



# Инженерные системы и сооружения

ENGINEER SYSTEMS  
END CONSTRUCTIONS

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№3 (53), 2023

Управление жизненным циклом  
объектов строительства

Технология и организация строительства

Градостроительство, планировка сельских  
населенных пунктов

Экологическая безопасность строительства  
и городского хозяйства

Системный анализ, управление и обработка  
информации (в строительстве и архитектуре)

проектирование

строительство

эксплуатация

сервис

менеджмент

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ  
И СООРУЖЕНИЯ**

Выпуск № 3 (53), 2023

- ✚ УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА
- ✚ ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА
- ✚ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ
- ✚ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА
- ✚ СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ (В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И АРХИТЕКТУРЕ)

Воронеж

ISSN 2074-188X

SCIENTIFIC JOURNAL

# ENGINEERING SYSTEMS AND CONSTRUCTIONS

Edition № 3 (53), 2023

- ✚ LIFE CYCLE MANAGEMENT OF CONSTRUCTION OBJECTS
- ✚ TECHNOLOGY AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION
- ✚ URBAN PLANNING, PLANNING OF RURAL SETTLEMENTS
- ✚ ENVIRONMENTAL SAFETY OF CONSTRUCTION AND URBAN ECONOMY
- ✚ SYSTEM ANALYSIS, MANAGEMENT AND INFORMATION PROCESSING (IN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE)

Voronezh

## ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ & СООРУЖЕНИЯ

## ENGINEERING SYSTEMS & CONSTRUCTIONS

Научный журнал

Scientific journal

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

## EDITORIAL BOARD

**Главный редактор**

д-р техн. наук, профессор О.А. Сотникова

**Зам. главного редактора**

д-р техн. наук, профессор В.Я. Мищенко

**Члены редколлегии:**

д-р экон. наук, доцент В.В. Бредихин

д-р техн. наук, профессор С.А. Баркалов

д-р архитектуры, доцент О.В. Воличенко

канд. архитектуры, профессор А.М. Воробьева

д-р техн. наук, профессор О.Н. Зайцев

д-р техн. наук, профессор Г.Н. Колесников

д-р техн. наук, профессор В.И. Корсун

д-р техн., наук, профессор Л.А. Куцев

д-р физ.-мат. наук, доцент П.В. Москалев

д-р техн. наук, член-корреспондент, профессор РАЕ,

академик МАНЭБ А.М. Пенджиев (Туркменистан)

д-р экон. наук, профессор П.Г. Грабовый

д-р техн. наук, профессор С.Г. Шеина

д-р физ.-мат. наук, профессор П.А. Головинский

д-р техн. наук, профессор В.Ф. Барабанов

д-р техн. наук, профессор С.Г. Тихомиров

д-р техн. наук, доцент, Д.В. Топчий

д-р экон. наук, профессор Б.Б. Хрусталева

**Выпускающий редактор**

канд. техн. наук доцент Т.В. Макарова

**Ответственный секретарь**

инженер Ю.О. Леонова

**Editor-in-chief**

Doctor of Technical Sciences, Professor O.A. Sotnikova

**Deputy Editor-in-Chief**

Doctor of Technical Sciences, Professor V.Ya. Mishchenko

**Members of the Editorial Board:**

Doctor of Economics, Associate Professor V.V. Bredikhin

Doctor of Technical Sciences, Professor

Doctor of Architecture, Associate Professor O.V. Volichenko

cand. architecture, Professor A.M. Vorobyova

Doctor of Technical Sciences, Professor O.N. Zaitsev

Doctor of Technical Sciences, Professor G.N. Kolesnikov

Doctor of Technical Sciences, Professor V.I. Korsun

Doctor of Technical Sciences, Professor L.A. Kushchev

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate

Professor P.V. Moskalev

Doctor of Technical Sciences, Corresponding Member, Professor

of RAE, academician of MANEB A.M. Penjiev (Turkmenistan)

Doctor of Economics, Professor P.G. Grabovoy

Doctor of Technical Sciences, Professor S.G. Sheina

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor P.A.

Golovinsky

Doctor of Technical Sciences, Professor V.F. Barabanov

Doctor of Technical Sciences, Professor S.G. Tikhomirov

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, D.V. Topchy

Doctor of Economics, Professor B.B. Khrustalev

**The issuing editor**

of the Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

T.V. Makarova

**Executive Secretary** engineer Yu.O. Leonova

## АДРЕС РЕДАКЦИИ

## THE EDITION ADDRESS

394006, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84, корп. 1,

ауд. 1231а; Строительный факультет, кафедра

проектирования зданий и сооружений.

Т./ф.: (473) 277-43-39

E-mail: zhurnal-isis@yandex.ru

394006, Voronezh, ul. 20 let Oktyabrya, 84, building 1,

room 1231a; Faculty of Civil Engineering, Department of

Design of Buildings and Structures.

T./f.: (473) 277-43-39

E-mail: zhurnal-isis@yandex.ru

## УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ ЖУРНАЛА

## THE FOUNDER OF THE JOURNAL MAGAZINE

ФГБОУ ВО

«Воронежский государственный технический университет»,

394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84

FGBOU VO

Voronezh State Technical University 84, 20th Anniversary of

October str., Voronezh, 394006

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77 – 72112 от 29.12.2017).

• Рукописи статей не возвращаются • Рукописи рецензируются • Ответственность за достоверность опубликованных в статьях сведений несут авторы • Перепечатка материалов журнала допускается только с разрешения редакции • Текст статьи подвергается проверке на уникальность •

The journal is registered by the Federal service for supervision of communications, information technology, and mass media (registration certificate PI № FS 77 – 72112 29 December 2017)

• Manuscripts will not be returned • Manuscripts are reviewed • Responsibility for reliability of the data published in articles bear authors • The reprint of materials of magazine it is supposed only with the permission of edition • The text of the article is being checked for uniqueness •

Дизайн обложки

Ю.О. Пашенко

Cover design

Yu.O. Pashchenko

16+

Издается с 2009 года

© ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2023

16+

Published since 2009

© FGBOU VO Voronezh State Technical University, 2023



# ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СООРУЖЕНИЯ

Научный журнал

Выпуск №3 (53), 2023

## СОДЕРЖАНИЕ



### *Управление жизненным циклом объектов строительства*

**С.Г. Шеина, Е.П. Горбанева, С.М. Агафонов, И.А. Косовцева**  
Интеграция информационного моделирования жизненного цикла объекта капитального строительства

8



### *Технология и организация строительства*

**В.Я. Мищенко, А.Л. Семенов, Д.В. Лобода, Nguyen Thanh Long**  
Физико-математическое моделирование движения частиц торкрет-смеси в электростатическом поле при нанесении на набрасываемую поверхность

16

**Д.С. Конюхов, Е.Н. Борисевич, И.Н. Данелия, Б.А. Крымов**  
Научно-техническое сопровождение проектирования реконструкции инженерных коллекторов в Норильске

25

**И.Ш. Алирзаев, И.И. Ушаков, Н.С. Сова, Ю.В. Крючков**  
Организация работ по обследованию и мониторингу технического состояния объектов недвижимости с применением систематизированных табличных форм

35



**Д. И. Емельянов, Н. А. Понявина, И. А. Клоков, С.В. Маслов**  
Интеграция матрично-сетевых моделей и комплексного критерия оптимизации в методику решения задач календарного планирования

46

### *Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов*

**О.А. Сотникова, П.А. Гробовенко, Е.Е. Прокшиц, Я.А. Золотухина**  
Обоснование концепции архитектурного формирования открытых общественных пространств в структуре университетских кампусов

52

	<b>Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства</b>
	<b>С.Л. Подвальный, Ю.О. Леонова, М.И. Целярицкая</b> Анализ закономерностей пространственного распределения транспортного шума в городской среде 66
	<b>Системный анализ, управление и обработка информации (в строительстве и архитектуре)</b>
	<b>П.В. Москалев, С.Л. Подвальный, Я.А. Золотухина, Е.Е. Прокшиц</b> Применение рейтинговой системы оценки качества жилой застройки при интеллектуальной поддержке принятия решений 74
	<b>Информационный раздел</b>
	Правила оформления статей в журнале «Инженерные системы и сооружения» 82
	Состав редакционной коллегии научного журнала «Инженерные системы и сооружения» 86

# Engineering systems and constructions

Scientific magazine

№3 (53), 2023

## CONTENT



### *Life cycle management of construction objects*

**S.G. Sheina, E.P. Gorbaneva, S.M. Agafonov, I.A. Kosovtseva**

Integration of information modeling of the life cycle of a capital construction object 8

### *Technology and organization of construction*

**V.Ya. Mishchenko, A.L. Semenov, D.V. Loboda, Nguyen Thanh Long**

Physical and mathematical modeling of the movement of shotcrete mixture particles in an electrostatic field when applied to the surface to be sprayed 16

**D.S. Konyukhov, E.N. Borisevich, I.N. Danelia, B.A. Krymov**

Scientific and technical support for the design of reconstruction of engineering reservoirs in Norilsk 25

**I.Sh Alirzaev, I.I. Ushakov, N.S. Sova, Yu.V. Kryuchkov**

Organization of work on the survey and monitoring of the technical condition of real estate objects using systematized tabular forms 35

**D. I. Emelyanov, N. A. Ponyavina, I. A. Klokov, S.V. Maslov**

Integration of matrix-network models and complex optimization criteria into the methodology of solving calendar planning problems 46



### *Urban planning, planning of rural settlements*

**O.A. Sotnikova, P.A. Grobovenko, E.E. Prokshits,  
Ya.A. Zolotukhina**

Substantiation of the concept of architectural formation of open public spaces in the structure of university campuses 52



	<b><i>Environmental safety of construction and urban economy</i></b>	
	<b>S.L. Podvalny, Yu.O. Leonova, M.I. Tselyaritskaya</b> Analysis of the patterns of spatial distribution of traffic noise in the urban environment	66
	<b><i>System analysis, management and information processing (in construction and architecture)</i></b>	
	<b>P.V. Moskalev, S.L. Podvalny, Ya.A. Zolotukhina, E.E. Prokshits</b> Application of a rating system for assessing the quality of residential development with intellectual decision-making support	74
	<b><i>Information section</i></b>	
	Rules of registration of articles in journal «Engineering Systems and Constructions»	82
	Structure of editorial board of journal «Engineering Systems and Constructions»	86



## Управление жизненным циклом объектов строительства

УДК 004.9:69

**С.Г. ШЕИНА, Е.П. ГОРБАНЕВА, С.М. АГАФОНОВ, И.А. КОСОВЦЕВА**

### **ИНТЕГРАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТА КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

*Шейна Светлана Геннадьевна, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой городского строительства и хозяйства «Донской государственной технической университет», Россия, г. Ростов-на-Дону*

*Горбанева Елена Петровна, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

*Агафонов Сергей Михайлович, канд. экон. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

*Косовцева Илона Андреевна, аспирант, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

В статье рассматривается важность цифровых технологий в обеспечении устойчивого развития строительной отрасли. Использование организационно-технологических платформ проектов строительства и их интеграция с инновационными технологиями информационного моделирования является одним из главных направлений внедрения цифровых технологий.

**Ключевые слова:** капитальное строительство, проектирование, цифровизация, информационное моделирование проекта, BIM, жизненный цикл

#### **Введение**

Данная статья создана в рамках проекта № 3.1.7.1 Плана фундаментальных исследований Российской архитектурно-строительной академии на 2021-2023 гг. и Министерства строительства и коммунального хозяйства Российской Федерации.

Как указывается в многочисленных исследованиях, значительное и быстро растущее в последние годы отставание строительной отрасли от лидеров мировой экономики требует совершенствования методов снижения стоимости проекта, сокращения продолжительности проектирования, повышения производительности труда и улучшения качества продукции в строительной отрасли. Такое изменение возможно только путем использования плодов развития технологий, открывающих путь изменениям и инновациям в строительной отрасли. Главным драйвером развития является цифровизация отрасли, дающая возможность полного переосмысления традиционной практики проектирования и реализации строительных проектов. Информационные технологии (ИТ) и информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) быстро развиваются, способствуя инновационным решениям. Важным направлением внедрения цифровых технологий является использование организационно-технологических платформ проектов строительства и их интеграция с инновационными технологиями информационного моделирования [1].

## Информационное моделирование проекта

Особенно остро стоит задача энергоэффективности проектов капитального строительства, что связано с общемировыми тенденциями в энергетическом секторе, климатическими проблемами и значительной долей производимой в мире первичной энергии, потребляемой строительной отраслью и жилищно-коммунальным хозяйством. В последнее время выявились тенденции ухудшения ситуации. Важнейшим из методов стабилизации, а, возможно, и улучшения ситуации, является использование технологии информационного моделирования проекта (в дальнейшем – ИМП: в англоязычной литературе – информационное моделирование зданий (BIM)), принятое в качестве инновационного подхода к достижению целей устойчивого развития мировой экономики. Информационное моделирование проектов в строительной отрасли развивается с начала 2000-х годов и считается одной из ключевых технологий. Концепция BIM была представлена в строительной отрасли как средство повышения эффективности, снижения затрат и общей помощи в управлении на всех этапах строительства объектов капитального строительства (ОКС).

Как показывают многочисленные исследования, последовательное внедрение технологии ИМП и ее интеграция с другими приложениями в строительной отрасли может принести квалифицированным пользователям значительные и разнообразные выгоды. К ним, в частности, относятся:

- оптимизация коммуникации с клиентом благодаря визуализации модели и четкой постановке задач проекта;
- оптимизация сотрудничества участников реализации полного жизненного цикла для достижения лучших результатов;
- улучшенный обмен данными, контроль информации;
- улучшение эксплуатационных характеристик проекта путем сравнения различных вариантов проектирования;
- сокращение количества ошибок и упущений, что приводит к сокращению запросов на информацию;
- сокращение объема переделок и рисков безопасности;
- оптимизация планирования на всех этапах жизненного цикла;
- предоставление продукта с интерактивным инструментом управления объектом.

Интегрированная методология реализации проекта, ядром которой является ИМП, станет ключом к устойчивому успеху строительной отрасли. Эти перспективы являются основой интереса со стороны участников отрасли и пользователей ее продукции.

Тенденция к созданию сложных зданий делают строительные проекты более трудными, а технологические достижения помогают участникам более эффективно сотрудничать в процессе строительства. На практике информационное моделирование проекта обеспечивает интеллектуальный процесс на основе моделей, который объединяет профессионалов строительной отрасли и помогает им реализовать полный жизненный цикл проекта. Методы оптимизации строительных проектов на основе формирования интегрального потенциала организационно-технологических решений дают возможность цифровизации отрасли, на острие которой находится информационное моделирование зданий, обеспечивающее интеграцию всех информационных потоков, связанных с полным жизненным циклом проектов, и оптимизацию трансферта информации между всеми участниками реализации проекта. При этом информационные потоки описывают не только локальные характеристики объекта, но и его взаимодействие с внешней средой.

Внедрение технологии ИМП в строительной отрасли позволяет оптимизировать процессы планирования за счет выявления конфликтов между элементами и процессами, что приводит к улучшению координации при взаимодействии между участниками. Такой подход дает возможность уточнить прогноз временных затрат, поможет лицам, принимающим решения, повысить свою эффективность на этапе строительства, и, наконец, поможет управлению объектами на этапах эксплуатации и реконструкции.

ИМП как инновационный метод проектирования, строительства и эксплуатации ОКС привлекает интерес ключевых участников строительной отрасли. Технологии информационного моделирования были разработаны в ответ на вызовы растущей сложности строительных проектов. Эти технологии позволяют облегчить и оптимизировать проектирование, строительство и обслуживание проектов с помощью интегрированного подхода. Они обеспечивают платформу для интеграции усилий разнородных участников реализации полного жизненного цикла проекта. Государственные и муниципальные органы, владельцы, проектировщики, подрядчики и руководители строительства ОКС могут использовать ИМП для реализации строительных проектов более эффективно, чем в доинформационную эру.

Информационные модели могут использоваться в качестве инструмента для безопасного управления и эксплуатации здания, предоставляя и визуализируя полную и динамически меняющуюся информацию об объекте. Ключевым аспектом любой системы визуализации в реальном времени является поддержка интерактивных обновлений. Неэффективность такого обновления, и даже его непостоянная скорость сводит к нулю все преимущества применения такой технологии, что может привести к потере контроля. Обеспечить эффективное сотрудничество между участниками реализации проекта могут только инструменты ИМП, обеспечивающие достаточную скорость обновления информации в реальном времени и качественную визуализацию.

Системный подход к энергетической модернизации, основанный на информационном моделировании полного жизненного цикла ОКС, включает в себя этапы сбора, актуализации и верификации информации, энергетического моделирования и обеспечение эффективного бесшовного взаимодействия программного обеспечения [2].

Важным приложением ИМП является автоматизированный расчет количества ресурсов, представляющий собой один из ключевых пунктов в строительном проектировании, что определяется его существенным влиянием на результат оценки стоимости проекта. В современной отечественной и мировой практике такой расчет обычно строится на описательных правилах стандартного метода измерения. Такой подход является трудоемким и подверженным ошибкам процессом. Технология информационного моделирования проекта позволяет автоматически рассчитывать количество ресурсов, основываясь на 3D-моделях здания, что делает процесс менее трудоемким и более надежным, чем традиционные методы. В дополнение к автоматизации, точность расчета, основанного на ИМП, также значительно превышает точность традиционных методов. Значительно оптимизировать этот процесс позволяет иерархическое построение информационной модели [3,4].

Одной из важнейших задач информационных моделей, привлекающей интерес исследователей и практиков, является систематическая интеграция информации, получаемой от разнородных участников реализации жизненного цикла ОКС, с целью получения целостной картины реализации проекта. Основным препятствием для такой интеграции является гетерогенность информации, собираемой из различных систем в различных форматах. Динамически обновляющаяся информация позволяет эффективно отображать и анализировать фактическое состояние проекта и связанных с ним ресурсов и ограничений, что дает возможность поддерживать своевременное принятие решений и действий. До

широкого внедрения цифровизации в строительство информация о проекте в основном собиралась с помощью ручных методов. Эти методы были дорогими, ненаучными, неточными и подверженными задержкам [5].

Растущее внедрение информационно-коммуникационных технологий в строительной отрасли предоставляет возможность автоматического сбора, хранения и трансферта информации между разнородными участниками реализации проекта [6]. Разнородные связанные с проектом объекты можно эффективно отслеживать или контролировать с помощью цифровых технологий, включая мобильные датчики и Интернет вещей (IoT). Трудовые ресурсы эффективно отслеживаются системами внутреннего позиционирования (IPS). Мониторинг оборудования наиболее эффективно осуществляется системами «компьютерное зрение/обработка изображений». Проектная информация может быть получена из информационных моделей зданий (BIM). Большие объемы информации о технологических и экономических процессах, персонале, складированных и нескладированных ресурсах генерируют системы управления строительством (CM), планирования ресурсов предприятия (ERP) и управления цепочками поставок (SCM).

Применяя цифровые инструменты, такие как информационное моделирование зданий, специалисты-практики могут поднять на новый уровень согласованность, вычислительную способность и возможность координации информации о здании в строительной отрасли. Однако исследования BIM в основном касаются этапов проектирования и строительства, а не эксплуатации и технического обслуживания, хотя одной из основных целей BIM является интеграция информации на протяжении всего жизненного цикла ОКС.

Хотя методы информационного моделирования проекта позволяют автоматически собирать большие объемы цифровой информации, однако, они являются точечными решениями. Вследствие этого, набор невязанных методов не позволяет сформировать полную непротиворечивую картину хода реализации проекта. Формирование целостной картины возможно только на пути систематической интеграции всей информации из этих систем. Основным препятствием для достижения интегрированной информации является информационная неоднородность, которая является общей проблемой в строительной области. В результате информация, полученная в одной системе, оказывается недоступной для других систем, что значительно затрудняет взаимодействие между разнородными участниками реализации полного жизненного цикла ОКС и приводит к неэффективному обмену данными. Как следствие, интеграция и трансферт данных нескольких источников в рамках единого строительного проекта является трудоемкой, длительной и дорогостоящей процедурой, сопровождающаяся значительным числом ошибок. Неоднородность информации определяется не только разнообразием форматов и степени детализации, но различной степенью ее вариативности. Наибольшие сложности возникают при трансферте информации, полученной в ходе проектирования и строительства на этапе эксплуатации и технического обслуживания.

На этапе эксплуатации, ремонта и технического обслуживания, необходимо знать, какая информация необходима и насколько точно она должна быть встроена в BIM-модели. Однако в реальности эти требования практически не согласованы и не утверждены по следующим причинам:

1. Не существует общепринятых рекомендаций или соглашений, определяющих форматы, содержание и объем информации для применения информационных моделей на этапе эксплуатации и ремонта.
2. В настоящее время ценность передачи интегрированной информации по управлению активами недостаточно исследованы. Вследствие этого, степень компетентности и интерес специалистов по эксплуатации и техническому обслуживанию в

формирование информационной модели на этапах проектирования и строительства ограничены.

3. Многие строительные проекты уникальны и их реализация происходит в динамично меняющейся ситуации, содержащей значительную стохастическую компоненту. Например, могут применяться различные методы проектирования и строительства, происходят изменения окружающей среды, варьируются способы эксплуатации и характеристики жильцов. Это делает прогнозы относительно уровня полноты информации об активах проектов сложными и неточными.

В целом, исследования о технологиях сбора, актуализации и верификации информации о строительных активах на этапах проектирования и строительства в практике эксплуатации и управления ограничены.

Вследствие этого, специалисты по эксплуатации и техническому обслуживанию в конечном итоге берут готовую информацию о проектировании и строительстве для поддержки своих задач по эксплуатации и техническому обслуживанию. Поэтому данные, собранные и построенные различными заинтересованными сторонами (например, архитекторами, подрядчиками и производителями) по различным методологиям, неполны, неоднородны, а в ряде случаев и противоречивы.

Методы преодоления этих противоречий, основанные на использовании потенциала информационных моделей на протяжении всего жизненного цикла актива проекта, исследуются многими учеными и практиками отрасли. Сформулированы обобщенные схемы, анализирующие методы и перспективы интеграции информационных моделей со строительной средой на макротейоретическом уровне [7].

С целью выхода за рамки традиционного информационного моделирования для организации специализированной онтологии и формирования соответствующего ей визуального языка, была получена новая структура исследований и поставок, которые были разработаны специально для исследования области ИМП и предоставления практических результатов. Несмотря на значительные усилия в разработке технологий трансферта информации ИМП на различных этапах полного жизненного цикла проекта, многие проблемы в этой области не устранены. С целью преодоления этих противоречий многие исследователи сосредоточились на разработке структуры для интеграции BIM с Интернетом вещей (IoT), интеллектуальными датчиками и веб-системами [8].

Таким образом, содержание предмета информационного моделирования полного жизненного цикла ОКС, в первую очередь, определяется задачами, решаемыми при использовании данной технологии. Одно из наиболее активно используемых и получившим значительную поддержку в профессиональной среде определений BIM сформулировано в национальном стандарте США, трактующем этот термин весьма широко. Данный документ определяет BIM как «цифровое представление физических и функциональных характеристик объекта. Как таковое, оно служит в качестве общего ресурса знаний для информации об объекте, формирующей надежную основу для решений в течение всего жизненного цикла объекта, начиная с момента его создания». В противоположность этому, весьма узко трактует предмет моделирования международная профессиональная организация BuildingSMART International: просто как результат внедрения компьютерных технологий в процесс проектирования и строительства, что принципиально ограничивает функционал системы. Согласно этому определению BIM есть «технология управления информацией о здании, представляющая собой метод организации и контроль бизнес-процесса путем использования информации в цифровом формате в форме прототипа для осуществления обмена данными на протяжении всего жизненного цикла актива».

Близкое по смыслу чисто технологическое определение приведено и в отечественном руководящем документе СП 333.1325800.2020, утвержденном приказом Минстроя РФ от 31



декабря 2020г. N 928/пр и введенном в действие с 1 июля 2021г. Согласно этому документу информационная модель ОКС определяется как «совокупность взаимосвязанных сведений, документов и материалов об объекте капитального строительства, формируемых в электронном виде на этапах выполнения инженерных изысканий, осуществления архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта, эксплуатации и (или) сноса объекта капитального строительства». Такое рассмотрение BIM как технологии было справедливо лишь на начальном этапе становления концепции. Хотя цифровое представление здания и является ядром информационной модели, но в процессе развития данная концепция далеко вышла за рамки простого применения цифровой информации на различных этапах проектирования и строительства. В процессе развития информационная модель жизненного цикла проекта эволюционировала в социотехническую систему, связанную с оптимизацией социальных процессов не в меньшей степени, чем с совершенствованием техники и технологии. При этом в последнее время в мировой практике выявилась тенденция расширения трактовки предмета и области применения информационных моделей в секторе как менеджмента информации о здании, охватывающего процедуры создания, использования и управления цифровой информацией для интегрированного проектирования, процесса строительства, фазы эксплуатации и технического обслуживания зданий.

В последнее время в компьютерных платформах появились такие специализированные функции, как структурный анализ, мониторинг и анализ энергопотребления здания, планирование и отслеживание хода строительства и даже безопасность труда. Термин BIM привлек компанию Autodesk, которая начала активно продвигать его вместе со своими продуктами.

В то время как преимущества интегрального характера ИМП еще недостаточно оцениваются проектировщиком, они могут стать явными для других участников реализации полного жизненного цикла ОКС, таких как владельцы, подрядчики, субподрядчики, эксплуатирующие компании и т.д. В случае изменения проекта инструменты ИМП могут интегрировать и систематизировать изменения с принципами проектирования, замыслом и «слоями» проекта. Более того, интегральная информационная модель может быть использована для оптимизации управления объектом. Инструменты BIM предоставляют возможности для взаимодействия и надлежащей интеграции, позволяя объединить в комплексные модели данные от различных участников реализации проекта.

Инструменты ИМП позволили получить обширную информацию о процессе проектирования, начиная от отдельных компонентов здания и их расположения и заканчивая взаимосвязями между этими объектами. Информационные модели позволяют интегрировать весьма разнородную информацию о проекте такую как:

- геометрия ограждающих конструкций;
- пространственные отношения;
- параметры освещенности;
- географическая информация;
- количество и свойства материалов компонентов здания;
- спецификация элементов;
- теплофизические свойства ограждающих конструкций;
- информация о стоимости элементов;
- информация об углеродном следе.

Этот список постоянно расширяется. Данные функции, в свою очередь, позволяют проектировщикам и инженерам отслеживать взаимосвязи между компонентами сооружения, соответствующими деталями строительства и обслуживания, графиками стройпроизводства.

Для того чтобы полностью обеспечить сотрудничество между пользователями BIM-инструментов, были разработаны стандарты обмена данными, такие, как например, Industry Foundation Classes (IFC), которые не контролируются одним поставщиком или группой поставщиков. IFC стали важным шагом вперед в организации процесса разработки BIM [9]. Подобная стандартизация способствовала оптимизации взаимодействия между пользователями ИМП посредством предоставления стандартных моделей, включающих богатую семантическую и геометрическую информацию о компонентах здания.

### Библиографический список

1. **Лapidус А.А.** Формирование интегрального потенциала организационно-технологических решений посредством декомпозиции основных элементов строительного проекта // Вестник МГСУ. – 2016. – № 12. – С. 114–123. DOI: 10.22227/1997-0935.2016.12.114-123
2. **Горбанева, Е. П.** Энергетическая оптимизация объемно-планировочных решений зданий сферической формы / Е. П. Горбанева // Academia. Архитектура и строительство. – 2023. – № 1. – С. 123-130. – DOI 10.22337/2077-9038-2023-1-123-130.
3. **Мищенко А.В.** Реализация BIM полного жизненного цикла объекта недвижимости / Мищенко А.В., Горбанева Е.П. // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2021. – № 11(755). – С. 95-109.
4. **Mishchenko A. V.** Reduction of the BIM dimension of the full life cycle of building and facilities / A. V. Mishchenko, E. P. Gorbaneva, M. A. Preobrazhensky // Russian Journal of Building Construction and Architecture. – 2021. – No. 4(52). – P. 95-105. – DOI 10.36622/VSTU.2021.52.4.009.
5. **Sacks R.** Feasibility of au-tomated monitoring of lifting equipment in support of project control / Sacks R., Navon R., Brodetskaia I., Shapira A. // Journal of Construction Engineering and Management. – 2005. – № 131. – pp. 604–614. DOI: 10.1061/(asce)0733-9364(2005)131:5(604)
6. **Taneja S.** Sensing and field data capture for construction and facility operations / Taneja S., Akinci B., Garrett J.H., Soibelman L., Ergen E., Pradhan A., et al. // Journal of Construction Engineering and Management. – 2011. – № 137. – pp. 870–881. DOI: 10.1061/(asce)co.1943- 7862.0000332
7. **Zadeh P.A.** Information quality assessment for facility management / Zadeh P.A., Wang G., Cavka H.B., Staub-French S., Pottinger R. // Advanced Engineering Informatics. – 2017ю – № 33. – pp. 181–205. DOI: 10.1016/j.aei.2017.06.003
8. **Dave B.** A framework for in-tegrating BIM and IoT through open standards / Dave B., Buda A., Nurminen A., Framling K. // Automation in Construction. – 2018. – № 95. – pp. 35–45. DOI: 10.1016/j.autcon.2018.07.022
9. **Kang T.W.** A study on software architecture for effective BIM/GIS- based facility management data integration / Kang T.W., Hong C.H. // Automation in Construction. – 2015/ – № 54. – pp. 25–38. DOI: 10.1016/j.autcon.2015.03.019

**S.G. SHEINA, E.P. GORBANEVA, S.M. AGAFONOV, I.A. KOSOVTSSEVA**

**INTEGRATION OF INFORMATION MODELING OF THE LIFE CYCLE OF A  
CAPITAL CONSTRUCTION OBJECT**

*Sheina Svetlana Gennadiyevna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Urban Construction and Economy of the Don State Technical University, Russia, Rostov-on-Don*

*Gorbaneva Elena Petrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

*Agafonov Sergey Mikhailovich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

*Kosovtseva Ilona Andreevna, Postgraduate student, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

The article discusses the importance of digital technologies in ensuring the sustainable development of the construction industry. The use of organizational and technological platforms of construction projects and their integration with innovative information modeling technologies is one of the main directions of the introduction of digital technologies.

**Keywords:** capital construction, design, digitalization, project information modeling, BIM, life cycle

## Технология и организация строительства

УДК 691.54

**В.Я. МИЩЕНКО, А.Л. СЕМЕНОВ, Д.В. ЛОБОДА, NGUYEN THANH LONG**

### **ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ ТОРКРЕТ-СМЕСИ В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ ПРИ НАНЕСЕНИИ НА НАБРАСЫВАЕМУЮ ПОВЕРХНОСТЬ**

*Мищенко Валерий Яковлевич, д-р техн. наук, профессор, советник РААСН, заведующий кафедрой «Технологии, организация строительства, экспертиза и управление недвижимостью» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

*Семенов Алексей Львович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технологии, организация строительства, экспертиза и управление недвижимостью», ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

*Лобода Дмитрий Владимирович, ведущий инженер инжинирингового центра «ПроектСтройИнжиниринг», ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Россия, г. Курск*

*Nguyen Thanh Long, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Вьетнам, г. Хошимин*

В ходе исследования разработана физико-математическая модель движения частиц торкрет-смеси в электростатическом поле при нанесении на набрасываемую поверхность, определены соответствующие коэффициенты, влияющие на параметры получаемой бетонной поверхности. Анализ результатов моделирования показывает, что наличие напряженности электростатического поля замедляет частицу, снижает кинетическую энергию отскока.

**Ключевые слова:** торкретирование, электростатика, отскок материала, зарядка частиц, математическая модель, кинетическая энергия, адгезия, прочность торкрет-бетона, напряженность электростатического поля, идеальная модель

#### **Введение**

Одной из основных и пока не решенных проблем торкретирования является высокий показатель отскока материала, который при «сухом» торкретировании достигает свыше 20%. Применение электростатики в торкретировании сухих цементно-песчаных смесей является инновационной технологией, которая позволяет более качественно наносить покрытие на ограждения, поскольку такая обработка позволяет удерживать частицы бетона на торкретируемой поверхности и увеличивать прочность бетона. В рамках исследования требуется разработка как общей схемы движения частиц в факеле смеси, так и математической модели данного процесса.

При торкретировании цементно-песчаных смесей основное движение частиц осуществляется за счет аэродинамических сил общего потока торкретируемой смеси создаваемой сжатым воздухом, однако, в отличие от порошковой окраски электростатикой, где основа покрытия материала заложена в движении частиц краски по силовым линиям согласно разности потенциалов, покрытие торкрет-смесью не требует изменения траектории движения частиц и изменения вектора движения частиц за счет кулоновской силы

притяжения. Разработана общая схема, описывающая данный процесс. Для разработки физико-математической модели процесса взяты уже существующие исследования.

Кинетическая энергия подлетающей частицы теряется на адгезионные взаимодействия частиц на поверхности, а также при смене вектора движения частично переходит в энергию отскока. Причем усредненная масса не изменится, зато скорость частицы при прохождении расстояния между соплом и поверхностью изменится как за счет сопротивления воздуха и воздействия электростатики.

### Основные сведения

Исследования, результат которых изложен в данной работе, проведены в рамках реализации Программы стратегического академического лидерства «Приоритет – 2030», грант НИУ МГСУ.

Взаимодействие набрасываемой торкрет-струи с поверхностью возводимой конструкции, во многом, определяет качество готового покрытия. Для оптимизации параметров нанесения смеси в условиях электростатической обработки, необходимо разработать математическую модель, которая описывала бы процесс взаимодействия торкрет-струи в учетом прочностных характеристик и минимального отскока.

Прочность бетона зависит от процесса уплотнения, а отскок – от запаса кинетической энергии и свойств вязкой среды [1]. Причем причиной возникновения последнего является соударение подлетающих и уложенных частиц и переход энергии движения в энергию уплотнения [2]. Поскольку отскок является характеристикой вязкой среды, то каждый из технологических параметров процесса торкретирования, влияя на отскок, меняет и прочность покрытия. Процент отскока можно снизить, снизив кинетическую энергию, то есть скорость потока. При этом мы неэффективно используем мощность оборудования. Кроме того, именно высокая скорость нанесения является залогом максимального уплотнения и, следовательно, высокой прочности покрытия.

Штатной предварительной обработкой поверхности являются пескоструйные работы, продувка и промывка [3]. Можно повысить адгезионные свойства с помощью дополнительной обработки или грунтования, что скажется как на стоимости работ, так и на стоимость материалов [4]. Можно изменить состав подаваемой смеси, но это неизбежно скажется на конечных прочностных характеристиках. Самым простым способом сокращения отскока является снижение мощности оборудования и скорости факела, однако, это экономически невыгодно. Кроме того, высокая скорость нанесения обеспечивает нужную уплотняемость наносимого торкрет-бетона.

Таким образом, нежелательно менять кинетическую энергию, затрагивать состав смеси или проводить предварительную обработку поверхности.

Анализ трудов ученых, работавших в данной области, показал, что предлагаются самые разные новации в торкрет-оборудовании, модифицируются методики нанесения покрытия. Этой проблеме посвятили свои работы Болотских Л.В., Бурак Е.Э., Катаев Ф.Е., Дьяков С.В., Абдуллин К.Ф. и многие другие [5-10]. Наконец, Абраменко А.А. предложил в качестве направления для совершенствования технологии торкретирования в индустриальном строительстве применение вихревой форсунки, что позволило перенаправить струю подаваемой торкрет-смеси и снизить отскок [11].

Инновационный метод электростатической обработки цементно-песчаной смеси удовлетворяет этому условию и является закономерным продолжением работ других ученых. При данном способе нанесения частицы цементно-песчаной смеси будут удерживаться электростатикой.



### Применяемые материалы и методы

На рис. 1 показана схема движения частиц торкрет-бетона по силовым полям при торкретировании с применением электростатической обработки [12, 13]. При торкретировании цементно-песчаных смесей основное движение частиц осуществляется за счет аэродинамических сил общего потока торкретируемой смеси, создаваемой сжатым воздухом. Однако, в отличие от порошковой окраски электростатическим методом, где основа покрытия материала заложена в движении частиц краски по силовым линиям согласно разности потенциалов, покрытие торкрет-смесью не требует изменения траектории движения частиц и изменения вектора движения частиц за счет кулоновской силы притяжения. Все движение осуществляется только за счет аэродинамических сил. Необходимость электростатического заряда частиц при торкретировании цементно-песчаной смеси возникает в момент соприкосновения цементно-песчаных частиц с набрасываемой поверхностью.

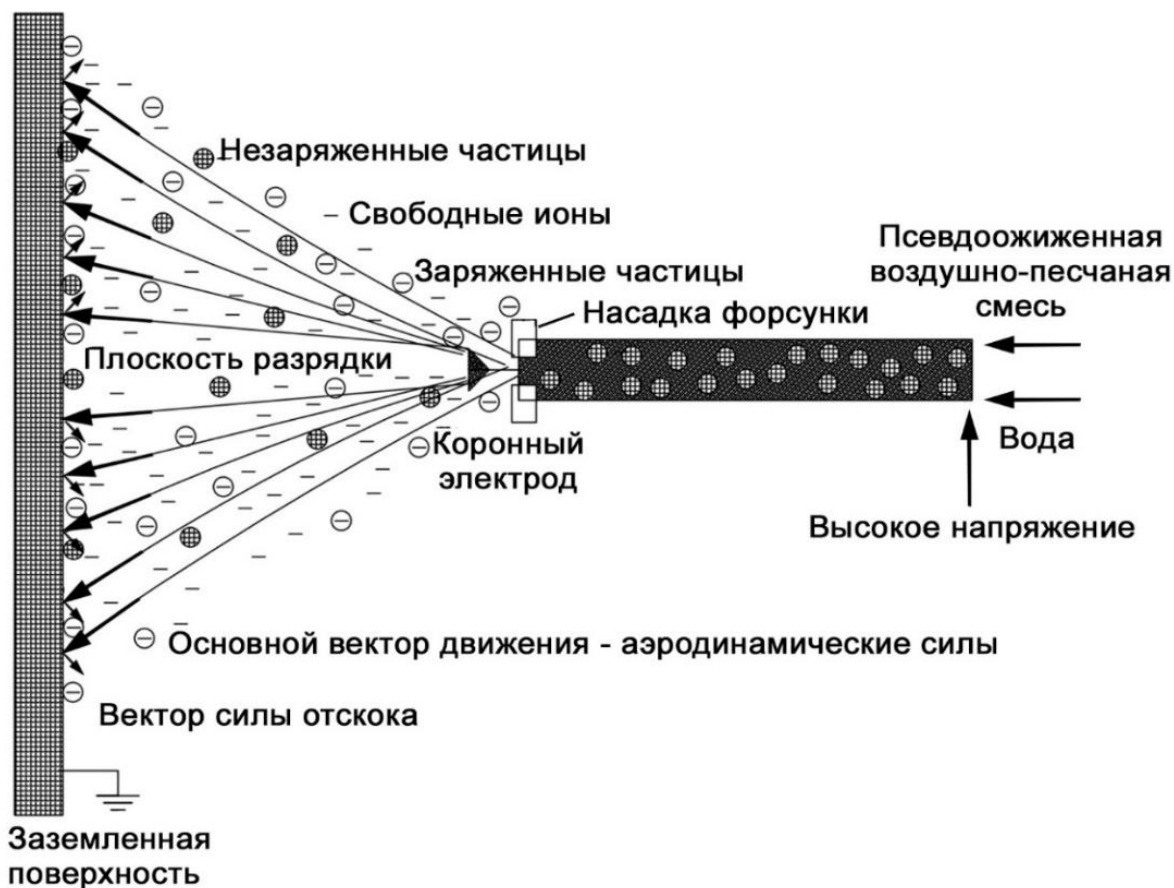


Рис.1 – Схема движения частиц торкрет-бетона по силовым полям при торкретировании

Для создания идеальной модели движения частиц торкрет-бетона при нанесении на поверхность примем, что каждая частица хотя и движется в потоке, но обладает своей кинетической энергией, а энергия всего потока является интегральной суммой энергий всех его частиц. В работе [6] рассматривается идеализированная математическая модель взаимодействия частицы торкрет-смеси и пневматической опалубки, и справедливо

отмечается, что подготовленная поверхность поглощает часть кинетической энергии  $E_k$  подлетающей частицы. В нашем случае отклонения струны не происходит, так как рассматривается твердая вертикальная поверхность. При этом снижение кинетической энергии  $\Delta E_{ко}$  определяется как совокупность параметров, включая электростатическое воздействие, что описывается формулой:

$$\Delta E_{ко} = a^2 \cdot \Delta E_{xt} \cdot E_{эп} , \quad (1)$$

где  $a$  - скорость движения частиц;

$\Delta E_{xt}$  – величина поглощения кинетической энергии  $\Delta E(x, t)$ ;

$E_{эп}$  – коэффициент воздействия электростатического поля.

Выполним математическое моделирование с учетом движения частицы торкрет-смеси с учетом результатов работ других ученых, проводивших исследования в данной области.

Решается 1-я краевая задача [14]:

$$\frac{\partial^2 \Delta E_{ко}}{\partial t^2} = a \frac{\partial^2 \Delta E_{xt} E_{эп}}{\partial x^2} , \quad (2)$$

$$E(x, t) = \sum_{\lambda=1}^{\infty} A_{\lambda} \cos \frac{ak\pi t}{l} \sin \frac{k\pi x}{l} . \quad (3)$$

Далее необходимо обосновать выражение, отражающее взаимосвязь между кинетической энергией и основными технологическими параметрами: производительностью, диаметром сопла  $D$ , расстоянием от сопла до торкретируемой поверхности  $H$ , электростатическим воздействием.

Если описывать саму физическую модель, характеризующую процесс нанесения торкрет-бетона на поверхность с применением сопла, расположенного под углом  $90^0$  к обрабатываемой поверхности, то скорость смеси на выходе из сопла имеет скорость  $v_0$ , а при падении на горизонтальную поверхность - скорость  $v_1$ . Частицы факела обладают количеством движения  $mv$ .

В момент соударения с поверхностью часть кинетической энергии переходит в потенциальную, поэтому фактически скорости подлетающих и отскакивающих частиц  $v_2 < v_1$ .

Первым условием является требование установки сопла на фиксированном расстоянии от торкретируемой поверхности. Производительность торкрет-машины примем за  $Q_{общ}$ , которая состоит из производительности компрессора и подаваемого бетона,  $м^3/с$ :

$$Q_{общ} = Q_k + Q_{пб} . \quad (4)$$

Очевидно, что массы и скорости частиц фактически являются различными, но должны приниматься усредненными для обоснования идеализированной модели. Причем, здесь устанавливается зависимость от времени  $t$ , диаметра сопла  $D$ , производительности  $Q$ , когда за  $\Delta t$  формируется цилиндр смеси, объем которого определяется формулой:

$$V = Q^* \Delta t = S * v_0 * \Delta t = \frac{\pi D^2}{4} v_0 * \Delta t , \quad (5)$$

где  $S$  - площадь сечения сопла;

$v_0$  – скорость вылетающей частицы, которая равна

$$v_0 = \frac{4Q^*}{\pi D^2} . \quad (6)$$

Усредненная масса частицы

$$m = \beta Q D^2 , \quad (7)$$

где  $\beta$ - числовой коэффициент.

Далее примем, что усредненная масса останется const, но скорость частицы при прохождении расстояния между соплом и поверхностью изменится как за счет сопротивления воздуха, там и за счет воздействия электростатики ( $E_{нап}$ ). Это выражается зависимостью, установленной в работе [14], но скорректированной на коэффициент воздействия электростатического поля:

$$F = aE_{эп}v_1^2. \quad (8)$$

Отсюда

$$v_1 = \sqrt{\frac{F}{aE_{эп}}}, \quad (9)$$

где  $a$  — коэффициент пропорциональности.

С другой стороны, между скоростями частицы вылетающей из сопла и подлетающей к поверхности, существует следующая зависимость:

$$v_1 = v_0 * \exp\left(-\beta \frac{H}{QD^2}\right), \quad (10)$$

где  $H$  — расстояние (пройденный путь частицей);

$\beta$  - числовой коэффициент.

Второй множитель обозначим за  $E$ . Тогда по гауссовой модели энергия взаимодействия «частица-поверхность» равна кинетической энергии подлетающей частицы смеси:

$$E_B = E_k = mv_1^2/2. \quad (11)$$

С учетом (11) можно сделать вывод, что кинетическая энергия подлетающей частицы теряется из-за адгезионных взаимодействий частиц на поверхности. Кроме того, при смене вектора движения она частично переходит в энергию отскока. Чем сильнее электростатическое воздействие притягивает частицы к поверхности, тем меньше остаточная кинетическая энергия отскока, то есть:

$$\Delta E_{ко} \rightarrow \max. \quad (12)$$

Поскольку масса не меняется, коэффициент потери кинетической энергии можно оценить соотношением скоростей:

$$\xi = \frac{v_2}{v_1}. \quad (13)$$

Отсюда, с учетом обратно пропорциональной связи прочности и отскока, как показано в работе [5], основная функция тоже будет носить характер обратной зависимости:

$$f(Q, D, H, E_{нап}) = \lambda \ln\left(1 + \frac{1}{\sqrt{\xi}}\right), \quad (14)$$

где  $\lambda$  — коэффициент пропорциональности.

### Основные результаты

На основании теоретической модели движения частиц в факеле проводились опыты, в ходе которых выполнялось экспериментальное изучение влияния технологических параметров на качество готовой поверхности.

Подобные опыты опирались на законы классической механики. Учитывалось, что в момент вылета частица имеет высокую скорость. Весь процесс ее перемещения в факеле распыла классически определяется воздушным потоком, при котором частицы смеси замедляются (процесс потери энергии). Однако при применении электростатики в данную схему включаются силы электростатического поля. Таким образом, на практике определяющими являются:

- расстояние между соплом;
- диаметр сопла;
- угол раскрытия факела;

- производительность установки;
- параметры напряженности поля.

Решающим фактором в данном случае является прочность нанесенной смеси при разных расстояниях и напряжениях, а также степень отскока в зависимости расстояния до сопла, мощности оборудования и напряженности.

Оптимальные показатели устанавливались экспериментально.

Результаты нанесения на эффективность торкретирования при классическом способе и нанесении с помощью вихревой торкрет-форсункой отражены на диаграммах, которые позволяют наглядно отразить зоны рационального применения данной технологии.

В графиках (рис. 2, 3) отражены изменения степени отскока и прочности в зависимости от расстояния факела распыла и производительности торкрет-машины при различных способах нанесения, при одинаковых остальных параметрах. Данные взяты из предыдущих исследований, в рамках которых проводились эксперименты по классической технологии и с вихревой форсункой для торкретирования без применения электростатики.

Проанализировав экспериментальную часть поверхностей, был сделан вывод, что для дальнейшего определения зависимости отскока от напряженности электрического поля и расстояния до набрасываемой поверхности, эксперимент следует проводить при мощности установки 3 м<sup>3</sup>/ч, поскольку именно в этом диапазоне мощностей наблюдался наименьший отскок в зависимости от варьирования напряженности и расстояния от распылителя до набрасываемой поверхности (рис. 4).

Требовалось выявить оптимальные параметры при коронной зарядке для эффективной электростатической обработки цементно-песчаной смеси непосредственно на электродах. Для этого обрабатывались данные как по расстоянию от распылителя до набрасываемой поверхности, так и по подаваемому напряжению.

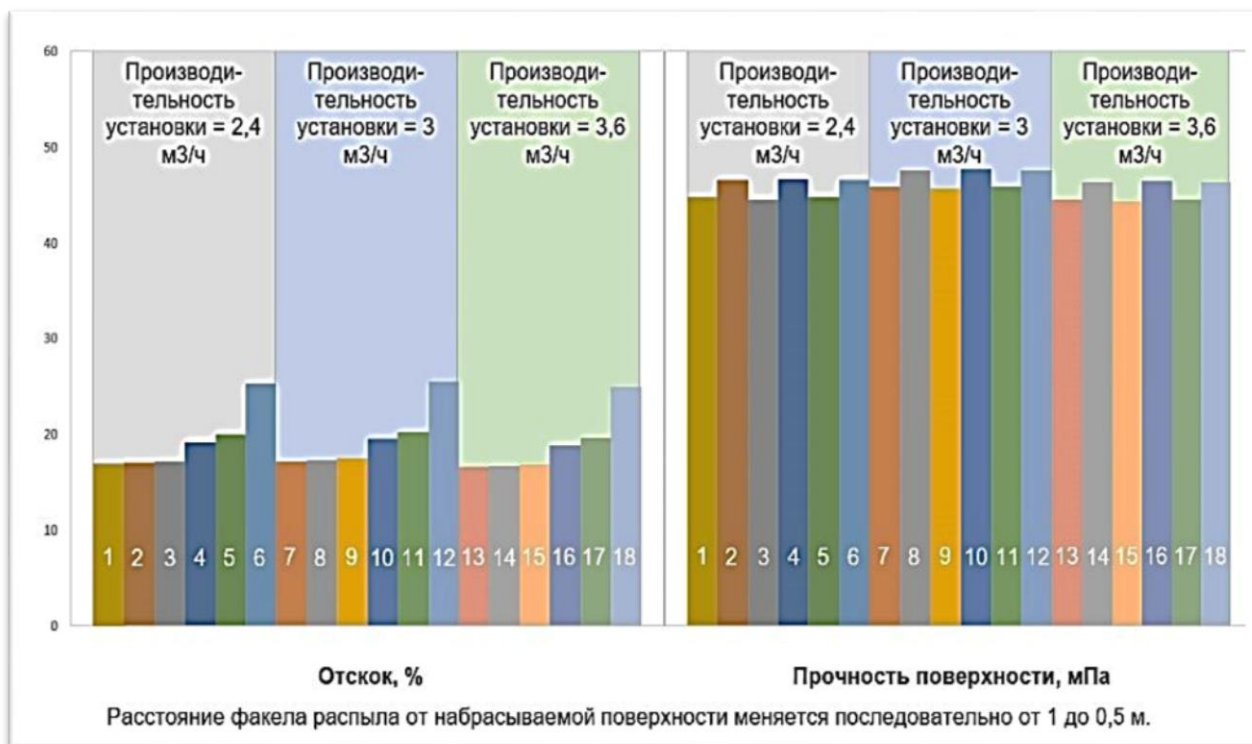


Рис. 2 - Средние значения отскока и прочности готовой поверхности при варьировании расстояния факела и производительности классической установкой

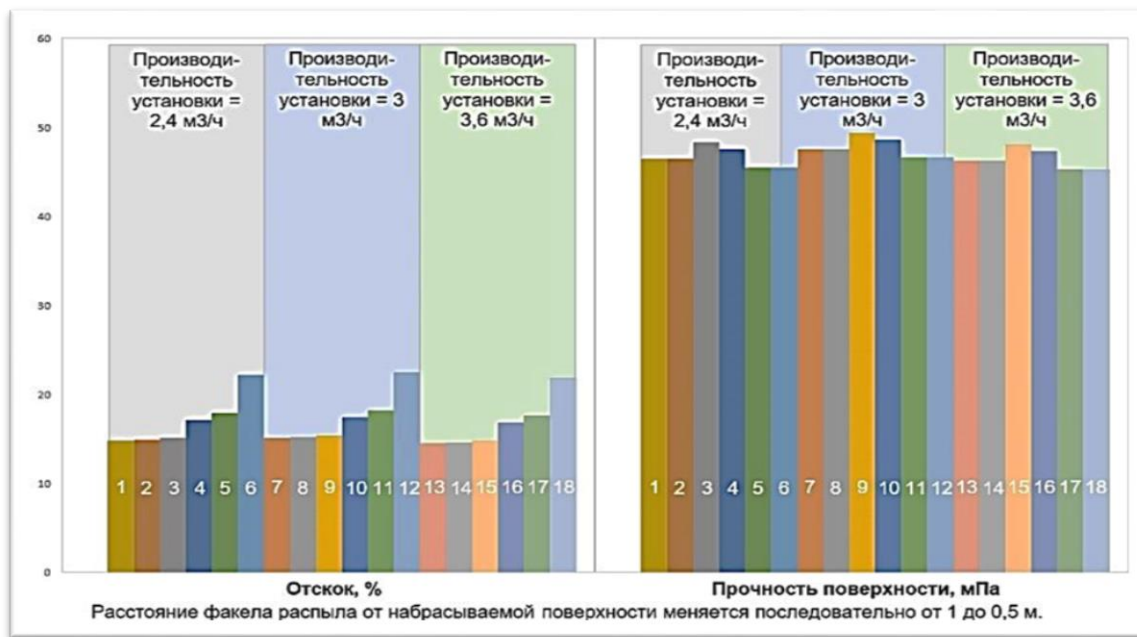


Рис. 3 - Средние значения отскока и прочности готовой поверхности при варьировании расстояния факела и производительности с форсункой для вихревого нанесения смеси без применения электростатики

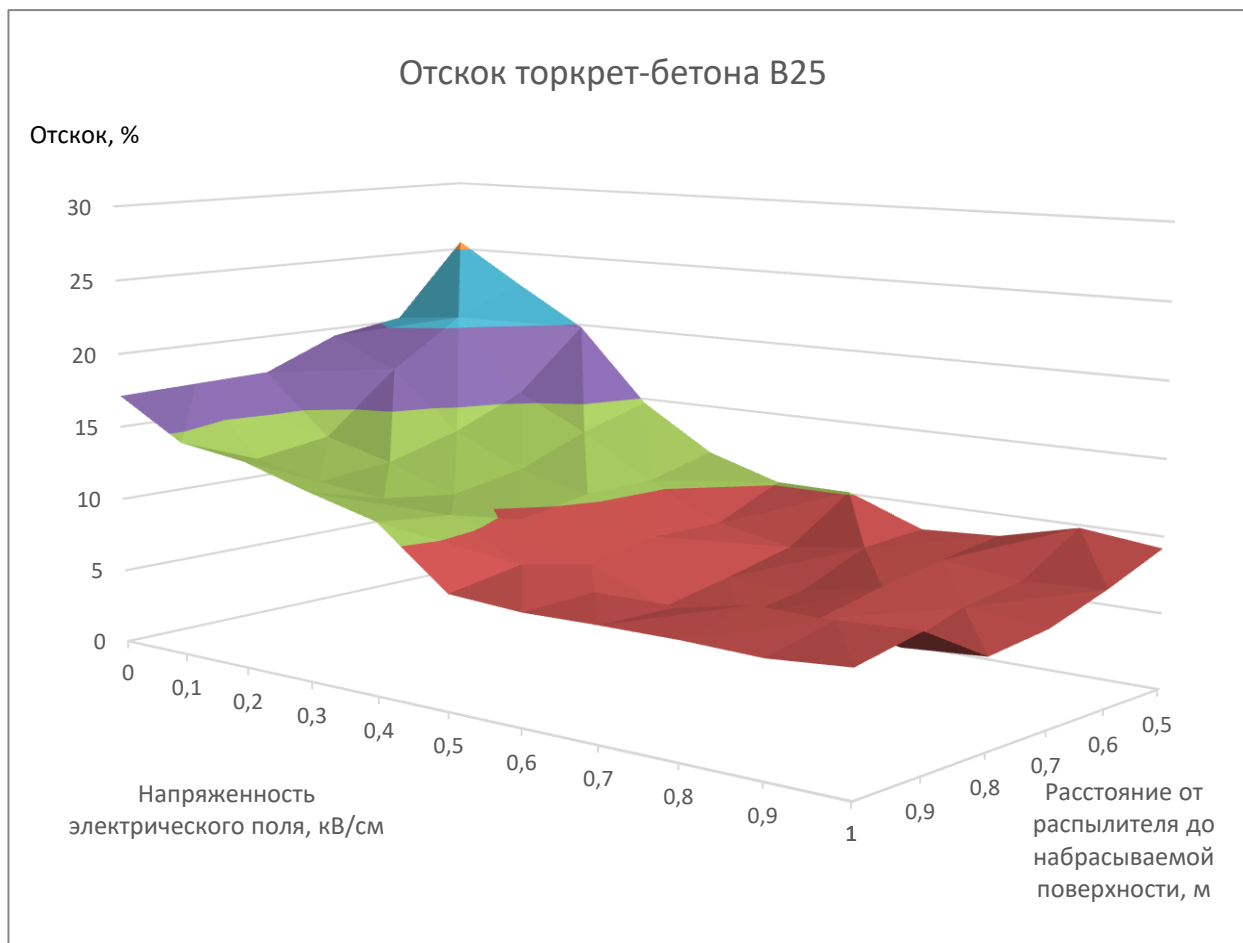


Рис. 4 - Отскок торкрет-бетона В25



### Выводы

Анализируя теоретически полученные данные, а также результаты экспериментов, можно сделать вывод, что наличие напряженности электростатического поля замедляет частицу, снижает кинетическую энергию отскока, за счет чего его количество уменьшается без снижения мощности оборудования.

Данная модель является именно идеальной, поскольку в ряде исследований [5, 6, 15] наглядно показано, что частицы в струе торкрет-бетона движутся не отдельными частицами, а порциями.

По результатам исследования разработана физико-математическая модель движения частиц торкрет-смеси в электростатическом поле при нанесении на набрасываемую поверхность.

Кроме того, определены соответствующие коэффициенты, влияющие на параметры получаемой бетонной поверхности при торкретировании с применением электростатической обработки набрызгиваемого раствора.

### Библиографический список

1. Брукс, Г., Линдер, Руфферт О. Торкрет-бетон, торкрет-цемент, торкрет-штукатурка / перевод с нем. - Москва, Стройиздат. – 1980. – 347 с.
2. Голицынский Д.М., Маренный Я.И. Набрызгбетон в транспортном строительстве. М.: Транспорт, 1993. - 152с.
3. Азимов, Ф. И. Торкретирование и торкретные работы [Текст] : учебное пособие / Ф. И. Азимов, Ю. И. Азимов ; Казанский фин.-экон. ин-т. - Казань : [б. и.], 1999. - 61 с.
4. ГЭСН 06-03-012 «Торкретирование бетонной поверхности. Сметные нормы на строительные работы ГЭСН-2022» (приложение № 1 к приказу Минстроя России от 30 декабря 2021 г. № 1046/пр) // URL: <https://minstroyrf.gov.ru/trades/tsenoobrazovanie/federalnaya-smetnaya-normativnaya-baza-fsnb-2022-utverzhennaya-prikazom-minstroya-rossii-ot-30-dekabrya-2021-g-1046-pr/> (дата обращения 25.07.2023).
5. Болотских, Л.В. Технология торкретирования бетонной смеси на вертикальные поверхности пневмоопалубок : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.08. / Л.В. Болотских. – Воронеж, 2003.- 192 с.
6. Бурак, Е.Э. Совершенствование технологии нанесения торкрет-бетона на горизонтальные поверхности пневмоопалубок : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.08 / Е.А. Бурак; [Место защиты: Воронеж. гос. архитектур.-строит. ун-т].- Воронеж, 2011.- 200 с.
7. Абдуллин, К.Ф. Новые составы и технологическое оборудование для торкретбетона: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / К.Ф. Абдуллин. – Казань, 2001. – 149 с.
8. Катаев, Ф.Е. Эжекционная торкрет-машина для нанесения теплоизоляционных покрытий : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.12.13 / Ф.Е. Катаев; [Место защиты: Белгород. гос. технол. ун-т им. В.Г. Шухова].- Белгород, 2010.- 20 с.
9. Дьяков, С.В. Влияние электромагнитного воздействия на свойства бетонной смеси и бетона: диссертация ... кандидата тех. наук: 05.23.05 / Дьяков Сергей Владимирович; [Место защиты: ФГЛОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». – Владимир, 1999. – 179 с.
10. Абраменко, А. А. Совершенствование способа торкретирования при индустриальном строительстве объектов жилой недвижимости : дис. ... канд. тех. наук : 2.1.7

/ Абраменко Анатолий Александрович ; Донской государственный технический университет. – Воронеж, 2021. – 169 с.

11. Мищенко, В. Я. Инновационная технология торкретирования с применением электростатики / В. Я. Мищенко, А. Л. Семенов, Л. Н. Титова, Д. В. Лобода. – DOI: 10.54950/26585340\_2023\_2\_111 // Строительное производство. – 2023. – №2 (46). – С. 111-114.

12. Mishchenko V. Ya., Semenov A. L., Titova L. N., Loboda D. V. The effect of three-stage ionization on the structure formation of a concrete mixture during shotcrete. Real Estate: Economics, Management. 2023; 1:59-66. DOI: 10.22337/2073-8412-2023-1-59-66.

13. Ткаченко, А. Н. Технология возведения тонкостенных монолитных конструкций на пневмоопалубке в зимнее время : автореферат дис. канд. техн. наук : 05.23.08 / Ткаченко. А: Н. - Л. : ЛИСИ, 1990; - 21 с.

14. Дюженко, М.Г. Основы теории и практика производства бетонных работ средствами ротационно-силового уплотнения : автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.23.08.- Москва, 1988.- 44 с.

**V.Ya. MISHCHENKO, A.L. SEMENOV, D.V. LOBODA, NGUYEN THANH LONG**

**PHYSICAL AND MATHEMATICAL MODELING OF THE MOVEMENT OF SHOTCRETE MIXTURE PARTICLES IN AN ELECTROSTATIC FIELD WHEN APPLIED TO THE SURFACE TO BE SPRAYED**

**Mishchenko Valery Yakovlevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Adviser of the RAASN, Head of the Department of "Technology, Construction Organization, Expertise and Real Estate Management" of the Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

**Semenov Alexey Ivovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Technologies, Construction Organization, Expertise and Real Estate Management", Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

**Loboda Dmitry Vladimirovich**, Leading Engineer of the engineering Center "Projectstroyengineering", Southwestern State University, Voronezh, Russia

**Nguyen Thanh Long**, Postgraduate student, Voronezh State Technical University, Ho Chi Minh City, Vietnam

In the course of the study, a physicomathematical model of the movement of shotcrete mixture particles in an electrostatic field when applied to the printed surface was developed, the corresponding coefficients affecting the parameters of the resulting concrete surface were determined. Analysis of the simulation results shows that the presence of an electrostatic field slows down the particle, reduces the kinetic energy of the rebound.

**Keywords:** shotcrete, electrostatics, material rebound, particle charging, mathematical model, kinetic energy, adhesion, strength of shotcrete, electrostatic field strength, ideal model

УДК 624.1: 581.524

**Д.С. КОНЮХОВ, Е.Н. БОРИСЕВИЧ, И.Н. ДАНЕЛИЯ, Б.А. КРЫМОВ****НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
РЕКОНСТРУКЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В НОРИЛЬСКЕ**

*Конюхов Дмитрий Сергеевич, д-р техн. наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», Россия, г. Москва*

*Борисевич Евгений Николаевич, директор, Муниципальное унитарное предприятие муниципального образования город Норильск «Коммунальные объединенные системы», Россия, г. Норильск*

*Данелия Ирина Николаевна, руководитель дирекции ООО «Современные Системы Реновации», Россия, Москва*

*Крымов Борис Алексеевич, руководитель проекта ООО «Современные Системы Реновации», Россия, Москва*

Охарактеризованы инженерные условия реконструктивных работ по коммуникационным коллекторам в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов на примере города Норильска. Показана и обоснована актуальность научно-технического сопровождения проектно-изыскательских работ в указанных условиях. Дан перечень работ по соответствующему научно-техническому сопровождению. Приведены выявленные недостатки подготовленной проектно-изыскательской документации. Показан состав аналитического отчета по результатам научно-технического сопровождения проектно-изыскательских работ. Отмечена высокая значимость геотехнического мониторинга применительно к условиям проектирования и строительства при распространении многолетнемерзлых грунтов.

**Ключевые слова:** многолетнемерзлые грунты, геотехнический мониторинг, инженерный коллектор, реконструкция, научно-техническое сопровождение

**Введение**

Усиливающееся внимание к Арктической зоне Российской Федерации, принятие «Основ государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» выдвигают на одно из первых по актуальности мест обеспечение жизнедеятельности расположенных здесь городов, а в их составе – линейных объектов инженерной инфраструктуры, притом в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ). Предстоит реконструкция и развитие указанных объектов, в том числе в связи с многолетним игнорированием соответствующих работ и сложностью природно-климатических условий. В связи с этим хорошим примером может служить г. Норильск, находящийся в зоне распространения сплошной толщи ММГ.

Как отмечается в Постановлении Администрации г. Норильска Красноярского края (в ред. от 20.01.2022 № 59 и от 30.03.2022 № 182) по вопросу комплексного социально-экономического развития города, основные проблемы его жизнеобеспечения определяются суровыми климатическими условиями, сокращающими, в частности, сроки эксплуатации инженерных сооружений.

Общая протяженность магистральных коллекторов в городе составляет 69,98 км, из них 49,4 % являются ветхими и аварийными со степенью износа 100%.

Для Норильска разработаны проекты реконструкции коллекторов по улицам Лауреатов, Набережная Урванцева и Талнахской. Наиболее характерными дефектами и повреждениями указанных коллекторов являются:

- повсеместное разрушение верхнего яруса, вызванное физическим износом (разрушение бетона, коррозия арматуры, механическое разрушение);
- локальное взаимное смещение блоков коллекторов до 1,0 м, ограничивающее доступ к коммуникациям верхнего и нижнего ярусов.

Еще одним фактором выступает моральный износ коллекторов, не позволяющий разместить в существующем габарите все требуемые коммуникации и системы теплоизоляции.

### Условия и состав работ по реконструкции инженерных коллекторов

Реконструкцией предусматривается демонтаж существующих коллекторов с последующим устройством проходных коммуникационных каналов увеличенного сечения с размещением в них тепловых и водопроводных сетей, силовых электрических кабельных линий, кабелей связи и контрольных кабелей, трубопроводов самотечной и напорной канализации (рис. 1). В качестве ограждающих конструкций котлованов и траншей принята инвентарная металлическая крепь.

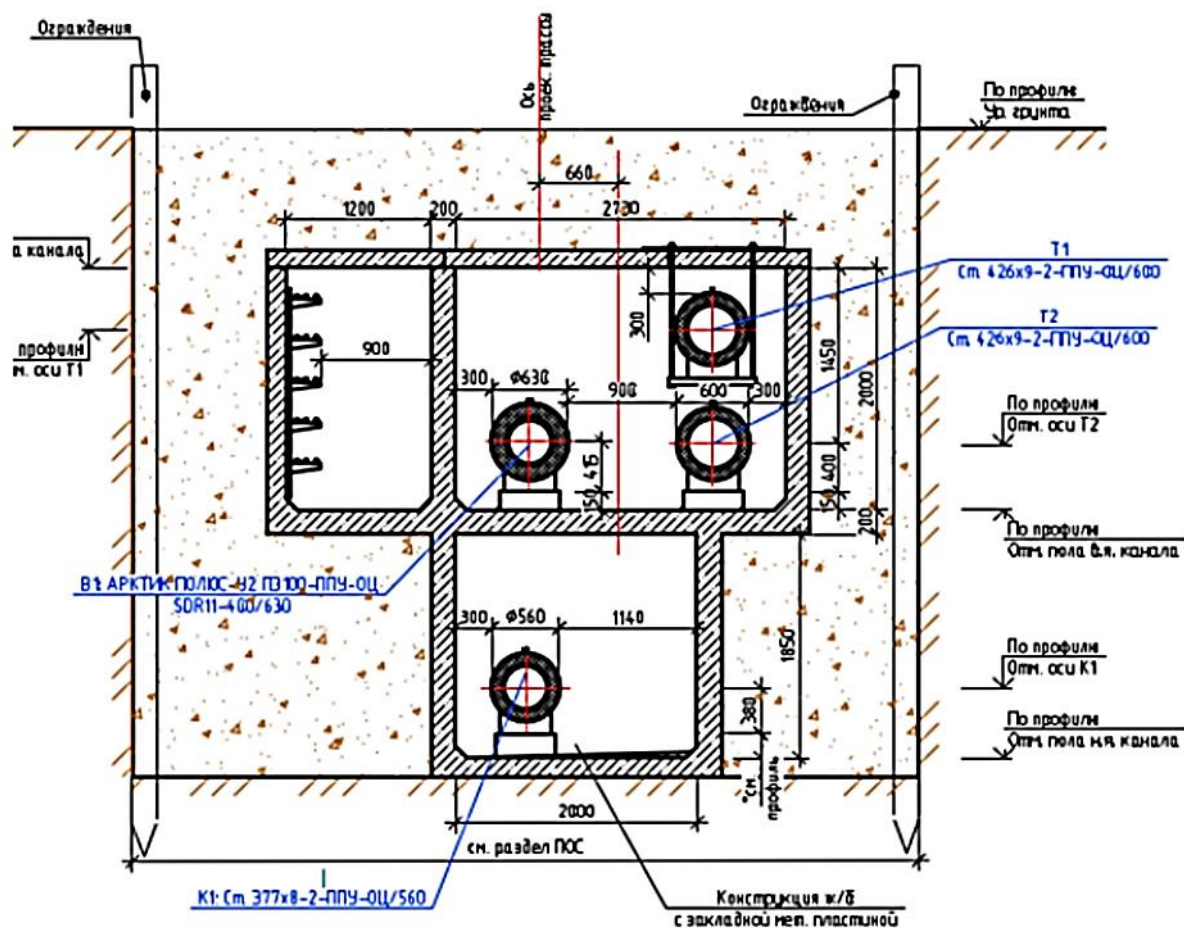


Рис. 1. Принципиальная схема проходного коммуникационного канала по ул. Набережная Урванцева

Геологическое строение городской территории Норильска до глубины 25 м представлено отложениями четвертичной системы: насыпными грунтами и аллювиально-делювиальными отложениями нерасчленённых вальковской и арылахской толщ. Насыпные грунты распространены повсеместно и представлены щебенистым и глыбовым грунтом

магматических пород, а также металлургическим шлаком (общая мощность 0,5-8,0 м). Вскрытая мощностью аллювиально-делювиальных отложений 19 м.

Влияние антропогенных явлений на изменение физико-механических характеристик ММГ в пределах сжимаемой толщи на территории городской агломерации подробно исследовано в работе Колесниковой [1]. Отмечено, что в последние годы по всему Северу происходит интенсивное развитие процессов отепления оснований зданий. Это сопровождается нарастающими деформациями, которым подвержены уже не только отдельные здания, а их группы, кварталы и ряды домов по улицам. Аналогичные выводы содержатся и в зарубежных публикациях [2; 3; 4].

### **Научно-техническое сопровождение проектных работ: состав и результаты**

Учитывая особенности инженерно-геологических условий, состояние окружающей застройки, условия прокладки инженерных коммуникаций, при разработке проектов реконструкции коллекторного хозяйства было организовано научно-техническое сопровождение (НТС) проектных работ [5; 6]. С этой целью была сформирована группа высококвалифицированных экспертов, в первую очередь разработавших программу НТС проектно-изыскательских работ в следующем составе:

1. Обеспечение полноты и достаточности результатов инженерных изысканий, включая:
  - разработку рекомендаций к программе инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий;
  - анализ и оценку материалов инженерных изысканий с составлением экспертного заключения.
2. Анализ материалов по предыдущему использованию территории.
3. Прогноз влияния строительства на сложившуюся природно-техногенную среду, включая состояние оснований и фундаментов зданий и сооружений, расположенных в зоне влияния реконструкции инженерных коллекторов, с учетом всех возможных видов воздействий.
4. Оценка геокриологических рисков.
5. Прогноз геотехнических рисков с учётом всех возможных видов воздействий.
6. Формирование комплекса мероприятий по минимизации влияния строительства на сложившуюся природно-техногенную среду с составлением отчётов.
7. Разработка рекомендаций к программе геотехнического мониторинга с последующей разработкой программы мониторинга;
8. Учёт при проектировании современных конструктивных, технических и технологических решений строительства, применение эффективных и безопасных материалов, строительных машин и эксплуатационного оборудования.
9. Экспертно-консультативный анализ проектной документации и имеющихся материалов о предыдущем использовании территории с целью исключения рисков аварийных ситуаций, совершенствования конструктивных, объёмно-планировочных, технологических решений строительства.
10. Составление программы работ по научно-техническому сопровождению строительства.

На первом этапе были внесены корректировки в программу инженерно-геологических изысканий и после их завершения, проведен экспертный анализ полученных результатов. При производстве инженерно-геологических исследований были выполнены:

- составление программы работ и согласование ее с НТС;



- сбор и анализ материалов изысканий прошлых лет, выявивший ряд недостатков в организации хранения проектных и изыскательских материалов советского периода;
- рекогносцировочное обследование местности вдоль трассы коллектора с целью визуальной оценки рельефа, описания внешних проявлений неблагоприятных процессов и явлений, оказывающих влияние на реконструируемые коллекторы, а также для выбора точек мест бурения скважин с учетом природных факторов;
- бурение инженерно-геологических скважин глубиной от 15 до 23 м вдоль трассы коллекторов;
- термокартаж для изучения температурного режима ММГ в каждой скважине на полную глубину выработки. Измерения температуры выполнялось прибором ЭТЦ–0,1/10 с поверхности через каждый метр минимум с 2-кратной повторностью за одну установку «косы» термометрических датчиков, через 20-30 минут между замерами. Перед первым замером «коса» выстаивалась 30-40 минут. При замерах было установлено состояние грунтов;
- гидрогеологические наблюдения;
- отбор проб грунта и воды и лабораторные исследования показателей физико-механических свойств насыпных, талых грунтов, коррозионной агрессивности грунтов, химического состава и коррозионных свойств подземных вод;
- геофизические исследования, проводившиеся комплексом инженерно-геофизических методов с учетом рекомендаций [7]:
  - сейсморазведочные работы методом сейсмотомографии на продольном и поперечном типах волн;
  - работы методом георадиолокации.

Работы проводились, в основном, в условиях интенсивных вибрационных помех от автомобильного транспорта (это характерно для городских коммуникационных коллекторов), что является крайне неблагоприятным фактором для сейсморазведки. Поэтому для улучшения отношения «полезный сигнал»/«помеха» на каждом пункте возбуждения (ПВ) осуществлялось до 25 повторных ударов (накоплений сигнала). При регистрации сейсмического сигнала в процессе его накопления использовались методические приемы, обеспечивающие максимальную синхронность суммирования. Приём колебаний вели с помощью горизонтальных (для регистрации S-волн) и вертикальных (для регистрации P-волн) электродинамических сейсмоприемников GS-20DX, соединенных с сеймостанцией сейсмической косой. Регистрация наземных сейсмических данных осуществлялась на инженерную 24-канальную сеймостанцию «Лакколит 24-М4».

По результатам обработки данных сейсморазведки были построены глубинные разрезы (глубина 20-25 м) на поперечном типе волн, а также скоростные разрезы продольных и поперечных волн (глубиной 10-15 м).

Изучение природно-техногенного влияния в пределах участков строительства позволило выделить два основных вида инженерно-геологических процессов:

- морозное пучение;
- таликовые зоны.

Категория опасности развития процессов морозного пучения по СП 115.13330.2016 «Геофизика опасных природных воздействий. Актуализированная редакция СНиП 22-01-95» в природном состоянии и в состоянии полного водонасыщения – весьма опасная.

На ряде участков обнаружено значительное тепловое влияние эксплуатируемых коллекторов на геокриологическое состояние грунтового массива. Было зафиксировано талое состояние грунтов на всю изученную мощность пород, при этом самые высокие температуры +16,8 °С были выявлены в интервале глубин от 3,0 до 6,0 м, что можно однозначно интерпретировать как тепловое техногенное влияние коллекторов и наличие

масштабных сбросов и утечек. На этих же участках во всех глубинных разрезах сейсморазведки выделяется интенсивная отражающая граница, физически соответствующая резкому увеличению упругих свойств грунтов. Опираясь на данные бурения, указанная граница интерпретируется как кровля ММГ, залегающая на глубинах от 7 до 24 м.

Указанные выводы подтверждаются результатами лабораторных исследований подземных вод, в которых было выявлено большое количество ионов аммония ( $20,80-29,30$  мг/дм<sup>3</sup>), наличие ионов нитратов ( $0,36-0,38$  мг/дм<sup>3</sup>) и нитритов ( $0,02$  мг/дм<sup>3</sup>), свидетельствующие о загрязненности подземных вод утечками из существующих подземных коммуникаций.

Поскольку прилегающая территория застроена согласно СП 25.13330.2012 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88» по I принципу, с сохранением грунтов на весь период в многолетнемерзлом состоянии, можно заключить, что реконструируемые коллекторы в целом оказывают отепляющее негативное влияние на грунты основания окружающей застройки.

Анализ отчетной документации по инженерно-геологическим изысканиям позволил выявить следующие системные недочеты:

1. Оформительские, например: отсутствие согласований Заказчика, колонок архивных скважин, ссылки на устаревшую нормативно-техническую документацию, некорректные формулировки, неверная классификация видов работ, не приведена методика отбора и транспортировки в лабораторию проб мерзлых грунтов.

2. Аналитические, например: поверхностный анализ результатов изысканий прошлых лет, включая отсутствие предварительного инженерно-геологического разреза в программе изысканий, отсутствие характеристики водоносных горизонтов и геокриологических условий непосредственно на изучаемом участке, неправильно определены категория сложности инженерно-геологических условий участка и геотехническая категория проектируемого объекта, неверное определение коррозионной агрессивности подземных вод и коррозионной активности грунтов.

3. Фактические, например: ошибки при подсчете объемов работ, при заполнении таблиц и ведомостей фактических материалов, на инженерно-геологическом разрезе вдоль трассы коллектора, в нарушение требований СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения», не показан продольный профиль коллектора и камер.

Для минимизации влияния реконструкции инженерных коллекторов на природно-техногенную среду и для использования инновационных технических решений, применения эффективных и безопасных материалов, строительных машин и эксплуатационного оборудования был составлен аналитический отчет, в котором подробно были рассмотрены:

- современные технологии подземного строительства, применяемых в условиях плотной городской застройки;

- контрольные параметры качества производства подземных работ, влияющие на безопасность природно-техногенной системы;

- методы устройства ограждения котлованов при реконструкции подземных сооружений в условиях арктического климата и строительства в ММГ;

- выбор метода моделирования для оценки влияния строительства на существующую застройку и природно-техногенную среду с последующим обоснованием выбора метода математического моделирования и применяемых программных средств и разработкой рекомендаций по методике модельных исследований;

- стратегии защиты ММГ от растепления на период эксплуатации коллекторного хозяйства.

В результате проведенного анализа были сформулированы следующие выводы и рекомендации:

1. При устройстве ограждения котлованов и траншей реконструируемых коллекторов на основании анализа геотехнических и геокриологических рисков с учетом инженерно-геологических и климатических условий г. Норильска рекомендуется применение инвентарной крепи.

2. Моделирование влияния строительства коллектора по ул. Набережная Урванцева на существующие здания и сооружения необходимо проводить численными методами, с применением современного программного комплекса типа Z\_SOIL.PC, реализующего метод конечных элементов и нелинейные модели поведения грунтов под нагрузкой.

3. Для предотвращения передачи теплоты от водонесущих коммуникаций (тепловые сети, сети водоснабжения и канализации) на вмещающий грунтовый массив необходимо использование труб в пенополиуретановой изоляции.

4. Для защиты грунтового массива от растепления при проникновении ливневых и талых вод в засыпанные пазухи котлованов и траншей, образовавшихся при строительстве коллекторов, рекомендуется использование комплекса из мероприятий:

– вертикальная планировка территории;

– устройство глиняного замка по периметру котлованов и траншей, обеспечивающего защиту от проникновения «верховодки» в засыпанные пазухи с использованием насыпной изоляции на основе бентонитового глинопорошка и полимерных добавок.

Для оценки влияния реконструкции инженерных коммуникаций на природно-техногенную среду предварительно было выполнено обследование технического состояния существующих зданий и сооружений. Выполнено сопоставление количества зданий, расположенных в предварительно назначенной согласно требованиям СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*» и расчетной зонах влияния строительства. Проведена систематизация технического состояния зданий, расположенных в расчетной зоне влияния строительства.

Всего в зоне влияния реконструкции коллекторов, составившей от 7,8 до 23,4 м, располагается 31 здание, из них жилых 14, характеризующихся II и 3 – III категорией технического состояния; нежилых 12, характеризующихся II и 1 – III категорией технического состояния.

Расчеты выполнялись методом конечных элементов с применением специализированного программного комплекса в следующей очередности [8]:

1-й этап – оценка начального напряженно-деформированного состояния (НДС) грунтового массива с учётом фактических инженерно-геологических условий и нагрузок от существующих сооружений;

2-й этап – моделирование демонтажа существующего коллектора, откопка траншеи под строящийся коллектор. При этом в расчете учитываются нагрузки на бровке котлована. Кроме того, принимались следующие допущения:

1. Расчёты выполнялись в плоской постановке.

2. Геометрическая схема расчетной модели строилась на основе характерных геометрических сечений участка строительства и соответствующих им инженерно-геологических разрезов.

3. Граничные условия задавались путем фиксации боковых границ геометрической модели от горизонтальных, а нижней – от горизонтальных и вертикальных перемещений.

4. Грунтовый массив и все конструкции модели находятся под действием массовых сил, обусловленных гравитацией.

5. Определение НДС грунтового массива определялось с использованием упругопластической модели (модель пластического течения с условием прочности по Мору – Кулону).

6. Физико-механические характеристики грунтов и строительных материалов, геометрические размеры возводимых конструкций принимались по данным проекта, инженерно-геологические разрезы и физико-механические характеристики грунтов – по результатам инженерно-геологических изысканий.

7. Расчеты проводились при условии ведения работ в зимний период.

Результаты поверочных расчетов представлены в таблице

Результаты оценки влияния реконструкции коллекторов на существующую застройку

Объект	Расстояние до котлована, м	Число зданий	Деформации			
			Предельно-допустимые		Расчетные	
			Осадка, мм	Относительная разность осадок	Осадка, мм	Относительная разность осадок
Коллектор по ул. Лауреатов	менее 5	1	10	0,0007	6,9	$4,7 \cdot 10^{-4}$
		1	30	0,0010	9,3	$6,2 \cdot 10^{-4}$
	5 – 10	1	10	0,0007	3,9	$2,4 \cdot 10^{-4}$
		1	20	0,0007	7,0	$4,7 \cdot 10^{-4}$
		12	30	0,0010	1,14 – 7	$8,6 \cdot 10^{-5} - 5,3 \cdot 10^{-4}$
	10 – 15	2	30	0,0010	1,1 – 1,5	$8,9 \cdot 10^{-5} - 1,4 \cdot 10^{-4}$
15 – 20	5	30	0,0010	1,05 – 4,9	$8,7 \cdot 10^{-5} - 4,8 \cdot 10^{-4}$	
Коллектор по ул. Набережная Урванцева	менее 10	1	30	0,001	16,0	$9,6 \cdot 10^{-4}$
	10 – 15	1	30	0,001	2,0	$1,4 \cdot 10^{-4}$
	15 – 20		30	0,001	7,3	$4,3 \cdot 10^{-4}$
Коллектор по ул. Талнахской	10 – 15	3	30	0,0010	1,02 – 1,8	$8,0 \cdot 10^{-8} - 1,4 \cdot 10^{-7}$
	15 – 20	1	30	0,0010	1,09	$8,1 \cdot 10^{-8}$

В рамках НТС были выполнены поверочные расчеты ограждающих конструкций котлованов и траншей, показавшие, что коэффициент запаса устойчивости равен 1,5-1,95. Таким образом, было показано, что принятые технические решения по устройству ограждений котлованов и траншей в виде инвентарной металлической крепи обеспечивают необходимую и достаточную устойчивость стенок котлованов и траншей, при условии ведения работ в зимний период.

Одновременно с этим было отмечено, что в случае производства работ по строительству коллекторов в талых грунтах необходимо предусмотреть возможность установки дополнительных ярусов распорных креплений инвентарной крепи, а также мероприятия по строительному водоотливу.

## Геотехнический мониторинг

Ввиду сложности инженерных условий проведения работ по реконструкции коммунальных коллекторов в условиях г. Норильска отмечена несомненная важность геотехнического мониторинга. Разработанные на основе результатов проведенных исследований рекомендации к проекту геотехнического мониторинга показали, что в качестве основных количественных параметров, определяющих степень безопасности воздействия нового строительства на существующую застройку, нормами используются предельно допустимые деформации – максимальная осадка и относительная разность осадок; измеряются: температура грунта, уровень подземных вод, их состав и температура. Кроме этого, допускается измерение напряжений в конструкциях и грунтовой массе, параметров вибрации (кинематических параметров колебаний, виброперемещений, виброскоростей и виброускорений).

Применительно к реконструкции объектов инженерной инфраструктуры города Норильска геотехнический мониторинг на весь период жизненного цикла сооружений должен включать в себя:

- измерение абсолютных осадок и их относительной разности для зданий, наземных и подземных инженерных коммуникаций, расположенных в зоне влияния строительства;
- контроль технического состояния зданий, включающий: наблюдение и фиксацию дефектов и повреждений, как выявленных в процессе обследования, так и образовавшихся во время строительства;
- измерение температуры грунтов по трассе коллекторов – в термометрических скважинах, расположенных в пазах обратной засыпки котлованов и траншей. Измерения должны производиться на всю глубину пазухи с интервалами 0,5 м;
- измерение температуры грунтов основания фундаментов зданий, расположенных в зоне влияния строительства, вблизи подземного ввода и выпуска водонесущих коммуникаций, присоединённых к коллекторам.

По результатам геотехнической экспертизы проектной документации было показано, что проектируемые инженерные коммуникации с учетом мероприятий по НТС и при условии качественного ведения работ не окажут негативное воздействие на здания и сооружения окружающей застройки, расположенные в зоне влияния строительно-монтажных работ.

### Выводы

Для организации научно-технического сопровождения строительно-монтажных работ была разработана программа работ на весь период строительства.

В частности, работы по научно-техническому сопровождению строительства линейного объекта «Коллектор по ул. Набережная Урванцева (г. Норильск, ул. Набережная Урванцева)» включают:

- 1) анализ результатов различных видов мониторинга и данных по контролю качества строительства;
- 2) инструментальное сопровождение мониторинга и контроля качества строительства с применением геофизических и других неразрушающих методов;
- 3) оценку пригодности к эксплуатации конструкций, изготовленных с отклонениями от проекта;
- 4) анализ причин и последствий (в том числе долговременных) отступлений от проекта, нештатных и аварийных ситуаций;

- 5) принятие оперативных решений, разработка рекомендаций и технических мероприятий по устранению последствий аварийных ситуаций и негативных факторов, выявленных в процессе мониторинга и контроля качества, а также при отклонении от проектных решений;
- 6) создание и пополнение информационной базы данных по результатам различных видов мониторинга и учет этих данных при последующем проектировании;
- 7) выполнение опытно-исследовательских работ;
- 8) информационное обеспечение строительства.

### Библиографический список

1. Колесникова О. В. Исследование влияния строительных техногенных воздействий на формирование природно-техногенной системы в криолитозоне: На примере г. Норильска: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 11.00.11 / Моск. гос. строительный ун-т. – Москва, 1999. – 19 с.
2. Larsen J. N., Schweitzer P., Abass K. [at al.] // Thawing Permafrost in Arctic Coastal Communities: A Framework for Studying Risks from Climate Change // Sustainability. – 2021. – Vol. 13 (5). – 2651. <https://doi.org/10.3390/su13052651>.
3. Hjørt J., Karjalainen O., Aalto J. [at al.]. Degrading permafrost puts Arctic infrastructure at risk by mid-century // Nat Commun. – 2018. – Vol. 9, 5147. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07557-4>.
4. Raynolds M. K., Walker D. A., Ambrosius K. J. [at al.]. Cumulative geocological effects of 62 years of infrastructure and climate change in ice-rich permafrost landscapes, Prudhoe Bay Oilfield, Alaska // Global Change Biology. – 2014. – Vol. 20 (4). – P. 1211-1224. <https://doi.org/10.1111/gcb.12500>.
5. Конюхов Д. С., Куликова Е. Ю. Анализ и управление технологическими рисками в подземном строительстве // Наука и бизнес: пути развития. – 2022. – № 10. – С. 48–51.
6. Kulikova E. Yu., Konjukhov D. S. Accident risk monitoring in underground space development // Mining Informational and Analytical Bulletin. – 2022 (1). – Pp. 97–103.
7. Чуркин А. А., Капустин В. В., Конюхов Д. С., Владов М. Л. Последние изменения в российской практике нормативного регулирования «технической геофизики» // Геотехника – 2021. – № 1. – С. 56–69.
8. Konjukhov D. S., Kazachenko S. A. The main factors affecting the convergence of calculated and actual values of deformations of existing buildings // Gornaya Promyshlennost. – 2022 (1). – Pp. 103–111.

**D.S. KONYUKHOV, E.N. BORISEVICH, I.N. DANELIA, B.A. KRYMOV**

### SCIENTIFIC AND TECHNICAL SUPPORT FOR THE DESIGN OF RECONSTRUCTION OF ENGINEERING COLLECTORS IN NORILSK

*Konyukhov Dmitry Sergeevich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "National Research Technological University "MISIS", Moscow, Russia*

*Borisevich Evgeny Nikolaevich, Director, Municipal Unitary Enterprise of the municipal formation of the city of Norilsk "Communal united Systems", Russia, Norilsk*

*Danelia Irina Nikolaevna, Head of the Directorate of LLC "Modern Renovation Systems", Russia, Moscow*

*Krymov Boris Alekseevich, Project Manager of LLC "Modern Renovation Systems", Russia, Moscow*

The engineering conditions of reconstructive works on communication collectors in the conditions of permafrost soil distribution on the example of the city of Norilsk are characterized. The relevance of scientific and technical support of design and survey work in these conditions is shown and justified. The list of works on the corresponding scientific and technical support is given. The identified shortcomings of the prepared design and survey documentation are presented. The composition of the analytical report on the results of scientific and technical support of design and survey work is shown. The high importance of geotechnical monitoring in relation to the conditions of design and construction during the spread of permafrost soils is noted.

**Keywords:** permafrost soils, geotechnical monitoring, engineering reservoir, reconstruction, scientific and technical support



УДК 69.058

**И.Ш. АЛИРЗАЕВ, И.И. УШАКОВ, Н.С. СОВА, Ю.В. КРЮЧКОВ****ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ОБСЛЕДОВАНИЮ И МОНИТОРИНГУ  
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМАТИЗИРОВАННЫХ ТАБЛИЧНЫХ ФОРМ**

*Алирзаев Имран Шириевич*, канд. физ.-мат. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж

*Ушаков Игорь Иванович*, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж

*Сова Николай Семенович*, и.о. директора института, Академия развития строительного комплекса, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж

*Крючков Юрий Викторович*, зав. проблемной лабораторией водоподготовки для аквакультур АРСК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж

В работе приводится методика обследований зданий и сооружений с применением систематизированных специальных табличных форм, которые позволяют совместить сбор, обработку и оформление ин-формации о техническом состоянии грунтов оснований и строительных конструкций. Предлагаемые табличные формы охватывают основные этапы технического обследования и отражают их взаимосвязь. Выполненный авторами работы большой объем работ по обследованию и экспертизе зданий и сооружений за последние пять лет показывает, что применение систематизированных табличных форм позволяет повысить результативность проводимых обследований и имеет определенные преимущества по сравнению с традиционно принятой описательной формой.

**Ключевые слова:** организация работ, техническое обследование и мониторинг, систематизированные табличные формы.

**Введение**

В процессе, связанном с обследованием и мониторингом технического состояния зданий и сооружений обычно участвуют два субъекта: заказчик работ, техническое задание которого является отправной точкой всего процесса, и исполнитель работ, который обеспечивает комплектность технических отчетов в составе, установленном соответствующими нормативными документами и условиями договора. При необходимости, к этому процессу подключаются экспертная и проектная организации. Это обуславливает необходимость систематизации представленных результатов, упрощения поиска информации, доступность языка и использования соответствующей терминологии. Содержание технических отчетов и правила их оформления, в свою очередь, устанавливаются требованиями нормативных документов, которые на практике по-разному трактуются. Как показывает практика, основные результаты оформляются в описательной форме, главными недостатками которой являются: сложность поиска нужной информации; загромождение текста переходными словами и потеря основных моментов в хаосе второстепенных результатов. С другой стороны, технические отчеты оформляются только тогда, когда известны все результаты визуальных и инструментальных обследований. При таком подходе процесс оформления получается растянутым во времени и смысл важных пометок и деталей, очевидных на следующий день после визуальных и инструментальных обследований, теряется.

Все выше перечисленные факторы обусловили необходимость разработки методики совмещения выполнения и оформления результатов технических обследований зданий и сооружений.

### **Цель, концепция и содержание методики**

Методика технического обследования с применением систематизированных табличных форм разработана на основе существующих нормативных документов и опыта обследования зданий и сооружений [7]. Использование предлагаемой методики совместно с существующими нормативными документами позволяет значительно упорядочить технический отчет, совместить сбор, обработку и оформление материалов технического состояния грунтов оснований и строительных конструкций. Методика предполагает систематизацию и оформление результатов обследований не только на этапе аналитической обработки информации, но уже на этапе сбора первичных данных.

Основными целями предлагаемой методики являются:

- достижение единообразия представления результатов технических обследований как для отдельных конструктивных элементов, так и для зданий и сооружений в целом;
- систематизированная, наглядная и единообразная форма представления результатов технических обследований, как для отдельных конструктивных элементов, так и для зданий и сооружений в целом;
- строгая увязка оценок технического состояния конструктивных элементов с первичной информацией, полученной в результате полевых работ, камеральной обработки, поверочных расчетов и т.д.;
- предотвращение ошибок при сборе, обработке и анализе информации, вызванных небрежностью, невнимательностью и т.п.;
- оперативная переработка материалов технических обследований по мере их накопления;
- совмещение оформления результатов технических обследований с процессом их получения.

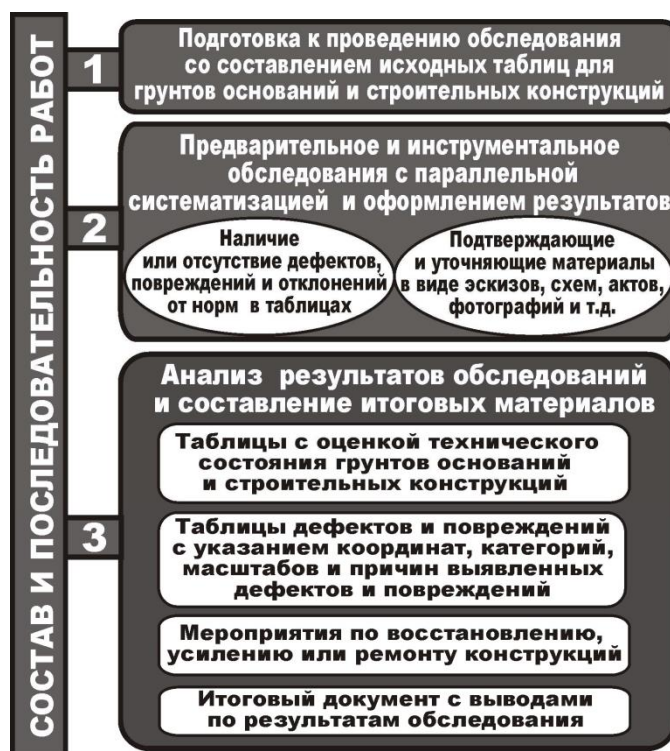
Предлагаемая методика основана на использовании готовых и частично заполненных таблиц, которые создаются на обобщения опыта обследований строительных конструкций.

Особенностью настоящей методики является то, что в ней основные результаты обследований, в отличие от традиционно сложившегося, так называемого описательного подхода, оформляются в табличных формах. Однако эта особенность не приводит к существенному различию в оформлении технических отчетов по правилам нормативных документов.

Использование методики позволяет совместить оформление результатов детального обследования с процессом их получения, значительно сократить время и труд исполнителей при выполнении обследований и систематизации результатов, а также способствует повышению качества технических отчетов.

В данной методике с помощью систематизированных табличных форм заранее создаются ячейки для сбора и обработки информации о техническом состоянии обследуемых конструкций и грунтов оснований (см. рисунок). Для всех конструктивных элементов таблицы имеют единую структуру, с помощью которой достигается единообразие изложения информации. В процессе обследования в соответствующих ячейках составленных таблиц систематически по мере появления накапливаются структурированные результаты полевых работ, камеральной обработки, поверочных расчетов и т.д., в результате чего формируется база для оценки технического состояния конструктивного элемента. Материалы и количественные показатели, подтверждающие достоверность и объективность

представленной в таблицах информации, приводятся в приложениях, где собраны необходимые схематические планы и разрезы, карты дефектов и повреждений, эскизы и фотографии, поверочные расчеты, акты вскрытий и испытаний и другие материалы, представляющие интерес для оценки технического состояния обследуемого здания или сооружения.



Структурная схема организации работ согласно методике

На эти материалы делаются соответствующие ссылки в таблицах. Такое разбиение обеспечивает два уровня изложения материала: краткие качественные сведения в таблицах и более детальные количественные результаты в приложениях. Таким образом, первичные таблицы позволяют сконцентрировать существенную, ранжированную и классифицированную информацию по каждому конструктивному элементу.

С точки зрения пользователей (заказчик, эксперт и проектная организация) использование унифицированных табличных форм гарантирует, что представляемая информация будет единообразной, а, следовательно, удобной для чтения, проверки и применения.

С точки зрения исполнителей это упрощает процесс составления технических отчетов, потому что в таблицах четко указано, какую информацию нужно представить. Применение базовых таблиц избавляет от необходимости проделывать операции по структурированию и упорядочиванию информации, которые раз и навсегда производятся при составлении этих таблиц. При заполнении готовых таблиц исполнитель полностью сосредоточивается на сборе информации и в произвольном порядке по мере появления информации заполняет заранее подготовленные ячейки. Исполнитель избавится от сомнений о том, что при сборе или обработки результатов будет пропущена очень важная информация. Исполнитель избавляется от необходимости проделывать операции по структурированию информации, которые раз и навсегда производятся при составлении этих таблиц. С распространением в настоящее время персональных компьютеров и современного программного обеспечения к ним, появляется

возможность использования готовых базовых таблиц, которые позволяют экономить огромное количество трудовых ресурсов и время, которое тратится при наборе описательного текста.

Описания дефектов и повреждений даются понятным техническим языком и излагаются с использованием терминов и определений, установленных соответствующими нормативными документами, а при их отсутствии - общепринятых в научно-технической литературе. Таким образом, минимизируется применение оборотов разговорной речи или заметный перекокс в сторону научного стиля

Согласно структурной схеме рассматриваемой методики, представленной на рис.1, систематизированные табличные формы охватывают основные этапы обследования и отражают их взаимосвязь. По содержанию систематизированные таблицы делятся на первичные и вторичные формы. Первичные таблицы составляются для отдельных конструктивных элементов, а вторичные таблицы в виде сводных документов – для всего здания или сооружения.

Табличные формы не заменяют специальные знания, они являются дополнительным накопителем памяти, который пробуждает знание в нужный момент времени и направляет внимание исполнителя на наиболее распространенные недопустимые отклонения, характерные для соответствующей конструкции. Поэтому их следует рассматривать не как набор жестких правил, а как систему ориентиров.

### **Форма и содержание первичных таблиц**

Первичные таблицы составляются на первом этапе (рисунок) после проведения подготовительных работ, которые выполняются согласно [1-5] и частично заполняются до проведения визуальных и инструментальных обследований. Здание или сооружение для дальнейших предварительных (визуальных) и детальных (инструментальных) обследований разбивается на составляющие конструктивные элементы, и для каждого из них составляются первичные таблицы (табл. 1,2,3). Количество, полнота, степень детализации и глубина проработки первичных таблиц в каждом конкретном случае определяются программой работ на основе технического задания заказчика и требованиями действующих нормативных документов.

При составлении первичных таблиц устанавливается последовательность рассмотрения конструкций с учетом их взаимосвязи: сначала грунты основания, фундаменты, затем элементы каркаса, стены, перекрытия и т.д. Для точной идентификации и оперативного поиска всем таблицам даются наименования и присваиваются порядковые номера. При этом в каждой таблице выделяются три блока.

В первом блоке «Конструктивные параметры» в первом столбце для несущих и ограждающих конструкций указывается тип конструкций (идентификационные), а в третьем столбце дается ссылка на чертежи проектной документации или серию. Во втором столбце при отсутствии проектно-технической документации или ее некомплектности приводится ссылка на обмерочные чертежи. Для грунтов основания в первом блоке указывается их название согласно ГОСТ25100-95 и дается ссылка на материалы инженерно-геологических изысканий.

Таблица 1

Структурное содержание таблицы со сведениями о грунтовых основаниях и конструктивных элементах

Наименование грунтов основания и конструктивных элементов	Конструктивные решения и элементы	Подтверждающие и уточняющие материалы
1	2	2
Конструктивная		
Грунты основания	Пески средней крупности средней плотности водонасыщенный	
Фундаменты под колонны	Монолитные железобетонные, столбчатого типа	
Фундаменты под стены	Монолитные железобетонные, ленточные	
Колонны	Сборные железобетонные	
Ригели	Сборные железобетонные	
Стропильные фермы	Стальные фермы	
Перекрытия	Ребристые по серии ПК-01-118 размерами в плане 1500х6000 м	
Полы	Бетонные	
Кровля	Из рулонных материалов	
Отмостка	Из асфальтобетона	

Таблица 2

Структурное содержание первичных таблиц

Дефекты, повреждения и несоответствия требованиям норм	Наличие или отсутствие отклонений	Подтверждающие и уточняющие материалы
1	2	3
I. Вид дефекта, повреждения и отклонения		
II. Несоответствия требованиям норм		

Во втором блоке в первом столбце первичных таблиц приводится систематизированная совокупность наиболее часто встречаемых на практике характерных дефектов и повреждений, определяющие техническое состояние грунтов оснований и строительных конструкций и перечисляются все возможные отклонения от требований действующих норм для соответствующего конструктивного элемента. В третьем блоке приводятся требования норм по безопасности, эксплуатационной пригодности, долговечности и соответствии с действующими нормативными документами.

Все перечисленные отклонения также представляются в первом столбце в определенной логической структуре и классифицируются по четырем признакам:

- связанные с изготовлением конструкции;
- связанные с возведением конструкции;

- вызванные физическим износом и нарушениями правил эксплуатации;
- обусловленные недостатками проектных решений или изменением норм.

Необходимо отметить, что приведенная классификация отклонений является условной и границы между ними не являются строгими.

Многочисленность возможных дефектов и повреждений таковы, что все отклонения заранее невозможно учесть в рамках рабочих таблиц. В случае обнаружения непредвиденных отклонений в процессе обследования соответствующие первичные таблицы дополняются.

Составленные, частично заполненные и распечатанные таблицы в дальнейшем используются как полевой журнал при выполнении визуальных и инструментальных обследований. На втором этапе с применением первичных таблиц осуществляется сбор, обработка, систематизация и анализ информации, полученной в ходе визуальных и инструментальных обследований. В процессе визуальных и инструментальных обследований по мере выявления информации во втором блоке эксперты делают необходимые пометки о наличии или отсутствии конкретного дефекта и повреждения. Для несущих строительных конструкций с учетом выявленных дефектов и повреждений согласно п.10 [3] производятся поверочные расчеты (в случае необходимости), а для ненесущих конструкций - сопоставление фактических контролируемых параметров с соответствующими нормативными значениями. Отсутствие информации о наличии или отсутствии перечисленных отклонений может привести к появлению разрывов в представлении материалов по обследованию. Поэтому во втором столбце таблиц фиксируются как утвердительные, так и отрицательные выводы. В утвердительном ответе «да» отражается наличие того или иного отклонения, в отрицательном «нет» – его отсутствие. Пустые, незаполненные информацией клетки рабочих таблиц выступают в роли своеобразного сигнала о необходимости поиска недостающей информации. Некоторые из перечисленных работ могут не выполняться, в зависимости от специфики объекта исследования, его состояния и задач, определенных техническим заданием. В таких случаях во втором столбце ставится знак «минус».

В третьем столбце первичных таблиц делаются соответствующие ссылки на материалы, подтверждающие достоверность и объективность представленной информации. Эти материалы приводятся в приложениях, где собраны необходимые схематические планы и разрезы, карты дефектов и повреждений, эскизы и фотографии, поверочные расчеты, акты вскрытий и испытаний и т.д. Таким образом, в первичных таблицах аккумулируется систематизированная совокупность результатов визуальных, инструментальных обследований, камеральной обработки и соответствующие ссылки на материалы соответствующих приложений. После сбора, обработки и анализа полученной информации в первичных таблицах следует практическое использование полученных результатов с целью оценки технического состояния конструктивных элементов.

### **Форма и содержание вторичных таблиц**

Вторичные таблицы являются результатом переработки первичных таблиц, и приводимая в них информация полностью согласовывается с таблицами для отдельных конструктивных элементов. Во вторичных (сводных) таблицах содержатся результаты оценок технического состояния всех конструктивных элементов, координаты, масштабы, причины выявленных дефектов и повреждений и способы их устранения. По содержанию систематизированные таблицы делятся на два вида:

1. Таблицы с оценкой технического состояния всех конструктивных элементов (табл. 4).
2. Таблицы дефектов и повреждений (табл. 5,6).

В первых сводных таблицах производится оценка технического состояния грунтов основания и строительных конструкций.

Таблица 3

## Пример составления первичной таблицы

Дефекты, повреждения и несоответствия требованиям норм	Наличие или отсутствие отклонений	Примечания
1	2	3
Раковины и поры на поверхности плит	нет	
Некачественная заделка швов между плитами	нет	
Недостаточное опирание на несущие конструкции	нет	
Сколы граней конструкций	нет	
Ослабление плит непроектными отверстиями	нет	
Замачивание бетона	да	
Выщелачивание бетона	да	
Размораживание бетона	нет	
Карбонизации бетона защитных слоев	нет	
Разрушение и отслоение защитного слоя бетона	нет	
Разрушение защитного слоя вдоль арматуры, подвергшейся коррозии с увеличением объема	да	
Поверхностный налет ржавчины на арматуре	нет	
Точечная (язвенная) коррозия арматуры	нет	
Усадочные трещины	нет	
Сетка трещин от местных напряжений	нет	
Силовые трещины на поверхности плит	нет	
Прогибы, превышающие допустимые значения	нет	
Недостаточная несущая способность	да	
Недостаточная жесткость	нет	

Таблица 4

## Структурное содержание сводной таблицы с оценкой технического состояния всех конструктивных элементов

Конструктивные элементы <sup>1</sup>	Соответствия требованиям действующих норм			Категория технического состояния	Ссылки на рабочие таблицы <sup>2</sup>
	По несущей способности	По пригодности к нормальной эксплуатации	По долговечности		
1	2	3	4	5	6
Фундаменты	да	да	да	Исправное	
Кирпичные несущие стены	да	да	нет	Ограниченно работоспособное	
Железобетонные плиты покрытия	нет	нет	нет	Недопустимое	
Кровельные покрытия	-	нет	нет	Ограниченно работоспособное	

<sup>1</sup> Перечисляются все несущие и ограждающие конструктивные элементы

<sup>2</sup> В этом столбце таблицы указывается номер соответствующей первичной таблицы



Категория технического состояния всех конструктивных элементов устанавливается в зависимости от оценок фактических значений контролируемых параметров, полученных на основе первичных таблиц, и при этом классифицируется по 5 категориям согласно эксплуатационной надежности и долговечности в зависимости от характера и степени обнаруженных отклонений [3]. Для убедительности приводимой информации в сводных таблицах даются соответствующие ссылки на первичные таблицы. Выводы, к которым пришли при оценке технического состояния, становятся очевидными при анализе соответствующей рабочей таблицы. Таким образом, техническое состояние отдельных конструктивных элементов становится ясным без трудоемкого прочтения и анализа всего основного текста. Собранные воедино результаты позволяют объективно получить на их основании обоснованные выводы о техническом состоянии здания или сооружения в целом.

Второй сводной таблицей является ведомость дефектов и повреждений, которая составляется также на основе первичных таблиц и содержит информацию, извлеченную из них. В общем случае она переводит первичные таблицы в форму, которая представляет координаты, масштабы, причины выявленных дефектов и повреждений и способы их устранения. Содержимое ведомости дефектов и повреждений строго увязывается с первичными таблицами и имеет точные постраничные ссылки на них, позволяющие найти необходимые подробности выявленных отклонений. Все дефекты и повреждения описываются именно в той форме, в какой это было в рабочих таблицах. С этой целью все отклонения с утвердительным ответом «да», выделенные в рабочих таблицах, последовательно копируются в ведомость дефектов и повреждений, где имеется на них ссылка. При этом необходимо придерживаться избранного порядка составления рабочих таблиц. Такое соответствие обеспечивает проверку корректности вводимой информации в ведомости дефектов и повреждений. В случае необходимости дается ссылка на соответствующие чертежи, схемы и эскизы.

Определение возможных причин появления дефектов и повреждений для каждого конструктивного элемента, являясь центральным, узловым моментом, нередко заставляет возвращаться к предыдущим этапам обследований, чтобы добавить недостающую информацию о конструкциях.

Таблица 5

## Структурное содержание таблицы дефектов и повреждений

№№ пп	Назв. конст- руктивного элемента	Ко- орди- наты	Вид дефек- тов и повре- ждений	Катего- рия опасно- сти	Причины по- явления де- фектов и по- вреждений	Рекоменда- ции по ремонту и усилению	Объемы
1	2	3	4	5	6	7	8

Обычно при обследованиях возникает несколько версий причин возникновения дефектов и повреждений. Кроме того, нередко отклонения могут наступить под воздействием не одной определенной причины, а ряда причин, действующих самостоятельно. Например, причиной появления трещин в кирпичных стенах может быть как снижение прочностных характеристик кладки (прямые сведения), так и осадка грунтовых оснований, которая, в свою очередь, вызвана воздействием влаги, попавшей в грунт из-за нарушения герметичности элементов системы водоснабжения либо канализации (косвенные сведения). Поэтому при установлении причинно-следственной связи для выявленных отклонений наряду с прямыми сведениями должны быть изучены также косвенные

показатели, которые, как может показаться на первый взгляд, не имеют прямого отношения к обследуемой конструкции. Установление причин отклонений определенного конструктивного элемента без учета его работы в общей системе может привести к серьезным упущениям.

На четвертом этапе, исходя из категории технического состояния, разрабатываются технические решения по восстановлению или усилению конструктивных элементов. При выборе метода усиления конструкции в конкретных условиях необходимо учитывать информацию о причинах обнаруженных дефектов и повреждений, качественной и количественной их оценке, собранной в первичных и сводных таблицах.

Таблица 6

## Пример составления таблицы дефектов и повреждений

Назв. конструктивного элемента	Координаты	Вид дефектов и повреждений	Категория опасности	Причины появления дефектов и повреждений	Рекомендации по ремонту и усилению	Объемы
1	2	3	4	5	6	7
Железобетонные плиты покрытия		Замачивание бетона. Выщелачивание бетона.	Б	Разрывы и вмятины кровельного покрытия	Ремонтировать согласно рекомендациям. Выполнить ремонт кровли	216 м <sup>2</sup>
Кровельные покрытия		Разрывы и вмятины кровельного покрытия. Повреждение кровли в зоне карниза	Б	Некачественное выполнение ремонтных работ	Выполнить ремонт кровли	50 м <sup>2</sup>

*При оценке технического состояния зданий или сооружений в целом анализируются результаты обследования всех конструктивных элементов, приведенные в сводной таблице. Для отнесения здания или сооружения к той или иной категории технического состояния определяющим фактором является техническое состояние несущей строительной конструкции, имеющей наихудшую категорию технического состояния.*

### Выводы

Приведенная выше методика применения систематизированных табличных форм способствует четкому структурированию всех полученных материалов и фиксирует результаты всех этапов обследований: цель исследования; первичную информацию, собранную в первичных таблицах в структурированном виде; выводы в сводных таблицах, полученные в ходе обработки и анализа данных. Применение систематизированных табличных форм позволяет систематизировать и оптимизировать работу, направленную на

повышение результативности проводимых обследований, и имеет следующие преимущества по сравнению с традиционно принятой описательной текстовой формой:

- сокращение разрыва между получением и оформлением результатов;
- систематизированная, наглядная и компактная форма оформления;
- единые структура и стиль оформления для всех конструктивных элементов;
- упрощение поиска нужной информации;
- удобная форма сопоставления результатов обследований, проводимых в разные периоды (при мониторинге);
- обобщение опыта обследования строительных конструкций в таблицах, которые в будущем становятся базой для обследования аналогичных конструкций для других объектов.

Благодаря использованию такого рода структуры, выявленная значимая информация для каждого конструктивного элемента становится четко систематизированной. При помощи такой схемы также легко можно увидеть возникшие противоречия между отдельными, уже установленными, фактами и принять решение об осуществлении дополнительного обследования.

### Библиографический список

1. ГОСТ Р 53778-2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. -М.: Стандартинформ, 2010. – 66 с.
2. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. -М.: Стандартинформ, 2011. – 73 с.
3. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. Госстрой РФ ГУ ЦПП. – 2003. – 28 с.
4. ВСН 57-88(р) Положение по техническому обследованию жилых зданий.
5. ВСН 58-88(р) Положение об организации, проведении реконструкции, ремонта и технического обследования жилых зданий объектов коммунального хозяйства и социально-культурного назначения.
6. В. А. Комков, С. И. Рощина, Н. С. Тимахова Техническая эксплуатация зданий и сооружений [Текст] / В. А. Комков, С. И. Рощина, Н. С. Тимахова — 1-е изд.. — Москва: ИНФРА-М, 2007 — 287 с.
7. Сова Н.С., Алирзаев И.Ш. Методика применения систематизированных табличных форм в техническом обследовании зданий и сооружений /Журнал «Строительная механика и конструкции», Выпуск №1(2), 2011 - С.106-114.

**I.Sh ALIRZAEV, I.I. USHAKOV, N.S. SOVA**

### **ORGANIZATION OF WORK ON THE SURVEY AND MONITORING OF THE TECHNICAL CONDITION OF REAL ESTATE OBJECTS USING SYSTEMATIZED TABULAR FORMS**

*Alirzaev Imran Shirievich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

*Ushakov Igor Ivanovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

*Sova Nikolay Semenovich, Acting Director of the Institute, Academy of Development of the Construction Complex, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

*Kryuchkov Yuri Viktorovich, Head of the Problematic Laboratory of Water treatment for Aquaculture of the ARSK of the Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

The paper presents a methodology for surveys of buildings and structures using systematized special tabular forms that allow you to combine the collection, processing and registration of information about the technical condition of the soils of foundations and building structures. The proposed tabular forms cover the main stages of the technical survey and reflect their relationship. The large amount of work carried out by the authors on the survey and examination of buildings and structures over the past five years shows that the use of systematized tabular forms makes it possible to increase the effectiveness of surveys and has certain advantages over the traditionally accepted descriptive form.

**Keywords:** organization of work, technical inspection and monitoring, systematized tabular forms.

УДК 69.05

**Д. И. ЕМЕЛЬЯНОВ, Н. А. ПОНЯВИНА, И. А. КЛОКОВ, С. В. МАСЛОВ****ИНТЕГРАЦИЯ МАТРИЧНО-СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ  
И КОМПЛЕКСНОГО КРИТЕРИЯ ОПТИМИЗАЦИИ  
В МЕТОДИКУ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КАЛЕНДАРНОГО  
ПЛАНИРОВАНИЯ**

*Емельянов Дмитрий Игоревич, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

*Понявина Наталья Александровна, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

*Клоков Игорь Александрович, аспирант, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

*Маслов Сергей Владимирович, соискатель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

Рассматриваются положения методика решения задач календарного планирования по строительству, ремонту и реконструкции зданий и сооружений, с внедрением матрично-сетевых моделей, комплексного критерия оценивания, BIM-технологий и технологий искусственного интеллекта.

**Ключевые слова:** строительное производство, матрично-сетевые модели, оптимизация календарного плана, коэффициенты совместимости, календарное проектирование.

**Введение**

Выполнение строительных работ, будь то проектирование и возведение новых зданий и сооружений, их ремонт или реконструкция, является сложным и ресурсозатратным процессом. На успешность и продолжительность этих работ оказывает влияние множество факторов. Кроме того, не менее важно умело координировать эти факторы во времени и пространстве. Среди таких факторов можно выделить:

- последовательность выполнения работ, которые входят в производственный процесс;
- интенсивность строительно-монтажных работ (СМР);
- возможность одновременного выполнения различных видов работ.

**Решение задачи планирования**

Используя календарное планирование, можно успешно справиться с этой задачей, обеспечив согласованность строительного процесса таким образом, чтобы можно было достичь наиболее эффективных сроков выполнения работ при минимальных издержках. Важную роль в процессе календарного планирования играют сетевые модели [1, 2, 3].

Однако стоит отметить, что создание и использование сетевых графиков может быть сложной задачей, которая требует специальных знаний. Дополнительно, существуют недостатки в использовании сетевых графиков, такие как их высокая трудоемкость при построении. В попытке преодолеть эти недостатки, были введены коэффициенты совмещения. Они используются для сокращения сроков выполнения работ на объекте путем совмещенного выполнения различных видов работ.

Существует несколько способов ведения СМР: последовательный способ, способ с частичным совмещением и параллельный способ, которые представлены на рис. 1. Среди них особое внимание стоит уделить тем, которые имеют возможность совмещения.

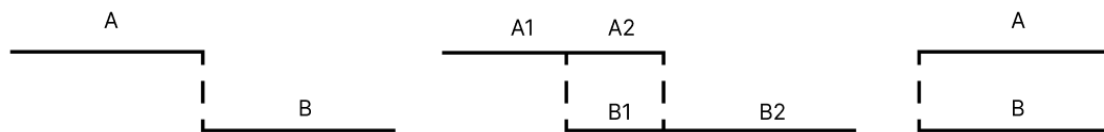


Рис. 1 - Способы организации строительно-монтажных работ

Для описания представленных способов мы будем использовать коэффициенты совмещения [6]. Введем следующие определения этих коэффициентов:

- стартовый коэффициент совмещения;
- конечный коэффициент совмещения;
- параллельный коэффициент совмещения.

Первый коэффициент определяет необходимую степень завершенности работ А перед началом выполнения работ В. Второй коэффициент показывает, какую долю работ В необходимо оставить невыполненной к моменту завершения работ А. Третий коэффициент определяет, какая часть работ будет выполняться параллельно с одной из работ, будь то А или В. Математически данные формулы описаны в работе [4]. Значения данных коэффициентов имеют предел измерений от нуля до единицы.

$$K_{\text{н}} = \frac{A_1}{A_1 + A_2}, \quad (1)$$

$$K_{\text{ок}} = \frac{B_2}{B_1 + B_2}, \quad (2)$$

$$K_{\text{пар}} = \frac{A_2}{A_1 + A_2} \cdot \frac{B_1}{B_1 + B_2}. \quad (3)$$

Помимо коэффициентов совмещения, ускорить процесс строительства нам поможет грамотное распределение ресурсов, в том числе и трудовых. Для этого нам на помощь придет график распределения ресурсов.

Введем технологический параметр  $\zeta$  и назовем его коэффициентом симультанности, математический вид которого будет таким:

$$\zeta = \frac{T}{1 - K_{\text{пар}}}, \quad (4)$$

где  $T$  – продолжительность всех работ на объектах;

$K_{\text{пар}}$  – средневзвешанное значение коэффициентов параллельности относительно работ А и В.

Суть коэффициента симультанности в том, что он отображает долю работ на объекте, которые выполняются параллельно. Чем выше он, тем больше работ выполняется одновременно [5].

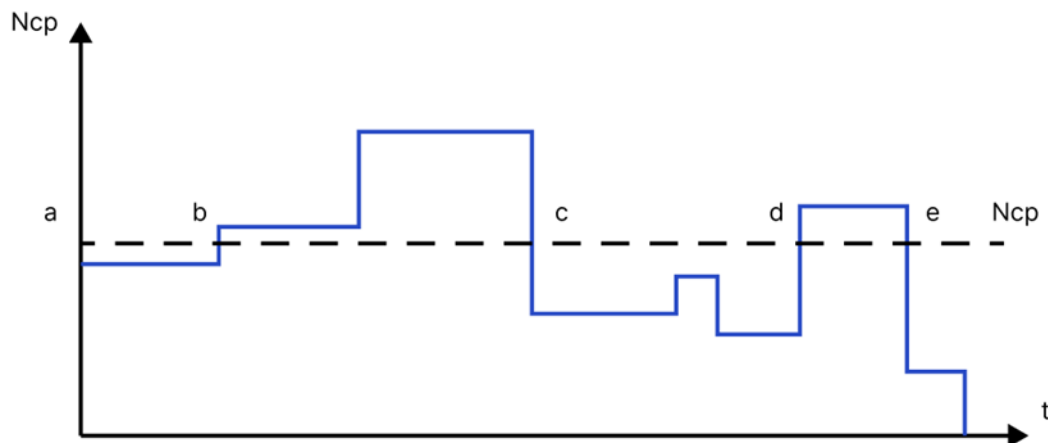


Рис. 2 - График распределения ресурсов

Обозначим коэффициент критерий минимизации ресурсных затрат буквой  $K$ . Данный коэффициент характеризует неравномерность распределения ресурсов во времени и математически обозначает отношение максимального количества ресурсов к их среднему значению за весь период строительства (см. рис. 2).

$$K = \frac{A_{\max}}{A_{\text{ср}}}, \quad (5)$$

$$A_{\max} = \frac{\sum \text{чел-дней}}{T}, \quad (6)$$

где  $A_{\max}$  – максимальное количество ресурсов;  $A_{\text{ср}}$  – среднее количество ресурсов;  $\sum \text{чел-дней}$  – суммарная трудоемкость;  $T$  – срок строительства, в днях.

При определении среднего количества ресурсов стоит учитывать полное количество человеко-дней, которое затрачивается при строительстве, а также срок строительства  $T$ . Предел измерений варьируется в зависимости от вида проводимых работ.

Для комплексности проведения расчетов введем весовые коэффициенты  $x$  (для коэффициента simultaneity)  $\zeta$  и  $y$  (для коэффициента неравномерности распределения ресурсов  $K$ ). Сделано это для того, чтобы иметь возможность изменять важность параметров в каждом случае и в итоге получить наиболее выгодный результат. При этом

$$U = x \cdot \frac{1}{\zeta} + y \cdot K, \quad (7)$$

где  $x, y$  – весовые коэффициенты;

$\zeta$  – коэффициент simultaneity;

$K$  – коэффициент неравномерности распределения ресурсов;

$U$  – комплексный критерий оценки.

Помимо ускорения процесса строительства через интеграцию совмещения работ и комплексную оценку можно применить стремительно развивающиеся в строительной сфере BIM-технологий (Building Information Modeling) [6, 7].

BIM представляет собой инновационную методологию и технологию, используемую для создания, управления и обмена информацией о зданиях и инфраструктурных объектах в цифровой форме. Эта цифровая модель объединяет геометрию, конструкцию, материалы и данные о жизненном цикле объекта, включая проектирование, строительство, эксплуатацию и обслуживание. Суть влияния BIM-технологий на решение задач календарного планирования состоит в следующем.



В первую очередь – это интеграция данных. BIM объединяет различные типы информации о проекте, включая геометрические данные, конструктивные решения, спецификации материалов, планировочные решения и другую информацию. Эта централизованная база данных позволяет собирать и анализировать информацию, необходимую для календарного планирования.

Далее - визуализация и пространственная координация. Поскольку, 3D-модели BIM предоставляют наглядное представление о проекте, что помогает выявлять потенциальные конфликты и проблемы в пространстве на ранних этапах проектирования. Это сокращает необходимость вносить изменения в календарные графики на поздних этапах.

Следующим преимуществом является анализ времени выполнения работ. BIM позволяет строительным менеджерам и инженерам проводить анализ времени выполнения работ с учетом различных параметров, таких как: последовательность выполнения задач, доступность ресурсов, зависимость между задачами. Это позволяет оптимизировать календарное планирование.

Также с помощью BIM можно проводить симуляции различных сценариев выполнения работ, что помогает определить наиболее эффективные стратегии для ускорения процесса. Такие симуляции могут включать в себя изменение последовательности задач, ресурсов и сроков. Помимо этого, учитываются ресурсные ограничения так как BIM может включать информацию о ресурсах, таких как количество рабочей силы, оборудование и материалы. Это позволяет строительным менеджерам учитывать доступность и загрузку ресурсов при разработке календарных графиков.

И последний пункт - документирование изменений. BIM позволяет отслеживать изменения и обновления в проекте, автоматически обновляя календарные графики при внесении изменений в модель. Это уменьшает риски конфликтов и непредвиденных задержек.

Помимо применения BIM-технологий, которые уже “укрепились” в строительном производстве, применение искусственного интеллекта в сочетании с BIM-технологиями выведет строительное производство на совершенно новый уровень, обеспечивая более точное, эффективное и управляемое календарное планирование [8].

В отличие от традиционных методов построения календарных планов, искусственный интеллект (ИИ) способен находить точки оптимизации в уже созданном календарном плане и создавать новый, не тратя на это огромное количество времени. Это, в свою очередь, способствует снижению затрат, увеличению производительности и соблюдению сроков выполнения проектов.

### **Стратегия действий**

Учитывая ранее описанные факты, мы можем сформировать методику решения задач календарного планирования работ по строительству, алгоритм которой представлена на рис.3.

### **Выводы**

Таким образом, сочетание технологий искусственного интеллекта, BIM-технологий и интеграция матрично-сетевых моделей совместно с комплексным критерием оптимизации помогут достичь наибольшей производительности и эффективности строительства, поскольку каждый из факторов направлен на выявление и устранение недочетов, которые, в свою очередь, оказывают влияние на длительность строительства. К тому же, технологии ИИ и BIM помогают отказаться от традиционного построения календарных графиков, что является трудоемкой задачей и позволяют создавать новые календарные графики производства работ за минимальное время.

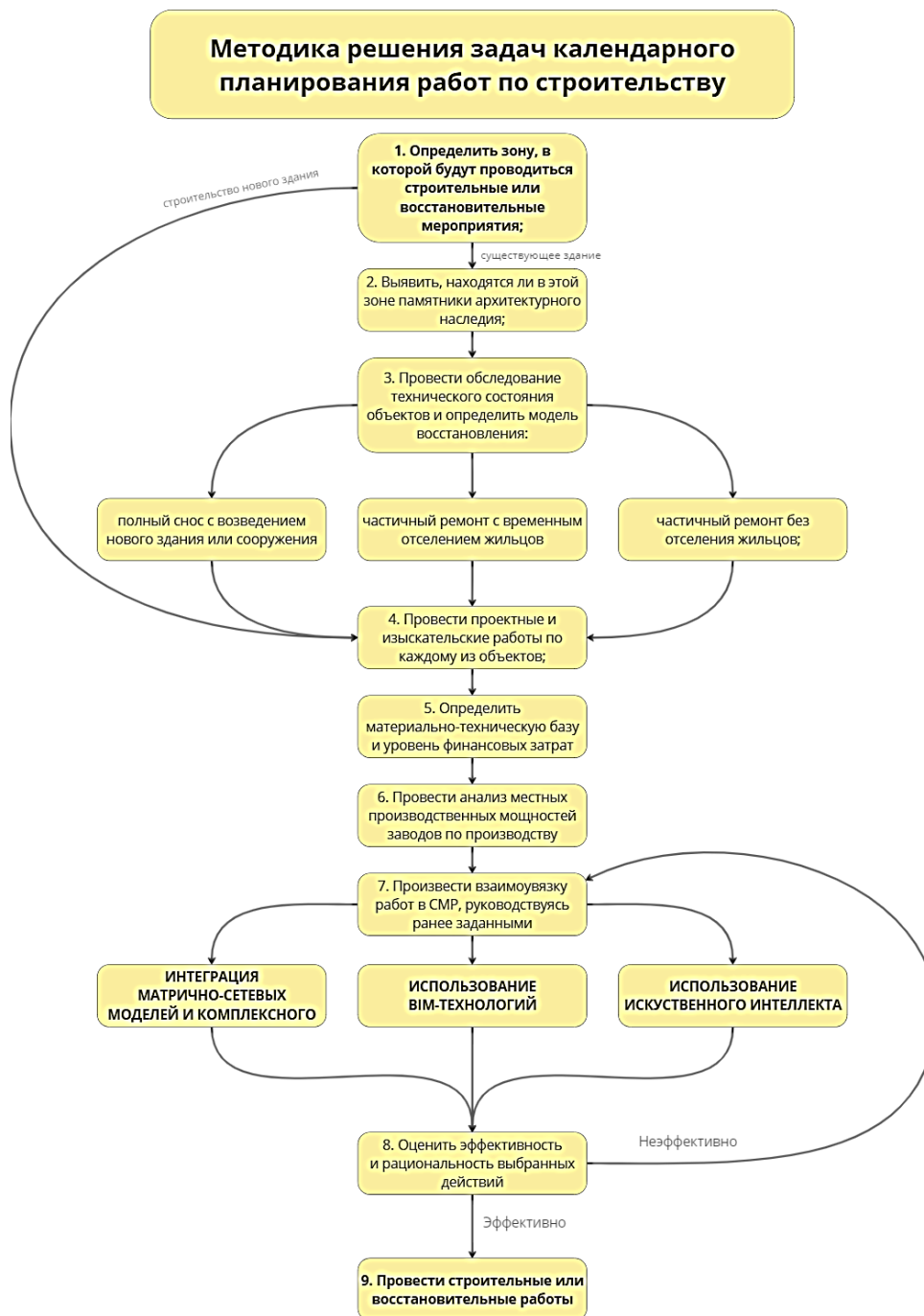


Рис. 3 - Методика решения задач календарного планирования работ по строительству

### Библиографический список

1. Мищенко В. Я. Методы решения задач календарного планирования на основе композиционных матрично-сетевых моделей / В. Я. Мищенко, Д. И. Емельянов // Известия высших учебных заведений. Серия: Строительство. – 2002. – № 5 (521). – С. 58–63.

2. Мищенко В. Я. Оптимизация календарного плана строительного производства на основе пространственно-технологических связей / В. Я. Мищенко, М. А. Преображенский, М. Г. Добросоцких // Безопасность критических инфраструктур и территорий. Проблемы безопасности строительных критических инфраструктур : сборник статей VIII Всероссийской научно-технической конференции SAFETY–2018, 4 – 5 октября, Екатеринбург. – Екатеринбург, 2018. – С. 164–172.

3. **Мищенко В. Я.** Разработка методики оптимизации распределения ресурсов в календарном планировании строительства на основе генетических алгоритмов / В. Я. Мищенко, Д. И. Емельянов, А. А. Тихоненко // Промышленное и гражданское строительство. – 2013. – № 11. – С. 76–78.

4. **Емельянов Д.И.** Решение задач планирования строительно-монтажных работ в организационно-технологическом проектировании с учетом энергоэффективности / Д. И. Емельянов, Н. А. Понявина, И. А. Клоков, К. А. Андреева // Строительное производство. – 2021. – № 3. – С. 35-40.

5. **Емельянов Д.И.** Применение матричных моделей и комплексного критерия оптимизации в календарном планировании строительного производства/ Д. И. Емельянов, Н. А. Понявина, И. А. Клоков, К. А. Андреева // Строительное производство. 2020. № 4. С. 51-57.

6. **Косовцева И. А.** Автоматизация строительных процессов путем внедрения BIM-технологий / И. А. Косовцева, И. А. Клоков // Строительство и недвижимость. – 2021. – 1(8). – С. 186-191.

7. **Косовцева И. А.** Автоматизация строительных процессов путем внедрения BIM-технологий / И. А. Косовцева, И. А. Клоков // Строительство и недвижимость. – 2021. – № 1(8). – С. 186-191.

8. **Понявина Н. А.** Энергосберегающие технологии и ИОТ на этапе эксплуатации объектов недвижимости / Н. А. Понявина, И. А. Клоков, К. А. Андреева // Строительство и недвижимость. – 2021. – № 2(9). – С. 143-147.

**D. I. EMELYANOV, N. A. PONYAVINA, I. A. KLOKOV, S. V. MASLOV**

### **INTEGRATION OF MATRIX-NETWORK MODELS AND COMPLEX OPTIMIZATION CRITERIA INTO THE METHODOLOGY OF SOLVING CALENDAR PLANNING PROBLEMS**

*Emelyanov Dmitry Igorevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

*Ponyavin Natalia Alexandrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

*Klokov Igor Alexandrovich, Postgraduate student, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

*Maslov Sergey Vladimirovich, Candidate of the Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

The provisions of the methodology for solving calendar planning tasks for the construction, repair and reconstruction of buildings and structures, with the introduction of matrix-network models, complex evaluation criteria, BIM technologies and artificial intelligence technologies are considered.

**Keywords:** construction production, matrix-network models, optimization of the calendar plan, compatibility coefficients, calendar design.

## **Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов**

УДК 727.3.

**О.А. СОТНИКОВА, П.А. ГРОБОВЕНКО, Е.Е. ПРОКШИЦ, Я.А. ЗОЛОТУХИНА**

### **ОБОСНОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ОТКРЫТЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ В СТРУКТУРЕ УНИВЕРСИТЕТСКИХ КАМПУСОВ**

*Сотникова Ольга Анатольевна, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой проектирования зданий и сооружений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

*Гробовенко Полина Алексеевна, магистр, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

*Прошкиц Екатерина Евгеньевна, аспирант, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

*Золотухина Яна Алексеевна, аспирант, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

В данной научной статье рассматривается типология и факторы формирования открытых общественных пространств в университетских кампусах. Основной целью исследования является анализ различных типов пространств и выявление основных факторов, которые влияют на их успешное формирование. Факторы формирования общественных пространств включают: учебные потребности, социальные потребности, функциональность, удобство и доступность, эстетику и атмосферу, безопасность, устойчивость и гибкость. Исследование имеет практическую значимость, так как его результаты могут быть использованы при проектировании и развитии университетских кампусов, способствуя созданию комфортной и поддерживающей среды для обучения и развития молодежи. В статье рассматривается проектное предложение по формированию открытого общественного пространства на примере территории кампуса Воронежского государственного технического университета в городе Воронеж. Проводится анализ территории. Рассматривается необходимое функциональное зонирование открытого пространства.

**Ключевые слова:** кампус, открытое общественное пространство, парк, функциональное зонирование, устойчивое развитие

#### **Введение**

Открытое общественное пространство – это часть городской территории, которая является общедоступной и на которой происходит формирование и воспроизводство общественной жизни [1].

Современный город обладает целым спектром открытых пространств. Их роль в формировании целостного городского организма, «образа города», в осуществлении специальных и универсальных функциональных процессов велика и многогранна [2].

Архитекторы и градостроители по-своему трактуют понятие «общественного пространства», так как каждый рассматривает данное понятие через призму личного проектного опыта и субъективного восприятия.

Так, например, М.В. Пучков считает, что «общественные пространства являются «театром» городской жизни и сосредоточием городского стиля жизни, который отличается от способа общественного существования вне городских территорий. Гармонизация существующего городского общественного пространства возможна путем разработки форм, включенных в поведение городских «актеров» (участников «театра городской жизни»), что подразумевает не только разнообразие форм и типов пространств, но и их благоустройство в соответствии с запросами различных субкультур и городских сообществ» [3].

Федан А.Н. рассматривает открытое общественное пространство как «третий» элемент в современной архитектуре, который в свою очередь подчиняется закономерностям образования формы и определяет главную доминанту композиции. Это пространство определяется геометрией ограждающих конструкций - опор, ограждений, перекрытий и покрытий, делая его неотъемлемой частью общей структуры сооружения [4].

Общественные пространства в университетских комплексах обычно формируются в соответствии с академическим потребностям и предназначены стимулировать творческие и интеллектуальные процессы вне стен университета [5].

Факторы формирования общественных пространств включают:

- 1) учебные потребности;
- 2) социальные потребности;
- 3) функциональность;
- 4) удобство и доступность;
- 5) эстетику и атмосферу;
- 6) безопасность;
- 7) устойчивость и экологичность;
- 8) гибкость и адаптивность.

Каждый из этих факторов будет подробно рассмотрен, чтобы выявить их влияние на формирование открытых общественных пространств в университетском кампусе [6].

Обзор мирового и российского опыта организации различных открытых общественных пространств в структуре университетского кампуса показывает, что эти пространства играют важную роль в создании благоприятной и стимулирующей среды для учебы, общения и культурной жизни университетского сообщества [7,8].

В мировом опыте можно отметить несколько успешных примеров проектирования общественных пространств в университетских кампусах. Например, в Гарвардском университете (США) общественные пространства проектируются с учётом концепции "кампуса внутри кампуса", где они служат местом встреч и обмена идеями для студентов и преподавателей. Открытые площади, скверы и аллеи создаются с учетом функциональности и эргономики, создавая комфортные условия для активного отдыха и общения [9].

В Университете Мельбурна (Австралия) был реализован проект по созданию "живых" общественных пространств, которые комбинируют зеленые насаждения с областями для отдыха и социальной активности студентов. Такие пространства стимулируют экологически активную и здоровую жизнь, а также способствуют духовному взаимодействию между человеком и природой [10].

Все эти примеры показывают, что проектирование общественных пространств в университетском кампусе требует учета различных аспектов, включая функциональность, эргономику, эстетику и социальные потребности студентов и преподавателей. Создание комфортной и вдохновляющей среды в университете способствует развитию академических достижений и активной общественной жизни.

В современных условиях университетские кампусы становятся неотъемлемой частью жизни молодежи и академической среды. Открытые общественные пространства в рамках университетских комплексов играют важную роль в укреплении связей между членами университетского сообщества, обеспечении комфортных условий для обучения, работы и отдыха. Поэтому рассмотрение типологии и факторов формирования таких пространств представляет актуальную тему для исследования [11].

Цель данной работы - предложить типологию открытых общественных пространств в составе университетского кампуса, а также выделить основные факторы, которые формируют эти пространства. Изучение типологии позволит систематизировать и классифицировать разнообразие пространств, которые существуют в рамках университетского кампуса, и выделить особенности каждой категории. Анализ факторов формирования общественных пространств поможет понять, какие аспекты необходимо учитывать при их проектировании и развитии, чтобы создать комфортные и функциональные пространства для всех участников университетского сообщества.

В качестве места для разработки открытого общественного пространства предлагается рассмотреть территорию кампуса Воронежского государственного технического университета в городе Воронеж. Данное исследование представляет практическую значимость, так как его результаты могут быть использованы при проектировании и планировании университетских кампусов, а также внесут вклад в область архитектурной исследовательской практики.

### **Анализ и оценка потенциалов территории**

Рассматриваемый участок расположен в Коминтерновском районе города Воронеж, в его северной части. Территория ограничена улицей Московский проспект и жилыми кварталами с многоэтажной застройкой.

По генеральному плану города Воронежа рассматриваемый участок является зоной специализированной общественной застройки.

Малый и средний бизнес вблизи объекта развит слабо – не хватает качества городской среды, трафика (рис. 1).

В основном в пешей доступности от пространства расположены павильоны фаст-фуда и автомастерские, необходимо вовлечения бизнеса, в особенности сферы общественного питания и развлечений для населения (рис. 2).

На территории жилых комплексов организовано много детских площадок, но отсутствуют места проведения досуга для подростков и молодежи.

Проектируемая зона является частью территории ВГТУ. На сегодняшний день близлежащая территория корпуса университета плотно граничит с недавно построенными жилыми домами. В связи с этим отсутствует гармонично организованная и благоустроенная придомовая территория, кроме того возможность пользования инфраструктурными объектами университета ограничена для жителей граничащих домов [12,13].

Достоинством расположения участка проектирования является то, что данная часть района развивается, расширяя границы города. Потенциальных пользователей пространства становится все больше.



Рис. 1 – Схема расположения предприятий малого и среднего бизнеса



Рис. 2 – Схема расположения предприятий социальной инфраструктуры

Преобладающей социальной группой на прилегающей жилой территории являются молодые семьи.



Проведем комплексную оценку использования рассматриваемой территории в соответствии с факторами устойчивого развития [14]:

1. Оценка экологического состояния

В соответствии со статистическими данными мониторинга карт загрязнения воздуха для города Воронеж [15] установлено, что на рассматриваемой территории воздух по большей мере имеет среднее качество, загрязняющие предприятия поблизости отсутствуют. Проектируемый участок отделен лесополосой от федеральной трассы М-4 Дон.

2. Экономическое зонирование территории

Проектируемый участок относится к зоне производственно-индустриальной застройки, не входит в зону охраняемых объектов. Вокруг территории располагается зеленая защитная зона Воронежа – Семилукское лесничество. Участок находится в зоне приаэродромной территории.

3. Оценка социально-экономического уровня территории

Для оценки используются показатели согласно методике [16]. С учетом разработанных шкал оценки для каждого из показателей в зависимости от степени его значимости для территории получим следующие значения:

- оценка пешеходной доступности: для самой дальней точки микрорайона «Задонье» проектируемая территория находится на расстоянии 1,2 км, что соответствует значению 0,5 балла;
- обустройство дорог и улиц: дороги вокруг проектируемого участка асфальтированные, на территории – грунтовые, что соответствует значению 0,7 балла;
- качество зданий: здания вокруг и на выбранной территории выполнены из камня, кирпича, железобетона, что соответствует значению 1 балл;
- наличие экологических ограничений: на территории отсутствуют экологические ограничения, что соответствует значению 1 балл;
- рельеф территории: имеется небольшой уклон (до 3°), что соответствует значению 1 балл;
- почва: серопески (супесчаные), что соответствует значению 0,5 балла;
- залегание грунтовых вод: более 5 м, что соответствует значению 1 балл;
- озеленение территории: присутствует в хорошем состоянии, что соответствует значению 1 балл;
- обеспеченность остановкой общественного транспорта: пешком до 10 минут, что соответствует значению 0,7 балла;
- наличие парковки личного автотранспорта: имеется, но недостаточной площади, что соответствует значению 0,5 балла;
- качество инфраструктуры проектируемой территории: инфраструктура отсутствует, что соответствует значению 0,3 балла.

В соответствии с методикой [16], средний балл для данной территории составляет 0,75 балла. Таким образом, условия для развития территории являются благоприятными. Пространство имеет хорошую экологическую базу и потенциал в развитии.

### **Типология и проектное предложение организации открытого общественного пространства на территории ВГТУ**

Рассмотрим более подробно основные факторы, которые влияют на зонирование и формирование таких пространств [17]:

1. Учебные потребности. Одним из главных факторов являются учебные потребности студентов и преподавателей. Важно предусмотреть отдельные зоны для

проведения лекций, практических занятий и семинаров на открытом воздухе. Например, это могут быть аудитории, лекционные залы, классы или специализированные лаборатории. Разделение этих пространств позволяет создать удобные и функциональные условия для учебы и обучения.

2. Социальные потребности. Общественные пространства в университетском кампусе также должны учитывать социальные потребности студентов. Важно предусмотреть зоны для общения, встреч с друзьями и коллегами, организации мероприятий. Например, это могут быть столовые, кафе, лаунж-зоны или площадки для проведения мероприятий. Такие пространства способствуют социальной интеграции, обмену идеями и созданию дружественной атмосферы.

3. Функциональность. Функциональность является важным фактором при формировании открытых общественных пространств. Она подразумевает разделение пространств на определенные функциональные зоны. Например, это могут быть зоны для отдыха, учебы, общения, спорта и развлечений. Четкое зонирование позволяет удовлетворять разнообразные потребности участников университетского сообщества и предоставлять подходящие условия для каждой деятельности.

4. Удобство и доступность. Открытые общественные пространства должны быть удобными и доступными для всех пользователей. Это может включать установку пандусов для маломобильных групп населения, установка тактильных наземных указателей в зависимости от сценария использования территории, создание подъездных зон для автобусов и другие меры, которые обеспечивают легкость перемещения и доступность пространств для всех участников университетского сообщества.

5. Эстетика и атмосфера. Эстетика и атмосфера пространств также являются важными факторами при их формировании. Университетские кампусы должны обладать приятной и стимулирующей атмосферой, способствующей обучению и развитию. Это может включать использование элементов ландшафтного дизайна, искусства, цветовых схем и других эстетических элементов, которые создают комфортное и гармоничное окружение.

6. Безопасность. Важным фактором при формировании открытых общественных пространств является обеспечение безопасности пользователей. Продуманные системы безопасности и освещения, установка видеонаблюдения, а также соблюдение правил безопасности важны для обеспечения комфортного и безопасного пребывания в этих пространствах.

7. Устойчивость и экологичность. В настоящее время все большую значимость приобретает устойчивость и экологичность университетских кампусов. Факторы устойчивости могут включать использование энергосберегающих технологий, разделение отходов, обустройство зеленых насаждений и других природоохранных мер. Это способствует созданию экологически и социально ответственной среды для обучения и жизни участников университетского сообщества.

8. Гибкость и адаптивность. Открытые общественные пространства в университетских кампусах должны быть гибкими и адаптивными, чтобы удовлетворять меняющимся потребностям участников университетского сообщества. Например, это может включать возможность использования пространств для различных видов активностей, изменения мебелировки, переоборудования или изменения функционального назначения.

Факторы зонирования и формирования открытых общественных пространств в университетских кампусах взаимосвязаны и оказывают влияние на создание гармоничной и подходящей среды для обучения, творчества и социальной активности. При их учете можно разработать более эффективные и приятные пространства, способствующие успеху и благополучию участников университетского сообщества [18].

При рассмотрении территории кампуса ВГТУ, ключевой идеей организации пространства является создание организованной, функционально разграниченной парковой зоны для жителей микрорайона, студентов и преподавателей кампуса ВГТУ, городского населения и гостей города с возможностью проведения досуга с разными сценариями [19].

Особое внимание уделяется молодому поколению, густо населяющему микрорайон, и студентам ВГТУ с целью перенаправления накопленной активности в продуктивную деятельность, освоения новых видов досуговой занятости.

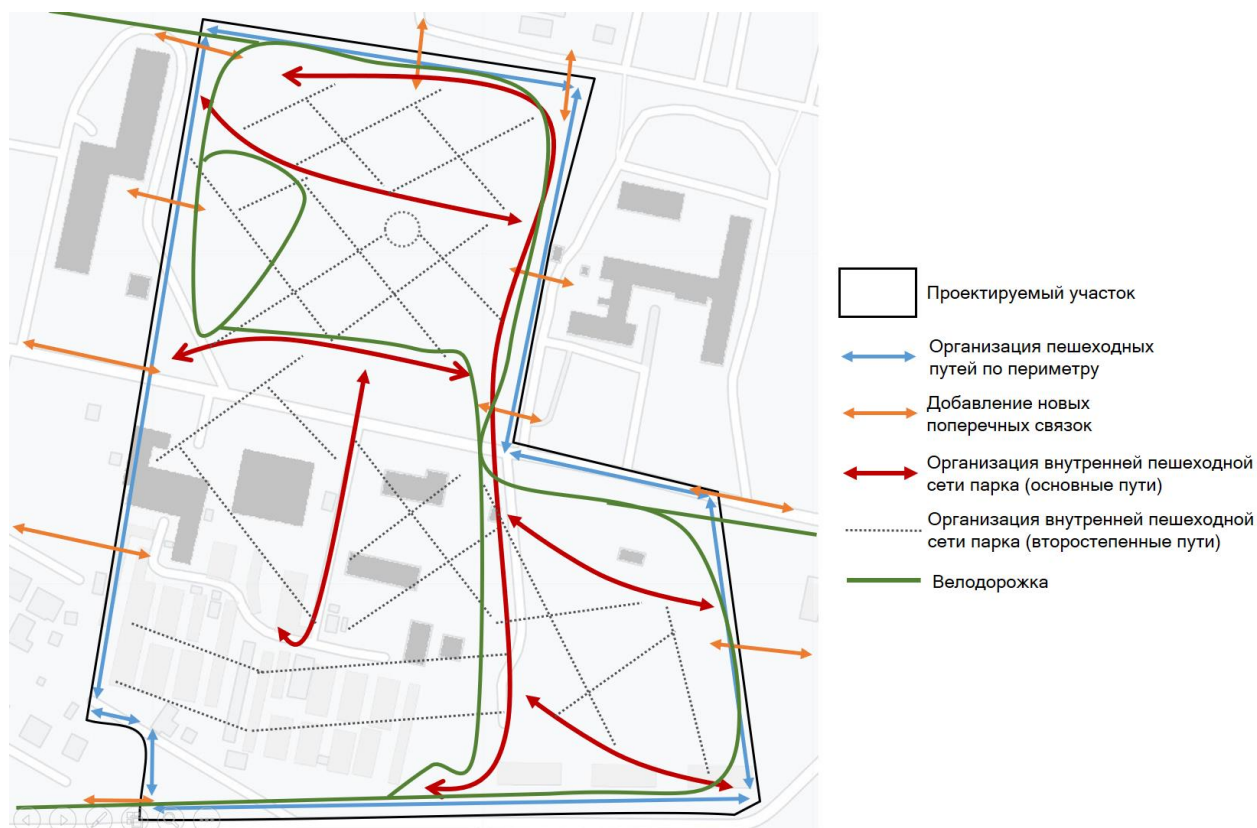
Территория университетского кампуса должна включать зеленые зоны, такие как парки, скверы и сады, которые являются местом отдыха и релаксации для студентов и жителей прилегающей территории. Эти пространства могут быть оформлены с учетом природной среды и содержать элементы ландшафтного дизайна, такие как цветочные клумбы, деревья, лужайки и дорожки для прогулок. Подобные зоны также могут использоваться для проведения уличных мероприятий и культурных активностей не только студентов, но и жителей города.

Университетский парк для молодежи и подростков организован как учебно-развлекательный комплекс, предлагающий ряд образовательных и спортивных мероприятий, а также социальных событий и развлечений.

Университетский парк для молодежи и подростков должен быть местом, где они могут с удовольствием проводить свое время, научиться чему-то новому, заниматься любимыми видами спорта, знакомиться с новыми людьми, и, самое главное, отдыхать и расслабляться.

Территория имеет возможность расширения за счет зеленой зоны, расположенной ниже, ближе к центру города.

Планировочная организация пешеходных сетей представлена на рис. 3.



Новые пешеходные пути по периметру позволяют отделить зону жилых домов от публичной зоны парка, а также сделать всю территорию более доступной и комфортной.

Новый парк – пешеходная ось, пронизывающая территорию ВГТУ, соединяющая новую и старую жилую застройку.

Поперечные пешеходные связи делают территорию более проницаемой.

Большое количество организованных входов на территорию парка связаны удобными краткими транзитными и протяженными прогулочными маршрутами.

По периметру территории организована велодорожка с въездом в спортивную зону, а также с возможностью выезда за пределы парка в лесополосу.

На территории планируется размещение 7 функциональных зон (рис. 4).



Рис. 4 – Функциональное зонирование территории

В самом центре парка размещается парковая площадь, предназначенная для проведения культурных, образовательных и развлекательных мероприятий. Здесь молодежь может попробовать себя в качестве актеров в театральной постановке, участвовать в современных танцевальных мероприятиях, концертах и других культурных событиях.

Рядом с площадью размещается рекреационная зона для спокойных прогулок по оборудованным тропинкам. Кроме того, здесь может быть организована зона обучения, где студенты смогут посетить лекции и семинары на различные темы, связанные с их учебным процессом, а также на различные темы, которые могут быть интересны для молодежи.

На север от площади расположена спортивная зона со стадионом, площадками для воркаута, игр с мячом, батунами, а также памп-трек для любителей адреналина.

Южнее площади организована зона общественного питания для обслуживания гуляющих по парку, а также для проживающих в микрорайоне людей. Кроме того, предусмотрена зона торговли, предоставляющая возможность для установки павильонов

сезонной продажи, аренды спортивного инвентаря, зоны буккросинга, установка столов для настольных игр.

В южной части рекреационная зона продлевается в качестве зоны барбекю для уединения больших компаний. Здесь молодежь может расслабляться, наслаждаться природой, проводить время на лужайках или в скрытых красивых уголках парка, что позволит погрузиться в свои мысли и насладиться тишиной.

На территории выделена парковочная зона для личных автомобилей гостей парка, предусмотрена зона бытового обслуживания территории.

По всему парку создана удобная сеть пешеходных маршрутов для различных сценариев времяпрепровождения на территории согласно социологическим исследованиям (рис. 5) [20].

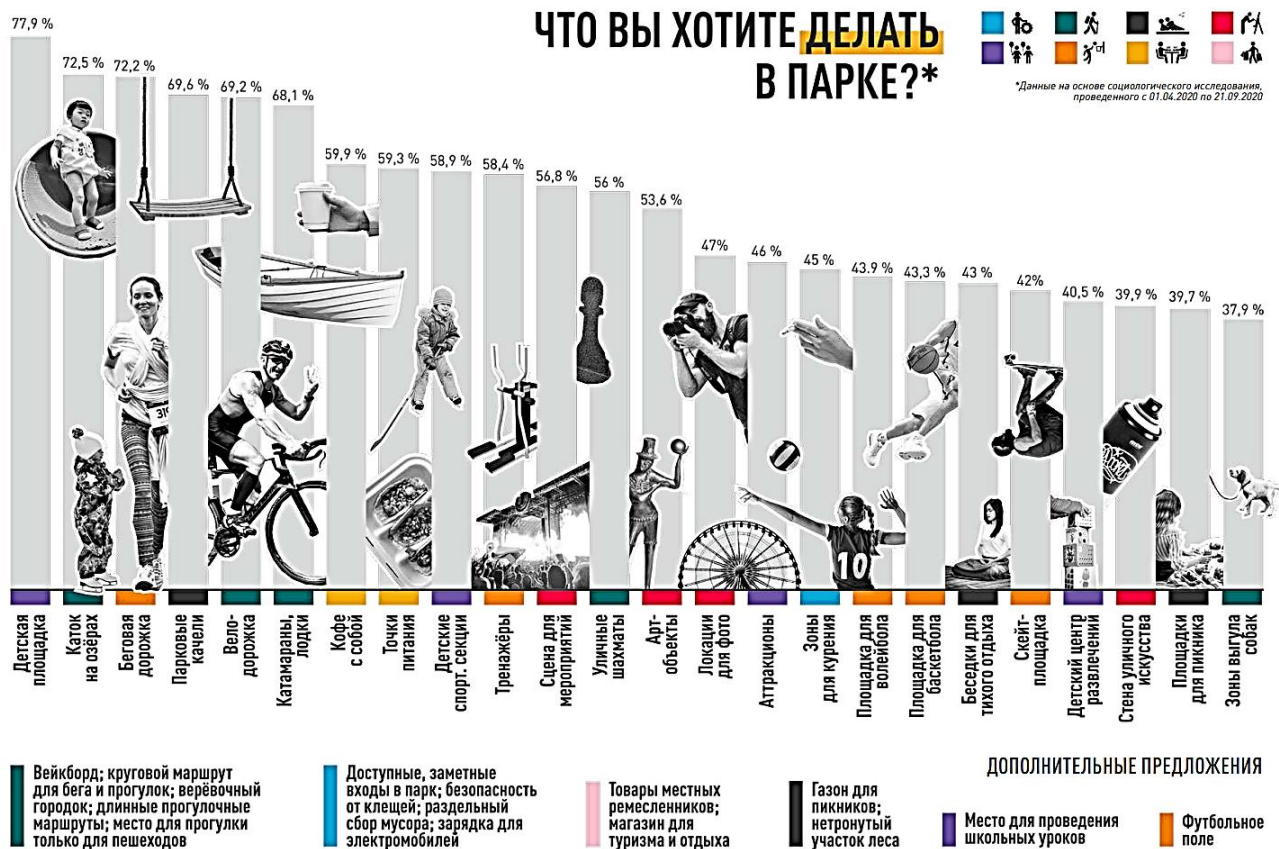


Рис. 5 – Результаты социологического исследования по вопросу организации общественных пространств [20]

Айдентика открытых общественных пространств в университетских кампусах включает ряд особенностей и характеристик, которые создают уникальную атмосферу и ощущение принадлежности к университетскому сообществу.

Термин «айдентика» происходит от английского слова «identity» – идентификация, и обозначает систему визуальной идентичности, целенаправленно разработанную согласно особенностям проектируемой территории. Другими словами, айдентика – это уникальный «фирменный стиль» пространства, выражающий его оригинальные особенности и одновременно подчеркивающий их.

Рассмотрим основные аспекты айдентики таких пространств.



1. Корпоративный стиль. Открытые общественные пространства в университетских кампусах могут иметь корпоративный стиль, который соответствует визуальной идентичности университета. Это могут быть такие элементы, как цветовая гамма, логотипы, шрифты и другие графические элементы, которые применяются на информационных табличках, стендовых системах, фасадах зданий и других поверхностях. Такой стиль помогает создать узнаваемость и связь с университетской маркой.

2. Архитектурный стиль. Университетские кампусы часто имеют свой архитектурный стиль, который может быть отражен в дизайне открытых общественных пространств. Например, это может быть стиль готики, модерна, классицизма и т.д. Это могут быть архитектурные детали, такие как арки, столбы, колонны, центральные площади и другие элементы, которые добавляют уникальности и стиля таким пространствам.

3. Зеленые насаждения и ландшафтный дизайн. Отдельным аспектом айдентики открытых общественных пространств в университетских кампусах является зеленый ландшафт и наличие разнообразных растений. Это могут быть деревья, цветы, газоны, посадки, создающие зеленые аллеи и парки. Зеленые насаждения способствуют созданию приятной и спокойной атмосферы, а также добавляют элементы природы в городскую среду университетского кампуса.

4. Функциональность и эргономика. Айдентика открытых общественных пространств также может быть связана с их функциональностью и эргономикой. Размещение мебели, освещения, мультимедийного оборудования и других элементов должно быть продумано так, чтобы обеспечить комфорт и удобство для пользователей. Это может включать удобные сидения, столики для работы, розетки для зарядки устройств, Wi-Fi, подходящие по высоте столы и другие аспекты, которые отвечают потребностям и ожиданиям студентов и преподавателей.

5. Социальная и культурная атмосфера. Айдентика открытых общественных пространств может быть также связана с их социальной и культурной атмосферой. Эти пространства могут быть оформлены с учетом имеющихся традиций и ценностей университетского сообщества, а также могут быть предназначены для различных культурных и социальных мероприятий. Например, это могут быть сцены для выступлений, места для проведения фестивалей и выставок, зоны для различных клубов и мероприятий, которые помогают создать живую и динамичную атмосферу.

Айдентика открытых общественных пространств в университетских кампусах создает уникальную обстановку, которая выделяет их среди других мест и придает им узнаваемость и идентичность. Это способствует формированию привлекательной среды для обучения, общения и развития в университетской обстановке.

В отличие от айдентики, дизайн-код пространства – есть проиллюстрированный набор правил проектирования, требований и рекомендаций по вопросам физического и эстетического развития проекта. Дизайн-код помогает наиболее подробно и точно представить дизайнерское видение генерального плана при проектировании и разработке объекта.

Общественное пространство кампуса ВГТУ выдерживает и районную айдентика, и собственный дизайн-код, что хорошо иллюстрируют рис. 6 и 7.

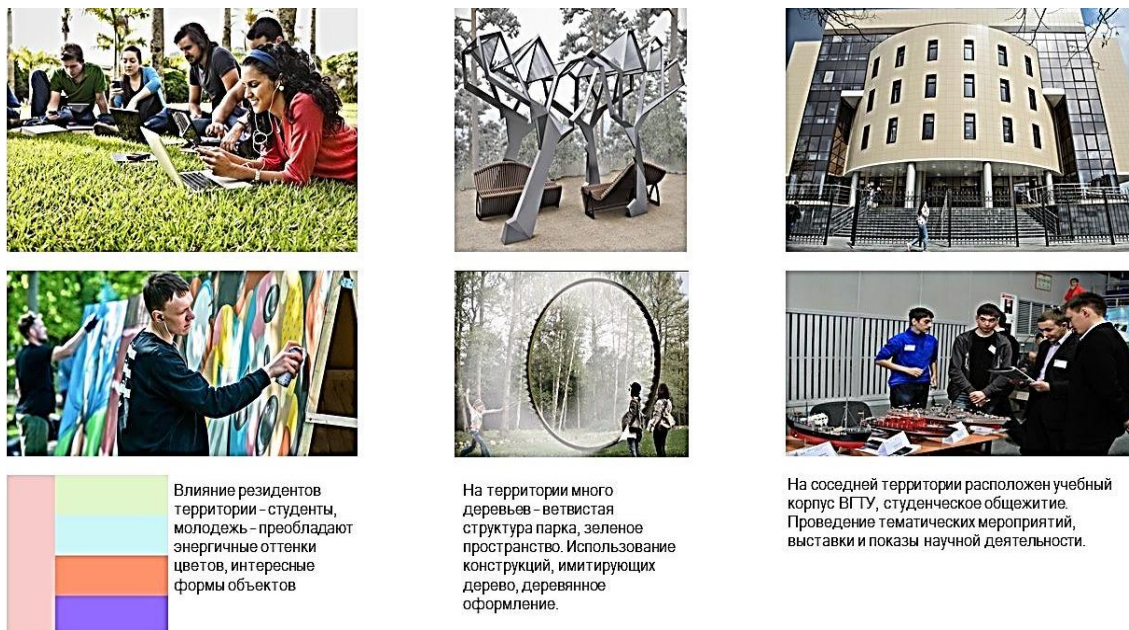


Рис. 6 – Айдентика пространства



Рис. 7 – Дизайн-код пространства

### Выводы

Общественные городские пространства являются ценным элементом городской структуры. Они выступают и местом городских гуляний на праздниках, и местом, окруженным исторической застройкой, и местом притяжения и проведения различных активностей. Эти пространства многопользовательские, их архитектура и среда должны удовлетворять многим требованиям, предлагать различные роли и модели поведения. Повышенный интерес к общественным пространствам объясняется их потенциалом в вовлечении горожан, в формировании идентичности, памяти места. В более глобальном плане это выливается в устойчивую форму городского развития, снижению оттока населения и улучшения качества жизни, формированию городского бренда [21].

Реализация данной концепции благоустройства подарит жителям возможность для создания новых социальных связей, проведения качественного досуга, создаст новые рабочие места, повысит трафик района, а также привлечет инвестиции и туристов.

Основываясь на представленной информации и проделанной работе, были выявлены основные факторы и положения по формированию открытых общественных пространств:

1. Открытые общественные пространства играют важную роль в формировании жизни и атмосферы как университетского кампуса, предоставляя студентам, преподавателям и

сотрудникам место для обучения, общения и отдыха, а также и жителям ближайших районов, граничащих с территорией кампуса.

2. Удачные решения открытых общественных пространств включают создание студенческих центров, зеленых зон, спортивных объектов, а также multifunctional пространств, которые соответствуют учебным и социальным потребностям пользователей.

3. Факторы, формирующие открытые общественные пространства, включают учебные потребности, социальные потребности, функциональность, удобство и доступность, эстетику и атмосферу, безопасность, устойчивость и экологичность, гибкость и адаптивность.

4. Айдентика открытых общественных пространств предусматривает корпоративный стиль, архитектурный стиль, зеленые насаждения и ландшафтный дизайн, функциональность и эргономику, освещение, цветовые решения, социальную и культурную атмосферу.

5. Дизайн-код открытых пространств включает в себя урбанистический контекст, зональность и организацию, ландшафтный дизайн, мебель и оборудование, освещение, цветовые решения, инклюзивность и доступность, инновации и технологии.

Анализ и понимание этих факторов и аспектов позволит создавать удачные и привлекательные открытые общественные пространства в университетских кампусах, которые способствуют академическому росту, социальной интеграции и общественной активности студентов, преподавателей и сотрудников. Через соблюдение принципов удобства, комфорта, безопасности и эстетики, университетские кампусы могут стать местами, которые вдохновляют и поддерживают развитие университетского сообщества в целом.

### Библиографический список

1. Есенбаева, А.Т. Роль открытого общественного пространства в структуре университетского кампуса / А.Т. Есенбаева, Г.Д. Мауленова // Наука и образование сегодня. – 2020. – №1 (48). – С. 74-76.
2. Холуянова, Е.О., Набасова О.П. Концепция пространственного развития. / Холуянова, Е.О., Набасова О.П. // Волоколамск: ООО «НИИ ПГ». – 2019. – 106 с.
3. Пучков, М.В. город и горожане: общественные пространства как модератор поведения людей [Электронный ресурс] / М.В. Пучков // Архитектон: известия вузов. – 2014. – №1(45). – URL: [http://archvuz.ru/2014\\_1/4](http://archvuz.ru/2014_1/4)
4. Федан, А.Н. Открытые общественные пространства в структуре архитектурных объектов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2018. – №3 (45). – С. 88-96.
5. Седова Ю.А. Современный кампус университета // Символ науки. – 2016. – №12-3. – С. 194-195.
6. Himasari, H. Open Space as Meaningful space for Students in ITB Campus // Procedia, Social and Behavioral Sciences. – 2013. – №85. – P. 308-317.
7. Stephen, S. Y. L., ZhonghuaGou, YajingLiu. Healthy campus by open space design: Approaches and guidelines / Stephen Siu Yu Lau, Zhonghua Gou, Yajing Liu // Frontiers of Architectural Research. – 2014. – № 3. – P. 452-467.
8. Пучков, М.В. Архитектура университетских комплексов: [монография] / М.В. Пучков. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. – 2010. – 172 с.
9. Эллард, К. Среда обитания: Как архитектура влияет на наше поведение и самочувствие // Пер. с англ. 3-е изд. М.: Альпина Паблицер. – 2019. – 288 с.
10. Оакли, Б. Думай как математик: Как решать любые задачи быстрее и эффективнее // Пер. с англ. 4-е изд. М.: Альпина Паблицер. – 2018. – 284 с.



11. Александрович, Н.Н. Системный подход к процессу территориального планирования / Н.Н. Александрович, Г.И. Юрина // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2014. – №3 (2). – С. 208-214.
12. Гробовенко, П.А. Университетский кампус: виды и функциональное зонирование / П.А. Гробовенко, Е.Е. Прокшиц, Я.А. Золотухина // Инженерные системы и сооружения. – 2022. – №3 (49). – С. 36-41.
13. Прокшиц, Е.Е. Формирование базы данных для градостроительной оценки размещения зданий и объектов университетской инфраструктуры / Е.Е. Прокшиц, Я.А. Золотухина // Инженерные системы и сооружения. – 2022. – №4(50). – С. 60-68.
14. Саввинов, В.М. Концепция устойчивого развития как основа современных практик управления образованием. Профессиональное образование в России и за рубежом. – 2021. – №1 (41). – С. 136-146.
15. [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.iqair.com/ru/air-quality-map/russia/voronezh/voronezh>
16. Попов, В.М. Системный анализ в управлении социально-экономическими и политическими процессами / В.М. Попов, Г.П. Солодков, В.М. Топилин // Ростов-на-Дону: Издательство СКАГС, 2002. – 501 с.
17. Половцев, И.Н. О зонировании проектируемого университетского кампуса. Инженерный вестник Дона. – 2014. – №31(4). – С. 14-20.
18. Прокшиц, Е.Е. Обоснование градостроительного расположения и функциональных особенностей современного кампуса на основе системного анализа / Е. Е. Прокшиц, П. В. Москалев, П. А. Гробовенко, Д. В. Поваркова // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2023. – №1(51). – С. 51-59.
19. Прокшиц, Е.Е. Оптимизация структуры воронежского межуниверситетского кампуса на основе системного анализа территориальной дисперсии жилых и учебных объектов / Е.Е. Прокшиц, П.В. Москалев, О.А. Сотникова, Я.А. Золотухина // Системы управления и информационные технологии. – 2023. – №1(91). – С. 82-89.
20. [Электронный ресурс]. - URL: <https://minepark.su/upload/iblock/97c/Park-Minnogo-gorodka.-Proekt.pdf>
21. Данилина, Н.В. "Устойчивая улица" - Формирование общественных пространств на городских улицах // Градостроительство и планирование населенных пунктов. – 2018. – №4. – С. 74-80.

**O.A. SOTNIKOVA, P.A. GROBOVENKO, E.E. PROKSHITS, Ya.A. ZOLOTUKHINA**

## **SUBSTANTIATION OF THE CONCEPT OF ARCHITECTURAL FORMATION OF OPEN PUBLIC SPACES IN THE STRUCTURE OF UNIVERSITY CAMPUSES**

*Sotnikova Olga Anatolyevna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Design of Buildings and Structures of the Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

*Grobovenko Polina Alekseevna, Master's Degree, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

*Prokshits Ekaterina Evgenievna, Postgraduate student, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

*Zolotukhina Yana Alekseevna, Postgraduate student, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

This scientific article examines the typology and factors of the formation of open public spaces on university campuses. The main purpose of the study is to analyze various types of spaces and identify the main factors that influence their successful formation. Factors in the formation of public spaces include: educational needs, social needs, functionality, convenience and accessibility, aesthetics and atmosphere, safety, sustainability and flexibility. The research is of practical importance, as its results can be

used in the design and development of university campuses, contributing to the creation of a comfortable and supportive environment for the learning and development of young people. The article considers a project proposal for the formation of an open public space on the example of the campus of the Voronezh State Technical University in the city of Voronezh. An analysis of the territory is being carried out. The necessary functional zoning of the open space is considered.

**Keywords:** campus, open public space, park, functional zoning, sustainable development

## **Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства**

УДК 534.836.2

**С.Л. ПОДВАЛЬНЫЙ, Ю.О. ЛЕОНОВА, М.И. ЦЕЛЯРИЦКАЯ**

### **АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАШУМЛЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ**

*Подвальный Семен Леонидович, д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

*Леонова Юлия Олеговна, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

*Целярицкая Маргарита Ивановна, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

В данной статье рассматриваются методы расчета отраженного шума, исходящего от автомобильного транспорта на территории различных типов застроек. Устанавливается закономерность образования звукового поля и его дальнейшее пространственное распределение. Определяется уровень шума в малоэтажной, многоэтажной и смешанном типах планировочных решений городской среды, в зависимости от их параметров.

**Ключевые слова:** транспортный шум, городская среда, экологическая безопасность, примыкающая застройка, звуковое поле.

#### **Введение**

Проблема обеспечения экологической безопасности населения в условиях городской среды с каждым годом становится все более актуальной в связи со стремительным ростом урбанизации [1]. В крупных городах в наибольшей степени проявляются результаты мощного антропогенного воздействия на природные процессы. В результате воздействия видоизменяется окружающий ландшафт и создается искусственная среда, которая по ряду параметров не соответствует условиям нормальной жизнедеятельности человека [2].

Сверхнормативное шумление городских застроек – наиболее распространенная экологическая проблема современных городов. Одними из основных источников шумового загрязнения городской застройки являются транспортные магистрали, поскольку шум от автомобильных потоков является наиболее значительным по уровню и степени распространения в городской среде. Шумление происходит в результате непосредственного прихода на территорию застройки прямого звука от транспортной магистрали и образования отраженной составляющей шума вследствие многократных отражений звука от поверхностей зданий и от других находящихся на территории объектов.

Изучение экологических проблем, связанных с шумлением городской среды, является наиболее актуальным для территорий крупных городских агломераций, где влияние транспорта на городскую среду усиливается в связи с особенностями градостроительной планировки и постоянным ростом автомобильного парка.

### Методика расчета отраженного транспортного шума

Формирование звукового поля на территории застройки представляет собой сложный процесс, зависящий от параметров зданий, их этажности, размеров в плане, расположения относительно друг друга и транспортной магистрали.

С точки зрения образования отраженного шума планировочные решения городской среды можно условно разделить на несколько типов:

- разреженная малоэтажная застройка;
- многоэтажные застройка;
- смешанная (мало- и многоэтажная застройка).

Тип планировочной структуры застройки влияет на процессы распространения в ней прямого звука от магистралей и, соответственно, на формирование отраженного шума. В этой связи, методы расчета будут существенно различаться.

Уровни шума от дороги как линейного источника звука определяются по выражению

$$L_{CB} = L_A + 10 \lg \left( \frac{R_o}{R} \right) + 10 \lg \left( \frac{\varphi}{\pi} \right), \quad (1)$$

где  $L_A$  - шумовая характеристика дороги, равная уровню шума в опорной точке;  $R$  - кратчайшее расстояние от расчетной точки до оси крайней полосы дороги, ближайшей к расчетной точке;  $R_o$  - расстояние от опорной точки до дороги, для автомобильного потока;  $R_o = 7,5$  м;  $\varphi$  - угол видимости участка дороги из расчетной точки [5]. На территории застройки  $\varphi$  определяется углом видимости участка дороги через просвет между зданиями (рис.1).

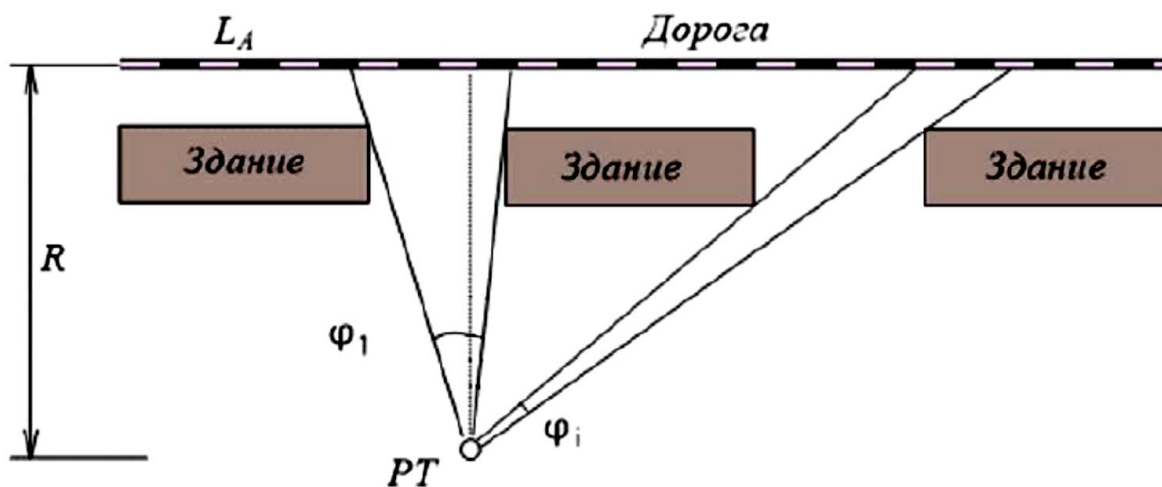


Рис.1 - Схема к расчету углов видимости участков дороги через просветы между зданиями

Таким образом, шум от дороги представляется в виде последовательности цилиндрических волн. Количество этих волн может быть значительным (несколько тысяч). Интенсивность каждой волны спадает пропорционально пройденному расстоянию

$$I_{пр} = \frac{W}{\pi r}, \quad (2)$$

где  $W$  - погонная акустическая мощность дороги как линейного источника шума, Вт/м;  $r$  - расстояние от дороги до расчетной точки, м.

Ряд зданий, или эшелон застройки, оказывает влияние на интенсивность поступающей звуковой энергии, которая, в свою очередь, бывает:

- проходящая  $I_{\text{про}}$ ;
- поглощенная  $I_{\text{пог}}$ ;
- отраженная  $I_{\text{отр}}$ .

$$I_{\text{пад}} = I_{\text{про}} + I_{\text{пог}} + I_{\text{отр}}, \quad (3)$$

где  $I_{\text{про}} = I_{\text{пад}}\beta$ ;  $I_{\text{пог}} = I_{\text{пад}}\alpha(1 - \beta)$ ;  $I_{\text{отр}} = (1 - \alpha)(1 - \beta)$ ;  $\alpha$  - средний коэффициент звукопоглощения фасадов зданий;  $\beta$  - усредненный коэффициент прохождения звука через ряд построек.

При первых актах встречи звуковой волны с застройкой интенсивность поступающей энергии равна интенсивности прямого звука. Баланс энергии обеспечивается при каждом взаимодействии проходящей или отраженной энергии со следующим эшелоном застройки. Пример расчетной схемы для жилой застройки вблизи магистрали, которая состоит из двух рядом зданий, представлен на рис. 2, где стрелками черного цвета показан прямой звук, проникающий на территорию застройки через здания первого и второго эшелонов. Цветные стрелки изображают отраженный звук 1-6-го порядков отражения.

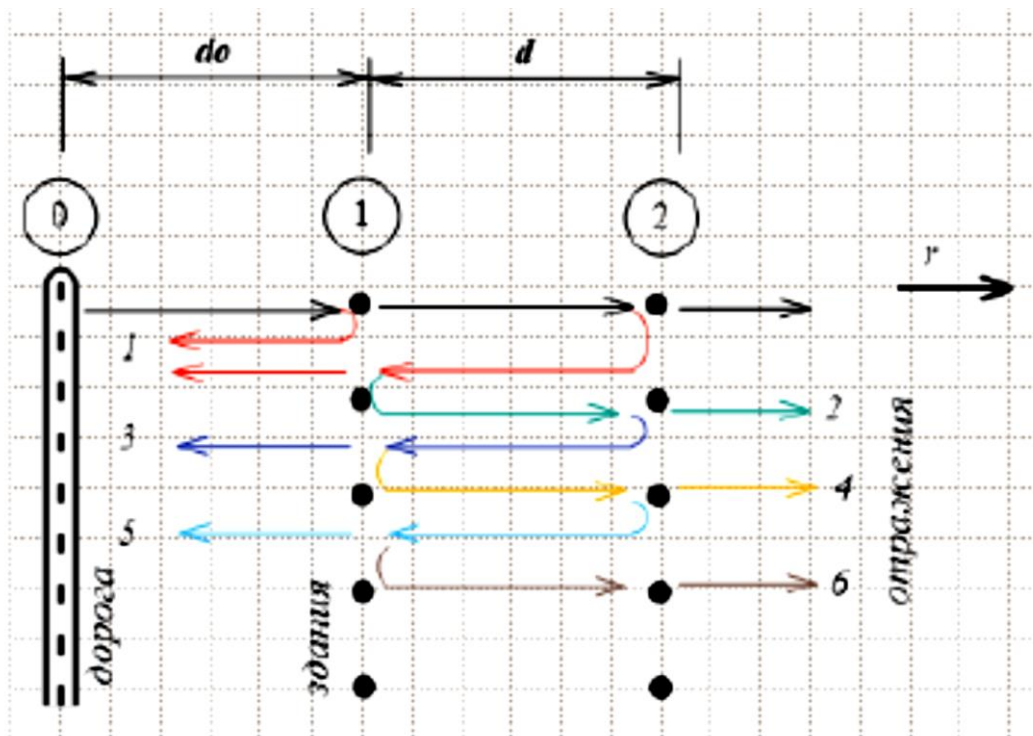


Рис. 2 – Схема примагистральной застройки, состоящая из двух эшелонов

В момент встречи с эшелоном застройки волна или проходит через ряд зданий, или отражается от них и меняет направление движения на противоположное. Путь звуковых волн прослеживается до тех пор, пока они не покинут пределы застройки или их энергии не

уменьшатся на 60 дБ (в  $10^6$  раз). Отношение интенсивности всех звуковых волн, проходящих через расчетную точку, к суммарной интенсивности всех излученных источником шума волн и будет определять уровень снижения шума с учетом прохождения прямого звука через застройку и наличия в ней отраженного шума.

Как показывает практика, около 63 % энергии отражается застройкой, при этом звуковое поле возрастает по мере удаления от транспортной магистрали (после первого эшелона застройки увеличение уровня шума достигает 1 дБА, после второго – 3 дБА, после третьего – до 5 дБА).

### Анализ шумового режима с учетом планировочных решений застройки

Для большинства городов нашей страны, в связи с их исторической особенностью, характерны малоэтажные планировки территорий. В связи с ростом автомобилизации транспортные магистрали, проходящие рядом с малоэтажной застройкой, становятся основными источниками ее зашумления. Примером такой застройки может стать улица Беговая в г. Воронеже (рис. 3). Приведенная на рисунке застройка состоит из одно- и двухэтажных зданий. В данном случае из-за малой этажности и достаточно больших расстояний между зданиями отраженная составляющая транспортного шума перед фасадами первого ряда застройки весьма незначительна. Увеличение уровней общего шума на фасадах зданий за счет отражений не превышает 1 дБ.

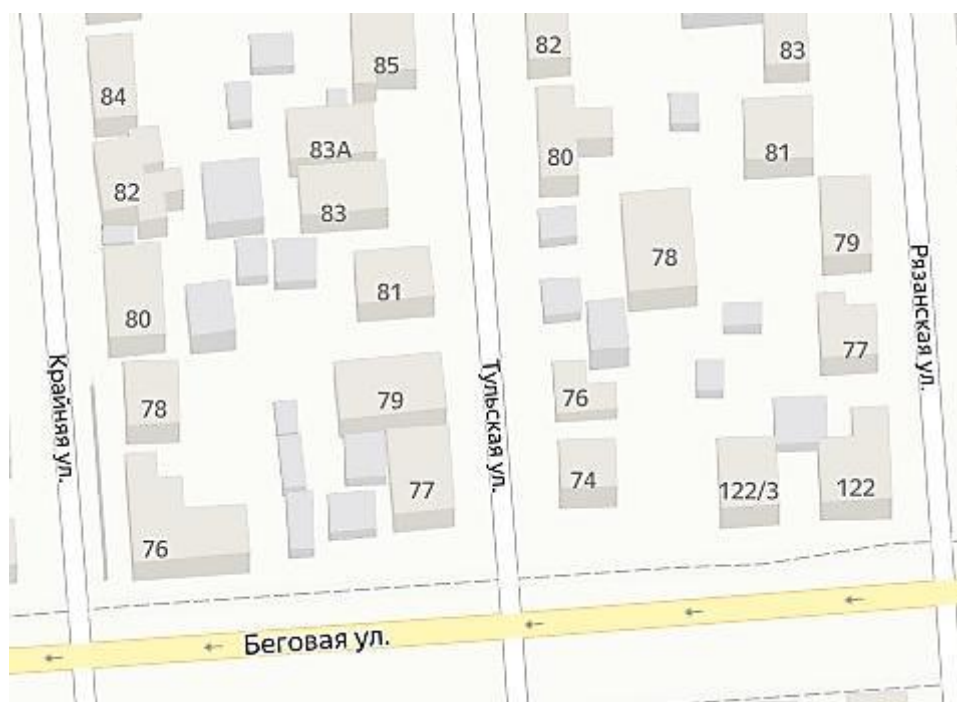


Рис. 3 – Вариант малоэтажной примагистральной застройки Воронежа

Многоэтажная застройка может иметь три варианта размещения зданий в ее первом эшелоне:

- строчное, параллельное магистрали;
- торцевое к магистрали;
- смешанное.

При размещении зданий торцами к магистрали (рис. 4) увеличение шума за счет отраженной составляющей на торцевых фасадах весьма незначительно. При этом, интенсивность падающего прямого звука на перпендикулярно расположенные к магистрали главные фасады по сравнению с торцевыми фасадами за счет того, что прямой звук приходит на них только от половины трассы, в два раза меньше. В этом случае возможно также уменьшение падающего на эти фасады прямого звука за счет частичного экранирования магистрали другими, параллельно расположенными зданиями. Однако при таком расположении зданий уровни шума на главных фасадах могут существенно увеличиваться за счет образования между зданиями отраженного шума. Дополнительным негативным фактором при такой планировке является проникновение интенсивного прямого звука вглубь застройки.

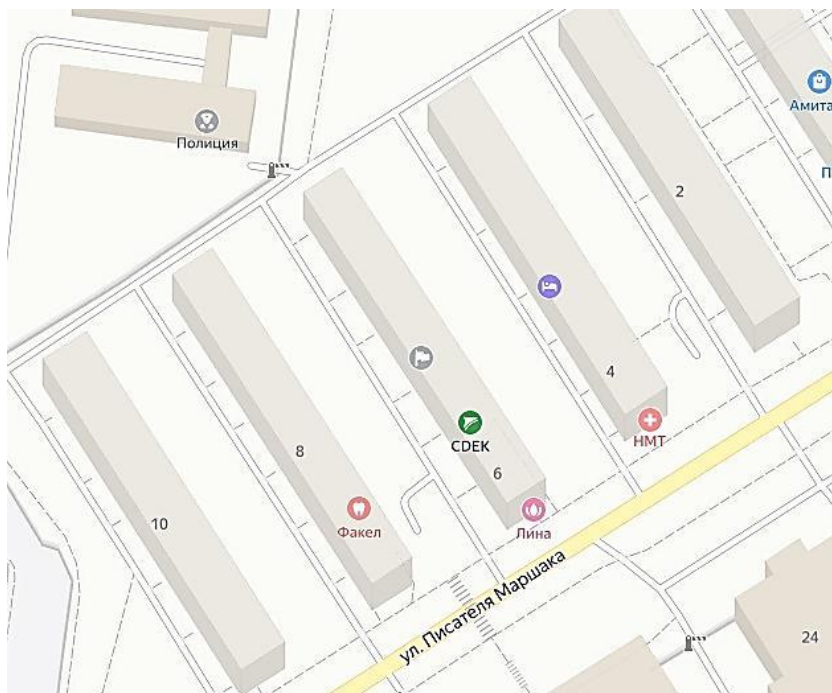


Рис. 4 – Многоэтажные здания ориентированы торцами к магистрали

При строчной многоэтажной застройке (рис. 5) здания первого эшелона образуют с двух сторон улицы систему параллельно расположенных отражающих фасадов.

Если высота зданий при строчной застройке соизмерима с шириной улицы, увеличение шума за счет отраженной составляющей может достигать 6 дБ [2]. Это оказывает существенное влияние на шумовую ситуацию в пределах пространства между магистралью и первым эшелонem застройки.

Между параллельными поверхностями фасадов в глубине застройки будут образовываться локальные участки повышенных уровней звукового давления. Источниками образования этих зон является прямой звук и его дифрагируемая составляющая, а также шум от внутриквартальных источников.

Часто примагистральная территория организуется в виде почти замкнутых дворов или кварталов (рис. 6). С акустической точки зрения такая планировка близка к оптимальной. Однако отдельные улицы или проезды могут быть «проводниками» распространения транспортного шума вглубь территории и способствовать образованию зон отраженного звука внутри застройки.





Рис. 5 – Вариант строчного размещения многоэтажных зданий в примагистральной застройке

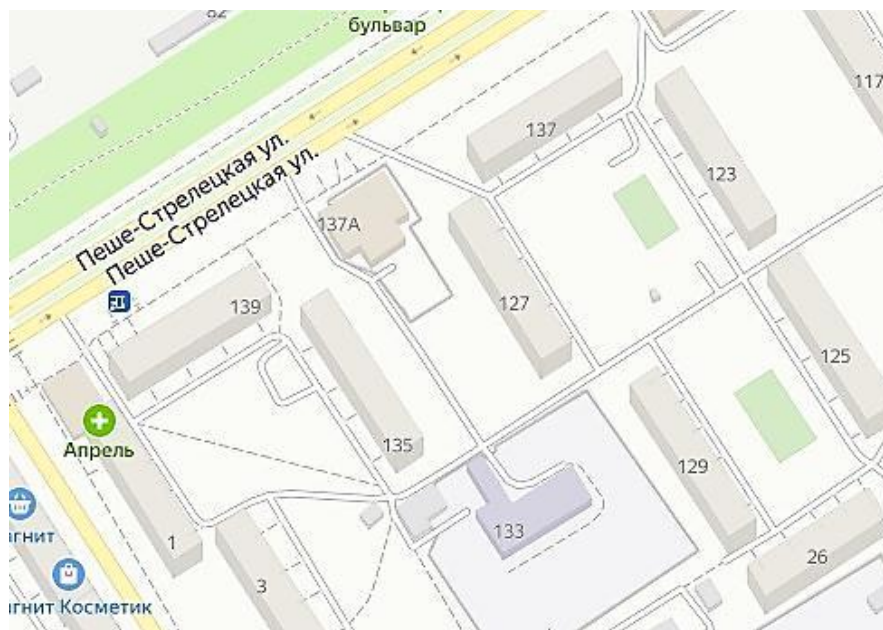


Рис. 6 – Вариант регулярной многоэтажной примагистральной застройки

Внутри двора или квартала создается комфортная с акустической точки зрения, почти полностью изолированная от транспортного шума среда. Шум от транспорта, дифрагируемый через экранирующие сооружения внутри дворовой территории, как правило, не является беспокоящим фактором из-за малости его величин. В этих случаях внутри дворов или кварталов на фоне малых уровней транспортного шума существенно возрастает



негативная роль внутренних источников, таких как громкая музыка из окон квартир, шум от спортивной площадки и т. п.

Похожая ситуация наблюдается и в случае планировочных решений в виде свободной многоэтажной застройки, когда здания не образуют регулярную структуру (рис. 7). При отсутствии вдоль магистрали шумозащитного барьера из многоэтажных зданий транспортный шум глубоко проникает в застройку и создает неблагоприятную среду за счет значительных уровней прямого и отраженного звука.



Рис. 7 – Вариант нерегулярной многоэтажной примагистральной застройки

## Выводы

Пространственное распределение шума на территории населенных мест - сложный процесс, характеризующийся такими явлениями как: преломление, рассеяние, поглощение элементами внешней среды звуковых волн и др. Все эти явления оказывают определенное влияние на звуковое поле здания, которое необходимо учитывать при его расчете. Особое внимание следует уделять структуре распространения звуковых волн от источника шума.

Установлено, что процесс зашумления городской среды звуковой энергией, приходящей в нее от транспортных магистралей, определяется планировочными решениями застройки, ее структурой, плотностью и этажностью, степенью замкнутости или открытости внутренних пространств дворовых территорий, микрорайонов и кварталов.

Экологическая оценка акустического режима должна проводиться на основании анализа полученных расчетных и измеренных данных по определению уровней шумового воздействия на рассматриваемой городской территории.

**Библиографический список**

1. Комплексный подход к защите территорий и жилой застройки от шума транспортных потоков различного вида / В.А. Аистов, Ю.С. Бойко, П.И. Поспелов [и др.] // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2016. – № 6(982). – С. 22–23.
2. СП 276.1325800.2016. Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков. – М.: Минстрой России, 2016.
3. Шубин, И. Л. Оценка влияния отраженной звуковой энергии на шумовой режим жилой застройки / И. Л. Шубин, А. И. Антонов, В. И. Леденев // Жилищное строительство. – 2018. – № 8. – С. 18–21.
4. Осипов, Г.Л. Распространение автотранспортного шума в малоэтажной застройке примагистральных территорий / Г.Л. Осипов, В.Е. Коробков, Й. Краг // Исследования по строительной акустике: тр. института НИИСФ Госстроя СССР. – М., 1981. – С. 135–139.
5. ГОСТ 31295.1-2005 (ИСО 9613-1:1993). Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 1. Расчет поглощения звука атмосферой. – М., 2005.

**S.L. PODVALNY, YU.O. LEONOVA, M.I. TSELYARITSKAYA**

**ANALYSIS OF THE PATTERNS OF SPATIAL DISTRIBUTION OF TRAFFIC  
NOISE IN THE URBAN ENVIRONMENT**

*Podvalny Semen Leonidovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

*Leonova Yulia Olegovna, postgraduate student of Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

*Tselyaritskaya Margarita Ivanovna, postgraduate student of the Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

This article discusses methods for calculating reflected noise emanating from motor transport on the territory of various types of buildings. The regularity of the formation of the sound field and its further spatial distribution is established. The noise level in low-rise, multi-storey and mixed types of urban planning solutions is determined, depending on their parameters.

**Keywords:** traffic noise, urban environment, environmental safety, mainline buildings, sound field.

## Системный анализ, управление и обработка информации (в строительстве и архитектуре)

УДК 711.4-112

**П.В. МОСКАЛЕВ, С.Л. ПОДВАЛЬНЫЙ, Я.А. ЗОЛОТУХИНА, Е.Е. ПРОКШИЦ**

### **ПРИМЕНЕНИЕ РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ ПРИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

*Москалев Павел Валентинович, д-р физ.-мат. наук, доцент, ФГБОУ ВО "Московский государственный технологический университет "СТАНКИН", Россия, г. Москва*

*Подвальный Семен Леонидович, д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

*Золотухина Яна Алексеевна, аспирант, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

*Прокшиц Екатерина Евгеньевна, аспирант, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

В данной статье выявлены основные методы применения рейтинговой системы оценки качества жилой застройки (способные усовершенствовать систему пешеходных коммуникаций), оценки эффективности функционирования пешеходных пространств (в контексте сложившейся городской застройки). Анализируются модели оценки качества жизни, в которых представлены методики перевода критериев качества в цифровые значения

**Ключевые слова:** городская среда, качество городской среды, городская среда, планирование, городское управление, рейтинговые системы, индекс качества среды

#### **Введение**

В настоящее время наш мир преимущественно урбанизирован. Большая часть населения мира проживает в городских районах, что существенно отличается от ситуации в начале 20-го века: тогда доля городского населения в мире составляла всего 13,6 %, а в начале 21-го века уже 47,4% были городскими жителями от общего количества населения земли. Данный показатель с каждым десятилетием продолжает расти, что связано с множеством разнообразных факторов.

На рис. 1 показан график динамического роста городского населения в мире с 1900 года по 2020 год. Заметный скачок роста численности можно наблюдать в 1950-х годах, что составило 15,3% сравнительно с 1900 годом. До 2020 года доля городского населения увеличивалась без резкой динамики (от 0,5% до 4,4%), а в 2020 произошел заметный рост - на 8,3%.

По прогнозам, к 2030 году данный он достигнет 60%. Ожидается, что и в ближайшие десятилетия уровень урбанизации будет стремительно расти, что станет явной мировой тенденцией, и, в свою очередь, будет трансформировать другие области, в особенности, социальную и экономическую.

Цели устойчивого развития послужили точкой отсчета для создания крепкой основы разработки мероприятий по улучшению качества жизни на первоначальном этапе - на местном этапе, что в дальнейшем может послужить важным компонентом для решения более глобальных кризисов устойчивого развития мира.



Рис. 1 – Динамика городского населения в мире

В качестве критериев оценки городской среды предложена рейтинговая система оценки качества пешей доступности социально важных объектов городской инфраструктуры. Для обоснования перечня критериев качества территорий, оказывающих значимое влияние при разработке проекта застройки, был изучен и проанализирован опыт существующих мировых концепций в области устойчивого развития.

### **Выявление предпосылок применения рейтинговой оценки качества территории жилой застройки**

Градостроители многих стран активно начали заниматься решением проблемы проектирования городских территорий таким образом, чтобы жизнедеятельность человека оставляла меньший деградационный экологический след. Большинство специалистов опираются на определение устойчивого развития, основываясь на документе, принятом в 1987 году Всемирной комиссией ООН по окружающей среде и развитию, опубликованном в монографии «Наше общее будущее», где оно было определено как «развитие, отвечающее потребностям настоящего, не ставя под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои потребности» [1].

Если посмотреть на данное определение с точки зрения практической реализации, то содержание и его смыслы можно трактовать весьма противоречиво. Можно выделить несколько очень важных аспектов, которые необходимо учитывать в процессе определения, реализации и внедрения практики устойчивого развития - это ценности, культура, образование и участие граждан в принятии решений по изменению качества жизни.

Также можно выделить еще одну важную концепцию, которая получила распространение в последние годы - это устойчивая городская инфраструктура, так как именно она способствует развитию региона или конкретной территории в направлении достижения цели устойчивого образа жизни. Внедрение концепции «устойчивого проектирования» поможет развитию «устойчивых сообществ», что, в свою очередь, может

гарантировать передачу знаний в данном сообществе о бережном отношении к территории, заботе о природе и ресурсах [2].

Достижение баланса между развитием города, охраной окружающей среды и определенными потребностями жителей города (качество жилья, основные бытовые услуги, социальная инфраструктура, транспорт) - это и есть устойчивое развитие городских районов и кварталов. Жилые микрорайоны, квартал, районы - это городские территории, на которых сложились собственные системы: архитектурные, культурные, экономические и социальные. Для повышения качества жизни горожан необходимо учитывать взаимосвязь и влияние данных элементов друг на друга и на территорию в целом. При проектировании территории это отражается в расположении жилых, общественных и муниципальных зданий относительно друг друга, общественных пространств, инфраструктуры, территорий озеленения и связанности транспортной и пешеходной сети.

### Результаты социологического опроса «Оценка качества городской инфраструктуры жилой среды города Воронежа»

В рамках социологического опроса «Оценка качества городской инфраструктуры жилой среды города Воронежа» была выбрана фокусная группа, состоящая из 100 человек различного возраста и социального статуса, проживающих в разных районах города. В результате опроса были получены данные, которые показали в процентном соотношении удовлетворенность комфортностью района проживания. На рис. 2 можно увидеть, что 60% опрошенных не очень довольны уровнем комфорта их района, 25% довольны, 8% совсем не довольны и только лишь 7% очень довольны.

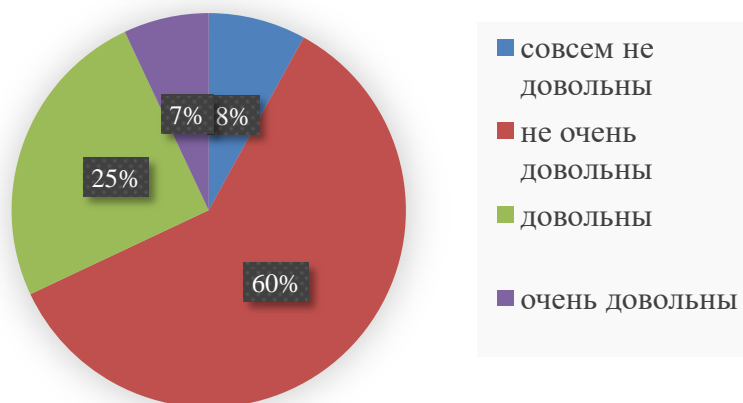


Рис. 2 – Диаграмма удовлетворенности комфортностью района проживания

Данные результаты опроса показывают, что при разработке и реализации проекта застройки территории были учтены не все факторы, оказывающие влияние на качество среды проживания, что привело к довольно низкой оценке городских жилых территорий. Для качественной оценки городских территорий можно выделить три основных фактора: социальный, экономический и экологический, которые, в свою очередь, имеют индивидуальные показатели и критерии и отражение в городе. На рис. 3 показаны факторы оценки качества городской среды



Рис. 3 –Факторы оценки качества городской среды

Учитывая системность и целостность подхода устойчивого проектирования, необходимо обосновать методику (инструмент), который мог бы объединить несколько компонентов проекта в единую систему, что даст возможность получать более точную оценку потенциала территории. Такой подход позволит выполнить более рациональную оценку затрат, преимуществ и последствий решения. Кроме того, методика должна иметь возможность показать, к примеру, каким образом изменения в одной части проекта могут повлиять на другие элементы проекта.

Применение рейтинговой оценки территории жилой застройки при интеллектуальной поддержке принятия решений будет очень полезным для решения вопросов по застройке для нескольких заинтересованных сторон, от проектировщиков до регулирующих органов власти. При выделении и определении важнейших элементов проекта сразу просматривается их взаимосвязь, а установленные рамки и критерии способствуют устойчивому процессу проектирования. Таким образом, в самом начале проектирования территории для общей цели (создания устойчивой комфортной жилой среды) данные критерии могут эффективно оптимизировать процесс проектирования и дальнейшего строительства. Без проведения многокритериальной качественной оценки приоритеты проектирования могут быть сфокусированы слишком узко или решать только небольшой ряд проблем, в том числе, одних за счет других.

### **Выявление критериев оценки качества городской инфраструктуры жилой среды**

В качестве критериев оценки качества городской инфраструктуры жилой среды при рейтинговой системе оценки были выбраны критерии, оказывающие наибольшее влияние на основании наиболее распространенных рейтингов индексирования качества городской среды [3]:

- доступность общественного транспорта;
- доступность объектов дошкольного образования;
- доступность объектов школьного образования;
- доступность объектов здравоохранения (взрослое население);
- доступность объектов здравоохранения (детское население);
- доступность объектов бытового обслуживания;
- доступность объектов мест отдыха;
- озелененность территории.

Предложено расширить список критериев дополнительными, которые в свою очередь оказывают влияние на качественную оценку среды:

- обеспеченность придомовой территории физкультурно-оздоровительными, спортивными сооружениями и игровыми площадками;
- обеспеченность объектами для постоянного хранения автомобилей;
- обеспеченность придомовой территории пешие и вело-структурой;
- обеспеченность объектами дополнительного образования и отдыха для детей.

Для каждого критерия были определены индикаторы и параметры, на основании которых складывается сумма итоговых баллов конкретной территории. Количество баллов варьируется от минус двух до плюс двух, в зависимости от значимости и масштабности критерия. Данные критерии позволяют довольно точно оценить основные факторы, а также выделить сильные и слабые стороны территории, для того чтобы в дальнейшем учесть эти моменты в модернизации, реконструкции или улучшении территории [4].

В качестве примера расчета критериев и назначения бальности территории был рассмотрен существующий жилой квартал города Воронеж, ограниченный с запада Московским проспектом, с севера и востока улицей Шишкова, а с юга улицей Хользунова. Данный участок занимает площадь 1,06 км<sup>2</sup>, по расчетным показателям жилой площади, приходящейся на человека 18м<sup>2</sup>, на данной территории проживает 35752 человека, что не превышает нормируемой площади 450 чел/га.

Для оценки качества жилого образования были рассмотрены три индикатора основных критериев, относящихся к доступности ключевых объектов тяготения и обслуживания в районе: дальность пешеходного похода до муниципального бюджетного общеобразовательного учреждения (Z1), дальность пешеходного похода до муниципального бюджетного дошкольного образовательного учреждения (Z6), дальность пешеходного похода до бюджетного учреждения здравоохранения (Z8). В качестве начальной точки прокладки пешеходного маршрута была выбрана средняя точка, относительно выходов из каждого подъезда жилых домов по улицам Шишкова, Хользунова, Московский проспект (А-Л), в качестве конечной точки-муниципальные объекты, закрепленные согласно приказу «О закреплении муниципальных образовательных учреждений, реализующих основную общеобразовательную программу дошкольного образования за территориями городского округа город Воронеж» к жилому дому (Z1, Z6, Z8) [5].

Ключевые индикаторы критериев оценки доступности муниципальных объектов, нормативная база расстояний доступности и присваиваемый балл отражены в табл. 1.

Таблица 1

Ключевые индикаторы рейтинговой системы оценки качества жилой застройки

№	Критерий	Индикатор	Параметр	Баллы
1	Доступность объектов дошкольного образования	Дальность пешеходного похода до муниципального бюджетного дошкольного образовательного учреждения, м	10-99	2
			100-249	1
			250-350	0
			351-499	минус 1
			500 и более	минус 2
2	Доступность объектов школьного образования	Дальность пешеходного похода до муниципального бюджетного общеобразовательного учреждения, м	10-150	2
			150-349	1
			350-450	0
			451-599	минус 1
			600 и более	минус 2
3	Доступность	Дальность пешеходного похода	100-399	2

объектов здравоохранения (взрослое население)	до бюджетного учреждения здравоохранения, м	400-699	1
		700-849	0
		850-1199	минус 1
		1200 и более	минус 2

Количество баллов распределяется в зависимости от отклонения от нормируемого значения или улучшения конкретного индикатора. Если параметр находится в рамках нормируемых показателей, то данному критерию будет присвоен ноль баллов. Если параметр ухудшает нормируемые показатели, то данному критерию будет присвоено отрицательное количество баллов. В случае с улучшением показателя - положительное количество баллов. Для определения точного балла было использовано среднее арифметическое взвешенное. Например, если среднее расстояние от дома №112 по Московскому проспекту до объекта школьного образования составляет 511,3 метра, это чуть ниже нормируемого показателя, но незначительно. Чем ближе находится объект к дому, тем выше балл, и соответственно, наоборот, чем дальше - тем больше балл в отрицательную сторону.

Задача градостроителя и органов власти при оценке качества городской среды - ориентироваться на вышеперечисленные критерии, при необходимости добавлять недостающие или убирать лишние критерии, которые не так важны или не применимы к конкретной среде или объектам строительства [6,7].

Табл. 2 показывает, что ни один из шестнадцати рассмотренных домов не приблизился по всем трем параметрам доступности к нормативному состоянию, а местами показатель пешей доступности значительно превышен. Четыре дома (№110а, 100, 98, 102 по Московскому проспекту) по одному из критериев показали отличные результаты (от 0,64 до 1,11), но по сумме общих баллов, к сожалению, не приблизились к нормативным показателям. При улучшении, например, дополнительно еще одного показателя из трех, можно было бы компенсировать относительную удаленность третьего объекта необходимой инфраструктуры. Однако наилучший показатель по общему количеству баллов у дома №94 по Московскому проспекту, хотя он далек от нормативного значения, но значительно меньше, чем у дома №107 по улице Шишкова, который показал наихудший результат [8].

Анализируя данные три индикатора, можно провести ранжирование по эпизодичности посещения данных объектов. Дошкольное и школьное образовательные учреждения относятся к местам ежедневного пользования, следовательно, удаленность этих мест важнее, чем доступность объекта здравоохранения, так как он относится к объекту периодического использования [9].

Таблица 2

Оценка расстояний от начальных до конечных точек исследуемого объекта

№	Описание	Обозначение	Расстояние, м						Общий балл
			до Z1		до Z6		до Z8		
			до Z1	Балл	до Z6	Балл	до Z8	Балл	
1	д 112	А	511,30	минус 0,2	813,53	минус 2	1534,12	минус 2	минус 4,2
2	д 114	В	316	минус 0,9	760,43	минус 2	1670,87	минус 2	минус 4,9



3	д 110а	С	186,67	1	996	минус 2	1596	минус 2	минус 3
4	д 100	D	203,09	1,11	1210,00	минус 2	1362,22	минус 2	минус 2,89
5	д 98	E	325,36	1	1245,46	минус 2	1209,09	минус 1,64	минус 3
6	д 102	F	400	0,64	1194,55	минус 2	1514,55	минус 2	минус 3,36
7	д 92	G	508,89	0	488,57	минус 1,43	1004,29	минус 1	минус 2,43
8	д 94	H	543,33	минус 0,9	492,50	минус 1,5	863,75	минус 0,63	минус 2,13
9	д 95	И	501,33	минус 1	725	минус 2	1485	минус 2	минус 5
10	д 97	I2	462,5	минус 0,8	671,67	минус 2	1415,00	минус 2	минус 4,8
11	д 99	J	498	минус 0,5	595	минус 2	1335	минус 2	минус 3,5
12	д 101	K	645	минус 0,8	552	минус 2	1266	минус 2	минус 3,2
13	д 103	L1	720	минус 2	452,5	минус 1	1212,5	минус 1,75	минус 4,75
14	д 103а	L2	628	минус 2	380	минус 1	1130	минус 1	минус 4
15	д 105	M	665	минус 2	514	минус 1,8	1274	минус 2	минус 5,8
16	д 107	N	1200	минус 2	592,5	минус 2	1352,5	минус 2	минус 6

### Выводы

В настоящее время города и урбанизированные территории играют не только важную роль в развитии общества, улучшении качества и уровня жизни горожан, но и отражаются на экономике региона.

Сформированные и обоснованные факторы оценки качества городской среды и их индикаторы помогут определить основной вектор формирования удобной, гармоничной и безопасной среды для человека и его жизнедеятельности. Что, в свою очередь, приведет к появлению и созданию социально-ориентированной городской среды, где учтены средовые потребности человека, а также требования к безопасности и комфорту.

Данная методика применения рейтинговой системы, являясь не только количественной, но и качественной оценкой, позволит снизить субъективность результатов. Использование открытых градостроительных и нормативных данных является одним из достоинств, которое позволит применять и воспроизводить методику на различных региональных субъектах.

**Библиографический список**

1. **Agenda 21: Programme of Action for Sustainable Development and Rio Declaration.** N. Y., 1993
2. **Гизатуллин Х.Н., Троицкий В.А.** Концепция устойчивого развития: новая социальноэкономическая парадигма // *Общественные науки и современность.* 1998. № 5.
3. **Энгельгардт, А. Э.** Международный опыт индексирования качества городской среды / А. Э. Энгельгардт, А. Ю. Липовка, И. Г. Федченко // *Урбанистика.* – 2018. – № 4. – С. 77-87. – DOI 10.7256/2310-8673.2018.4.27886. – EDN УУНОАХ.
4. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 31 октября 2017 г. № 1494/пр "Об утверждении Методики определения индекса качества городской среды муниципальных образований Российской Федерации"
5. Приказ от 26.02.2021 № 452/01-02 "О закреплении муниципальных образовательных учреждений, реализующих основную общеобразовательную программу дошкольного образования, за территориями городского округа город Воронеж"
6. **Рынкoвская М.И., Цурин Е.Д.** Процесс адаптации международных концепций устойчивого строительства в России // *Градостроительство и архитектура.* - 2023. - Т. 13. - №1. - С. 166-176. doi: 10.17673/Vestnik.2023.01.21
7. **Карабаев Г.А.** Комфортное общественное пространство как фактор развития социальной инфраструктуры // *Градостроительство и архитектура.* - 2022. - Т. 12. - №3. - С. 138-142. doi: 10.17673/Vestnik.2022.03.19
8. **Е. Е. Прокшиц, Я. А. Золотухина, А. А. Матвеева, Ю. О. Пашенко,** Городская среда: анализ районов жилой застройки в городе Воронеж // *Научный журнал. Инженерные системы и сооружения.* – 2021. – № 3-4(45-46). – С. 37-44.
9. **Adams D., Tiesdell S.** *Shaping Places: Urban Planning, Design and Development.* London:Routledge. 2013. 368 p.

**P.V. MOSKALEV, S.L. PODVALNY, Ya.A. ZOLOTUKHINA, E.E. PROKSHITS**

**APPLICATION OF A RATING SYSTEM FOR ASSESSING THE QUALITY OF RESIDENTIAL DEVELOPMENT WITH INTELLECTUAL DECISION-MAKING SUPPORT**

*Moskalev Pavel Valentinovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Moscow State Technological University "STANKIN", Moscow, Russia*

*Podvalny Semen Leonidovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

*Zolotukhina Yana Alekseevna, Postgraduate student, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

*Prokshits Ekaterina Evgenievna, Postgraduate student, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

This article identifies the main methods of applying the rating system for assessing the quality of residential development (capable of improving the system of pedestrian communications), evaluating the effectiveness of pedestrian spaces (in the context of the current urban development). The models of quality of life assessment are analyzed, in which the methods of translating quality criteria into digital values are presented

**Keywords:** urban environment, urban environment quality, urban environment, planning, urban management, rating systems, environmental quality index

## Информационный раздел

### Правила оформления статей в журнале «Инженерные системы и сооружения»

Уважаемые авторы, пожалуйста, следуйте правилам оформления статей для опубликования в журнале.

Создавайте заголовки и подзаголовки, текст статьи, таблицы, подписи и библиографический список, используя соответствующие стили.

УДК (Указать номер УДК шрифтом 12 пунктов Times New Roman, без отступа)

**И.И. ИВАНОВ, В.Ю. ПЕТРОВ**

### **РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОНДЕНСАЦИОННЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ УСТРОЙСТВ ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК**

(12 шрифт Times New Roman, полужирный, заглавными, по центру, без переноса)

*Иванов Иван Иванович, д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

*Владимир Юрьевич Петров, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

(10 шрифт Times New Roman, курсив. Ученая степень, ученое звание, место работы, страна, город)

Рассматриваются положения методики расчета технико-экономического обоснования предложенных схем теплогенерирующих установок, оборудованных двухступенчатыми конденсационными теплообменниками, использующими теплоту конденсации водяных паров дымовых газов при температуре выше точки росы

(10 шрифт Times New Roman, красная строка 3см, поля по 2см., по ширине объемом не более 8 строк)

После аннотации указываются ключевые слова на русском (шрифт 10 пт, по ширине).

**Ключевые слова:** теплогенерирующие установки, двухступенчатый конденсационный теплообменник, теплота конденсации, водяные пары, дымовые газы, точка росы

Статьи представляются в отпечатанном виде и электронном (на диске или флэш-карте). Бумажный вариант должен быть подписан автором (авторами). Объем статей – от 5 до 10 **полных** страниц формата А4. Поля слева и справа по 2 см, снизу и сверху - по 2,5 см. Не допускается для оформления статьи использовать Office Open. Для основного текста используйте только шрифт Times New Roman высотой 12 пунктов с одинарным интервалом. Не используйте какой-либо другой шрифт. Для обеспечения однородности стиля не используйте курсив, а также не подчеркивайте текст. Отступ первой строки абзаца – 1,25 см.

В нижнем колонтитуле первой страницы с выравниванием по левому краю должен быть приведен авторский знак © с указанием фамилий и инициалов всех авторов и года публикации. Пример:

© Иванов И.И., Петров В.Ю., 2013.

Сложные формулы выполняются при помощи встроенного в WinWord редактора формул MS Equation 3.0. Выравнивание по центру колонки без отступа, порядковый номер формулы в круглых скобках размещается строго по правому краю колонки (страницы). Единственная в статье формула не нумеруется. Сверху и снизу формулы не отделяются от текста интервалом.

Для ссылок на формулы в тексте используете следующий стиль: выражение (1) или (1).

Пример:

$$\eta(a) = \eta_{\infty} + (\eta_0 - \eta) e^{-\gamma \frac{a}{g}}, \quad (1)$$

где  $\eta_0$  и  $\eta$  - начальные и конечные значения коэффициентов вязкости;  $a$  - ускорение колебаний грунта;  $g$  - ускорение свободного падения.

Иллюстрации выполняются в векторном формате в графическом редакторе Corel Draw 7.0, 8.0 или 9.0 либо в любом из графических приложений MS Office 97, 98 или 2000. Графики, рисунки и фотографии монтируются в тексте после первого упоминания о них в удобном для автора виде. Название иллюстраций (10 пт, обычный) дается под ними по центру после слова Рис. с порядковым номером (10 пт, полужирный). Если рисунок в тексте один, номер не ставится, пишется только Рис., без номера и далее – название рисунка. Точка после подписи названия рисунка не ставится. Между подписью к рисунку и текстом - 1 интервал. Все рисунки и фотографии должны иметь хороший контраст и разрешение не менее 300 dpi. Все графики, рисунки и фотографии можно представлять как в черно-белом, так и в цветном варианте. Избегайте тонких линий в графиках (толщина линий должна быть не менее 0,2 мм).

Рисунки в виде ксерокопий из книг и журналов, а также плохо отсканированные не принимаются.

Размещайте подписи к рисункам непосредственно под рисунками. Оставьте один пробел между подписью к рисунку и нижележащим текстом. Название рисунка дается без переносов. Иллюстрации обязательно должны быть прокомментированы, комментарии приводятся непосредственно под иллюстрациями, после подрисуночных подписей (в приведенном ниже примере комментарии к рис. 1 опущены).

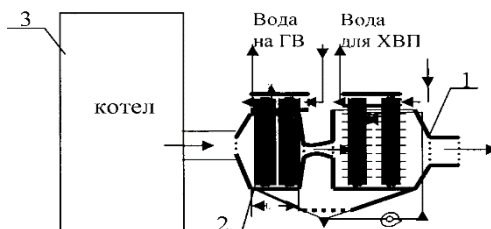


Рис. 1 - Комбинированная схема использования двухступенчатого конденсационного теплообменника

Слово Таблица с порядковым номером размещается по правому краю. На следующей строке приводится название таблицы (выравнивание по центру без отступа) без точки в конце. Содержание таблицы (10 пт), форматирование по левому краю. После таблицы - пробел в 1 интервал. Единственная в статье таблица не нумеруется, над ней только приводится по центру название, без переносов. Ссылка на нее по тексту – слово Таблица (полностью).

Для создания таблиц используйте образец, приведенный ниже. Оставьте один пробел между таблицей и нижележащим текстом.

Текст статьи обязательно должен быть включен раздел **Введение**, отражающий актуальность рассматриваемой в статье тематики. Остальной текст должен быть разделен на тематические блоки (не менее двух), заголовки которых четко и ясно отражают их содержание. Материалы статьи также обязательно должны иметь логическое заключение, выделенное по тексту заголовком **Выводы**, по центру страницы жирным шрифтом (12пт).

После слов Введение и Выводы точка или двоеточие не ставятся. Слова Введение и Выводы с обеих сторон отделяются от текста пробелами в один интервал.

Аннотации должны полностью отражать основное содержание статьи: краткое обоснование актуальности темы и цели написания статьи; задач, поставленных в рамках статьи для решения обозначенной цели, и трактовка основных выводов.

Ссылки на литературные источники в тексте заключаются в квадратные скобки [1].

Библиографический список приводится после текста статьи на русском и английском языках (**транслитерацией**). После слов **Библиографический список** и **References** точка или двоеточие не ставятся. Затем следует пробел в 1 интервал и приводится список источников по порядку их упоминания в тексте. Шрифт 12 пт обычный, выравнивание по ширине страницы, красная строка 1 см. В одной научной статье должно быть не менее четырех и не более 15 ссылок на литературные источники.

Используйте данный стиль для библиографического списка в конце статьи. Несколько статей одного автора должны быть приведены в хронологическом порядке.

Максимальное количество авторов в статье – 4, в т.ч. не более 2-х преподавателей (допускается еще один аспирант/магистрант и один студент).

Таблица 1

Технико-экономическая характеристика применения комбинированной схемы использования двухступенчатого конденсационного теплообменника

Величина	Обозначение	Размерность	Формула	Значение

### Библиографический список

1. **Иванов И.И.** Разработка математической модели тепломассообмена в напорных теплоутилизаторах / И.И. Иванов, В.В. Петров, М.М. Васильев // Вестник ВГТУ. - 2005. - Т.1. - №6. - С.79-82.

2. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования: утв. Мин-вом экономики РФ мин-вом финансов РФ, Госкомпромом России, Госстроем России 31.03.94, №7-12\47. - М., 1994. - 80 с.

После библиографического списка, на английском языке указываются авторы, название статьи, ученая степень, ученое звание, место работы, страна, город, а также аннотации и ключевые слова.

I.I. IVANOV, V.YU. PETROV

**PROCEDURE FOR TECHNICAL AND ECONOMIC JUSTIFICATION  
OF DIAGRAMS OF HEAT-GENERATING PLANTS  
THIS PRESSURIZED UTILIZERS**

*Ivanov Ivan Ivanovich, Grand PhD in Engineering, Professor of the Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

*Petrov Vladimir Yuryevich, PhD student of the Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

The present paper deals with the first stage of pressurized heatutilizer forming non-stationary heat fields in condensing vapours from the steam-gas media. Integration of the differential equations obtained makes it possible to get heat and structural parameters for calculating pressurized heat-utilizers

**Keywords:** condensing vapours, installations, two-level, heat of condensation, water pairs, smoke gases, a dew-point

**Состав редакционной коллегии  
научного журнала «Инженерные системы и сооружения»**

№ п/п	Ф.И.О.	Ученая степень, ученое звание	Должность
1	<b>Сотникова Ольга Анатольевна</b>	Д-р техн. наук, профессор	Заведующая кафедрой проектирования зданий и сооружений им. Н.В.Троицкого ВГТУ, доктор технических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования РФ. Имеет отраслевые награды.
2	<b>Мищенко Валерий Яковлевич</b>	Д-р техн. наук, профессор	Заведующий кафедрой технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью Воронежского государственного технического университета, директор Академии развития строительного комплекса (при ВГТУ).
3	<b>Бредихин Владимир Викторович</b>	Д-р экон. наук, доцент	Заведующий кафедрой экспертизы и управления недвижимостью, горного дела Юго-Западного государственного университета, почетный работник сферы образования Российской Федерации.
4	<b>Воличенко Ольга Владимировна</b>	Д-р архитектуры, профессор	Заведующая кафедрой «Дизайн и реставрация архитектурного наследия». Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б. Н. Ельцина. Профессор Международной Академии Архитектуры (МААМ), Член Союза Архитекторов КР, Член МООСАО.
5	<b>Воробьева Александра Максимовна</b>	Канд. архитектуры, профессор	Член Союза архитекторов, член единого Совета по ландшафтной архитектуре Союза архитекторов России и Ассоциации ландшафтных архитекторов России, член Комитета по образованию Совета по ландшафтной архитектуре Союза Архитекторов России. Имеет правительственные награды. Заведующая кафедрой градостроительства и проектирования зданий ДГТУ.
6	<b>Баркалов Сергей Алексеевич</b>	Д-р техн. наук, доцент	Заведующий кафедрой управления, декан факультета экономики, менеджмента и информационных технологий Воронежского государственного технического университета.
7	<b>Зайцев Олег Николаевич</b>	Д-р техн. наук, профессор	Заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции Академии строительства и архитектуры – структурное подразделение Крымского

			федерального университета имени В.И. Вернадского.
8	<b>Топчий Дмитрий Владимирович</b>	Д-р техн. наук, доцент	И.о. заведующего кафедрой испытания сооружений Московского государственного строительного университета
9	<b>Колесников Геннадий Николаевич</b>	Д-р техн. наук, профессор	Профессор кафедры технологии и организации строительства Петрозаводского государственного университета. Автор более 100 научных работ. Имеет более 20 авторских свидетельств на изобретения, патентов на полезные модели, свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.
10	<b>Корсун Владимир Иванович</b>	Д-р техн. наук, профессор	Профессор кафедры железобетонных и каменных конструкций Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета. Автор более 120 публикаций. Советник РААСН.
11	<b>Куцев Леонид Анатольевич</b>	Д-р техн. наук, профессор	Профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции архитектурно-строительного института Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. Почетный работник высшего профессионального образования РФ.
12	<b>Москалев Павел Валентинович</b>	Д-р физ.-мат. наук, доцент	Профессор кафедры прикладной математики и механики Воронежского государственного технического университета.
13	<b>Пенджиев Ахмед Мырадович</b>	Д-р техн. наук, член-корреспондент и профессор Российской академии естествознания	Туркменский государственный архитектурно-строительный институт, академик Международной академии наук экологии и безопасности, член-корреспондент и профессор Российской академии естествознания. Автор более 400 научных статей, брошюр, книг, монографии, учебно-методических пособий и 9 авторских свидетельств.
14	<b>Грабовый Петр Григорьевич</b>	Д-р экон. наук, профессор	Заведующий кафедрой Организации строительства и управления недвижимостью Московского государственного строительного университета. Почётный работник высшего профессионального образования Российской Федерации. Автор более 200



			научных работ. Под научным руководством защищено 15 докторских и 21 кандидатская диссертаций.
15	<b>Шеина Светлана Георгиевна</b>	Д-р техн. наук, профессор	Заведующая кафедрой городского строительства и хозяйства Донского государственного технического университета. Является директором НИИ территориального управления и градостроительного планирования, директором Специализированного учебного центра по переподготовке и повышению квалификации ИТР ЖКХ и строительной отрасли. Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации.
16	<b>Головинский Павел Абрамович</b>	Д-р физ.-мат. наук, профессор	Профессор кафедры инноватики и строительной физики имени профессора И.С. Суровцева Воронежского государственного технического университета. Член-корреспондент Российской Академии Естествознания.
17	<b>Барабанов Владимир Федорович</b>	Д-р техн. наук, профессор	Заведующий кафедрой автоматизированных и вычислительных систем Воронежского государственного технического университета. Почётный работник высшего профессионального образования Российской Федерации.
18	<b>Тихомиров Сергей Германович</b>	Д-р техн. наук, профессор	Математик, педагог, профессор кафедры информационных и управляющих систем Воронежского государственного университета инженерных технологий. Опубликовано более 350 научных работ. Заместитель председателя диссертационного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д. 24.2.287.01 при Воронежском государственном университете инженерных технологий.
19	<b>Хрусталева Борис Борисович</b>	Д-р экон. наук, доцент	Зав. кафедрой экономики, организации и управления производством Пензенского государственного университета архитектуры и строительства.

**По вопросам размещения публикации научных статей просьба обращаться по адресу:** 394006 Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, корп. 1, ауд. 1231а; Строительный факультет, кафедра проектирования зданий и сооружений.

или по адресам электронной почты редакции: e-mail: zhurnal-isis@yandex.ru

**Главный редактор** журнала, д-р техн. наук **Сотникова Ольга Анатольевна,**

тел. +7(473)277-43-39

**Выпускающий редактор** журнала, канд. техн. наук **Макарова Татьяна Васильевна,**

тел. +7(473)277-43-39

**Ответственный секретарь** журнала, инженер **Леонова Юлия Олеговна,**

тел. +7(473)277-43-39

Научное издание

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ  
И СООРУЖЕНИЯ**

Выпуск № 3 (53), 2023

Дата выхода в свет: 24.10.2023. Формат 60×84/8. Бумага писчая.

Усл. печ. л. 10,3. Уч.-изд. л. 9,2

Тираж 23 экз. Заказ № \_\_

Цена свободная

ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет"

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

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии издательства ВГТУ

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