Алина Николаевна, магистрант кафедры технологии строительных материалов изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел. +7(908)136-47-60; e-mail: malina4760@rambler.ru

Коротких Дмитрий Николаевич, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры технологии строительных материалов изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(910)349-86-45; e-mail: korotkih@vgasu.vrn.ru

В статье выполнен сопоставительный анализ стоимости наиболее распространенных технологий зимнего бетонирования. Рассмотрены три варианта: применение противоморозных добавок, метод термоса, метод электропрогрева. Определение затрат проведено базисно-индексным методом. Приводится методика выполнения такого анализа, учитывающая величины дополнительных затрат на зимнее бетонирование. Расчет проводился для четырех типов монолитных конструкций с различным значением модуля поверхности. На основе результатов расчетов даны рекомендации по области применения технологий зимнего бетонирования. Результаты анализа могут быть применены при разработке проектов производства работ бетонирования строительных конструкций в зимний период.

**Ключевые слова:** технологии зимнего бетонирования; анализ стоимости бетонных работ; монолитные железобетонные конструкции; базисно-индексный метод.

Зимнее бетонирование монолитных железобетонных конструкций приводит к существенному удорожанию технологии производства работ, соответственно, вопрос эффективности обоснованного применения конкретных технологий бетонирований в зимних условиях является актуальным. Проблема технико-эконмической эффективности наиболее распространенных технологий зимнего бетонирования (применение противоморозных добавок, метод термоса, метод электропрогрева) довольно широко рассмотрена в научной литературе [1...8], тем не менее, четкие ответы на вопросы: в какой ситуации, при каких температурах, для каких строительных конструкций наиболее эффективны с экономической точки зрения те или иные методы зимнего бетонирования так и не получен. Кроме того, большой массив данных по этой проблеме получен много лет назад и по этой причине стал с позиций стоимости работ неактуальным.

В данной работе рассматриваются дополнительные затраты на зимнее бетонирование типичных монолитных железобетонных конструкций, которые классифицируются по модулю поверхности охлаждения, определяемого по формуле (1):

$$M_n = S/V, (1)$$

где  $M_n$  — модуль поверхности охлаждения конструкции, 1/м; S - площадь охлаждаемой конструкции,  $M^3$ : V — объем конструкции,  $M^3$ .

Для дальнейших расчетов приняты четыре основные типы конструкций согласно классификации в СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции»:

- ✓ массивные бетонные и железобетонные фундаменты, блоки и плиты с модулем поверхности до 3;
- ✓ фундаменты под конструкции зданий и оборудование, массивные стены и т.п. с модулем поверхности от 3 до 6;
- ✓ колонны балки, прогоны, элементы рамных конструкций, свайные ростверки, стены, перекрытия с модулем поверхности от 6 до 10;

© Безуглова А. Н., Коротких Д. Н., 2020

✓ полы, перегородки, плиты перекрытий, тонкостенные конструкции с модулем поверхности более 10.

В СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции» приведены рекомендации по выбору метода зимнего бетонирования в зависимости от температурного фактора. Но окончательный выбор метода производства бетонных работ в зимний период времени нужно подкреплять экономическими показателями [5...9].

Разработанная методика расчета дополнительных затрат на проведение работ в зимних условиях с учетом применения для типовых конструкций состоит из следующих этапов:

- 1) выполняется расчет дополнительных трудозатрат (чел.-ч), эксплуатации машин и механизмов (маш.-ч), при электропрогреве расход греющего провода и электроэнергии, при методе термоса затраты, связанные с устройством теплоизоляции, а при бетонировании с помощью добавок стоимость противоморозных добавок на весь объем бетонируемой конструкции каждого типа;
- 2) производится расчет затрат в денежном выражении в базисном уровне для каждого типа конструкции;
  - 3) рассчитываются затраты в текущем уровне цен.

На основе данной методики был выполнен расчет дополнительных затрат на  $1 \text{ м}^3$  бетона в зимний период времени (для температур окружающей среды в интервале от +5 °C до -20 °C для типичных монолитных железобетонных конструкций [10]. Результаты расчета представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1 Дополнительные затраты, руб./м<sup>3</sup>, в зимний период времени для типичных монолитных конструкций при температуре наружного воздуха -5 °C

конструкции при те	Способ зимнего бетонирования				
Тип монолитной конструкции	Электропрогрев	Термос	Бетонирование с использованием добавок		
Массивные бетонные и железобетонные фундаменты, блоки и плиты с модулем поверхности до 3*	531	206	-		
Фундаменты под конструкции зданий и оборудование, массивные стены и т.п. с модулем поверхности 36	1078	258	1130		
Колонны балки, прогоны, элементы рамных конструкций, свайные ростверки, стены, перекрытия с модулем поверхности 610	1138	426	1130		
Полы, перегородки, плиты перекрытий, тонкостенные конструкции с модулем поверхности 1020	1080	851	1130		

<sup>\*</sup> Примечание: при устройстве массивных бетонных и железобетонных фундаментов, блоков и плит с модулем поверхности менее 3 для предотвращения высокого градиента температур между ядром конструкции и ее поверхностью расчет выполнен только для методов электропрогрева и термоса.

Таблица 2

Дополнительные затраты, руб./м<sup>3</sup>, в зимний период времени для типичных монолитных конструкций при температуре наружного воздуха -15°C

	Способ зимнего бетонирования		
Тип монолитной конструкции	Электропрогрев	Термос	Бетонирование с использованием добавок
Массивные бетонные и железобетонные фундаменты, блоки и плиты с модулем поверхности до 3*	533	288	-
Фундаменты под конструкции зданий и оборудование, массивные стены и т.п. с модулем поверхности 36	1082	299	1582
Колонны балки, прогоны, элементы рамных конструкций, свайные ростверки, стены, перекрытия с модулем поверхности 610	1142	526	1582
Полы, перегородки, плиты перекрытий, тонкостенные конструкции с модулем поверхности 1020	1084	1024	1582

<sup>\*</sup> Примечание: при устройстве массивных бетонных и железобетонных фундаментов, блоков и плит с модулем поверхности менее 3 для предотвращения высокого градиента температур между ядром конструкции и ее поверхностью расчет выполнен только для методов электропрогрева и термоса.

#### Заключение.

Разработанная методика и результаты сопоставительного анализа стоимости различных методов зимнего бетонирования может являться основой для выбора в проекте производства бетонных работ конкретных технологий зимнего бетонирования исходя из типа возводимой монолитной конструкции.

Метод термоса с экономической точки зрения наиболее эффективен для всех типов конструкций, за исключением полов, перегородок, плит перекрытий, тонкостенных конструкций с модулем поверхности 10...20 при условии выполнении работ при температуре ниже -15 °C.

Применение противоморозных добавок является, с одной стороны наиболее технологически простым, а с другой – затратным методом зимнего бетонирования.

Стоимость метода электропрогрева в наименьшей степени зависит от температуры окружающей среды, поэтому этот метод может быть рекомендован при низких температурах окружающей среды.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. **Гнам, П. А.** Технологии зимнего бетонирования в России / П. А. Гнам, Р. К. Кивихарью // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 9(48). С. 7-25.
- 2. **Кармаза, М. В.** Зимнее бетонирование и ускорение твердения бетона / М. В. Кармаза, Р. В. Мотылев // Аллея науки. -2018. № 5(21). С. 460-465.
- 3. **Рязанова,** Г. **Н.** Современные методы зимнего бетонирования монолитных конструкций из бетона и железобетона / Г. Н. Рязанова, Д. М. Попова // Современные научные исследования и разработки. -2017. -№ 9(17). C. 411-416.

- 4. **Рязанова, Г. Н.** Анализ существующих методов возведения конструкций из монолитного бетона и железобетона в зимних условиях / Г. Н. Рязанова, Д. М. Попова // Градостроительство и архитектура. 2018. № 1(30). С.16-23.
- 5. **Шелехов, И. Ю.** Анализ производства строительных работ в зимний период времени / И. Ю. Шелехов, Е. И. Смирнов, С. А. Пакулов, М. М. Главинская // Современные наукоемкие технологии. -2016. № 6. С. 99-102.
- 6. **Кобылина, М. А.** Технологии зимнего бетонирования / М. А. Кобылина, С. В. Калошина // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2017. № 2. С. 214-223.
- 7. **Тараканов**, **О. В.** Повышение эффективности применения комплексных противоморозных добавок в технологии зимнего бетонирования / О. В. Тараканов // Вестник Волжского регионального отделения российской академии архитектуры и строительных наук. 2011. N 14. C. 106-109.
- 8. **Бушманова**, **А. В.** Зимнее бетонирование плит перекрытий / А. В. Бушманова, К. В. Семенов // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2018. № 4(67). С. 7-18
- 9. **Тришин,** С. А. Анализ способов «зимнего бетонирования» / С. А. Тришин, К. В. Карюкина, М. А. Ращупкина // Актуальные проблемы науки и техники глазами молодых ученых: сборник материалов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 201-206.
- 10. **Ким, А. А.** Анализ методов зимнего бетонирования / А. А. Ким, Л. М. Весова, В. К. Кабанов // Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса: Сборник статей международной практической конференции. —Волгоград, 2019. С. 153-156.

Поступила в редакцию 11 апреля 2020

### COMPRATIVE ANALYSIS OF THE COST OF WINTER CONCRETING TECHNOLOGIES USING THE BASIC INDEX METHOD

#### A. N. Bezuglova, D. N. Korotkikh

Bezuglova Alina Nikolaevna, master's student, Department of technology of building materials products and structures, Voronezh state technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(908)136-47-60; e-mail: malina4760@rambler.ru

Korotkikh Dmitrii Nikolaevich, PhD, Professor, Professor, Department of technology of building materials products and structures, Voronezh state technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(910)349-86-45; e-mail: korotkih@vgasu.vrn.ru

The article provides a comparative analysis of the cost of the most common winter concreting technologies. Three options are considered: the use of antifreeze additives, the thermos method, and the electric heating method. The costs were determined using the basic index method. The method of performing such an analysis is given, taking into account the amount of additional costs for winter concreting. The calculation was performed for four types of monolithic structures with different values of surface modulus. Based on the results of calculations, recommendations are given for the application of winter concreting technologies. The results of the analysis can be applied in the development of projects for concreting building structures in winter.

**Keywords:** technologies of winter concreting; analysis of the cost of concrete works; monolithic reinforced concrete structures; basic index method.

#### REFERENCES

- 1. **Gnam P. A., Kiviharyu R. K.** *Technologies of winter concreting in Russia*. Construction of unique buildings and structures. 2016. No. 9(48). Pp. 7-25. (in Russian)
- 2. **Karmaza M. V., Motylev R. V.** *Winter concreting and acceleration of concrete hardening.* Science alley. 2018. No. 5(21). Pp. 460-465. (in Russian)
- 3. **Ryazanova G. N., Popova D. M.** Modern methods of winter concreting of monolithic structures made of concrete and reinforced concrete. Modern research and development. 2017. No. 9(17). Pp. 411-416. (in Russian)
- 4. **Ryazanova G. N., Popova D. M.** Analysis of existing methods of construction of structures made of monolithic concrete and reinforced concrete in winter conditions. Urban planning and architecture. 2018. No. 1(30). Pp. 16-23. (in Russian)
- 5. Shelekhov I. Y., Smirnov E. I., Pakulov S. A., Glavinskaya M. M. Analysis of construction works in winter. Modern science-intensive technologies. 2016. No.6. Pp. 99-102. (in Russian)
- 6. **Kobylina M. A., Kaloshina C. V.** *Winter concreting Technologies*. Modern technologies in construction. Theory and practice. 2017. No. 2. Pp. 214-223. (in Russian)
- 7. **Tarakanov O. V.** *Improving the effectiveness of complex antifreeze additives in winter concreting technology.* Bulletin of the Volga regional Department of the Russian Academy of architecture and construction Sciences. 2011. No. 14. Pp. 106-109. (in Russian)
- 8. **Bushmanova A. V., Semenov K. V., Korovina V. K.** *Winter concreting of floor slabs.* Construction of unique buildings and structures. 2018. No. 4(67). Pp. 7-18. (in Russian)
- 9. **Trishin S. A, Karyukina K. V., Roshchupkina M. A.** Analysis of methods of winter concreting. Actual problems of science and technology through the eyes of young scientists. Collection of materials of the International scientific and practical conference. 2016. Pp. 201-206. (in Russian)
- 10. **Kim. A. A., Vesova L. M., Kabanov V. N.** *Analysis of winter concreting methods*. Actual problems and prospects of development of the construction complex. Collection of articles of the international practical conference. Volgograd. 2019. Pp. 153-156. (in Russian)

Received 11 April 2020

#### Для цитирования:

**Безуглова, А. Н.** Сопоставительный анализ стоимости технологий зимнего бетонирования базисноиндексным методом / А. Н. Безуглова, Д. Н. Коротких // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. -2020. -№ 2(13). - C. 94-98.

#### FOR CITATION:

**Bezuglova A. N., Korotkikh D. N.** Comprative analysis of the cost of winter concreting technologies using the basic index method. Housing and utilities infrastructure. 2020. No. 2(13). Pp. 94-98. (in Russian)

УДК 69.059.4

### ЛИКВИДАЦИЯ ВЕТХОГО И АВАРИЙНОГО ЖИЛЬЯ – ВАЖНЫЙ ИНСТРУМЕНТ РЕШЕНИЯ ЖИЛИЩНОЙ ПРОБЛЕМЫ

#### Е. С. Иванова

Иванова Елена Сергеевна, магистрант кафедры теории и систем отраслевого управления, ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», Москва, Российская Федерация, тел.: +7(903)716-15-10; e-mail: alekseeva2110@yandex.ru

Уровень аварийного и ветхого жилья в России достаточно высок, что связано с проблемами жилищно-коммунального обслуживания жилищных фондов и с высоким процентом износа домов. Кроме того, в настоящее время проведение работ по обслуживанию, затрудняется значительной ветхостью жилищно-коммунальной инфраструктуры. Были проанализированы статистические данные, а также нормативно-правовая база по признанию ветхого и аварийного жилья. Рассмотрена проблема сбора статистических данных по регионам, которая ведет к искажению представления о реальном состоянии жилищного фонда. Были рассмотрены важные законопроекты в сфере аварийного и ветхого жилья. Выявлены аспекты, затрудняющие признание дома аварийным, а также рассмотрены последствия принятия такого решения. При сносе дома возникает сложная проблема переселения граждан. Были приведены ключевые моменты нового законопроекта по части переселения.

Ключевые слова: жилищно-коммунальное хозяйство; аварийное и ветхое жилье; капитальный ремонт; снос.

Состояние жилищно-коммунальной инфраструктуры требует постоянного мониторинга. Серьезной проблемой для многих регионов России до сих пор остается ветхое и аварийное жилье. Несмотря на имеющиеся рекомендуемые сроки службы и эксплуатации зданий и сооружений, согласно ГОСТ 27751-2014 от 01 июля 2015 г., при возникновении вопросов о сроках эксплуатации дома все же обращают внимание на его внешний вид (фундамент, несущие конструкции, санитарно-технические системы), состояние жилья, его экономическую целесообразность и культурно-историческую ценность [1].

По данным Ростата площадь жилых помещений составляет 3780 млн  $\rm M^2$ , из нее 0,7 % удельный вес аварийного жилищного фонда, 1354 млн  $\rm M^2$  с износом от 31 до 65 %, 163 млн  $\rm M^2$  с износом от 66 до 70 % и почти 54 млн  $\rm M^2$  с износом более 70 % (рис. 1).

Залогом длительной службы зданий и их инфраструктуры является своевременное ремонтное обслуживание. Минстрой России вполне обоснованно считает, что каждый субъект Российской Федерации находится в разных климатических и экономических условиях, где-то изношенность минимальная, а где-то достигает 50-60%, из-за чего нельзя подходить к разным муниципалитетам с одной меркой. Также отмечается, что необходимо актуализировать формы отчетности, откорректировать особенно те, что предназначены для регионов. Запрос слишком большого объема информации приводит к подаче некоторыми регионами недостоверных сведений, что в итоге искажает общее представление о ситуации. Также затрагиваются темы о недофинансировании сферы ЖКХ из-за задолженностей плательщиков, а также о слабой бюджетной поддержки отрасли.

Следует отметить, что общий объем жилищного фонда, требующий капитального ремонта либо сноса, все-таки весьма значителен и представляет серьезную социально-экономическую проблему [2].

Многие эксперты склоняются, что данные обстоятельства, прежде всего, связаны с несовершенством нормативной базы ликвидации аварийного и ветхого жилья [3].

Аварийное и ветхое жилье – понятия разные. Однако довольно сложно признать дом

© Иванова Е. С., 2020

аварийным или ветхим и во многом это связано с отсутствием четких методических рекомендаций и эффективных механизмов решения данной проблемы. Результатом этого является то, что жилыми остаются дома без должного водоснабжения, с порушенными стенами, потолками и т.п. К этому добавляется некоторое недопонимание в части понятия аварийности, определяемое жителями и его понятия, отраженного в законодательстве [4].

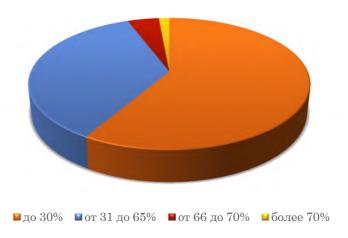


Рис. 1. Распределение износа жилых зданий [Источник: Жилищное хозяйство в России. 2019: Стат. сб./ Росстат. - Ж72. – М., 2019. – 78 с.]

Принципиальное разница между аварийным и ветхим жильем заключается в том, что первое подлежит обязательному расселению, а второе – нет. Решение о причислении жилья к какой-либо категории принимает межведомственная комиссия, руководствуясь действующими нормативными документами, но отсутствие четких формулировок и эффективных механизмов весьма затрудняет принятие объективного решения. Признание дома аварийным или ветхим ведет к следующей проблеме – проведение реконструкции или снос дома.

Помимо этого, стоит обратить внимание на проблему ветхости самой инфраструктуры [5]. Минстрой России подготовил предложения об изменениях, которые вносятся в приказы Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 5 августа 2014 г. № 437/пр, от 21 августа 2015 г. № 606/пр по вопросам совершенствования порядка проведения технического обследования отдельных объектов коммунальной инфраструктуры. В существующих нормативно-правовых актах не предусмотрены требования об обязательной фиксации процента износа в документах, которые оформляются по результатам технического обследования объектов коммунальной инфраструктуры. Нет и единых унифицированных требований — ни к формам акта о проведении такого технического обследования в отношении объектов централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения, водоотведения, ни к отчету о результатах технического обследования систем теплоснабжения. Это приводит к неопределенности и неоднозначности способов фиксации результирующей информации об износе. Минстрой России хочет унифицировать акты технического обследования коммунальных сетей с тем, чтобы в них обязательно указывался процент износа. Очевидно, что такая информация о фактической степени износа крайне нужна для реализации программы по модернизации коммунальной инфраструктуры с износом более 60 %.

Капитальный ремонт недооценен, а ведь он в ряде случаев эффективнее переселения дома [6]. В этом вопросе можно обратиться и присмотреться к европейскому опыту устранения ветхого и аварийного жилья. Данный опыт предполагает перенацеливание инвестиций на строительство нового жилья в густонаселенных городах на капитальный ремонт и модернизацию существующего жилищного фонда. Идея заключается в том, что инвестору отдается во временное пользование жилищный фонд, а при его реконструкции он может

воспользоваться субсидиями. Очевидно, что такие подходы требуют значительных инвестиций, ведь замена устаревшего инженерно-технического оборудования и части конструкций зданий, практически невозможна без вложения значительного бюджета. Данный механизм воспроизводства жилищного фонда будет работать в странах с сильной рыночной экономикой [7].

При сносе дома возникает сложная проблема переселения граждан. Согласно подготовленному Законопроекту «О внесении изменений в Жилищный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации» с даты уведомления о включении многоквартирного дома в реестр аварийных многоквартирных домов устанавливается срок для подачи гражданами, претендующими на переселение, заявлений о реализации своего права на переселение, а также документов, подтверждающих их принадлежность к соответствующей категории (собственники жилых помещений (квартир, комнат); наниматели в жилищном фонде социального использования; члены кооператива, не выплатившие пай.) [8].

Одновременно важным становится вопрос о собственности на квартиры в аварийном многоквартирном доме граждан, которые заявили о своих правах на переселение. Возможные варианты:

- 1) собственники также представляют свое согласие на отказ от права собственности (передаче в муниципальную собственность) своих квартир в аварийном многоквартирном доме в момент предоставления им новых квартир в рамках переселения (в этом случае при оценке их имущественного положения для подтверждения права на переселение не учитывается их право собственности на аварийное жилье и соответствующий земельный участок);
- 2) переселение не взаимосвязано с реализацией имущественных прав (право собственности за ними сохраняется; государство обеспечивает их жилищные права как нуждающихся в жилье; при этом при подтверждении права на переселение в рамках критерия «имущественное положение» учитывается стоимость доли в земельном участке под аварийным многоквартирным домом, самого аварийного жилья при реконструкции).

Наиболее предпочтительным представляется первый из указанных вариантов [9].

Законопроектом также предусматриваются соответствующие отсылочные положения к процедурам, касающимся постановки на учет (если соответствующие граждане не стоят на учете). Вместе с тем реализация данными гражданами своих жилищных прав осуществляется вне рамок указанных процедур (применяются только положения, связанные с признанием их малоимущими, нуждающимися, представлением перечня документов и т.п.).

Орган местного самоуправления формирует перечень лиц, подлежащих переселению [10]. Стоит отметить, что на обсуждение выносится большое количество новых законопроектов в сфере строительства и жилищно-коммунального хозяйства, что шаг за шагом ведет к переменам в этой сфере. К положительным или отрицательным — вопрос открытый.

#### Заключение.

Разработка комплексной программы по работе с ветхим и аварийным жильем с включением мер по совершенствованию нормативно-правовой базы, мониторинга и контроля аварийного и ветхого жилья, капитального ремонта и реконструкции домов, эффективного механизма финансирования и ответственности субъектов могла бы лечь в основу решения проблем в области аварийного и ветхого жилья. Темпы воспроизводства жилищного фонда за счет капитального ремонта и реконструкции, как и развитие всего жилищно-коммунального хозяйства должны носить опережающий характер по сравнению со строительством жилых зданий.

Повышению эффективности эксплуатации жилищного фонда будет способствовать повышение экономичности проектных решений, выявление социально-экономических гра-

ниц эксплуатации жилых зданий, проектирование и строительство зданий с учетом ремонтопригодности элементов и узлов, их доступности для периодического осмотра, оценки технического состояния и физического износа, обеспечения прочности конструкций и инженерного оборудования. Совершенствование сбора и структурирования статистических данных по регионам поможет эффективнее распределять средства и силы на решение проблем.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. **Озерова, Н. И.** Современное состояние жилищного фонда в российской федерации и перспективы его развития / Н. И. Озерова, Т. Е Соловьева, И. Ю. Чубаркина // Экономика и предпринимательство. 2018. № 4(93). С. 908-913.
- 2. Плеслов, А. А. Социально-экономические тенденции современного этапа государственной жилищной политики / А. А. Плеслов // Экономика и предпринимательство. -2018. -№ 6(95). C. 121-125.
- 3. **Нурисламова, Е. Ф.** Некоторые актуальные вопросы о ветхом и аварийном жилье / Е. Ф. Нурисламова, Г. Г. Павлова // Современные проблемы управления организациями, территориями, страной: взгляд молодых. Материалы студенческой научной конференции. Челябинск, 2018. С. 133-138.
- 4. **Кожахметова,**  $\Gamma$ **. А.** К вопросу обеспечения надлежащих жилищных условий населения страны как фактор а человеческого развития /  $\Gamma$ . А. Кожахметова // Статистика, учет и аудит. 2018. № 1(68). С. 212-219.
- 5. **Косухин, М. М.** Проблема износа инженерных сетей жилищно-коммунального хозяйства / М. М. Косухин, А. М. Косухин, А. В., Горбунова, К. А. Ковалева // Наукоемкие технологии и инновации: сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В. Г. Шухова. Белгород, 2019. С. 45-50.
- 6. **Меерович, М. Г.** Сносить нельзя реконструировать / М. Г. Меерович // Градостроительство. -2018. -№ 2(54). -ℂ. 56-64.
- 7. **Свиридов, И. А.** О некоторых особенностях современной организации реновации российских городов / И. А. Свиридов, С. Б. Сборщиков // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. –Т. 21. № 2. С. 158-164.
- 8. **Рощина, С. И.** Проблемы расселения ветхого и аварийного жилья в современных условиях / С. И. Рощина, М. В. Попова, Т. О. Глебова // Современные проблемы и перспективы развития туризма и сферы услуг в условиях глобализации: сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции. Владимир, 2019. С. 139-142.
- 9. **Ковалевская, О. Ю.** Нормативно-правовое регулирование переселения граждан из "ветхого" жилищного фонда / О. Ю. Ковалевская // Инновационное развитие современной юридической науки: материалы III Всероссийского научно-практического конкурса молодых ученых, аспирантов и студентов. Хабаровск, 2019. С. 46-51.
- 10. **Матиящук, С. В.** Проблемы определения критериев разумного срока для сноса аварийного дома / С.В. Матиящук // Правовые вопросы недвижимости. 2018. N 1. С. 3-6.

Поступила в редакцию 20 апреля 2020

### ELIMINATION OF DILAPIDATED AND EMERGENCY HOUSING - AN IMPORTANT TOOL FOR SOLVING THE HOUSING PROBLEM

E. S. Ivanova

Ivanova Elena Sergeevna, graduate student, Department of theory and systems of industrial management, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation, phone: +7 (903)716-15-10; e-mail: alekseeva2110@yandex.ru

The level of dilapidated and dilapidated housing in Russia is quite high, which is associated with problems of housing and communal services of housing funds and a high percentage of wear and tear of houses. In addition, maintenance work is currently hampered by the significant dilapidation of housing and communal infrastructure. Statistical data were analyzed, as well as the legal framework for recognizing dilapidated and dilapidated housing. The problem of collecting statistical data for regions, which leads to a distortion of the real state of the housing stock, is considered. Important bills in the field of emergency and dilapidated housing were considered. The aspects that make it difficult to recognize a house as an emergency are identified, as well as the consequences of making such a decision are considered. When demolishing a house, there is a complex problem of relocation of citizens. The key points of the new draft law on resettlement were given.

**Keywords:** housing and communal services; emergency and dilapidated housing; major repairs; demolition.

#### **REFERENCES**

- 1. Ozerova N. I., Solov'eva T. E., Chubarkin I. J. Modern condition of the housing stock in the Russian Federation and prospects of its development. Economics and entrepreneurship. 2018. No. 4(93). Pp. 908-913. (in Russian)
- 2. **Pleslov A. A.** Socio-economic trends of the modern stage of state housing policy. Economics and entrepreneurship. 2018. No. 6(95). Pp. 121-125. (in Russian)
- 3. Nurislamova E. F., Pavlova G. G. Some actual questions about dilapidated and emergency housing. Chelyabinsk, Modern problems of management of organizations, territories, country: view of the young, materials of the student scientific conference. 2018. Pp. 133-138. (in Russian)
- 4. **Kozhakhmetova G. A.** On the issue of ensuring adequate housing conditions of the country's population as a factor of human development. Statistics, accounting and audit. 2018. No. 1(68). Pp. 212-219. (in Russian)
- 5. Kosukhin M. M., Kosukhin A. M., Gorbunova A. V., Kovaleva K. A. The problem of wear of engineering networks of housing and communal services. Belgorod, Science-Intensive technologies and innovations Collection of reports of the International scientific and practical conference dedicated to the 65th anniversary of BSTU named after V. G. Shukhov. 2019. Pp. 45-50. (in Russian)
- 6. **Meerovich M. G.** *Demolish can not be reconstructed.* Urban planning. 2018. No. 2(54). Pp. 56-64. (in Russian)
- 7. **Sviridov I. A., Soberschikov S. B.** About some features of the modern organization of renovation of Russian cities. Bulletin of the Tomsk state University of architecture and construction. 2019. Vol. 21. No. 2. Pp. 158-164. (in Russian)
- 8. Roshchina S. I., Popova M. V., Glebova T. O. Problems of settlement of dilapidated and emergency housing in modern conditions. Vladimir, Modern problems and prospects of development of tourism and services in the context of globalization, Collection of articles of the II all-Russian scientific and practical conference. 2019. Pp. 139-142. (in Russian)
- 9. **Kovalevskaya O. Y.** *Normative and legal regulation of relocation of citizens from the old housing stock.* Khabarovsk, Innovative development of modern legal science, Materials of the III all-Russian scientific and practical competition of young scientists, postgraduates and students. 2019. Pp. 46-51. (in Russian)

10. **Mathiyashchuk S. V.** Problems of determining criteria for a reasonable period of time for the demolition of an emergency house. Legal issues of real estate. 2018. No. 1. Pp. 3-6. (in Russian)

Received 20 April 2020

#### Для цитирования:

**Иванова, Е. С.** Ликвидация ветхого и аварийного жилья – важный инструмент решения жилищной проблемы / Е. С. Иванова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2020. – № 2(13). – С. 99-104.

#### FOR CITATION:

**Ivanova E. S.** *Elimination of dilapidated and emergency housing - an important tool for solving the housing problem.* Housing and utilities infrastructure. 2020. No. 2(13). Pp. 99-104. (in Russian)

УДК 692:69.003

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ ВАРИАНТНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ЗДАНИЯ ГОСТИНИЦЫ В ГОРОДЕ ТАМБОВЕ

#### И. Г. Елагина, К. О. Сучков, О. В. Умнова

Елагина Ирина Геннадьевна, магистрант кафедры «Конструкции зданий и сооружений», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Российская Федерация, тел.: +7(920)178-38-04; e-mail: romechta@mail.ru

Сучков Кирилл Олегович, магистрант кафедры «Конструкции зданий и сооружений», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Российская Федерация, тел.: +7(953)715-42-93; e-mail: kirillsuchkv@rambler.ru

Умнова Ольга Владимировна, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Конструкции зданий и сооружений», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Российская Федерация, тел.: +7(4752) 63-03-80; e-mail: kzis@nnn.tstu.ru

Рассмотрено по три варианта энергоэффективного решения ограждающих конструкций здания гостиницы с принятым в соответствии с функциональным процессом объемно-планировочным решением: кровли, стены и пола. На первом этапе технико-экономического сравнения вариантов был выполнен теплотехнический расчет каждого варианта по программе «Технониколь». Анализ полученных результатов позволил подобрать толщины утеплителей и составить на базе существующих нормативных и регулирующих документов сметный расчет для реализации каждого из вариантов в текущих ценах первого квартала 2020 года. Основные технико-экономические показатели рассмотренных вариантов сведены в таблицы и для наглядности представлены в виде сравнительных диаграмм. Установлены наиболее затратные и экономичные комбинации конструктивного решения в каждом сегменте ограждения для г. Тамбова, а также факторы, влияющие на стоимость.

**Ключевые слова:** строительство; конструктивные решения; теплотехнический расчет; энергоэффективность; ограждающие конструкции; сметный расчет; экономическая эффективность.

Стоимость строительства определяется сметами, которые представляют собой расчет общественно необходимых затрат на возведение объектов, т. е. цену строительной продукции. Требования экономической эффективности, предъявляемые как к зданию в целом, так и к его отдельным элементам, ставят задачу анализа принимаемых решений в процессе проектирования, не только с функциональной и технической стороны, но и с точки зрения целесообразности материальных затрат [1], т.е. технико-экономическое сравнение нескольких наиболее приемлемых вариантов на каждом этапе проектирования [2].

Для вариантного проектирования ограждающих конструкций кровли, стены и пола рассмотрено здание гостиницы в г. Тамбове с принятым объемно-планировочным решением в соответствии с функциональным процессом. Здания восьмиэтажное с высотой этажа -4 м, с размерами в осях:  $79 \times 19$  м. Площадь оконных проёмов принята 35 % от площади стен. План типового этажа и фасад здания показаны соответственно на рис. 1 и 2.

При проектировании ограждающих конструкций кровли (покрытия), стены и пола здания гостиницы были выбраны по три варианта каждой конструкции [3,4]:

Варианты кровли: Покрытие 1 — TH-КРОВЛЯ Инверс; Покрытие 2 — TH-КРОВЛЯ Проф; Покрытие 3 - TH-КРОВЛЯ Стандарт КВ.

Варианты наружной стены: Стена 1 – ТН Фасад Стандарт; Стена 2 – ТН Фасад Профи; Стена 3 - ТН Фасад Вент.

Варианты конструкций пола: Полы 1- ТН-ПОЛ Стандарт; Полы 2-ТН-ПОЛ Проф; Полы 3- ТН-ПОЛ Проф Акустик.

© Елагина И. Г., Сучков К. О., Умнова О. В., 2020

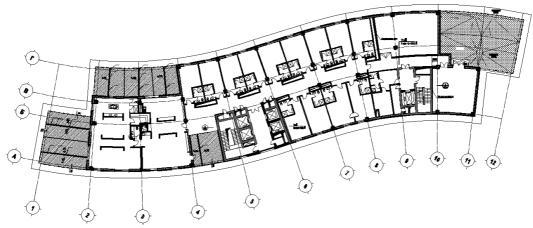


Рис.1. План типового этажа

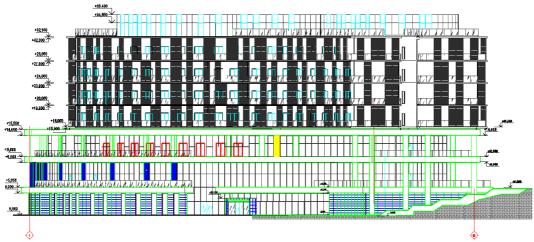


Рис. 2. Фасад здания

Для оценки экономической и энергетической эффективности на первом этапе технико-экономического сравнения вариантов был выполнен теплотехнический расчет Всех конструкций по программе ТЕХНОНИКОЛЬ, по результатам которого установлена оптимальная толщина утеплителя.

Конструкции рассматриваемых вариантов покрытий приведены на рис. 3 - 5.

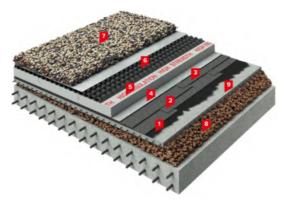


Рис. 3. Схема покрытия ТН-КРОВЛЯ Инверс: (Покрытие 1):

- 1 праймер битумный ТЕХНОНИКОЛЬ № 01, расход 0,25...0,35 л/м²; 2 техноэласт ЭПП, 4 мм; 3 техноэласт ЭПП, 4 мм; 4 иглопробивной геотекстиль ТехноНИКОЛЬ 300 г/м², 2 мм;
- 5 экструзионный пенополистирол TEXHOHИКОЛЬ CARBON PROF,  $200\,$  мм; 6 дренажная мембрана PLANTER geo,  $8\,$  мм; 7 балласт (галька или гранитный щебень, фракцией  $20...40\,$  мм),  $100\,$  мм; 8 уклонообразующий слой из керамзитового гравия,  $50...100\,$  мм;
  - 9 армированная цементно-песчаная стяжка, 50 мм

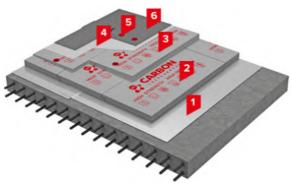


Рис. 4. Схема покрытия ТН-КРОВЛЯ Проф (Покрытие 2):

1 — биполь ЭПП, 3 мм; 2 — экструзионный пенополистирол ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF, 200 мм; 3 — экструзионный пенополистирол ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF SLOPE, 190 мм; 4 — стеклохолст, 0,8 мм; 5 — телескопический крепеж ТехноНИКОЛЬ; 6 — полимерная мембрана LOGICROOF V-RP, 1,2 мм

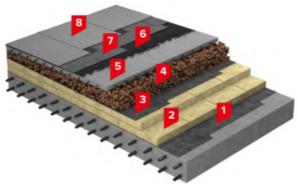


Рис. 5. Схема покрытия ТН-КРОВЛЯ Стандарт КВ (Покрытие 3): 1 — биполь ЭПП, 3 мм; 2 — минераловатный угеплитель ТЕХНОРУФ Н ПРОФ, 250 мм; 3 — рубероид, 3 мм; 4 — уклонообразующий слой из керамзитового гравия, 100 мм; 5 — армированная цементно-песчаная стяжка толщиной не менее 50 мм, 50 мм; 6 — праймер битумный ТЕХНОНИКОЛЬ № 01, расход 0,25...0,35 л/м²; 7 — унифлекс ВЕНТ, 3 мм; 8 — техноэласт ПЛАМЯ СТОП, 4 мм

Результаты теплотехнического расчета для рассматриваемых вариантов покрытий приведены в табл. 1 - 3.

Теплотехнический расчет (Покрытия 1)

Таблица 1

Элемент конструкции	Удельные потери теплоты, Вт/(м².°С)	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом конструкции, Вт/(м².°С)	Доля общего потока теплоты через элемент конструкции, %
Плоский элемент 1 Покрытие по глади	$U_1 = 0.155$	$U_1 a_1 = 0.155$	75,3
Линейный элемент 1 Парапет	$\Psi_1 = 0.388$	$\Psi_1 1_1 = 0,0508$	24,7
Итого		$\frac{1}{R_{\rm np}} = 0.206$	100

Приведенное сопротивление теплопередаче покрытия 1 по формуле (Е.1) [СП 50.13330.2012]:

$$R_{\rm np} = \frac{1}{0,155 + 0,0508} = \frac{1}{0,206} = 4,85 \text{ M}^2 \cdot {^{\circ}\text{C/Bt}}$$

Таблина 2

Теплотехнический расчет (Покрытия 2)

Элемент конструкции	Удельные потери теп- лоты, Вт/(м².°С)	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом конструкции, Вт/(м²·°С)	Доля общего потока теплоты через элемент конструкции, %
Плоский элемент. Покрытие 2	$U_1 = 0.155$	$U_1 a_1 = 0.155$	75,3
Линейный элемент Парапет	$\Psi_1 = 0.388$	$\Psi_1 1_1 = 0.0508$	24,7
Итого		$\frac{1}{R_{\rm np}} = 0.206$	100

Приведенное сопротивление теплопередаче покрытия 1 по формуле (Е.1) [СП 50.13330.2012]:

$$R_{\rm np} = \frac{1}{0.155 + 0.0508} = \frac{1}{0.206} = 4.85 \,\mathrm{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C/BT}$$

Теплотехнический расчет (Покрытия 3)

Таблица 3

Tensiotexim feekim pae iet (Hokpistini 3)					
Элемент конструкции	Удельные потери теплоты, Вт/(м².°С)	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом конструкции, Вт/(м²·°С)	Доля общего потока теплоты через элемент конструкции, %		
Покрытие по глади	$U_1 = 0.155$	$U_1 a_1 = 0.155$	75,3		
Парапет	$\Psi_1 = 0.388$	$\Psi_1 1_1 = 0.0508$	24,7		
Итого		$\frac{1}{R_{\rm np}} = 0.206$	100		

Приведенное сопротивление теплопередаче:

$$R_{\rm np} = \frac{1}{0,155 + 0,0508} = \frac{1}{0,206} = 4,85 \text{ M}^2 \cdot {^{\circ}\text{C}}/\text{BT}$$

Все рассматриваемые конструкции покрытий обеспечивают требуемое сопротивление теплопередаче, так как их значение, превышает требуемое сопротивление теплопередач  $R_{0.\text{норм}} = 4,78 \text{ m}^2 \cdot {}^{\circ}\text{C/Bt}$ .

Конструкции рассматриваемых вариантов стен приведены на рис. 6 - 7.

Результаты теплотехнического расчета рассматриваемых конструкций стеновых ограждений приведены в табл. 4 - 6.

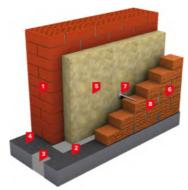


Рис. 6. Схема стенового ограждения ТН Фасад Стандарт (Стена 1):

1 — несущая / самонесущая часть стен, 380 мм; 2 — опорное перекрытие с системой «термовкладышей»; 3 — экструзионный пенополистирол ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF 300; 4 — Гидроизоляционная отсечка БИКРОЭЛАСТ ТПП; 5 — плиты из каменной ваты ТЕХНОБЛОК ПРОФ, 120 мм; 6 — облицовочный кирпич, 120 мм; 7 — гибкие базальтопластиковые связи с фиксатором зазора; 8 — приточно-вытяжные отверстия (вертикальные швы)

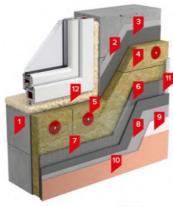


Рис. 7. Схема стенового ограждения ТН Фасад Профи (Стена 2):

1 —наружная стена, 380 мм; 2 — грунтовка фасадная универсальная ТЕХНОНИКОЛЬ 010; 3 — клеевая смесь для плит из минеральной ваты ТЕХНОНИКОЛЬ 110; 4 — утеплитель ТЕХНОФАС, 120 мм; 5 — тарельчатый фасадный дюбель ЕЈОТ Н4/Н5; 6 — штукатурно-клеевая смесь для плит из мин. ваты ТЕХНОНИКОЛЬ 210, 5 мм; 7 — сетка фасадная ТЕХНОНИКОЛЬ 2000;

8 – грунтовка фасадная универсальная ТЕХНОНИКОЛЬ 010;

9 — декоративная минеральная штукатурка ТЕХНОНИКОЛЬ 301 «короед», 3 мм; 10 — краска фасадная силиконовая ТЕХНОНИКОЛЬ 901; 11 — профиль пластиковый угловой; 12 — пена монтажная профессиональная ТЕХНОНИКОЛЬ 65 МАХІМИМ



Рис. 8. Схема стенового ограждения ТН-ФАСАД Вент (Стена 3):

1 – несущая/самонесущая часть стен, 380 мм; 2 – несущая подсистема;

3 – ТЕХНОВЕНТ СТАНДАРТ, 110 мм; 4 – дюбель для изоляции со стальным/пластиковым гвоздем; 5 – керамогранит, 10 мм; 6 – пена монтажная профессиональная ТЕХНОНИКОЛЬ 65 МАХІМИМ

Теплотехнический расчет (Стены 1)

Таблица 4

Элемент конструкции	Удельные потери теплоты, Вт/(м².°С)	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом конструкции, Вт/(м <sup>2.°</sup> C)	Доля общего потока теплоты через элемент конструкции, %
Стена по глади	$U_1 = 0,267$	$U_1 a_1 = 0.267$	90,9
Балконная плита	$\Psi_1 = 0.61$	$\Psi_1 1_1 = 0.0195$	6,6
Углы здания	$\Psi_2 = -0.049$	$\Psi_2 1_2 = -0,0002$	-0,1
Оконный блок	$\Psi_3 = 0.092$	$\Psi_3 1_3 = 0,0075$	2,6
Итого		$\frac{1}{R_{\rm np}} = 0.294$	100

Приведенное сопротивление теплопередаче Стены 1 в соответствии с [СП 50.13330.2012]:

$$R_{\rm np} = \frac{1}{0.267 + 0.0195 - 0.0002 + 0.0075} = \frac{1}{0.294} = 3.4 \,\mathrm{M}^2 \cdot ^{\circ}\mathrm{C/BT}$$

Таблица 5

Теплотехнический расчет (Стены 2)

Элемент конструкции	Удельные потери теплоты, Вт/(м².°С)	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом конструкции, Вт/(м <sup>2.°</sup> C)	Доля общего потока теплоты через элемент конструкции, %
Стена по глади	$U_1 = 0.27$	$U_1 a_1 = 0.27$	91,6
Балконная плита	$\Psi_1 = 0.751$	$\Psi_1 1_1 = 0.024$	8,1
Углы здания	$\Psi_2 = -0.049$	$\Psi_2 1_2 = -0.0002$	-0,1
Оконный блок	$\Psi_3 = 0.012$	$\Psi_3 1_3 = 0.001$	0,3
Итого		$\frac{1}{R_{\rm np}} = 0.295$	100

Приведенное сопротивление теплопередаче Стены 2в соответствии с [СП 50.13330.2012] :

$$R_{\text{np}} = \frac{1}{0.27 + 0.024 - 0.0002 + 0.001} = \frac{1}{0.295} = 3.39 \text{ M}^2 \cdot {}^{\circ}\text{C/BT}$$

Характеристики узлов, используемых при расчете, соответствуют [СП 230.1325800.2015].

Таблица 6

Теплотехнический расчет (Стены 3)

remain pur let (e remaine)					
Элемент конструкции	Удельные потери	Удельный поток теплоты,	Доля общего потока		
	теплоты, $BT/(M^2 \cdot {}^{\circ}C)$	обусловленный	теплоты через элемент		
		элементом, Вт/(м <sup>2</sup> .°С)	конструкции, %		
Стена по глади	$U_1 = 0.275$	$U_1 a_1 = 0.275$	89,8		
Балконная	W - 0.751	W 1 = 0.024	7,8		
плита	$\Psi_1 = 0,751$	$\Psi_1 1_1 = 0.024$	7,0		
Углы здания	$\Psi_2 = -0.051$	$\Psi_2 1_2 = -0.0002$	-0,1		
Оконный блок	$\Psi_3 = 0.092$	$\Psi_3 1_3 = 0,0075$	2,4		
Итого		$\frac{1}{R_{\rm np}} = 0.306$	100		

Приведенное сопротивление теплопередаче Стены 3 в соответствии с [СП 50.13330.2012] :

$$R_{\text{np}} = \frac{1}{0,275 + 0,024 - 0,0002 + 0,0075} = \frac{1}{0,306} = 3,27 \text{ M}^2 \cdot {^{\circ}\text{C/BT}}$$

Все рассматриваемы конструкции стен обеспечивают требуемое сопротивление теплопередаче $R_{0.\text{норм}}=3,21\,\text{м}^2\cdot{}^\circ\text{C/Bt}$ 

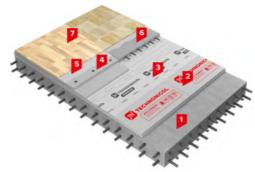


Рис. 9. Схема пола 1 – ТН-ПОЛ Стандарт:

1 — железобетонная плита перекрытия, 220 мм; 2 — экструзионный пенополистирол ТЕХНОНИКОЛЬ XPS CARBON PROF, 20 мм; 3 — пленка пароизоляционная ТЕХНОНИКОЛЬ АЛЬФА Барьер 4.0;

4 – сборная стяжка (ГВЛ, ЦСП, ОСП), 20 мм; 5 – материал подложки;

6 – цементно-песчаная стяжка, 50 мм; 7 – покрытие пола, линолеум

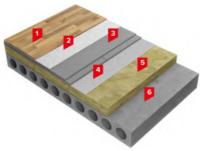


Рис. 10. Схема пола 2 – ТН-ПОЛ Проф:

1 — покрытие пола из ламината; 2 — подложка под покрытие (вспененный полиэтилен); 3 — сборная стяжка из ЦСП, либо ГВЛ, ГКЛ, 50 мм; 4 — пленка ТЕХНОНИКОЛЬ АЛЬФА Барьер 3.0; 5 — плиты из минеральной ваты ТЕХНОФЛОР СТАНДАРТ, 30 мм; 6 — плита перекрытия, 220 мм

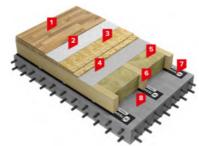


Рис. 11. Схема пола 3 – ТН-ПОЛ Проф Акустик:

- 1 покрытие пола из ламината; 2 подложка под покрытие (вспененный материал);
- 3 черновой пол из фанеры OSB; 4 пленка ТЕХНОНИКОЛЬ АЛЬФА Барьер 3.0;
- 5 плиты из минеральной ваты ТЕХНОАКУСТИК, 50 мм; 6 деревянные лаги, 50 мм; 7 техноэласт АКУСТИК СУПЕР, 5 мм

Фактический индекс воздушного шума существующей конструкции перекрытия и индекс улучшения изоляции ударного шума подобранной модификации изоляционной системы составят:  $R_{w,\phi akr}=62$  дБ,  $L_{nw,\phi akr}=43$  дБ.

$$R_{w, \phi {
m akt}} > R_{w, {
m hopm}}$$
, 62 дБ  $> 51$  дБ.  $L_{nw, \phi {
m akt}} < L_{nw, {
m hopm}}$ , 43 дБ  $< 58$  дБ

Для всех принятых вариантов ограждающих конструкций были рассчитаны сметы [5,6]. Сметные расчеты на создание каждого из вариантов выполнены в соответствии с МДС 81-35.2004 «Методика определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации» в нормативной базе ФСНБ в редакции 2017 г. дополнения № 2 [7, 8]. Сметная стоимость в текущих ценах на 1 квартал 2020 года определена на основании данных письма Минстроя России от 01.10.2018 № 40178-ЛС/09. Основные технико-экономические показатели рассмотренных вариантов сведены в табл. 7 и для наглядности представлены в виде сравнительных диаграмм (рис. 12, 13 и 14).

Таблица 7 Технико-экономические показатели на 1 м $^2$  конструкции по вариантам (в текущих ценах на 1 квартал 2020 г.)

Виды конструктивных решений		Технико-экономические показатели			
	№	Сметная	Сметная	Сметная	Нормативная
	Варианта	себестоимость,	стоимость,	заработная	трудоемкость
		руб.	руб.	плата, руб.	челч.
	I	6856,72	6957,63	148,02	17,67
Покрытия	II	8612,60	8834,84	136,94	22,83
	III	4797,47	4891,41	143,11	17,08
Стены	I	1175,97	1235,68	83,82	9,62
	II	1949,38	2117,72	312,98	31,54
	III	2112,85	2119,96	301,26	31,52
Полы	I	3739,07	3855,95	175,44	21,24
	II	1304,23	1417,58	173,01	18,98
	III	5646,48	5753,23	154,65	17,81



Рис. 12. Сравнительная диаграмма по вариантам конструктивного решения покрытия



Рис. 13. Сравнительная диаграмма по вариантам конструктивного решения стены

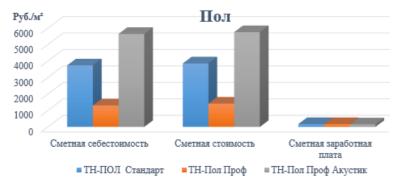


Рис. 14. Сравнительная диаграмма по вариантам конструктивного решения пола

В работе выполнена технико-экономическая оценка девяти комбинаций конструктивных решений ограждающих конструкций стен, полов и покрытия (табл. 8) [9]. Основным методическим требованием к технико-экономической оценке сравниваемых проектных решений является соблюдение их сопоставимости [10].

Набольший экономический эффект по разности приведенных затрат для рассматриваемого здания гостиницы в г. Тамбове имеет четвертая комбинация (табл. 8), представленная следующими конструкциями:

- ✓ третий вариант конструктивного решения покрытия ТН Кровля стандарт КВ, со сметной стоимостью 4797,47руб./м² и нормативной трудоёмкостью 143,11 ч часов;
- ✓ первый вариант конструктивного решения стены ТН Фасад Стандарт, со сметной стоимостью 1175,97руб. /м² и нормативной трудоёмкостью 83,82 ч часов;
- ✓ второй вариант конструктивного решения пола ТН-Пол Проф, со сметной стоимостью 1304,23 руб. /м² и нормативной трудоёмкостью 173,01 ч часов.

Суммарная сметная стоимость этой комбинации составляет – 7277,67 руб., а нормативная трудоемкость составляет – 399,94 ч-часов.

Таблица 8 Технико-экономические показатели по различным комбинациям конструктивных решений стен, полов и покрытий на 1 м² (в текущих ценах на 1 квартал 2020 г.)

стен, полов и покрытии на 1 м² (в текущих ценах на 1 квартал 2020 г.) Технико-экономические показатели					
№ компо- новка	Виды конструктив- ного решения	Сметная стоимость, руб.	Суммарная сметная стоимость, руб.	Нормативная трудоемкость, челч.	Суммарная нормативная трудоемкость
1	2	3	4	5	6
	Пол І	3739,07		175,44	
1	Стена I	1175,97	11771,76	83,82	407,28
	Покрытие I	6856,72		148,02	
	Пол І	3739,07		175,44	
2	Стена II	1949,38	14301,05	312,98	625,36
	Покрытие II	8612,60		136,94	
	Пол І	3739,07		175,44	
3	Стена III	2112,85	10649,39	301,26	619,81
	Покрытие III	4797,47		143,11	
	Пол II	1304,23	7277,67	173,01	
4	Стена I	1175,97		83,82	399,94
	Покрытие III	4797,47		143,11	
	Пол II	1304,23		173,01	
5	Стена II	1949,38	11866,21	312,98	622,93
	Покрытие II	8612,60		136,94	
	Пол II	1304,23		173,01	
6	Стена III	2112,85	8214,55	301,26	617,38
	Покрытие III	4797,47		143,11	
	Пол III	5646,48		154,65	
7	Стена I	1175,97	13679,17	83,82	386,49
	Покрытие I	6856,72		148,02	
	Пол III	5646,48		154,65	
8	Стена II	1949,38	16208,46	312,98	604,57
	Покрытие II	8612,60		136,94	
9	Пол III	5646,48		154,65	
	Стена III	2112,85	12556,8	301,26	599,02
	Покрытие III	4797,47		143,11	

#### Заключение.

Рассчитаны основные технико-экономические показатели девяти комбинационных вариантов конструктивных решений полов, стен и покрытий. Расчёты выполнены для климатических условий города Тамбов.

Установлены наиболее затратные и экономичные комбинации конструктивного решения рассматриваемых ограждающих конструкций для климатических условий г. Тамбова, а также факторы, влияющие на стоимость.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. **Енюшин, В. Н.** Энергоэффективность современных ограждающих конструкций / В. Н. Енюшин, А. Д. Нурмухаметова, А. Д. Хаеретдинова // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 4(38). С. 217-221.
- 2. **Ефименко, И. Б.** Экономическая оценка инновационных проектных решений в строительстве / И. Б. Ефименко. Саратов: Вузовское образование, 2014. 276 с.
- 3. **Габриель, И.** Реконструкция зданий по стандартам энергоэффективного дома / И. Габриель, Х. Ладенер // СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 478 с.

- 4. **Благовещенский, Ф. А.** Архитектурные конструкции / Ф. А. Благовещенский. Москва: Архитектура, 2011. 232 с.
- 5. **Ковалев, Н. С.** Сметная документация / Н. С. Ковалев. Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2016. 255 с.
- 6. **Монтаж строительных конструкций**: методические указания к выбору средств механизации монтажных работ / Р. Р. Степанов [и др.]. Краснодар: КубГТУ, 2001. 43 с.
- 7. Справочник строителя. Строительная техника, конструкции и технологии / Под ред. Х. Нестле. Москва: Техносфера, 2007. 864 с.
- 8. **Монтаж строительных конструкций**: учебно-методическое пособие / И. Н. Громов [и др.]. Минск: БНТУ, 2009. 78 с.
- 9. **Инновационные материалы и технологии для энергоэффективных зданий**: учебное пособие / В. Н. Алехин [и др.]; под общ. ред. В. Н. Алёхина и П. В. Монастырева. Екатеринбург: ООО «Типография «Аграф», 2019. 208 с.
- 10. Особенности проектирования жизненного цикла энергоэффективных объектов недвижимости: учебное пособие / В. Я. Мищенко [и др.], под общ. ред. Е. П. Горбаневой. Екатеринбург: ООО «Типография «Аграф», 2019. 147 с.

Поступила в редакцию 14 апреля 2020

### ECONOMIC EFFICIENCY AT OPTIONAL DESIGN OF ENERGY-SAVING FENCING CONSTRUCTIONS FOR BUILDING A HOTEL IN TAMBOV

#### I. G. Elagina, K. O. Suchkov, O. V. Umnova

Elagina Irina Gennadievna, undergraduate, Department of Structures of Buildings and Structures, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation, phone.: +7(920)178-38-04; e-mail: romechta@mail.ru Suchkov Kirill Olegovich, undergraduate, Department of Structures of Buildings and Structures, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation, phone: +7(953)715-42-93; e-mail: kirillsuchkv@rambler.ru Umnova Olga Vladimirovna, Cand. Tech. Sciences, associate Professor, Head of Department of Structures of Buildings and Structures, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation, phone: +7(4752)63-03-80; e-mail: kzis@nnn.tstu.ru

Three options for energy-efficient solutions to the building envelope of a hotel building with a space-planning decision adopted in accordance with the functional process: roofs, walls and floors are considered. At the first stage of the technical and economic comparison of the options, a heat engineering calculation of each option was performed according to the Technoni-kol program. An analysis of the results made it possible to select the thickness of the insulation and draw up an estimate on the basis of existing regulatory and regulatory documents for the implementation of each of the options at current prices for the first quarter of 2020. The main technical and economic indicators of the options considered are summarized in tables and are presented in the form of comparative diagrams for clarity. The most costly and economical combinations of the design solution in each segment of the fence for the city of Tambov are established, as well as factors affecting the cost.

**Keywords:** construction; design solutions; heat engineering calculation; energy efficiency; building envelope; cost estimate; economic efficiency.

#### **REFERENCES**

- 1. **Yenyushin V. N.** *Energy efficiency of modern building envelopes*. News of Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. 2016. No. 4(38). Pp. 217-221. (in Russian)
- 2. **Efimenko I. B.** Economic evaluation of innovative design solutions in construction. Saratov, Higher education. 2014. 276 p. (in Russian)

- 3. **Gabriel I., Lander X.** Reconstruction of buildings according to the standards of an energy-efficient house. St. Petersburg, BHV-Petersburg. 2011. 478 p. (in Russian)
- 4. **Blagoveshchensky F. A.** *Architectural designs*. Moscow, Architecture. 2011. 232 p. (in Russian)
- 5. **Kovalev N. S.** *Estimated documentation study guide*. Voronezh, Voronezh State Agrarian University Emperor Peter the Great. 2016. 255 p. (in Russian)
- 6. **Stepanov R. R.** Installation of building structures: Guidelines for the selection of means of mechanization of installation works. Krasnodar, Publishing House of Krasnodar State Technical University Department of Technology. 2001. 43 p. (in Russian)
- 7. **Nestle H.** Reference builder. Construction equipment, structures and technologies. Moscow, Technosphere. 2007. 864 p. (in Russian)
- 8. **Gromov I. N.** *Installation of building structures*. Minsk, Belarusian National Technical University. 2009. 78 p. (in Russian)
- 9. **Alekhin V. N.** *Innovative materials and technologies for energy-efficient buildings.* Yekaterinburg, Printing House Agraf. 2019. 208 p. (in Russian)
- 10. **Mishchenko V. Ya.** Features of the design of the life cycle of energy-efficient real estate. Yekaterinburg, Printing house Agraf. 2019. 147 p. (in Russian)

Received 14 April 2020

#### Для цитирования:

**Елагина, И. Г.** Экономическая эффективность при вариантном проектировании энергосберегающих ограждающих конструкций для здания гостиницы в городе Тамбове / И. Г. Елагина, К. О. Сучков, О. В. Умнова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. -2020. − № 2(13). − С. 105-115.

#### FOR CITATION:

**Elagina I. G., Suchkov K. O., Umnova O. V.** *Economic efficiency at optional design of energy-saving fencing constructions for building a hotel in Tambov.* Housing and utilities infrastructure. 2020. No. 2(13). Pp. 105-115. (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 A4; поля: левое -3 см, правое -1,5 см, верхнее -2 см, нижнее -2,5 см. Нумерация страниц не требуется. Объём рукописи - от 5 до 10 страниц, включая иллюстрации, таблицы, библиографический список и сведения об авторах.

Структура статьи:

#### русскоязычная часть:

- ✓ индекс УДК в левом верхнем углу, прописными буквами (шрифт 12 пт, обычный);
- ✓ **название статьи** прописными буквами с выравниванием по центру (шрифт 12 пт, полужирный);
- ✓ **инициалы, фамилии авторов**, с выравниванием по центру (шрифт 12 пт, полужирный);
- ✓ сведения об авторах: последовательно для каждого фамилия, имя, отчество, ученая степень, звания (звания в негосударственных академиях наук и почётные звания не указывать), должность, наименование учреждения, в котором работает автор, город, страна, контактный телефон; e-mail автора, выравнивание по ширине, (шрифт 10 пт, обычный);
- ✓ аннотация объёмом от 200 до 250 слов, выравнивание по ширине, отступ слева и справа 1 см (шрифт 11 пт, обычный);
- ✓ ключевые слова от 5 до 12 слов, указывающие на принципиально важные объекты и особенности исследования, отделяются друг от друга точкой с запятой, выравнивание по ширине, (шрифт 10 пт, обычный);

✓ текст статьи (в тексте статьи должны быть отражены: актуальность проблемы, оценка степени ее разработанности, цели, задачи и методы решения научной задачи, полученные результаты). В конце статьи обязательно приводится заключение.

При оформлении текста статьи следует придерживаться следующих требований:

- ✓ русские и греческие буквы и индексы, а также цифры, аббревиатуры и стандартные функции (Re, соз 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;
    - ф 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; е-mail автора; выравнивание по ширине, (шрифт 10 пт, обычный);
  - ✓ аннотация: перевод, идентичный русскому варианту;
  - ✓ ключевые слова (Keywords);
  - ✓ библиографический список (REFERENCES).

