

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

# ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СООРУЖЕНИЯ

Выпуск № 4 (54), 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 № 4 (54), 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

№ 4 (54), 2023

ISSN 2074-188X

## 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. Кущев

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

ФГБОУ ВО

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. Леонова

Cover design

Yu.O. Leonova

16+

Издается с 2009 года

© ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2023

16+

Published since 2009

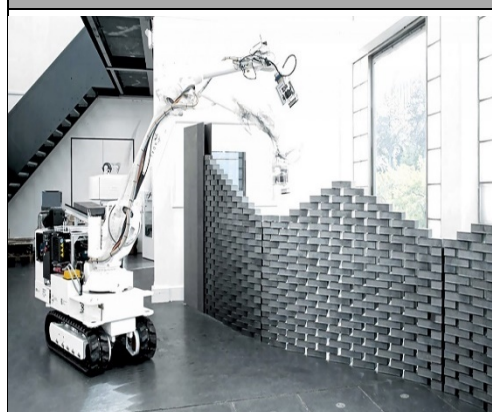
© FGBOU VO Voronezh State Technical University, 2023

# ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СООРУЖЕНИЯ

Научный журнал

Выпуск №4 (54), 2023

## СОДЕРЖАНИЕ



### *УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА*

**И.А. Потехин, М.Г. Добросоцких, Н.А. Понявина,  
М.А. Сотникова**

Развитие организации строительного производства за счет усиления интеграции геотехнических функций в BIM-системах

8



### *ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА*

**Д.И. Емельянов, Е.Г. Рубцова, С.В. Маслов**

Исследование сварочных материалов для сварки теплоустойчивых сталей при строительстве атомных электростанций

20

**Д.В. Топчий, А.С. Танкеев, Т.L. Nguyen**

Торкретирование: история и пути развития технологии

28

### *ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ*

**Т.В. Макарова, А.А. Лысенко, Р.Н. Зорин**

Основные аспекты обеспечения функциональной выразительности детского досугового центра в архитектурной застройке города Рыльска Курской области

37

**О.А. Сотникова, Т.С. Халева, К.Д. Дмитриенко,  
А.Н. Гойкалов**

Концепция сельского туризма на примере села вешаловка Липецкой области

45



### *ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА*

<b>А.П. Бурцев, В.С. Ежов, Н.Е. Семичева, Н.С. Перепелица</b> Использование комплексного многослойного пластинчатого рекуператора для утилизации теплоты вентиляционных выбросов	54
<b><i>СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ (В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И АРХИТЕКТУРЕ)</i></b>	
<b>Д.Н. Васенин, П.А. Головинский, С.Л. Подвальный, Н.В. Саввин</b> Анализ долгосрочного энергопотребления в жилом секторе с применением lstm-моделирования	59
<b>С.Ю. Нерозина, П.А. Журавлева</b> Учет факторов внешнего и внутреннего окружения в стратегическом планировании как вектор развития строительной отрасли	70
<b>К.С. Котова, Ю.О. Леонова</b> Оценка конкурентоспособности строительных изделий используемых для возведения перегородок в общественных зданиях	78
<b><i>ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ</i></b>	
Правила оформления статей в журнале «Инженерные системы и сооружения»	84
Состав редакционной коллегии научного журнала «Инженерные системы и сооружения»	88

# Engineering systems and constructions

Scientific magazine

№4 (54), 2023

## CONTENT

	<p><b><i>LIFE CYCLE MANAGEMENT OF CONSTRUCTION OBJECTS</i></b></p>
	<p><b>I.A. Potekhin, M.G. Dobrosotskikh, N.A. Ponyavina, M.A. Sotnikova</b> Development of the organization of construction production by strengthening the integration of geotechnical functions in bim systems 8</p>
	<p><b><i>TECHNOLOGY AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION</i></b></p>
	<p><b>D.I. Yemelyanov, E.G. Rubtsova, S.V. Maslov</b> Research of welding materials for welding heat-resistant steels in the construction of nuclear power plants 20</p>
	<p><b>D.V. Topchiy, A.S. Tankeev, T.L. Nguyen</b> Shotcrete: the history and ways of technology development 28</p>
	<p><b><i>URBAN PLANNING, PLANNING OF RURAL SETTLEMENTS</i></b></p>
	<p><b>T.V. Makarova, A.A. Lysenko, R.N. Zorin</b> The main aspects of ensuring the functional expressiveness of the children's leisure center in the architectural development of the city of Rylysk, Kursk region 37</p>
	<p><b>O.A. Sotnikova, T.S. Khaleeva, K.D. Dmitrienko, A.N. Goikalov</b> The concept of rural tourism on the example of the village of veshalovka in the Lipetsk region 45</p>
	<p><b><i>ENVIRONMENTAL SAFETY OF CONSTRUCTION AND URBAN ECONOMY</i></b></p>
	<p><b>A.P. Burtsev, V.S. Yezhov, N.E. Semicheva, N.S. Perepelitsa</b> The use of an integrated multilayer plate heat exchanger for the utilization of heat from ventilation emissions 54</p>
	<p><b><i>SYSTEM ANALYSIS, MANAGEMENT AND INFORMATION PROCESSING (IN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE)</i></b></p>

	<b>D.N. Vasenin, P.A. Golovinsky, S.L. Podvalny, N.V. Savin</b> Analysis of long-term energy consumption in the residential sector using lstm modeling 59
	<b>S.Yu. Nerozina, P.A. Zhuravleva</b> Consideration of factors of the external and internal environment in strategic planning as a vector of development of the construction industry 70
	<b>K.S. Kotova, Yu.O. Leonova</b> Assessment of the competitiveness of building products used for the construction of partitions in public buildings 78
	<b><i>INFORMATION SECTION</i></b>
	Rules of registration of articles in journal «Engineering Systems and Constructions» 84
	Structure of editorial board of journal «Engineering Systems and Constructions» 88

## Управление жизненным циклом объектов строительства

УДК 658.5

**И.А. ПОТЕХИН, М.Г. ДОБРОСОЦКИХ, Н.А. ПОНЯВИНА,  
М.А. СОТНИКОВА**

### **РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЗА СЧЕТ УСИЛЕНИЯ ИНТЕГРАЦИИ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ В BIM-СИСТЕМАХ**

*Потехин Игорь Алексеевич*, канд. экон. наук, менеджер инновационного бизнес-инкубатора им. проф. Ю.М. Борисова, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж

*Добросоцких Максим Геннадьевич*, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология, организация строительства, экспертиза и управление недвижимостью», инженер Академии развития строительного комплекса, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж

*Понявина Наталия Александровна*, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология, организация строительства, экспертиза и управление недвижимостью», ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж

*Сотникова Мария Александровна*, студентка группы гр. збЭУН-201, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж

В статье освещена проблема развития организации всего цикла строительных работ за счет усиления интеграции геотехнических функций в BIM-системе. Исследуется влияние данной проблемы на организацию строительства и эксплуатации объекта недвижимости. Исследуется влияние геотехнических функций на работу BIM-системы. Рассматривается опыт ученых по внедрению и реализации данных функций BIM-системы. Рассмотрена возможность применения BIM в объектах глубокого заложения и горнодобывающей промышленности. Рассмотрены дальнейшие пути развития. Сопоставлены функции существующих информационных систем по геотехническим обследованиям и вероятные функции при их реализации в BIM-системе с интегрированными геотехническими модулями. Выполнен анализ опыта, в процессе которого осуществлено построение таблицы с организацией и технологией геотехнических работ и возможностями BIM и геотехники.

На основе произведенного анализа сформированы рекомендации по совершенствованию управления жизненным циклом объекта недвижимости в среде BIM с интегрированными функциями геотехники. Рекомендации составлены с учетом целесообразности применения в зависимости от типа объекта, сложности используемой технологии земляных работ, степени влияния геотехнических факторов на жизненный цикл объекта недвижимости. Рекомендации представлены в виде таблицы-матрицы, на основе которой генеральный подрядчик сможет принять решение о выборе технологии земляных работ, конструкциях подземной части здания и обеспечить их бездефектное и ритмичное производство.

**Ключевые слова:** жизненный цикл объекта, геотехнические работы, BIM, организация строительства, подземные конструкции, подземное строительство, численное моделирование, модули геотехники

### **Введение**

На итоговом заседании 2-й международной конференции памяти профессора Д.М. Шапиро «Использование современных моделей в механике грунтов, геотехнических расчетах и фундаментостроении», один из ведущих ученых данной отрасли, Болдырев Геннадий Григорьевич, высказал мнение о том, что необходимо развивать BIM в



геотехнике, так как технология BIM в настоящее время становится основополагающей при управлении проектом в строительстве, а роль геотехнического обеспечения проектов растет в связи с постоянно усложняющимися условиями устройства подземной конструкции зданий и сооружений.

Постоянно увеличивается наполнение функциями BIM-систем. В настоящее время стоят проблемы усложнения процесса управления всем жизненным циклом работ, одновременно с этим всеобщая сквозная «цифровизация» процессов строительства, вынуждает расширять использование BIM-системы в разных сферах [1-3]. Комплекс геотехнических работ в настоящее время обособлен от цикла строительства объекта. Однако этот комплекс также имеет возможность сквозной цифровизации процесса – геологического обследования, автоматического анализа данных, картирования, создания информационной модели исследуемого геотехнического массива. Существующие возможности программного обеспечения позволяют «бесшовный» обмен данных между собой. Таким образом, обмен между специализированным программным комплексом с геотехническими функциями и BIM-системой уже реализуется. Но эти комплексы не соединены в единую систему. Это вызывает следующие трудности для генерального подрядчика:

- 1) зависимость от специалистов по геотехнике;
- 2) невозможность управлять геотехническим разделом строительных работ;
- 3) проблемы взаимодействия по дальнейшей эксплуатации объекта, в случае, если требуется последующий постоянный мониторинг фундамента.

В связи с этим, рассмотрен опыт ведущих ученых по проблеме интеграции функций и комплекса геотехнических специализированных программ в единую BIM-систему, в которой ведется полный цикл управления объектом строительства [4, 5].

### Исходные данные

Рассматривались отечественные и зарубежные источники научной информации по теме интеграции функций геотехнических работ в BIM-системы. Рассматривались труды ученых разных стран и разных типов возводимых объектов. Отправной точкой являлись тезисы отечественных ученых по данной теме.

В статье «BIM Geotechnical» [6] российский ученый Болдырев Г.Г. обозначил в своем исследовании, что функции геотехники в BIM необходимо расширять при использовании в российском строительстве. Автором указывается, что в настоящее время вычислительные возможности программ по геотехнике и строительству позволяют обмениваться данными геотехнических исследований, и осуществлять их передачу в расчетные программы, расчеты конструкций фундаментов. В настоящее время методы исследования грунтов позволяют дать полный спектр их характеристик и записать их в цифровом виде на всю глубину грунта. Используя вместе возможности технического обследования грунтов и оцифровки их результатов, а также программного обеспечения по строительству, можно сделать вывод о предпосылках для объединения возможностей этих программ в единый комплекс для управления геотехникой и надземным строительством в единый производственный процесс. Рекомендуется сделать процесс таким, чтобы можно было производить автоматическую проверку геотехнических данных, и их встраивание в BIM-модель здания. Такая система позволит определять влияние грунта на состояние конструкции здания в течение всего жизненного цикла, точнее - в процессе эксплуатации здания.

Данная статья посвящена применению BIM-систем совместно с основаниями и фундаментами. Раскрывается процесс создания трехмерной модели грунта с использованием имеющихся данных топографии и других полевых исследований, параметров фундамента и нагрузок на него. Для передачи геотехнических данных между программами по конечно-элементному расчету в настоящее время используется формат данных IFC4. Это дает возможность лучшей интеграции геотехнических данных в BIM- систему всего здания или сооружения.

В статье «Building information modelling based ground modelling for tunnel projects - Tunnel Angath/Austria» [7], авторы из Германии и Австрии описывают опыт дополнения

стандартной BIM-системы функциями геотехники для работ по организации строительства горного тоннеля в Австрийском городе Ангат. Авторами указывается на высокую трудоемкость процесса интеграции и дополнения, однако, это является вынужденной мерой, в связи с тем, что данное сооружение имеет основные работы – геотехнические, находящиеся в толще земли. Авторами указывается, что полученный программный комплекс позволяет стандартизировать весь ход строительных и проектных работ, что упрощает управление. В ходе создания такого комплекса, в качестве опытного участка был выбран трубопровод. Для него была осуществлена синхронизация моделей 3D-конструкции трубопровода и двухмерной геотехнической карты выбранного участка. Далее было осуществлено наложение этих слоев и создание единой модели. Осуществлено преобразование плоской модели в трехмерную. Авторы указывают на то, что такой комплекс позволяет удобно управлять долгосрочными инфраструктурными объектами, так как можно выявлять дефекты и устранять их. Авторами из Германии приведен опыт управления строительными работами по строительству тоннеля в Германии. Показывается полный процесс управления строительством с использованием BIM. Показаны особенности управления строительством этого подземного объекта в системе BIM, так как он полностью погружен в грунт, то есть является объектом глубокого заложения. Показываются трудности, с которыми столкнулись специалисты. Трудности касаются трансформации и дополнительной настройки форматов передачи данных в BIM-системе.

В статье «The Implementation of Geotechnical Data Into the BIM Process» [8], системы информационного моделирования являются известными в Великобритании. Добавление функций геотехники в данные системы является довольно сложным и трудоемким действием. В данный момент, наиболее целесообразным является использование таких функций в работе с объектами транспортной инфраструктуры. Специалистами-строителями в Великобритании взята стратегия на внедрение геотехнических функций в BIM-системы для более широкого и доступного их использования. Работа с подземной структурой является важной для здания ввиду контроля его осадок, работ по ремонту фундамента и подземных коммуникаций. Идет работа по созданию единого формата данных объекта, который включал бы, помимо основной модели здания, еще и его подземную часть.

В статье «Rock Mass and Structural Modelling for The Large Open Pit Gold Mining Project in the Northern Andes, The La Colosa Project» [9], рассматривается горнодобывающее предприятие в Колумбии, которое в настоящее время занимается внедрением цифровой модели производственного объекта добычи. В процессе внедрения специалисты создают трехмерную модель рельефа местности, а также шурфов (порядка 96000 метров шурфов). По данным шурфов создаются плоские и объемные модели внутри самого рельефа места добычи. Используются многочисленные данные и требуются очень большие вычислительные мощности. Это делается с целью поиска золота и алмазов в открытом карьере. Трехмерные модели шурфов создаются путем преобразования двухмерных моделей. В итоге, специалисты рудника будут знать об объемах запасов, добытых объемов и остатках руды.

В статье «The BIM-enabled geotechnical information management of a construction Project» [10] авторы показывают важность стратегии внедрения геотехнических функций в BIM-системах. Такую интеграцию предлагается делать путем централизации геотехнических данных и арендным пользованием этими данными обычными пользователями. Геотехнические данные включают в себя данные фактических исследований, их обработку и оцифрованные результаты. Это позволит сделать модель здания более завершенной в части его жизненного цикла. В настоящий момент такие работы ведутся для строительства гидроэлектростанции генерации энергии.

В статье «Towards efficient BIM use of geotechnical data from geotechnical Investigations» [11], авторами сказано, что такие преимущества BIM-систем, как стандартизация, возможности управлять большим потоком данных объекта строительства, могут быть распространены на геотехнические работы, если их также внести в функции BIM-систем. Да, в этом случае изменятся традиционные процессы геотехнических работ. Но уже сейчас имеются предпосылки для внедрения геотехнических функций в BIM-систему -

уже имеются типы файлов с оцифрованными данными по шурфам, рельефам, составам грунтов, такие файлы называются IFC. Авторами осуществлен эксперимент по созданию (из этих имеющихся данных) трехмерной модели грунта, которую можно использовать в BIM-системе. Авторами также сравниваются составы работ в процессе работы с геотехническим циклом строительства здания как по традиционной технологии, так и с помощью BIM-системы.

В статье «A BIM-based framework for automatic numerical modelling and geotechnical analysis of a large-scale deep excavation for transportation infrastructures» [12], авторы указывают, что несмотря на широкое использование BIM-систем в строительстве здания на протяжении всего его жизненного цикла, данная система пока не используется в геотехническом цикле. Основным преимуществом BIM-систем является визуализация всех данных хода строительства, но она не позволяет оценить и управлять рисками подземного строительства и другой фазы геотехнического основания здания. Авторами предлагается разработка подсистемы автоматического анализа геотехнических данных, полученных из полевых исследований. И на основе этих данных можно генерировать решения о конструкциях здания. Для этого авторами создается модуль на языке программирования, который нацелен на реализацию автоматического анализа геотехнических данных. Роль BIM-системы в этом случае представляется в виде банка данных. Полученные результаты автоматически отправляются обратно в BIM-систему, где используются уже для управления ходом подземных работ. Авторы настаивают на актуальности такого решения для городских проектов со сложной подземной структурой зданий, так как рядом находятся другие здания и развитая сеть инженерных городских сетей.

В статье «Building Information Modelling for Application in Geotechnical Engineering» [13], авторы указывают на то, что возможность использования геотехнических данных в BIM-системе позволяет осуществить упорядочивание геотехнического цикла строительных работ. В настоящее время, геотехнические данные в большинстве случаев представлены в плоском виде, что затрудняет их понимание и интеграцию в средах трехмерного моделирования строительных объектов. Это вносит проблему в производственный обмен данными между специалистами. В статье дается описание попытки рассмотреть различные пути преобразования плоских данных о геотехнике в трехмерные данные, главным образом для последующего их использования в BIM-системах. Одной из актуальных задач является передача из BIM-системы в программу для расчета методом конечных элементов и обратно. В настоящее время такой расчетной программой является Plaxis3D. Авторами приводится пример здания, расположенного в Малайзии (укрепление подпорной стены). Данные созданы и отправлены в форматах AGS, и CVS и IFC (конструкция фундамента). Авторы настроены на дальнейшую работу по выстраиванию более удобного и простого обмена форматами для обеспечения более легкого функционирования геотехнического модуля в BIM-системе.

В статье «Case Studies and Challenges of Implementing Geotechnical Building Information Modelling in Malaysia» [14] авторы задались целью создания трехмерной геотехнической модели грунтов для интеграции ее в BIM-систему. Рассмотрено ее поэтапное создание в таких программах, как Автокад и Civil 3D. Показывается создание нескольких слоев грунтов и их объединение. Говорится о больших сложностях во внедрении геотехнических функций в BIM систему в Малайзии. Однако говорится, что успешные примеры внедрения и применения дают настолько положительные результаты, что они оправдывают затраченные усилия.

В статье «Development of Data Integration and Sharing for Geotechnical Engineering Information Modeling Based on IFC» [15], авторы указывают на стремительный рост цифровизации геотехнических данных, однако, имеется проблема совместимости этих данных с системами BIM. Данные систем BIM стали обще принятым стандартом для обмена данными между информационными системами строительной отрасли. Но до сих пор нет массового и прямого обмена между их данными и геотехническими. В настоящее время идет бурный рост строительства инфраструктурных объектов, которые затрагивают и широкое

применение геотехнических данных. Авторами данной статьи предлагается сделать интеграцию по схеме «Подключил и заработал».

В статье «Digitalization and BIM in geotechnics – opportunities and challenges» [16], отмечена важность применения BIM для государственного строительства, в особенности, инфраструктурных объектов. Для внедрения геотехники в BIM необходимо оцифровать данные шурфов и преобразовать их из плоских в объемные изображения. При этом, необходимо обеспечить некое упрощение для избегания перегрузки системы. В любом случае, усиление геотехнических функций BIM даст положительный результат. На рис. 1 представлена логика управления геотехническими работами в BIM-системе путем обмена данными с внешними специализированными программами с функциями геотехнических работ.

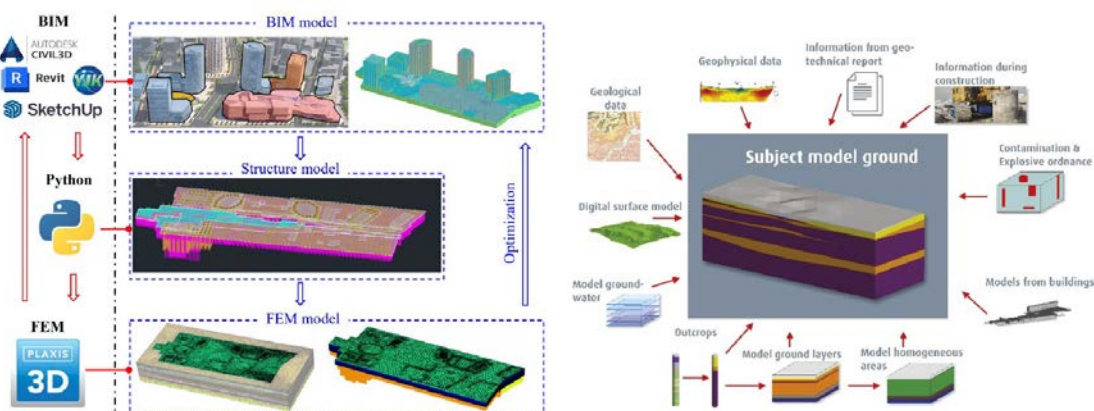


Рис. 1 - Логика управления геотехническими работами в BIM

В статье «Building Geo-Database for Geotechnical Properties of Thi-Qar Governorate Area Using Modern Digital Techniques» [17], сообщается, что использование геотехнических функций в BIM-системе улучшает работу системы. При этом указывается на то, что геотехнические функции должны быть реализованы в программе, которая должна работать централизованно на уровне государства. Пользователи могут запрашивать информацию из нее.

В статье «From Geotechnical Data to GeoBIM Models: Testing Strategies for an Ex-Industrial Site in Turin» [18], показан пример из итальянского города Турин на примере реконструируемого промышленного здания в жилое. Авторы нацелены на поиск решения наименее затратной интеграции данных геологических и геотехнических исследований с системой BIM. Авторами предложены четыре методики, но их результаты требуют дальнейшей доработки.

В статье «Geotechnical engineering and process of digitalization – BIM modeling» [19] авторы настаивают на том, что геотехнические функции системы BIM актуальны скорее для заглубленных конструкций, где грунт является определяющей средой работы будущей конструкции и влияет на принятие решений. При том, что системы BIM начали существовать с 1997 года, геотехнические функции до сих пор не внедрены. На рис. 2 представлена реализация данного процесса.

В статье «Geotechnical interpretation of the geological structure of loess covers in Lublin region» [20], авторами показан пример оцифровки данных геотехнических исследований здания в польском городе Люблин.

В статье «The Introduction of MSE Wall Elements into the BIM Technology: The S7 Skomielna Biala - Chabowka Project of an MSE Abutment in Poland» [21] показан пример создания в системе BIM подпорной стены реального участка дороги S7 Skomielna Biala – Chabowka в Польше. Приведен учет геотехнических параметров конструкции в системе BIM.

В статье «Integrated spatial geotechnical and geophysical evaluation tool for engineering projects: A 3D example at a challenging urban environment in the city of Athens, Greece» [22]

авторы разрабатывали средство для преобразования геотехнических данных из плоского формата в трехмерный. Работу вели для объекта, расположенного в Афинах (Греция). Целью является автоматическая трансформация данных, пригодных для дальнейшего использования их в BIM-систему. Перевод из плоского в объемное представление построено на алгоритмах статистической обработки имеющихся данных плоских геологических карт характеристик грунтов.

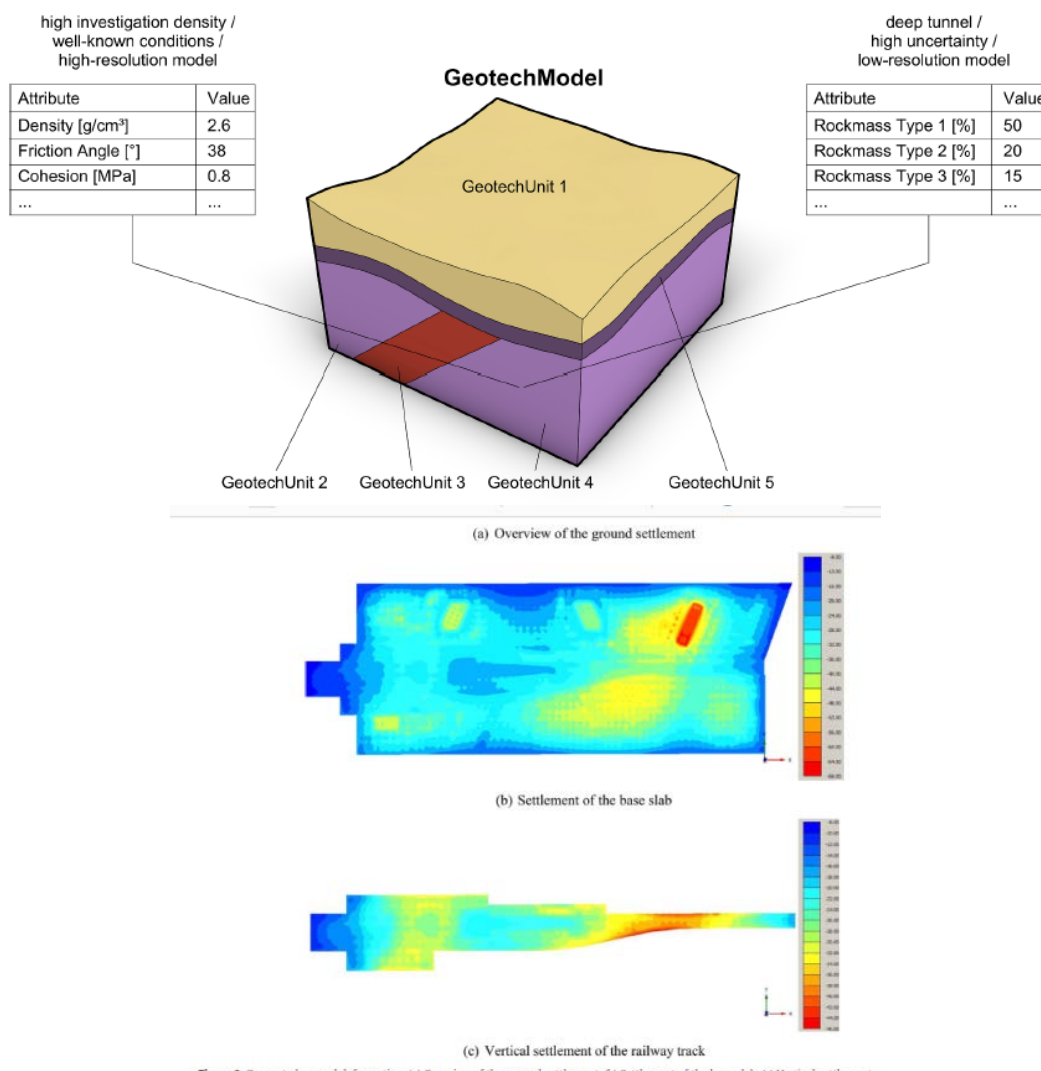


Рис. 2 - Логика формирования данных геотехнических работ в BIM

В статье «Numerical simulation and diagnosis geotechnical parameters of historical buildings in Najran City, Kingdom of Saudi Arabia» [23] представлено исследование здания архитектурного памятника в Саудовской Аравии (г. Наджран). Производилось геотехническое обследование, данные которого были внесены в компьютер, создана модель. Данная модель была испытана в комплексе анализа методом конечных элементов PLAXIS 3D. По результатам анализа были выполнены изменения по улучшению модели. Затем эта модель с улучшениями будет использована в BIM-системе при реконструкции здания.

В статье «A novel approach towards automated derivation of two-dimensional numerical models from geotechnical building information models (BIM)» [24] авторами разрабатывался инструмент, предназначенный для извлечения геотехнических данных из BIM-системы и

использования их для анализа. В BIM системе такие данные присутствуют в настоящее время, в плоском виде. Для анализа грунтов и заглубленных сооружений методом конечных элементов необходимо иметь объемное изображение. Авторами разрабатывается инструмент для быстрого преобразования имеющихся данных в объемное изображение.

В статье «Потенциальные риски в практике геотехнического моделирования строительных объектов в период действия международных санкций» [25], авторами приводятся функциональные возможности различных систем анализа геотехнических данных. Как вывод – российским разработчикам инженерного программного обеспечения необходимо срочно разработать аналоги программ, так как все существующие программы для инженерного анализа геотехнических объектов – разработаны за рубежом недружественными странами.

В статье «Reinforced Soil Structures: From Standard Design to BIM» [26], авторами представлена модель усиленной стены в BIM-системе. Данная конструкция отлична от обычной конструкции в том, что включает в конструктивную часть – большой массив грунта. Характеристики этого грунта влияют на характеристики всего объекта в целом. Представлен ход составления модели.

### **Анализ мирового опыта интеграции геотехнических функций в BIM-систему**

#### *Целесообразность использования геотехнического модуля в BIM:*

- масштабность подземных геотехнических строительных работ;
- мониторинг осадок в процессе эксплуатации;
- мониторинг состояния конструкций с целью ремонта и других строительных работ.

#### *Способы организации строительства с помощью BIM-геотехника:*

- установка дополнительных цифровых ориентиров во время цикла строительства;
- согласование испытательных геотехнических работ с основными проектными в одной системе строительства здания;
- возможность учета графика и поправок всех земляных работ в одной платформе;
- возможность увязывания всех подземных работ в единый комплекс других работ по возведению здания [27].

#### *Польза:*

- 1) возможность связывать все работы в единую систему и контролировать их выполнение по срокам, и условиям работы;
- 2) возможность описывать особенности работ;
- 3) в объектах, относящихся к подземным или горным, горная среда является необходимой структурной частью и поэтому должна быть внедрена и учтена с множеством особенностей, с большей степенью детализации.

#### *Проблемы:*

- 1) возможно излишнее усложнение системы;
- 2) возможно увеличение потребности в вычислительных мощностях и сложности интеграции;
- 3) необходимость дополнительных кадров программистов и геотехников в штате;
- 4) в объектах с фундаментами неглубокого заложения или простыми по конструкции данный модуль в полной его функциональности лишь чрезмерно усложнит систему и управление системой.

#### *Перспективы:*

- 1) совершенствование: создание простых механизмов интеграции подземных конструкций в BIM;
- 2) упрощение интеграции: повышение возможности использования геотехнических данных для расчета прямо в системе, а не для графического фонового сопровождения;
- 3) масштабы использования: в первую очередь следовать реальным потребностям инженеров-строителей, а не силовым образом навязывать или запрещать использование.

Возможно, что некоторым инженерам даже в малых зданиях удобнее управлять всем циклом строительных работ. А работникам горной отрасли или строителям тоннелей достаточно использовать проверенные временем инструменты. Навязывание инструмента лишь замедлит его полезное внедрение.

*Способы внесения геотехнических данных в BIM-систему:*

- сложные вычисления по преобразованию из двумерной карты в трехмерную;
- упрощение трехмерной модели грунта до минимально необходимой детализации;
- использование общегородской карты геотехнических данных;
- нанесение карты по принципам, существующим сейчас для геотехнических исследований и плоских карт.

Результаты анализа представлены в табл. 1.

Основной задачей данного исследования является ответ на вопрос – поможет ли строителям дополнение функционала BIM-системы функциональным модулем геотехнических расчетов и операций? Если поможет, то в каких случаях и как это будет реализовываться. Мы рассмотрели, как авторы других стран смотрят на использование BIM в геотехнике и разработали рекомендации, представленные в табл. 2.

В настоящее время ситуация следующая:

- BIM – архитектурная часть - абстрактная часть, в которой не учитываются физические свойства объекта;
- программы конечно-элементного анализа – только расчетная часть, при этом не учитывается архитектура. Также по результатам этого анализа конструктор лишь получает вывод о проблемных местах. Оптимизацию конструкции конструктор делает своими силами;
- BIM является не программой, а единой средой для соединения программ различных функций в одну единую систему [29].

Таблица 1

Результаты анализа по содержанию геотехнических работ цикле строительства объектов разных типов

Тип геотехнического объекта	Объем земляных работ	Ведущая характеристика технологического процесса	Участие модели BIM в эксплуатации объекта
Фундамент неглубокого заложения	Незначительный	Внешний вид	Нет
Фундамент глубокого заложения	Средний	Осадка конструкций	Да
Модификация грунтов	Незначительный	Внешний вид	Нет
Тоннель	Высокий	Безопасность	Да
Подземное сооружение	Высокий	Безопасность	Да
Подпорные стены	Незначительный	Внешний вид	Нет
Памятник архитектуры	Средний	Осадка конструкций	Нет
Горный рудник/шахта	Высокий	Безопасность	Да

*Что это дает организаторам строительства:*

- управление всем циклом строительных работ;
- улучшение детализации управления процессами строительных работ за счет централизации и возможности дополнять информацию.

*Если такой системы не будет и она останется как сейчас, что будет:*

- объекты подземного строительства могут строиться не так быстро;
- сами по себе возможности современных компьютерных программ и аппаратных средств постоянно расширяются и позволяют интегрироваться в один связанный комплекс.

Построение таблицы с организацией и технологией геотехнических работ и возможностями BIM-геотехники [28].

Таблица 2

## Рекомендации по содержанию BIM с функциями модуля геотехники

Вид модуля BIM	Содержание модуля	Степень наполнения
Модуль расчета методом конечных элементов	Расчет конструкций здания совместно с грунтом	Полученные данные дополняют возможность анализа длительной работы здания в зависимости от свойств грунта
Архитектурная часть	Представление внешнего вида подземной части конструкций здания. В том числе, для использования в модуле ППР	Конструкции подземной части полностью включены в цикл управления строительством и эксплуатацией объекта
Проект производства работ (ППР)	Автоматический расчет длительности работ на основе данных о внешнем виде конструкции и характеристиках грунта. Генерация примечаний в модель об условиях проведения работ.	Выбранное оборудование, инструмент, расходные материалы. Передаются в коммерческий отдел и производственно-диспетчерский
Данные с результатами испытаний грунтов	Использование данных в расчетном модуле и модуле ППР	Автоматическое занесение в реестр путем экспорта из измерительного оборудования

## Выводы

Выводы о возможностях применения и путях развития интеграции BIM-системы и модуля геотехнических функций:

- геотехнический модуль в BIM в настоящее время присутствует как обмен данными между результатами обработки геотехнических данных в специализированных программах (Lira, Plaxis, Abaqus и подобные) и базой данных об основном объекте;

- геотехнический модуль BIM сложный в построении и поэтому целесообразен в использовании для проектов, где имеется сложная и обширная работа с подземной частью, либо сам объект является подземным;

- геотехнический модуль в BIM при создании здания без наличия предварительных обследований грунта, представляет аналогичное, с натурными обследованиями, фрагментарное представление о структуре грунта, полученное по шурфам;

- внесение более обширных и полных данных о структуре грунтов под объектом требует массива научных исследований с привлечением дополнительных методов исследований, научной верификации данных, что увеличивает стоимость в несколько раз;

- для организации строительства объекта, использование геотехнического модуля BIM позволит получить следующие полезные преимущества: привязать замечания по безопасности или видам технологий для проведения работ, отслеживать объемы выполненных работ, непрерывно связать последовательность работ землеройных и по возведению подземной части;

- соприкосновение с геотехникой в BIM осуществляется только в момент расчетов на прочность в отдельном модуле инженерного анализа конструкций. В самом основном разделе BIM определяющим является архитектурный раздел, без учета прочностных характеристик. Однако BIM является системой работы полного цикла с объектом, поэтому каждая из подсистем должна иметь равные права.



**Библиографический список**

1. Понявина Н.А., Попова М.Е., Андреева К.А., Мищенко А.В. Внедрение BIM-технологий как основной путь совершенствования строительной отрасли // Строительство и недвижимость. - 2020. - № 3 (7). - С. 115-119.
2. Мищенко В.Я., Горбанева Е.П., Косовцева И.А. Информационное моделирование процессов энергосбережения в области проектирования, строительства и эксплуатации // Научный журнал строительства и архитектуры. - 2023. - № 1 (69). - С. 80-92.
3. Селезнева А.С. Технология информационного моделирования в геотехнике // В сборнике: Инновационное развитие информационных систем и технологий в гидрометеорологии. сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2022. С. 69-73.
4. Иванушь И.В. К вопросу о создании цифровой трехмерной инженерной геологической модели территории для получения полного цикла BIM // Актуальные научные исследования в современном мире. - 2020. - № 11-4 (67). - С. 126-131.
5. Организация строительства и девелопмент недвижимости  
Бенуж А.А., Бижанов А.Х., Болотин С.А., Дадар А.Х., Бутырин А.Ю., Верстина Н.Г., Волков А.А., Волков Р.В., Гинзбург А.В., Грабовый К.П., Грабовый П.Г., Гребенщиков В.С., Гусакова Е.А., Доан З.Х., Иванов А.В., Казарновский В.А., Король Е.А., Король О.А., Кулаков К.Ю., Лукинов В.А. и др. Учебник в двух частях / Том 1 Организация строительства. (4-е издание переработанное и дополненное) Москва, 2018.
6. Болдырев Г.Г., Идрисов И.Х., Редин А.В., Дивеев А.А. BIM геотехника и перспективы ее развития в Российской Федерации // "Геотехника" Том XII, № 4/2020.
7. Georg H. Erharter, Jonas Weil, Lisa Bacher, Peter Kompolschek. Building information modelling based ground modelling for tunnel projects - Tunnel Angath/Austria // Tunnelling and Underground Space Technology. – 2023, February.
8. Olga Vanessa Palacio Pacheco, Gustavo Cadena Carrillo, Eberto Rafael Ortega Sinning, Angélica, Patricia Vanegas Padilla. Geotechnical Zoning of the Soils of the City of Valledupar Using a GIS // Journal of Building Technology, 2023, Volume5, Issue1.
9. Johannes Horner Jonas Weil Jennifer Betancourt Andres Naranjo. Rock Mass and Structural Modelling for The Large Open Pit Gold Mining Project in the Northern Andes, The La Colosa Project // Conference: SlopeStability Australian Centre for Geomechanics (ACG), The University of Western Australia. At: Brisbane, Australia 2013.
10. Junqiang Zhang, Chonglong Wu, Yuzhu Wang, Yan Ma, Yong Wu and Xiaoping Mao. The BIM-enabled geotechnical information management of a construction project // Computing volume 100, pages47–63 (2018).
11. Mohamad El Sibaii UnivJosé Luís Granja UnivLui Bidarra Miguel Azenha April. Towards efficient BIM use of geotechnical data from geotechnical investigations // Journal of Information Technology in Construction №27 2022 DOI:10.36680/j.itcon.2022.019.
12. Chao Shi, Yunfei Jin, Hu Lu, Jiangwei Shi. A BIM-based framework for automatic numerical modelling and geotechnical analysis of a large-scale deep excavation for transportation infrastructures // Intelligent Transportation Infrastructure, Volume 2, 2023.
13. Alfrendo Satyanaga, Gerardo Davin Aventian, Yerkezhan Makenova, Aigerim Zhakiyeva, Zhuldyz Kamaliyeva, Sung-Woo Moon and Jong Kim. Building Information Modelling for Application in Geotechnical Engineering // Infrastructures 2023, 8(6), 03.
14. Min Lee Lee, Yee Linn Lee, Sxue Liang Goh, hai Hoon Koo, See Hung Lau and Siaw Yah Chong. Case Studies and Challenges of Implementing Geotechnical Building Information Modelling in Malaysia // Infrastructures 2021, 6(10), 145.
15. Jiaming Wu, Jian Chen, Guoliang Chen, Zhe Wu, Yu Zhong, Bin Chen, Wenhui Ke, and Juehao Huang. Development of Data Integration and Sharing for Geotechnical Engineering

Information Modeling Based on IFC // Hindawi Advances in Civil Engineering Volume 2021, Article ID 8884864, <https://doi.org/10.1155/2021/8884864>.

16. Adegbite, Joseph Taye, Adeoti Lukumon<sup>1</sup>, Johnson, Temitayo Olatilewa, Anukwu, Geraldine Chibuzor, Adeleke Taofik, Suan Sunandha. Subsurface Integrity Assessments of a Proposed Plaza Building at Oniru Lekki, Lagos, South-western Nigeria, Using Geoelectrical and Geotechnical Methods of Investigations // Science and Technology Journal December 2022.

17. Kasim A.Abed Al-Abas, Sophia R. Al-timimy, Kamil Y. Husain. Building Geo-Database for Geotechnical Properties of Thi-Qar Governorate Area Using Modern Digital Techniques // IMDC-IST 2022 DOI: 10.4108/eai.7-9-2021.231491.

18. Arianna Fonsati, Renato Maria Cosentini, Chiara Tundo and Anna Osello. From Geotechnical Data to GeoBIM Models: Testing Strategies for an Ex-Industrial Site in Turin // Buildings 2023, 13(9), 2343; <https://doi.org/10.3390/buildings13092343>.

19. Ivan Vaníček, Jan Pruška, Daniel Jirásko, Martin Vaníček. Geotechnical engineering and process of digitalization – BIM modelling // E3S Web of Conferences 363, 2022.

20. Krzysztof Nepelski. Geotechnical interpretation of the geological structure of loess covers in Lublin region architecture civil engineering environment // The Silesian University of Technology No. 3/2023.

21. Fabrizia Trovato. The Introduction of MSE Wall Elements into the BIM Technology: The S7 Skomielna Biala - Chabowka Project of an MSE Abutment in Poland // Conference: ISSMGE International Journal of Geoengineering Case Histories October 2022.

22. Christos Orfanos, Konstantinos Leontarakis, George Apostolopoulos, Ioannis Zevgolis. Integrated spatial geotechnical and geophysical evaluation tool for engineering projects: A 3D example at a challenging urban environment in the city of Athens, Greece // Conference: Sixth International Conference on Engineering Geophysics, Virtual, October 2021.

23. Gamil M. S. Abdullah, Ahmed Abd El-Aal, Ahmed E. Radwan, Hezam Al-Awah. Numerical simulation and diagnosis geotechnical parameters of historical buildings in Najran City, Kingdom of Saudi Arabia // Scientific Reports volume 13, Article number: 16968 (2023).

24. London Johannes, Beck Sascha Henke. A novel approach towards automated derivation of two-dimensional numerical models from geotechnical building information models (BIM) // Conference: 10th European Conference on Numerical Methods in Geotechnical Engineering June 2023 DOI:10.53243/NUMGE2023-28.

25. Мамонтов Артем Олегович, Полити Виолетта Валерьевна. Потенциальные риски в практике геотехнического моделирования строительных объектов в период действия международных санкций // «Отходы и ресурсы» <https://resources.today> Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling 2023, Том 10, № 1/2023, Vol.10, Iss.1.

26. F Trovato<sup>1</sup>, G Intrevado<sup>1</sup>, P Pezzano<sup>1</sup>, G Lugli<sup>1</sup>. Reinforced Soil Structures: From Standard Design to BIM // 7th EuroGeo Conference IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 2022, №1260.

27. Кукина О.Б., Волокитин В.П., Волков В.В., Ким М.С., Чунихина А.С. Методология и эксперименты по проектированию грунтовых подушек на основе слабых грунтов // Строительная механика и конструкции. - 2022. - № 4 (35). - С. 82-91.

28. Разводовский Д.Е., Шулятьев С.О., Ставницер Л.Р. Применение BIM в геотехнике // Жилищное строительство. - 2018. - № 11. - С. 3-8.

29. Васильчикова Е.В., Потехин И.А. Разработка имитационной модели оценки конкурентоспособности девелопера // Высокие технологии в строительном комплексе. - 2018. - № 2. - С. 7-13.

**I.A. POTEKHIN, M.G. DOBROSOTSKIKH, N.A. PONYAVINA,  
M.A. SOTNIKOVA**

**DEVELOPMENT OF THE ORGANIZATION OF EARTHWORKS  
BY STRENGTHENING GEOTECHNICAL FUNCTIONS IN BIM**

*Potekhin Igor A., Candidate of Economic Sciences, Manager of the innovative business incubator named after Prof. Yu.M. Borisov, Voronezh State Technical University*

*Dobrosotskikh Maxim G., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Technology, Construction Organization, Expertise and Real Estate Management", Engineer of the Academy of Development of the Construction Complex, Voronezh State Technical University*

*Ponyavina Natalia A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Technology, Construction Organization, Expertise and Real Estate Management", Voronezh State Technical University*

*Sotnikova Maria A., student of the group gr. zbEUN-201, Voronezh State Technical University*

The article highlights the problem of the development of the organization of earthworks due to the strengthening of geotechnical functions in the BIM system. The influence of this problem on the organization of construction and operation of a real estate object is investigated. The influence of geotechnical functions on the operation of a BIM-system is investigated. The experience of scientists on the implementation and implementation of these functions of the BIM-system is considered. The possibility of using BIM in deep-laying and mining facilities is considered. Further ways of development are considered. The functions of existing information systems for geotechnical surveys and the probable functions when they are implemented in a BIM system with integrated geotechnical modules are compared. The analysis of the experience was carried out, during which the construction of a table with the organization and technology of geotechnical work and the capabilities of BIM geotechnics was carried out.

Based on the analysis, recommendations were formed to improve the life cycle management of a real estate object in a BIM environment with integrated geotechnical functions. The recommendations are made taking into account the expediency of application, depending on the type of object, the complexity of the excavation technology used, the degree of influence of geotechnical factors on the life cycle of the real estate object. The recommendations are presented in the form of a matrix table, on the basis of which the general contractor will be able to make a decision on the choice of excavation technology, structures of the underground part of the building and ensure their defect-free and rhythmic production.

**Keywords:** object life cycle, geotechnical works, BIM, construction organization, numerical modeling, geotechnical modules

## Технология и организация строительства

УДК 621.791

**Д.И. ЕМЕЛЬЯНОВ, Е.Г. РУБЦОВА, С.В. МАСЛОВ**

### ИССЛЕДОВАНИЕ СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СВАРКИ ТЕПЛОУСТОЙЧИВЫХ СТАЛЕЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

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

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

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

Изучено влияние выбора материалов при проектировании и возведении промышленных объектов с учетом основных параметров металлоконструкций - надежности и долговечности, оказывающих определяющее значение на экономические затраты в течении жизненного цикла зданий и сооружений.

Представлены результаты исследований сварных металлоконструкций из теплоустойчивой стали 12ХМ, предназначенной для изготовления строительных конструкций, трубопроводов, деталей и элементов оборудования атомных электростанций.

В статье представлены результаты исследования сварочно-технологических свойств сварочных материалов, химического анализа наплавленного металла, механических испытаний металла сварного шва, а также металлографических исследований сварных соединений.

**Ключевые слова:** строительство, атомные станции, жизненный цикл, металлоконструкции, надежность, долговечность, автоматическая сварка, механические испытания, металлографические исследования

#### Введение

При проектировании и возведении промышленных объектов важно учитывать внешние воздействия на здание, а также особенности того производства, которое будет в нём размещено. Одним из самых важных моментов является выбор материалов. В наше время нередко для возведения промышленных объектов используются металлоконструкции, которые сумели очень хорошо зарекомендовать себя в этой роли.

В процессе строительного проектирования любого промышленного сооружения закладывается теоретическая надежность его конструкции, а в процессе изготовления металлоконструкций должна быть обеспечена физическая надежность каждого элемента. В особенности это относится к сооружениям, характеризующимся повышенными требованиями к надежности и долговечности в связи со сложностью и опасностью технологических процессов, в них реализующихся - в частности, именно такими сооружениями и являются атомные электростанции

Таким образом, надежность и долговечность - это основные параметры сооружений, которые обуславливают качество конструктивных элементов зданий.

Уверенность в этих параметрах предопределяет длительную нормальную безаварийную эксплуатацию сооружения на протяжении жизненного цикла сооружения с наименьшими затратами на ремонт или на его восстановление.

### Постановка задач исследования

В процессе эксплуатации сооружений, выполненных из металлоконструкций, неизбежно происходит деградация свойств материалов во времени, что ведет к постепенному ухудшению характеристик материалов относительно проектных значений.

Основная проблема сварных металлоконструкций из теплоустойчивых хромомолибденовых сталей, которые наиболее широко применяются при строительстве объектов атомной энергетики, - внезапное хрупкое разрушение без заметных предварительных деформаций [1, 2]. Приведенная проблема вызывает большие сложности при выполнении технологических процессов по монтажу данных металлоконструкций, вследствие восприятия конструкциями динамической нагрузки при производстве строительно-монтажных работ. Современные тенденции к снижению материало- и энергоемкости, усложнению металлоконструкций и условий их эксплуатации (химическая или радиационная агрессивность, отрицательная температура окружающей среды и др.) предопределяют возрастание рабочих напряжений в конструкции, и, несомненно, увеличивают опасность возникновения аварийных разрушений. В связи с этим возрастает потребность в материалах с более высокой прочностью и пластичностью. Однако, известно, что эти две характеристики металла зависимы друг от друга – увеличение одного параметра неизменно приводит к уменьшению другого. В условиях электродуговой сварки, вследствие значительного перегрева расплава выше температуры плавления и направленного теплоотвода в околошовные участки, в металле шва формируется крупнозернистая, ориентированная, низкопластичная структура и возникают остаточные сварочные напряжения. Поэтому зона сварных соединений является наиболее опасным и вероятным местом начала хрупкого разрушения металлоконструкций [1].

Тщательный подбор сварочных материалов – марок флюсов, сварочной проволоки, проведение предварительного подогрева и последующей термической обработки, позволяет снизить риски развития хрупкого разрушения, в том числе и для проблемных в плане сварки хромомолибденовых сталей.

Согласно требованиям НП 104-18 «Сварка и наплавка оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок» [3], для автоматической сварки теплоустойчивых хромомолибденовых сталей (марка 12ХМ) применяются флюсы марок ФЦ-11 и ФЦ-16 (т.е. плавленые), но из-за особенности и уникальности линий производства прямошовных сварных труб, где на сварочных станах применяется система сбора и рециркуляции флюса, применение плавленых флюсов невозможно. Поэтому изучение возможности замены плавленых флюсов на керамические является актуальным.

Целью настоящей работы является исследование механических характеристик и качества сварных соединений, выполненных из теплоустойчивой стали марки 12ХМ, сваренной проволокой марки Св-08ХМ в сочетании с отечественным керамическим флюсом марки ФЦК-16, разработанного научным центром РФ ОАО НПО «ЦНИИТМАШ».

В соответствии с утвержденной программой испытаний керамического флюса марки ФЦК-16 разработки АО «НПО «ЦНИИТМАШ» (ТУ 27.50.09.038-2012) были проведены следующие исследования:

- проверка сварочно-технологических свойств;
- определение химического состава металла сварного шва;
- механические испытания на статическое растяжение при нормальной и повышенной температурах;
- испытания на статический изгиб;
- испытания на ударный изгиб;
- металлографические исследования.

### Методика и оборудование

Для проведения комплекса испытаний были использованы контрольные сварные соединения, выполненные на пластинах из стали 12ХМ размером 1000×500×12 мм с использованием проволоки марки Св-08ХМ. Для исследований была выбрана опытная партия (№ 1/32-04/2021) керамического флюса ФЦК-16, производства ООО НПП «Электродфлюсмаш» (ТУ 27.50.09.038-2012). Сварку выполняли одной сварочной дугой на источнике питания LAF 1001 со сварочной головкой марки А2SF 1J SAW.

На стальных пластинах были подготовлены разделки кромок, используемые для сварки прямошовных труб и обеспечивающие полное проплавление и геометрические параметры сварного шва при выполнении автоматической сварки (эскиз разделки - рис. 1а, внешний вид пластин с разделками - рис. 1б). Разделка выполнялась на линии производства труб механическим способом на кромко-фрезерном станке (КФС). Сварка образцов выполнялась с предварительным подогревом основного металла до температуры 150 °С.

Автоматическая сварка контрольных сварных соединений выполнялась в нижнем положении на токе обратной полярности проволокой Ø 3,0 мм марки Св-08ХМ под флюсом марки ФЦК-16 на режимах, представленных в табл. 1.

Таблица 1

Режимы автоматической сварки под флюсом контрольных сварных соединений

Диаметр электрода, Ø, мм	Ток сварки, I <sub>св</sub> , А	Напряжение, U, В	Скорость сварки, V <sub>св</sub> , м/ч	Вылет электрода, l <sub>э</sub> , мм
3,0 (1 проход)	450-500	28-30	20-30	27-32
3,0 (Заполняющие и облицовка)	480-530	30-32	20-30	27-32

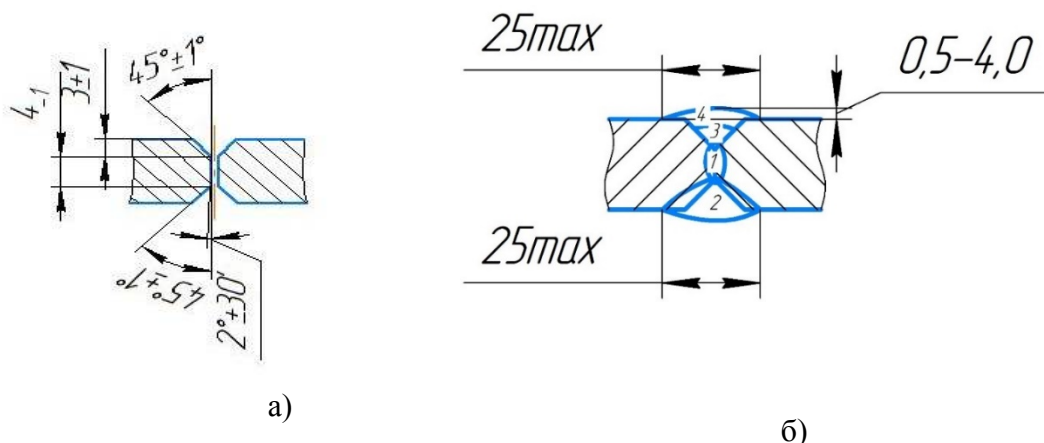


Рис. 1 - Схемы разделки кромок и наложения сварных швов: а) эскиз разделки пластин; б) схема наложения валиков при односторонней многопроходной автоматической сварке

Выполненные контрольные сварные соединения были подвергнуты термической обработке по параметрам режима высокотемпературного отпуска, указанным в табл. 2.

Таблица 2

## Режим термической обработки

Вид термообработки	Температура посадки в печь, °С	Нагрев, °С	Скорость нагрева, °С/час	Время выдержки, мин	Охлаждение, °С/час
Высокотемпературный отпуск	Не более 300	710±20	Не более 200	60	Не более 300 до 300° дальнейшее охлаждение на спокойном воздухе

В процессе выполнения контрольных сварных соединений осуществлялась проверка сварочно-технологических свойств исследуемых материалов: легкость зажигания и стабильность горения дуги, отделимость шлаковой корки, правильность формирования наплавленного валика, наличие или отсутствие на поверхности наплавленного металла видимых дефектов.

## Результаты исследований

В результате исследований установлено, что флюс ФЦК-16 обладает приемлемым уровнем сварочно-технологических свойств. При выполнении сварки контрольных сварных соединений с применением указанного флюса процесс сварки протекал стабильно, при этом наблюдалось самопроизвольное отделение шлаковой корки.

Флюс ФЦК-16 обеспечивает хорошее формирование наплавленного валика, обеспечивая заданные геометрические параметры сварного шва. На поверхности металла сварного шва отсутствуют трещины, поры, «побитости», шлаковые включения и прочие дефекты.

Внешний вид выполненных контрольных сварных соединений представлен на рис. 2.



Рис. 2 - Внешний вид контрольного сварного соединения стали марки 12ХМ, выполненного проволокой Св-08ХМ в сочетании с керамическим флюсом ФЦК-16

Химический анализ изготовленных образцов (проводится в Центр коллективного пользования при ВГТУ - с использованием спектрометра эмиссионного СПАС-0,2) показал, что состав металла сварных швов полностью соответствует требованиям НП-105-18 «Правила контроля металла оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок при изготовлении и монтаже» [4] и аналогичен химическому составу металла

сварного шва, получаемому с использованием плавящего флюса марки ФЦ-11. Сравнительный анализ химического состава металла сварных швов приведен в табл. 3.

Таблица 3

Сравнительный анализ химического состава металла сварных швов, выполненных под флюсами марок ФЦ-11 (требования НП-105-18 [4]) и ФЦК-16

Наименование образцов и руководящих документов	Марки сварочных материалов		Массовая доля элементов, %							
	Проволока	Флюс	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	S	P
Требования НП-105-18	Св-08ХМ	ФЦ-11	0,04-0,11	0,15-0,45	0,4-0,8	0,8-1,2	≤0,30	0,4-0,7	0,030	0,030
Образец исследуемого металла сварного шва	Св-08ХМ	ФЦК-16	0,06	0,33	0,7	0,98	0,126	0,572	0,005	0,025

Из контрольных сварных соединений, выполненных под флюсом марки ФЦК-16 на пластинах из стали 12ХМ, после проведения термической обработке в соответствии с ПНСТ 454-2020 «Трубы стальные для изготовления оборудования и трубопроводов атомных станций» [5], были изготовлены стандартные образцы для испытаний.

Требования НП-104-18 [3] при контроле механических свойств металла шва, а также результаты испытаний металла швов контрольных сварных соединений на статическое растяжение при нормальной и повышенной температуре представлены в табл. 4.

Требования ПНСТ 454-2020 [5], предъявляемые к показателям ударной вязкости металла шва и результаты испытаний контрольных сварных соединений на ударную вязкость представлены в табл. 5, а внешний вид испытанных образцов показан на рис. 3.

Таблица 4

Значения механических свойств металла сварных швов, выполненных сварочной проволокой марки Св-08ХМ в сочетании с керамическим флюсом ФЦК-16

Наименование образцов и руководящих документов	Марки сварочных материалов		Механические свойства (после сварки)				
			+20°С			+350°С	
	Проволока	Флюс	R <sub>m</sub> , МПа	R <sub>p</sub> <sup>0,2</sup> , МПа	A, %	R <sub>m</sub> , МПа	R <sub>p</sub> <sup>0,2</sup> , МПа
Требования НП 104-18	---	---	Не менее				
			430-550	245	22	430-550	157
Исследуемые образцы металла сварных швов	Св-08ХМ	ФЦК-16	605	517	27,7	602	502
			612	523	25,2	598	496

Характеристики прочности и пластичности изучаемого сварного шва при повышенной температуре +350° и при температуре +20° имеют практически одинаковые значения, потому что сталь 12ХМ – относится к классу теплоустойчивых сталей и имеет мелкозернистую структуру при высоких температурах из-за образования тугоплавких включений хрома и молибдена, которые препятствуют росту зерна.



Таблица 5

Результаты исследований на ударную вязкость металла сварного шва, выполненного под керамическим флюсом марки ФЦК-16

Наименование образцов и руководящих документов	Флюс	Температура, °С	Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup>
Требования ПНСТ 454-2020 (для основного металла труб)	ФЦ-11+ Св-08ХМ	+20	≥59
Исследуемые образцы металла сварных швов	ФЦК-16+ Св-08ХМ	КСV (+20°С), Дж/см <sup>2</sup>	183
			171
			158
			176
			185
	ФЦК-16+ Св-08ХМ	КСU (+20°С), Дж/см <sup>2</sup>	197
			193
			196
			176
			200

\*На одном образце допускается снижение ударной вязкости на 9,8 Дж/см<sup>2</sup>.

Ударная вязкость (согласно п. 10.4.2 ПНСТ 454-2020 [5]) определяется как среднее арифметическое значение результатов испытаний трех образцов. Таким образом, показатели ударной вязкости составляют для сварных соединений, выполненных под флюсом марки ФЦК-16 в сочетании с проволокой марки Св-08ХМ, по среднему арифметическому значению результатов испытаний пяти образцов составляют:

- КСV (+20°С), 174 Дж/см<sup>2</sup>;
- КСУ (+20°С), 192 Дж/см<sup>2</sup>.



Рис. 3 - Внешний вид образцов металла сварных швов после проведения испытаний по определению ударной вязкости

Оба показателя отвечают требованиям ПНСТ 454-2020 [5]. Изломы вязкие, мелкокристаллические, матовые, разрушение происходит по телу зерна.

Испытания контрольных сварных соединений на статический изгиб. Данные, полученные в результате испытаний контрольных сварных соединений на статический изгиб, представлены в табл. 6. Внешний вид испытанных образцов показан на рис. 4. Полученный угол испытания 180°, трещины отсутствуют.

Таблица 6

Результаты испытания образцов сварного соединения из стали 12ХМ на статический изгиб

Наименование образцов	Марка флюса	Временное сопротивление $R_m$ , МПа	Статический Изгиб
Требование ПНСТ 454-2020	ФЦ-11+ Св-08ХМ	430-550	160 °
			160 °
Исследуемые образцы сварного соединения	ФЦК-16+ Св-08ХМ	605 612	160 °
			160 °

На основании анализа полученных данных можно сделать вывод, что механические свойства металла швов при сварке под керамическим флюсом марки ФЦК-16 не уступают свойствам металла шва, полученного при сварке под плавным флюсом марки ФЦ-11, и существенно превышают требования НП-104-18, НП-105-18, ПНСТ 454-2020.



Рис. 4 - Внешний вид испытанных на статический изгиб образцов сварных соединений

В результате металлографических исследований образцов контрольных сварных соединений, выполненных под флюсом марки ФЦК-16 было установлено:

- металл швов имеет плотную литую структуру;
  - на макрошлифах отсутствуют трещины, подрезы, прожоги, и непровары;
- Макрошлифы исследуемых сварных соединений показаны на рис. 5.



Рис. 5 - Макрошлифы контрольных сварных соединений

### Выводы

В рамках настоящей работы были проведены комплексные исследования сварных соединений, изготовленных из стали марки 12ХМ, в сочетании с проволокой марки Св-08ХМ с использованием керамического флюса марки ФЦК-16, в ходе которых было

показано, что сварные соединения отвечают всем установленным нормативно-техническим требованиям атомной энергетики.

Керамический флюс ФЦК-16 и проволока Св-08ХМ является удовлетворительным сочетанием сварочных материалов для сварки сталей теплоустойчивого класса, при соблюдении всех требований при сварке (подогрев, термообработка). Флюс ФЦК-16 обладает сварочно-технологическими свойствами не ниже, чем у импортных аналогов, что позволяет рекомендовать его использование для автоматической сварки трубопроводов и конструкций при строительстве объектов атомного надзора.

### Библиографический список

1. Патон Б.Е. Современные направления повышения прочности и ресурса сварных конструкций // Автоматическая сварка. – 2000. - № 9-10. - С. 3-9.
2. Болдырев А.М., Дорофеев Э.Б., Антонов Е.Г. Управление кристаллизацией металла при сварке плавлением // Сварочное производство. - 1971. - № 6. - С. 35-37.
3. НП 104-18. Сварка и наплавка оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии./ Ростехнадзор .- М.: 2018.- 248 с.
4. НП-105-18. Правила контроля металла оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок при изготовлении и монтаже. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии./ Ростехнадзор .- М.: 2018.- 106 с.
5. ПНСТ 454-2020. Трубы стальные для изготовления оборудования и трубопроводов атомных станций. Общие технические условия. /Стандартинформ.- М.: 2020.- 27 с.

**D.I. EMELYANOV, E.G. RUBTSOVA, S.V. MASLOV**

### RESEARCH OF WELDING MATERIALS FOR WELDING HEAT-RESISTANT STEELS IN THE CONSTRUCTION OF NUCLEAR POWER PLANTS

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

*Rubtsova Elena Grigoryevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

*Maslov Sergey Vladimirovich, student, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

The influence of the choice of materials in the design and construction of industrial facilities is studied, taking into account the main parameters of metal structures - reliability and durability.

The results of studies of welded metal structures made of heat-resistant steel 12ХМ, intended for the manufacture of building structures, pipelines, parts and elements of equipment of nuclear power plants, are presented.

Studies of welding and technological properties of welding materials, chemical analysis of the deposited metal, mechanical tests of the weld metal, as well as metallographic studies of welded joints were carried out.

**Keywords:** construction, nuclear power plants, life cycle, metal structures, reliability, durability, automatic welding, mechanical testing, metallographic studies

УДК 691.55

**Д.В. ТОПЧИЙ, А.С. ТАНКЕЕВ, T.L. NGUYEN****ТОРКРЕТИРОВАНИЕ: ИСТОРИЯ И ПУТИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ**

*Топчий Дмитрий Владимирович, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Испытания сооружений» ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Россия, г. Москва*

*Танкеев Александр Семенович, кандидат архитектурных наук, доцент, заведующий кафедрой «Градостроительства», ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

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

В ходе работы проведен исторический обзор изобретения и формирования видов штукатурных смесей, а также формирования технологии торкретирования. Выполнен анализ рецептов и основных способов нанесения торкрет-смеси. Изучены преимущества данной технологии по сравнению с другими классическими покрытиями.

Проанализированы перспективы дальнейшего развития технологий, связанных с оштукатуриванием ограждающих конструкций.

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

**Ключевые слова:** торкретирование, история штукатурки, гидратация цемента, кинетическая энергия, адгезия, прочность торкрет-бетона, способы наброски цементно-песчаной смеси, сухое и мокрое торкретирование

**Введение**

Одним из краеугольных камней строительства с древних времен являлась штукатурка, она выполняет функции выравнивающего, защитного слоя, а также часто является и финишным декоративным покрытием. То есть, по существу, выполняет функции триады, являясь и конструктивом силовой части конструкции, задает форму конечной поверхности, и в некоторых случаях является финишной декоративной поверхностью. Так же функциональность штукатурки часто заключается в создании звукоизоляционного, теплоизоляционного и иногда виброгасящего покрытия, данные функциональные возможности зависят от множества факторов, включая толщину покрытия, подготовленное основание, газовые включения при подготовке материала и, соответственно, сам состав материала и специальные функциональные добавки – фиброволокна, армирующие хлопья и прочее. При механизации процесса нанесения штукатурки возникло множество различных технологий, одной из которых явилась технология торкретирования.

Данная технология делится на два способа – сухое и мокрое торкретирование. При мокром торкретировании готовая затворенная водой цементно-песчаная смесь под давлением насоса подается в специальное сопло и осуществляется наброска на подготовленную поверхность. Сухое торкретирование включает обычно аэротранспорт сухой сыпучей смеси по гофропроводу, также отдельно подается вода, и, соответственно, в распылительной форсунке осуществляется смешивание и затворение смеси, начинается частичная гидратация цемента. Далее сформированная трехфазная газо-жидкостно-твердая смесь набрасывается на поверхность.

## Древние способы оштукатуривания поверхностей

Свойства штукатурки определяют ее возможности по защите, выравниванию стен, созданию звукоизолированных помещений. В древние времена штукатурка обеспечивала конструктивные силовые характеристики, препятствуя проникновению влаги в помещение. Также при совмещении зон содержания животных вблизи основной жилой зоны она препятствовала распространению нежелательных запахов.

История штукатурки уходит корнями в древние времена. Венецианские штукатурки были «рождены» в Древнем Риме, однако, если рассматривать их как конструктивное, а не художественное назначение, то лидерство в создании нужно отдать Древнему Египту: там есть поверхности датируемые до 7000-летней давности. Основным составом на тот момент штукатурки применялись гипс и глина, которые впоследствии подвергались обжигу.

Гипс добывается прямой горной выработкой и состоит, в основном, из сульфата кальция. Гипс применяется как вяжущее, многократно набухая, вплоть до образования коллоидного раствора, последующая гидратация позволяет присоединять до 8 объемов воды к 1 объёму гипса. Наличие глины обеспечивает однородность смеси и последующую прочность и гидрофобность поверхности. Таким образом, достигается необходимая вязкость и способность форм удержания, что также явилось основой развития первобытной посуды и других кухонных и бытовых вещей. Глина в основном применялась как шпатлевка, а при добавлении гипса – данную смесь можно было использовать как штукатурку. В древнем Египте применялись в основном только гипс и глина как основные сырьевые источники, и только спустя тысячелетия в рецептуру штукатурок стали вводить известь и кварцевый песок, а также различные структурообразователи, наполнители и прочие функциональные добавки [6, 9, 10].

Именно рецептура штукатурки подверглась в средние века самому большому преобразованию. Было изучено влияние яичного желтка на прочность поверхности, такими же укрепляющими свойствами обладает готовая поверхность при добавлении древесного угля, рисового молочка и других растительных компонентов. Множество добавок были для создания цвета в массе материала, что при художественном применении породило целое направление художников и мастеров самого высокого уровня. Применялись даже ароматические масла, что позволяло получать поверхности помещений обладающими слабым, но долго выделяемым запахом, что так же имело антисептические свойства и могло применяться в санитарных помещениях [1]. Есть даже неподтвержденная информация о применении таких составов в Египетских знаменитых термах. Однако до современного мира данные составы так и не дошли, и многие секреты штукатурок, возможно, пропали безвозвратно, хотя развитие аналитического спектрального оборудования и методик анализа состава материалов в будущем еще сможет удивить нас громкими открытиями.

Одним из важных изменений в составе штукатурки было в 19 веке в России, тогда в состав гипсово-глинистой смеси ввели цемент, что стало основой нового направления в строительстве [2].

Основа рецептуры, содержащем цемент, нашла свое распространение в различных новых рецептурах, содержащих известь, смолы, а также множество других компонентов: органические и неорганические кислоты, высокомолекулярные гели, крупку помола щебня, органические красители, ПАВы и много другого.

Современные покрытия могут представлять собой готовые модульные композиции, которые, устанавливаясь по принципу мозаики, способны создавать единообразное покрытие. Данные покрытия нашли свое распространение в направлении монолитных штукатурных покрытий, которые могут образовывать повторяющийся декоративный рисунок, содержать поверхностные декоративные включения или образовывать гладкий слой с имитацией под камень [7].

Существует классическое понятие штукатурной смеси, при этом закладывается понимание применения штукатурки исключительно для выравнивания поверхности, устранения путем наполнения возникших дефектов, подразумевая дальнейшее финишное покрытие. В связи с этим основными закладываемыми свойствами в штукатурке являются адгезия к старым материалам или так называемому основанию, что дает возможность для дальнейшей механической обработки, а также обеспечивает высокую адгезию для дальнейшего нанесения финишного покрытия. Но самым главным требованием к классической штукатурке должна быть экономическая составляющая, т.к. техническое пространство имеет значение не менее существенное, чем помещения с финишной отделкой. Также к классической штукатурке предъявляются требования морозоустойчивости, так как часто технические помещения часто являются не отапливаемыми и предъявляют к помещению, в основном, высокие механические требования.

Таким образом, технические помещения, несмотря на их явную второстепенность, требуют подхода не менее ответственного чем чистовые помещения с финишной отделкой. Также необходима подготовка поверхности, грунтовка, установка маячков, соблюдение уровня, и температурных и влажностных характеристик [8].

Упаковка готовых штукатурных смесей осуществляется в многослойные бумажные мешки различного веса, в основном от 5 до 50 кг. В качестве гидросорбирующего компонента в рецептуре штукатурки применяется известь.

Штукатурка в сухом виде в герметичном пакете может храниться практически неограниченное время, и для ее активации в нее добавляют воду в количестве 25 % от общей массы смеси. Полученную массу тщательно размешивают до однородной консистенции и далее, вручную или механически (возможно автоматически – торкрет установками), набрасывается на подготовленную поверхность, после чего выравнивается до необходимых геометрических параметров готовой поверхности. В результате первой наброски материала формируется первичный наполняющий слой, впоследствии может наноситься вторичный или даже третичный наполняющий слой, а конечные слои, кроме наполнения, осуществляют выравнивающие функции.

Изучая историю штукатурки, можно отметить, что рецепт ее дошел до современного мира практически в неизменном виде. Единственное видимое изменение в штукатурке коснулось, как ни странно, социальной сферы – в древности штукатурка была доступна только элите и отличала строения высшего сословия от низшего. Таким образом мы подходим к понятию – «Венецианская штукатурка».

Поиски источников возникновения этой штукатурки уходят в Древний Египет и Италию, хотя некоторые источники прослеживают еще более ранние следы такого покрытия.

Особенностью рецептуры венецианской штукатурки, дошедшей к нам из Италии эпохи возрождения найдена добавка пыли мрамора. По другому ее называли жидким мрамором. Суть названия была заложена во внешнем виде получаемого покрытия, которое отличалось гладкостью, более похожей на гладкое стекло. Текстура штукатурки больше похожа на натуральный камень [16].

Такое покрытие даже в современном времени говорит о статусе помещения и вызывает повышенное внимание. Несмотря на то, что венецианское покрытие является дорогим и выразительным, ее применяют не всегда уместно, более правильно и выразительно данное покрытие смотрится на мраморных колоннах, высоких стенах, просторных помещениях с большим количеством света, чтобы отразить все великолепие в полной мере.

Подобие декоративной штукатурки находили на стенах древних дворцов в Египте, Греции, ими отделывали внутренности гробниц, пирамид фараонов. В древности в штукатурные смеси в качестве натуральных красителей добавляли даже кровь. Одним из таких ярких примеров построек в Древней Индии был «Розовый город», в состав штукатурок входили пигменты крови [15].

В древних записях были найдены свидетельства изобретения декоративной штукатурки, когда мастер каменщик, случайно замесив известь с мраморной крошкой, замостил такой смесью щели в каменной кладке. Каково же было его удивление, когда высохшая поверхность заблестела необычно красиво.

Особую роль в рецептуре штукатурки играл греческий философ Теофраст. Очень много его работ посвящено различным рецептурам штукатурки и способам ее нанесения, однако, несмотря на их многочисленность, добавление мраморной крошки тогда использовано не было, оно появилось несколько позднее [14].

В Помпеях также были свидетельства применения декоративных штукатурок. Пик применения декоративных штукатурок, отличающихся высокой гладкостью, текстурой натурального камня, бесшовностью продолжался до самого падения Римской Империи. Далее наступили темные времена для ремесленничества, и многие секреты и распространение этой удивительной штукатурки было предано забвению на долгие века, практически до современного времени.

Кроме красивого внешнего вида венецианской штукатурки, она обладала рядом преимуществ, таких, как легкость в использовании и нанесении, что снижало несущую нагрузку на здание. Она обладает высокой влагостойкостью и даже некоторыми антисептическими свойствами. Возможность создания бесшовной поверхности создавало также звукоизолирующую поверхность.

### **Изобретение технологии торкрет-бетонирования**

Торкретирование - это способ нанесения на поверхность бетонных или железобетонных конструкций слоя бетона или других строительных растворов (штукатурки, глины). Нанесение строительного раствора осуществляется с применением сжатого воздуха, отдельной подачи воды и специальной распыляющей головки.

Понятие бетона давно вошло в обиход строительных работ, его пластичность и прочность составили основу строительного производства. Более широкое применение бетона началось после применения армирования, так же долгое время необходимость опалубки сдерживало развитие области применения бетона.

Но все изменилось с изобретением торкрет-пушки. В 1909 году она была спроектирована и использовалась для производства объёмных фигур животных, по заказу натуралиста Карла Акели.

Первое здание из торкрет-бетонной пушки было построено специально для Всемирной выставки 1893 года и не планировалось для долговременного использования, а представлялось как экзотика. Качество фасада этого здания было невысоким и вскорости фасад стал осыпаться, однако, департамент парков Чикаго потребовал провести ремонтные работы и восстановить его внешний вид. В то время помощник мастера по декоративным изделиям Кларенс Дьюи занимался покраской бутафорских валунов, предназначенных для другой композиции. В работе Дьюи использовал собранный Эйкли распылитель крашеного гипса, работающий под давлением сжатого воздуха. Занятый мыслями о ремонте, директор неожиданно предложил им использовать это приспособление для покраски наружных стен музея. В июне того же года Эйкли представил Скиффу довольно простой агрегат, собранный из подручных средств и названный им «шпаклёвочная пушка». Аппарат состоял из двух сосудов на повозке, в одной из которой находилась вода, в другом - сухая смесь. Под давлением воздуха штукатурка подавалась в шланг, в конце которого находилась форсунка, в которую также подавалась вода. С первого раза машина проработала не менее часа, прежде чем шланг закупорился. Фасад был обновлён, однако, дальше этого дело в тот раз не пошло.

Эйкли продолжал совершенствовать аппарат, при этом неоценимую помощь оказал не кто иной, как президент США Теодор Рузвельт, с которым он познакомился вскоре после

африканского сафари. Патент цементной пушки был получен Эйкли 9 мая 1911 года. В русском языке запатентованный процесс известен как торкретирование.

Презентация на Нью-Йоркской выставке сделала изобретение известным, и оно стало широко применяться строителями со всего мира. Технология продолжала совершенствоваться и к 1915 году перешагнула Атлантику, по праву считаясь уже всемирной. Известно, что к 1950 году было произведено порядка 5000 торкрет-установок. Во многих странах стали появляться множественные фирмы, производящие и обслуживающие такие системы. Однако, в соответствии с патентом оставалось головное предприятие, обеспечивающее контроль за выпуском установок и настройки основных режимов работы.

В последние годы резко вырос ассортимент выпускаемых смесей для торкретирования – появились огнеупорные смеси, смеси с добавлением различных армирующих волокон, фибрами.

### **Виды торкретирования – «сухое» и «мокрое»**

Технология торкретирования получила два основных направления развития - «сухое» и «мокрое». Оба этих направления имеют свои особенности и могут более полно применяться в своих строительных категориях. В этой связи оба эти направления имеют право на независимое развитие.

#### *«Сухое» торкретирование*

Сухие сыпучие компоненты поступают отдельно тарным или бестарным способом на производственную площадку, засыпаются в специальный бункер для сыпучих компонентов и далее, с помощью сжатого воздуха в гофротрубе, подаются к распыляющей форсунке. Также отдельным шлангом к распыляющей форсунке подается вода, смешивание и частичное затворение смеси происходит в форсунке в процессе набрызга, форсунка позволяет регулировать данные соотношения, а так же настраивать факел распыла. Большое значение имеют множество входных параметров – температура воды, воздуха в компрессоре, агрегатное состояние сухой смеси и, самое главное, – опыт оператора торкрет-машины. От его мастерства зависит равномерность нанесения смеси, ее плотность, количество отскока материала и, соответственно, продолжительность работы форсунки без остановки на прочистку [5, 13]. Данный метод характеризуется очень высокой скоростью нанесения материала, что формирует более высокое уплотнение и адгезию по сравнению с мокрым торкретированием, что создает более прочную поверхность при равных составах смеси. Так же сухое торкретирование позволяет осуществлять массовую работу торкрет-установок, позволяя подвозить сухую смесь непрерывно грузовыми машинами и обеспечивать на порядок большую производительность, что востребовано в тоннелях метрополитена и других горных выработках. При этом отсутствует необходимость предварительного замешивания и создания растворного узла. Кроме того, при данном методе на порядок меньше забивается оборудование, что позволяет создавать практически непрерывные условия работы. Однако существенным недостатком данного метода является отскок материала, который может составлять до 30 %. В силу начавшейся гидратации цемента и нарушения соотношения материалов в той фазе, что отскочила от поверхности и является невозвратной, это существенно влияет на экономику технологии [11,12].

#### *«Мокрое» торкретирование*

Осуществляется с помощью предварительно подготовленного раствора, который подается в форсунку специальным насосом. Скорости движения частиц тут значительно меньше, чем при «сухом» торкретировании, при этом цементно-песчаная смесь более полно гидратирована и имеет однородную консистенцию. Наносить такой раствор, особенно специалисту без профильного образования, значительно удобнее: меньше отскок, и



материал, не попавший на набрасываемую поверхность, является возвратным. Он может быть заново помещен в загрузочный бункер. При этом не требуется регулировать и контролировать множество параметров работы оборудования. Однако плотность готового торкрет бетона значительно ниже. Кроме того, значительно меньше длина подающего рукава, что также ограничивает размер площади нанесения материала без дополнительного перемещения оборудования. Требуется более тщательное контролирование головки торкрет-машины от засорения.

### **Подготовка поверхности**

Подготовка является важным этапом в технологии торкретирования. Поверхность очищается, по возможности грунтуется, что обеспечивает максимальную адгезию набрасываемой смеси на поверхность. При необходимости устанавливается арматура, организуется технологический доступ к поверхности, защищаются поверхности, не предназначенные для нанесения торкрет-смеси, наиболее тщательно защищаются места хрупкие и способные повредиться отскакиваемым материалом, особенно при сухом торкретировании.

Подготовку можно разделить на следующие этапы:

- 1) очистка от прослабленного старого покрытия – куски штукатурки, бетона, сыпучий старый слой;
- 2) удаление слабо адгезионного слоя – грязь, коррозия;
- 3) просечение поверхности для увеличения площади контакта;
- 4) проточка трещин с целью увеличить внутреннее пятно контакта их внутренней части с набрасываемым материалом;
- 5) производится армирование поверхности – закрепляется арматура, устанавливается соответствующая сетка, причем допускается использование не только металлических материалов, но и полимерных;
- 6) установка контрольных маячков для формирования контура финишного слоя;
- 7) грунтование поверхности, что обеспыливает и упрочняет слой контакта поверхности с наносимой цементно-песчаной смесью, что создает условия максимальной адгезии, а также уменьшает поглощение влаги поверхностью, что увеличивает время контакта свободной влаги в торкрет-смеси, обеспечивая более полную гидратацию цемента, и соответственно, большую прочность готовой поверхности [3, 4].

### **Этап нанесения смеси**

Современные составы торкрет-смесей различаются по составу функциональными добавками, которые могут обеспечивать дополнительные защитные свойства как по прочности, так и по морозостойкости.

Одним из важных параметров, контролируемых при торкретировании, является температура, причем контролируются температуры подаваемой воды и воздуха – они должны быть не менее +50°C, а также температура подготовленной поверхности для нанесения. Температура определяет качество процесса – оптимальная гидратация цемента, образования необходимого количества центров кристаллизации смеси. Температурные колебания недопустимы, так как они могут приводить к разрушению образующихся кристаллических решеток при структурировании. Нанесение материала осуществляется послойно с выдержкой между слоями до начала структурообразования (до 3-4 часов), максимальная толщина слоя определяется визуально по отсутствию сползания материала.

В рецептуре торкрет смеси могут вноситься специальные добавки, ускоряющие или

замедляющие схватывание материалов и, соответственно, гидратацию цемента. Осуществляется контроль давления в трубопроводах и расхода материалов [17, 20].

Уход за свежей торкрет-поверхностью осуществляется на начальных этапах структурирования так же, как и за любой бетонной стяжкой, осуществляется путем увлажнения поверхности, с исключением перепадов температур, особенно при отрицательных температурах.

На этапе частичного структурирования допускается частичная обработка готовой поверхности – удаление наплывов, шлифовка.

### **Практическое применение технологии торкретирования**

Торкретирование, по сравнению с нанесением классической штукатурки, имеет ряд преимуществ.

Набрасывание торкрет-бетона можно осуществлять на неровные, округлые поверхности, которые не удобны для нанесения штукатурки вручную.

Получаемый торкрет-бетон является более прочным по сравнению со штукатуркой. В процессе торкретирования водоцементное соотношение обычно варьируется от 0,35 до 0,5 по массе, что меньше, чем у другого бетона. Заявленная прочность на сжатие находится в диапазоне от 20 до 50 Н/мм<sup>2</sup> [18, 19].

Основные направления применения торкретирования:

- Укрепление проходок в тоннелях метро и горных породах.
- Ремонт железобетонных конструкций, усиление и восстановление бетонных поверхностей.
- Герметизация поверхностей.
- Создание защитного покрытия при эксплуатации поверхности при высоких температурах – для огнеупорных поверхностей, для защиты от агрессивной среды или среды с высоким содержанием солей.
- Создание защитного архитектурного или декоративного покрытия, в т. ч. при сложных архитектурных формах.
- Укрепление откосов, при устройстве и креплении грунта на железнодорожных путях, для предотвращения сползания грунтов.
- Для многих нетиповых задач укрепления поверхности.

### **Выводы**

Торкретирование уверенно заняло свою позицию и достойное место в технологии строительства. Торкретирование находит свое применение как для создания новой, отличающийся повышенной прочностью, так и для восстановления существующих конструкций. Производители оборудования непрерывно совершенствуют технологию торкретирования, что постоянно модернизирует и облегчает проведение данных работ. Уменьшается доля отскока при сухом торкретировании, увеличивается конечная прочность покрытия, ускоряется этап выполнения работ [21-25].

Стоимость оборудования превышает часто десятки миллионов рублей, но даже сейчас десяти-двадцати кратное ускорение при оштукатуривании поверхности окупает единовременные затраты практически за один сезон. Развитие производства оборудования создает здоровую конкуренцию и позволяет развивать отрасль. Также на развитие отрасли серьезное значение оказывает выполнение опытно-конструкторских работ, научные исследования, которые оптимизируют как рецептурные составы, так и всю технологию в целом.

Можно с уверенностью сказать, что скорость развития технологии растет в геометрической прогрессии. Вряд ли кто-то будет сомневаться, что торкретирование во многих отраслях строительства займет лидирующее место. Выбор способа зависит от

поставленных задач и пожеланий, технических заданий заказчика. Инженерное сообщество давно признало ценность данной технологии и использует её в полной мере.

Подводя итог, можно сказать, что современные технологии, высокотехнологичное оборудование, стремление в совершенствовании как рецептуры, так и технологии несомненно приведет к прорывным решениям в области торкретирования и позволит вывести знания о процессе на новый уровень, полностью автоматизировать нанесение штукатурок на любую поверхность.

### Библиографический список

1. 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.
2. Ахмедов, М. А., Атакузиев Т. А. Исследование и применение. Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1980. – 172 с.
3. Батраков, В. Г. Модифицированные бетоны: Теория и практика [Текст] / В. Г. Батраков. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : [б. и.], 1998. - 768 с.
4. Богородицкий, Н.П. Электротехнические материалы. Учебник для вузов/ Богородицкий Н.П., Пасынков В.В., Тареев Б.М. - 7-е изд., перераб. и доп. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1985. - 304 с.
5. Бойнтон, Р.С. Химия и технология извести. М.: Издательство литературы по строительству. 1972. С. 19 – 22.
6. Брукс, Г., Линдер, Руфферт О. Торкрет-бетон, торкрет-цемент, торкрет-штукатурка / перевод с нем. - Москва, Стройиздат. – 1980. – 347 с.
7. Бутт, Ю.М., Рашкович Л.Н. Твердение вяжущих при повышенных температурах. – М.: Стройиздат. – 1965. – 240 с.
8. Бутт, Ю. М. Химическая технология вяжущих материалов: Учебник для вузов / Ю. М. Бутт, М. М. Сычев, В. В. Тимашев. - М.: Высшая школа, 1980. - 472 с.
9. Волженский, А. В. Минеральные вяжущие вещества: Учебное пособие для вузов. - 4-е издание, переработанное и дополненное / А. В. Волженский. - М.: Стройиздат, 1986. - 464 с.
10. Воробьев, Х.С. Гипсовые вяжущие и изделия. Зарубежный опыт. – М.: Стройиздат. – 1983. – 201 с.
11. Голицинский, Д.М., Маренный Я.И. Набрызгбетон в транспортном строительстве. -М. : Транспорт.-1993.- 152с.
12. Карапузов, Е.К., Лутц Г., Герольд Х., Толмачев Н.Г., Спектор Ю.П. Сухие строительные смеси, 2005 – 225 с.
13. Козлов, В. В. Сухие строительные смеси: Учебное пособие. - М.: Издательство АСВ, 2000. - 96 с.
14. Колесниченко, Л. К. К исследованию цементных растворов и бетонов при магнитной обработке воды затворения : монография / Л. К. Колесниченко, Ц. З. Горфинкель. – Москва : Южгипроцемент, 1967. – Сб. IX. – 156 с.
15. Колчеданцев, Л. М. Интенсифицированная технология бетонных работ на основе термообработки смесей : монография / Л. М. Колчеданцев. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2001. – 230 с.
16. Корнеев, В. И. Сухие строительные смеси. Состав, свойства : учеб. пособие / В. И. Корнеев, П. В. Зозуля. М.: Стройматериалы, 2010. – 318 с.
17. Невилль, А. М. Свойства бетона / Сокращённый перевод с английского канд. техн. наук В. Д. Парфёнова и Т. Ю. Якуб. — Москва: Издательство литературы по строительству, 1972. — 344 с.
18. Руководство по применению торкрет-бетона при возведении, ремонте и восстановлении строительных конструкций зданий и сооружений. – М.: ОАО «ЦНИИПромзданий», 2007. – 31 с.

19. Саусь, А.А., Панченко В.В., Оплачко В.В. Торкретирование бетона в современном строительстве. Разновидности, преимущества, сфера применения // Достижения науки и образования. 2019. № 2(43). С 36-37.
20. Сулименко, Л. М. Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе [Текст] : учеб. для вузов / Л. М. Сулименко. - Изд.4-е, перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 2005. - 334 с.
21. Алексеев, В.А., Баженова, С.И. Оптимизация бетонных составов для набрызгбетонирования при сооружении подземных конструкций // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2020. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-betonnyh-sostavov-dlya-nabryzgbetonirovaniya-pri-sooruzhenii-podzemnyh-konstruktsiy> (дата обращения: 09.09.2022).
22. Киреев, П.Б., Сапронов И.В., Гарипов М.В., Головин К.А. Перспективы развития набрызг-бетона для возведения крепей и тоннелей //Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. 2012.№.1 С.76-82.
23. Armelin, H. S. (1997). Rebound and toughening mechanisms in steel fiber reinforced dry-mix shotcrete. (PhD. Thesis), University of British Columbia, Vancouver.
24. Berra, M., Construction and Building Materials 35, 666–667 (2012). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.04.132>, Google ScholarCrossref.
25. Bérubé, S. (2017). Effect of the projection nozzle on the projected concrete bounce. (M.Sc.), Université Laval, Quebec.

## D.V. TOPCHIY, A.S. TANKEEV

### GUINTCREATING: HISTORY AND WAYS OF TECHNOLOGY DEVELOPMENT

**Topchiy Dmitry Vladimirovich**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Testing of Structures, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "National Research Moscow State University of Civil Engineering", Russia, Moscow

**Tankeev Alexander Semenovich**, Candidate of Architectural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Urban Planning, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Voronezh State Technical University", Russia, Voronezh

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

In the course of the work, a historical review of the invention and formation of types of plaster mixtures, as well as the formation of shotcrete technology, was carried out. An analysis of the recipes and main methods of applying the gunitite mixture was carried out. The advantages of this technology compared to other classical coatings have been studied. The prospects for further development of technologies related to plastering of enclosing structures are analyzed.

**Keywords:** shotcrete, history of plaster, cement hydration, kinetic energy, adhesion, strength of shotcrete, methods of casting a cement-sand mixture, dry and wet shotcrete

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

УДК 725.57:727.1:379.83

**Т.В. МАКАРОВА, А.А. ЛЫСЕНКО, Р.Н. ЗОРИН**

### **ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ВЫРАЗИТЕЛЬНОСТИ ДЕТСКОГО ДОСУГОВОГО ЦЕНТРА В АРХИТЕКТУРНОЙ ЗАСТРОЙКЕ ГОРОДА РЫЛЬСКА КУРСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Макарова Татьяна Васильевна, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

*Лысенко Анастасия Алексеевна, магистрант ФГБОУ «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

*Зорин Руслан Николаевич, старший преподаватель, ФГБОУ «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

В данной статье анализируются основные принципы обеспечения композиционно-пространственной выразительности зданий детских досуговых учреждений.

Обосновывается выбор объемно-пространственного, функционально-планировочного и цветовых решений. Перечислены основные архитектурно-конструктивные предпосылки обеспечения энергоэффективности через расчет показателя компактности. Предложены эскизные разработки цветового решения общественного здания.

**Ключевые слова:** досуговый центр, функциональная выразительность, формообразование в архитектуре, архитектурно-композиционное решение, объемно-планировочное решение, энергоэффективность, показатель компактности, архитектурная среда, колористический паспорт

#### **Введение**

Детский досуговый центр это один из наиболее востребованных социально ориентированных общественных пространств, где соединяются воедино игра и реальность, обучение и отдых, песни, танцы, рисование и многогранное семейное общение. Это комплексно организованное пространство, где ребенок будет развиваться всесторонне, социально адаптироваться, общаясь со сверстниками, и приобретать необходимые и устойчивые жизненные навыки и привычки. Ведь в процессе коллективного общения, обмена информацией и занятий крепнет чувство товарищества, возрастает степень единения, стимулируется трудовая активность. А внешний облик здания, которое посещают дети, так же должен воспитывать чувство вкуса и восприятие архитектурных образов.

Актуальность рассматриваемой темы заключается в обеспечении функциональной выразительности ДДУ на стадии разработки архитектурного проекта, при изучении различных факторов, принципов и приёмов, влияющих на функциональную образность всего спектра общественных зданий.

Немаловажным является так же обеспечение функциональности, комфортности пребывания в этом здании детей и взрослых, у них должно сохраняться желание оставаться в нем, и с интересом развивать свой кругозор, и проводить свой досуг.

Возникает вопрос: как сделать так, чтобы ребенок захотел снова и снова возвращаться в предназначенный для этого общественный центр?

Чтобы ребенок с интересом и комфортом проводил свой досуг в досуговом центре и с радостью ходил получать дополнительное образование, нужно учесть все аспекты функциональности и архитектурной выразительности. Кроме всего прочего, важным является применение методов эстетического осмысления явлений градостроительства.

### **Функциональная выразительность и функциональное зонирование**

Основными аспектами функциональной выразительности в первую очередь являются: композиция, тектоника, масштаб, пропорции, ритм, пластика объемов, форма. Проектируемое здание должно иметь архитектурно-пространственную выразительность, вписываться в окружающую застройку и гармонизировать с ней. Одним из таких примеров является знаменитый «Грудининский» детский сад (рис.1).



**Рис. 1** - Замок детства в Московской области

Детский сад носит название «Замок детства» и действительно, его форма в точности повторяет облик замка со страниц детских сказок. В здании прослеживается разноуровневая постройка, это делает детский сад объемным в пространстве. Высота башен постепенно возрастает, приближаясь к башням-доминантам, находящимся в центре композиции. Разнообразные элементы детского сада, высокие шпили, яркие цвета привлекают взгляды и в совокупности составляют функциональную выразительность здания.

Для общественных зданий характерно понятие функциональное зонирование – деление здания на зоны помещений с одним назначением и функционалом. Оно играет немаловажную роль в формировании здания в целом, влияет на конечную форму и выразительность. Было выделено три принципа функционального зонирования: вертикальный, горизонтальный и пространственный. Со временем появились и комбинированные варианты (рис. 2).

Форма детского досугового центра должна быть уместной для территории, где планируется постройка, убедительной и узнаваемой (рис. 3).

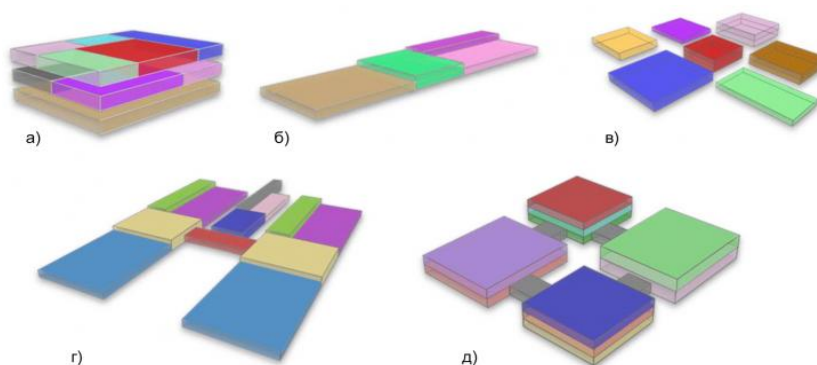
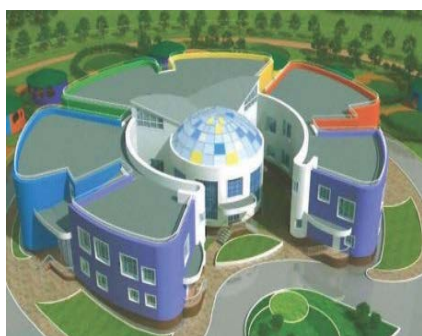


Рис. 2 - Принципы функционального зонирования: а) вертикальный; б) горизонтальный; в) пространственный; г,д)комбинированные варианты



а) Комбинированный вариант с фигурным очертанием в плане



б) Павильонный вариант с композиционной асимметрией



д) Центрический вариант с геометрически правильными формами

Рис. 3 - Примеры вариантов формы Детского досугового центра

Все вышеприведенные примеры обладают определенной неповторимостью, функциональной выразительностью и образностью в соответствии с окружающей застройкой. Они относятся к общественному типу зданий, к детским образовательным учреждениям. На это указывает яркость фасада. Каждый центр по-своему уникален, но в целом придерживается общих правил проектирования: имеется главный вход, видимый на фасаде, внутренние функциональные процессы разбиты по блокам [1].

Для определения окончательной формы детского досугового центра, необходимо выяснить компактность каждого из вариантов зданий, представленных на рис. 3.

### Предпосылки обеспечения энергоэффективности здания

На энергоэффективность зданий определяющим образом влияют и работа инженерного оборудования, и набор строительных материалов, составляющих ограждающие конструкции, и конструктивные особенности, объемно - пространственная форма здания. В рамках данной статьи интересно последнее. Чем компактнее здание по своим конструктивным особенностям, тем в наибольшей мере оно считается энергоэффективным. Оценка компактности детского досугового центра состоит в определении показателя компактности. Рассчитаем показатель компактности для каждого из сравниваемых вариантов общественных зданий, изображенных на рис. 3.

Все варианты исходно имеют одинаковую этажность, аналогичные объемно-планировочные характеристики и расчетные показатели.

Расчетный показатель компактности здания общественного центра определим в соответствии с СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [3] по формуле:

$$k_b^{des} = \frac{A_b^{sum}}{V_h}, \quad (1)$$

где  $A_b^{sum}$  - общая площадь внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций здания, м<sup>2</sup>;  $V_h$  - отапливаемый объем здания, м<sup>3</sup>.

Таблица 1

Расчет показателя компактности

Вариант а)	Вариант б)	Вариант в)
$k_b^{des} = \frac{3730,00 \text{ м}^2}{11640,00 \text{ м}^3} = 0,59$	$k_b^{des} = \frac{14784,20 \text{ м}^2}{19755,01 \text{ м}^3} = 0,65$	$k_b^{des} = \frac{9536,61 \text{ м}^2}{17828,37 \text{ м}^3} = 0,51$

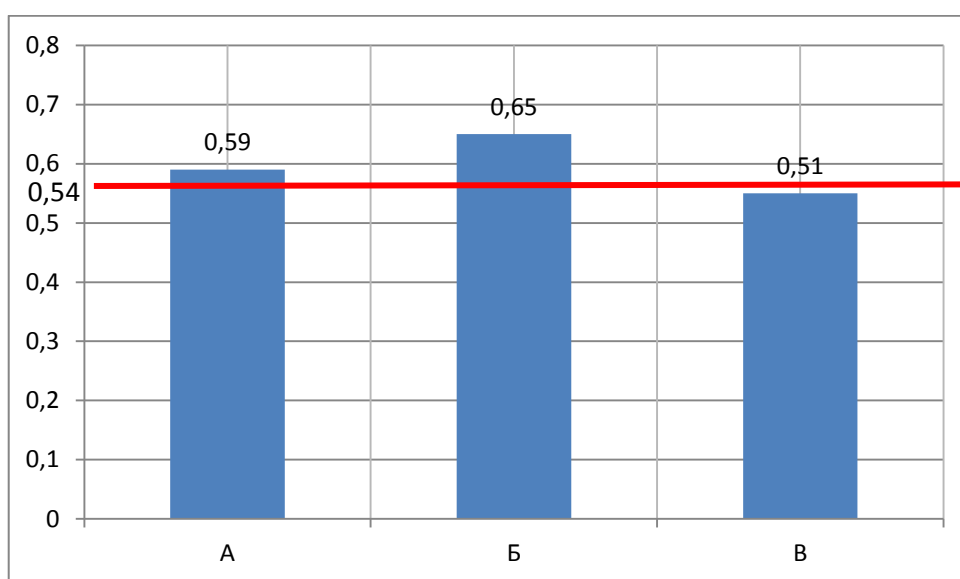


Рис. 4 - Сравнительный анализ результатов расчета

Значение расчетного показателя компактности не должно превышать значения 0,54 - для 3-этажных зданий, приведенного в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [3].

У принятых для сравнения вариантов коэффициент компактности оказался схожим ( $\pm 12\%$ ). Таким образом, предпосылки обеспечения энергоэффективности при одновременном создании архитектурно-функциональной выразительности и оригинальной объемно-пространственной конфигурации для всех рассмотренных вариантов имеются в наличии.

Преимуществами принятого варианта для дальнейшего проектирования являются также: привлекательность и функциональная выразительность в пространстве, предпосылки обеспечения организационного функционирования здания, возможность вписать объем в окружающую застройку.

Таким образом, была принята приоритетная форма ДДЦ. В основу объемно-планировочного решения легла форма шестигранника в плане, со сторонами (9x9) м. Объединив многогранники в единую композицию, был получен план, напоминающий распустившийся цветок. Было решено применить разноуровневый облик центра, поскольку в данном случае возникает пластичность фасада и здание становится еще более выразительным (рис. 3, в).



### Формообразующие конструкции

В здании ДДЦ кирпичная стеновая конструкция в совокупности с безопорным перекрытием центрального помещения зала универсального назначения на 200 человек создают конструктивную схему здания. Прочность сооружения достигается за счет:

- вертикальных элементов: пилонов, служащих поддержкой лифтового узла;
- пространственных конструкций: система металлических балок, железобетонная плита перекрытия;
- системы несущих внутренних и наружных стен.

Территория, отведенная под застройку Детского досугового центра, находится в г. Рыльске Курской обл. и занимает площадь 10 000 м<sup>2</sup>. Помимо здания ДДЦ на территории необходимо предусмотреть дополнительные зоны. Ввиду этого целесообразно применить вариант вертикального функционального зонирования, когда все функциональные зоны расположены в разных уровнях и соединены вертикальными коммуникациями (рис. 5).

Планом предусмотрены главные пути эвакуации людей в случае ЧС: помещения первого этажа имеют запасной выход на улицу, коридоры имеют ширину 3,0 м, дверные проходы - 1,2 м, входная группа оборудована дверьми «антипаника» (рис. 6).

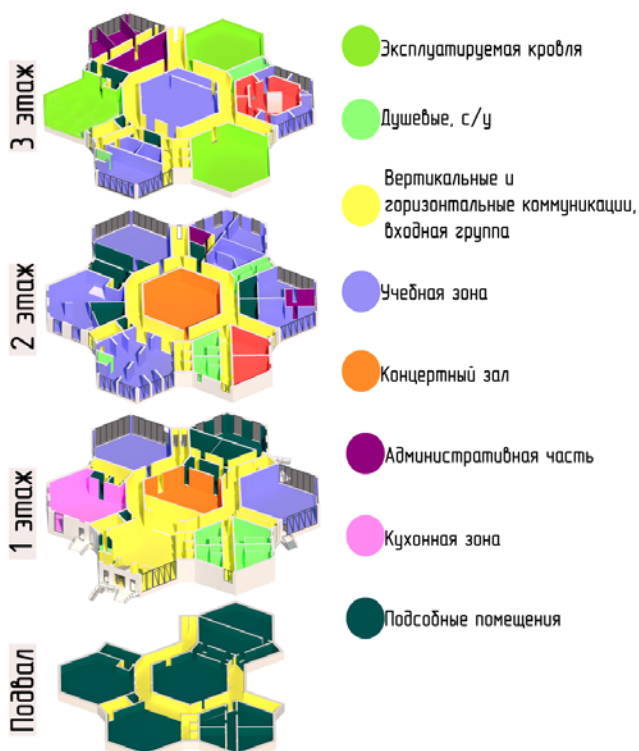


Рис. 5 - Функциональное зонирование ДДЦ

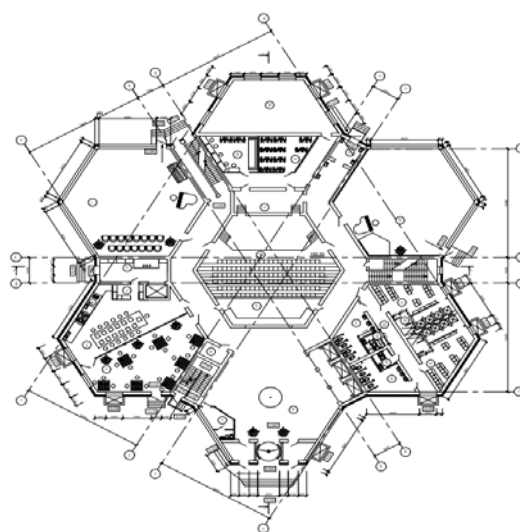


Рис. 6 - План первого этажа ДДЦ

Благодаря знаниям о функциональной выразительности, общественное здание получилось архитектурно выразительным, интересным как внешне, так и внутренне.

Универсальным для данной определенной схемы оказались принятые конструктивные решения фрагмента перекрытия над залом универсального назначения шестигранной конфигурации в плане.

Сложность заключалась в том, что шаг пространственных конструкций ограничен, и контур внутренних несущих стен имеет сложную угловатую форму. Помещение зала не предполагает наличие промежуточных поддерживающих опор, поскольку взор посетителей не должен встречать препятствий.

Перекрытием такого пространства служит железобетонная плита, опирающаяся на систему металлических балок двутаврового сечения (рис. 7).

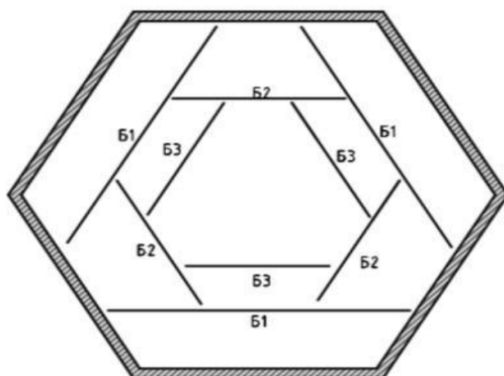


Рис. 7 - Геометрическая схема балочной клетки

### Регулирование колористики

Архитектурный облик и его цвет – это первое, что заметят люди, подойдя к строению. Здание должно быть красивым внешне и гармонично вписываться в городскую застройку. Архитектурную постройку было решено сделать в ключе места строительства, опираясь на колористику города Рыльска (рис. 8).

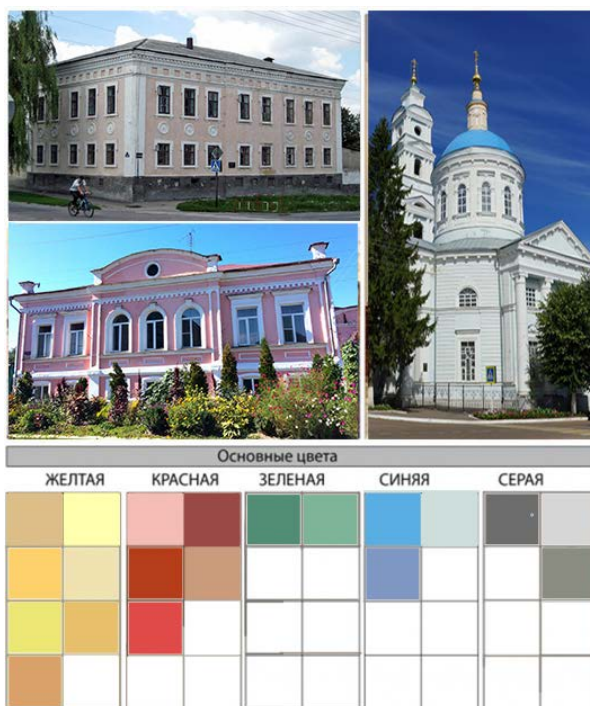


Рис. 8 - Цветовая палитра архитектурной застройки г. Рыльска

В современном градостроительстве каждая новая окраска фасадов зданий должна быть подтверждена на региональном уровне. Необходимо, чтобы цвет детского досугового центра соответствовал архитектурному решению городской постройки, находящейся вблизи от него.

Все данные по внешнему виду заносятся в колористический паспорт. Главной задачей паспорта является фиксация цветов фасадов, архитектурных деталей, цоколей, оконных переплетов, дверей, кровли, ограждений и др.

Решение по фасадам складывается из функционального назначения объекта, его местоположения, стилистики и колористики окружающей застройки, требований сбережения исторической традиции.

Результаты проделанной работы сведены в эскизный проект колористического решения фасада детского досугового центра в г. Рыльске (рис. 9).

Здание детского досугового центра вписывается в архитектурную постройку города и привлекает внимание ярким цветом своего фасада.



Рис. 9 - Эскизный проект колористического решения фасада детского досугового центра в г. Рыльске

Кроме того, значение показателя архитектурно - художественного качества детского досугового центра, согласно формуле ниже [6], приближено к эталонному: 90-100%.

$$k_i = \frac{q_i - q_i^{\text{бр}}}{q_i^{\text{эт}} - q_i^{\text{бр}}}, \quad (2)$$

где  $k_i$  - показатель оценки качества;  $q_i$  - значение абсолютного показателя;  $q_i^{\text{бр}}$  - браковочное значение;  $q_i^{\text{эт}}$  - эталонное значение [6].

### Выводы

При разработке проекта архитектурно-строительного проекта детского досугового центра для обеспечения внешней функциональной выразительности реализован широкий спектр мероприятий по нижеследующему перечню:

- отработка индивидуальной выразительной конфигурации в плане;
- обеспечение компактности планировок здания;
- реализация рационального функционального зонирования;
- соблюдение архитектурной пластики;
- отработка цветовых решений и их сочетаний;
- применение приемов сочетания нового здания с окружающей застройкой.

Важно также, что бы на всех стадиях проектирования зданий учитывались аспекты обеспечения энергоэффективности. На этапе подбора объемно-пространственной конфигурации здания заданного назначения удалось достичь приемлемого коэффициента компактности в пределах величины  $k_b^{\text{des}} = 0,51$ .

Высоким является так же показатель архитектурно-художественного качества оценки колористики проектируемого досугового центра, в условиях архитектурной застройки г. Рыльск приближающийся к эталонному значению 90 – 100% [6].

Предусмотрев все требования функциональной выразительности, энергоэффективности, колористики мы получили грамотно запроектированное, удачно вписанное в городское пространство общественное здание. Детский досуговый центр не контрастирует с окружающей средой, а гармонично включается в застройку города Рыльска и радует глаз своим внешним обликом. Всё это скажется на общем эстетическом осмыслении явлений градостроительства.

### Библиографический список

1. Макарова Т.В., Нужная А.С. Сравнение эскизных вариантных решений детских дошкольных учреждений по критериям оптимизации/ Высокие технологии в строительном комплексе. – 2018. - №2. – С.74-78.
2. Талецкая Ю.А. Основные факторы, оказывающие влияние на современные проекты детских досугово-развлекательных центров // Урбанистика. – 2018. – № 4. – С. 9 – 21;
3. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»
4. [https://edudesign.ru/color\\_part\\_1](https://edudesign.ru/color_part_1); Роль цвета в дизайне образовательных учреждений.
5. wikipedia.org
6. Гойкалов А.Н., Макарова Т.В., Семенихина А.Ю. Разработка метода оценки качества архитектурно-исторической среды//Инженерно-строительный вестник Прикаспия – 2022. – № 1 (39). – С. 73-79.
7. Макарова Т.В., Стрельникова Т.А., Дрожжина Н.В. Основные природно-климатические факторы, влияющие на выбор конструктивного и объемно-планировочного решения здания. Инженерные системы и сооружения. – 2020. – № 2 (40). – С. 104-112.
8. Макарова Т.В., Малиенко Е.А. Зависимость теплопотерь от формы здания в плане//Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. – 2015. – № 1. – С. 182-186.

**T. V. MAKAROVA, A. A. LYSENKO, R.N. ZORIN**

### **THE MAIN ASPECTS OF ENSURING THE FUNCTIONAL EXPRESSIVENESS OF THE CHILDREN'S LEISURE CENTER IN THE ARCHITECTURAL DEVELOPMENT OF THE CITY OF RYLSK, KURSK REGION**

*Makarova Tatiana Vasilevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

*Lysenko Anastasiya Alekseevna, Master's Degree, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

*Zorin Ruslan Nikolaevich, Head Teacher, Associate Professor, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

This article analyzes the basic principles of ensuring the compositional and spatial expressiveness of buildings of children's leisure institutions.

The choice of spatial, functional-planning and color solutions is justified. The main architectural and structural prerequisites for ensuring energy efficiency are made through the calculation of the compactness index. Sketch designs of the color scheme of a public building are given.

**Keywords:** leisure center, functional expressiveness, shaping in architecture, architectural and compositional solution, spatial planning solution, energy efficiency, compactness index, architectural environment, color passport

УДК 725.57

**О.А. СОТНИКОВА, Т.С. ХАЛЕЕВА, К.Д. ДМИТРИЕНКО, А.Н. ГОЙКАЛОВ****КОНЦЕПЦИЯ СЕЛЬСКОГО ТУРИЗМА НА ПРИМЕРЕ СЕЛА ВЕШАЛОВКА  
ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ**

*Сотникова Ольга Анатольевна, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

*Халеева Татьяна Сергеевна, старший преподаватель, ФГБОУ «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

*Дмитриенко Кирилл Дмитриевич, студент, ФГБОУ «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

*Гойкалов Андрей Николаевич, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

На основании анализа актуальных трендов предлагаются концепции формирования комфортной среды в области сельского туризма рекреационного пространства левобережной зоны города Воронежа.

Приведен анализ рекреационного потенциала села и прекрасного функционального и декоративного ядра – усадьбы Кожиных в центре села Вешаловка Липецкой области.

Представлена концепция туристического продукта на базе памятника архитектурного наследия с «видовыми» маршрутами, объектами инфраструктуры, системой навигации, историко-культурной информацией, предлагаемых авторами.

**Ключевые слова:** сельский туризм, сельская местность, агротуризм, экотуризм, сервис, ресурсы.

**Введение**

На сегодняшний день сельский туризм в России не является самым популярным направлением у путешественников, однако, обладает большим потенциалом для развития. Для реализации данного туристического направления необходимы концепции, позволяющие максимально эффективно задействовать разнообразные ресурсы, уникальные природные экологические условия, архитектурные и этнографические памятники.

**Преимущества и актуальность сельского туризма**

Сельский туризм - туризм, предусматривающий посещение сельской местности, малых городов с численностью населения до тридцати тысяч человек, в целях отдыха, приобщения к традиционному укладу жизни, ознакомления с деятельностью сельскохозяйственных товаропроизводителей и (или) участия в сельскохозяйственных работах без извлечения материальной выгоды с возможностью предоставления услуг по временному размещению, организации досуга, экскурсионных и иных услуг [1].

Преимущества сельского туризма для отдыхающих:

- низкая стоимость по сравнению с другими видами туризма;
- отсутствие необходимости в получении виз и оформлении документов;
- возможность получить навыки в определенных видах деятельности;
- благоприятное влияние на здоровье и самочувствие;
- необычное времяпровождение для городского жителя;
- преимущества для организаторов сельского отдыха и местных жителей;
- отсутствие необходимости в значительных материальных вложениях;

Согласно документу, принятому Правительством РФ [3], сельский туризм рассматривается в следующих аспектах:

- как средство экономического развития сельских территорий (стимулирование альтернативных форм занятости);
- возможность диверсификации экономики сельских территорий;
- одно из направлений профессиональной деятельности в сельской местности (в частности, в документе речь идет о программах профессионального обучения по направлению «Сельский туризм»).

Сельский туризм объединяет ряд подвидов туризма [4], приведенных в табл. 1.

Таблица 1

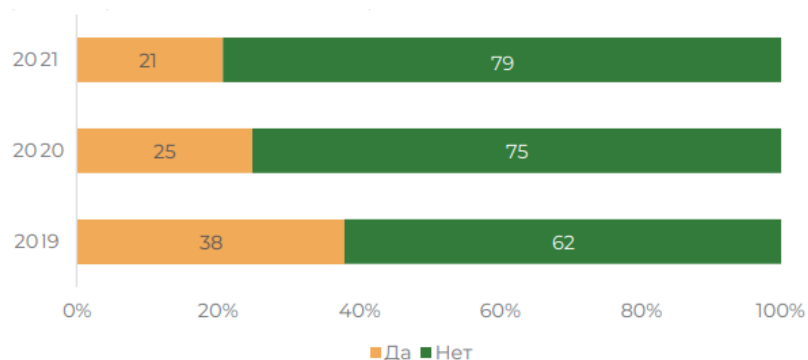
Основные подвиды сельского туризма

Вид туризма	Ключевые признаки
Агротуризм - вид туризма, реализуемый с целью рекреации и активного привлечения к традиционным формам хозяйствования	Вовлечение туристов в процессы сельскохозяйственной деятельности
Гастрономический – вид туризма, основная цель которого ознакомление с аутентичными продуктами с/х производства	Дегустация оригинальных продуктов с/х производства, кулинарное обучение
Сельский рекреационный - вид сельского туризма, осуществляемый с целью рекреации	Пребывание в благоприятной природной среде и неурбанизированной территории
Экологический - вид сельского туризма, связанный с использованием экологически благоприятных технологий	Благоприятная экологическая среда в месте пребывания и использование экологических технологий
Усадебный - вид сельского туризма, основанный на познании быта и традиций усадебной жизни	Наличие усадьбы с соответствующей инфраструктурой

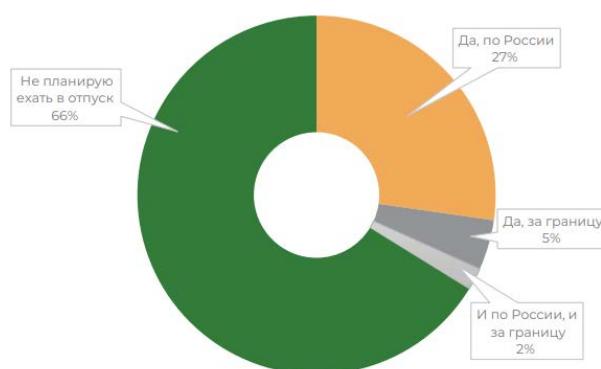
Важнейшим условием для развития является активное вовлечение в этот вид деятельности местного населения, понимающего важность сельского туризма, как выгодного и престижного вида деятельности, готового принимать гостей и обеспечивать высокое качество сервиса.

Следует отметить, что непосредственная сельскохозяйственная деятельность, выполнение социальных функций государства и участие в развитии сельского туризма успешно сочетаются друг с другом, приводя к положительному результату [5].

На сегодняшний день, согласно исследованиям, потенциальной аудиторией сельского туризма являются городские жители до 44 лет и семьи с детьми. Опросы показывают см. рис. 1,2, что большая часть россиян предпочитает проводить отпуск в пределах своего региона проживания. Популярная причина для выбора сельских туров - возможность побыть в тишине и уединении, вдали от городской суеты. Также является актуальной возможность активного отдыха, рыбалки, пеших и велосипедных прогулок [6].



**Рис. 1** - Результаты ответа на вопрос: «Вы лично за последний год отдыхали в России за пределами Вашего региона проживания?», % от всех опрошенных (N=1600 чел.), динамика по годам [6]



**Рис. 2** - Результаты ответа на вопрос: «Вы планируете этим летом поехать в отпуск за пределы своего региона проживания? Если да, то куда?», % от всех опрошенных (N=1600 чел.) [6]

Для эффективного развития туризма необходимо создать условия для использования ресурсов сельской местности:

- 1) сельской природы: ландшафты, рекреационные возможности лесов, рек и озер;
- 2) сельского образа жизни: прогулки и пешие походы, велопогулки, верховая езда, рыбалка, пляжный отдых;
- 3) объекты местного культурного наследия: памятники архитектуры, музеи, сады и парки;
- 4) организованные формы досуга: сельские праздники, культурные и фольклорные мероприятия, участие в сельхоз работах и ремеслах, знакомство с местной кухней.

При этом предоставление услуг должно быть комплексным, то есть включать в себя:

- 1) информацию об объекте отдыха и резервирования;
- 2) удобную навигацию;
- 3) комфортное размещение и питание;
- 4) программы разнообразного досуга.

### **Организация сельского туризма в селе Вешаловка Липецкой области**

Вешаловка - село Новодеревенского сельсовета Липецкой района Липецкой области. С областным центром – г. Липецком связано автомобильным транспортом. Расстояние от Липецка до Вешаловки составляет 27 км, что делает объект доступным для местного сельского туризма и туров выходного дня.

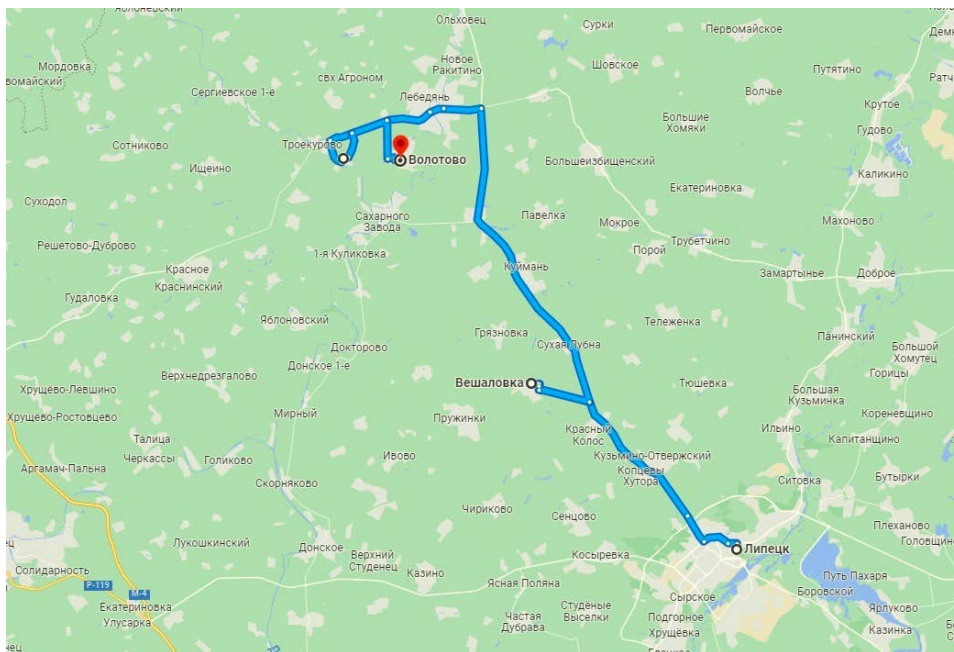


Рис. 3 - Маршрут от Липецка до Вешаловки, Курапово и Вологово на карте Липецкой области


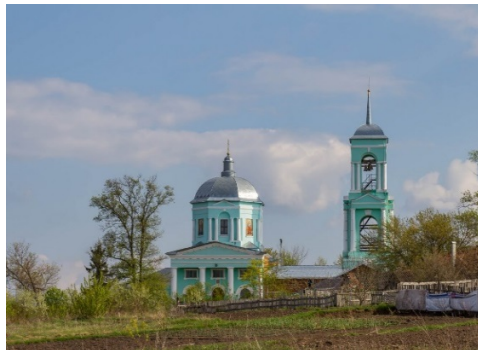
Туристические ресурсы села Вешаловка приведены в табл. 2.

Таблица 2

Основные ресурсы села Вешаловка

Наименование	Объекты	Наполняемость
Сельская природа		Плодородная почва, сельскохозяйственные угодья и предприятия (производители молока и меда), животноводческие комплексы, природные ландшафты, пруды.
Объекты культурного наследия		Уникальная церковь Знамени Божьей Матери, выполненная в готическом стиле.



<p>Досуг, ремесла, народное творчество</p>		<p>Традиционными ремеслами Липецкой области являются вышивка, лоскутное шитье, изготовление предметов домашнего обихода и декоративных изделий из глины, резьба по дереву, художественная роспись.</p>
<p>Дополнительные ресурсы</p>		<p>Расположенные в непосредственной близости от Вешаловки другие населенные пункты (Курапово, Волоотово) позволяют разнообразить туристическую программу и маршруты посещения сразу нескольких мест</p>

### Воссоздание усадьбы Кожиных

В рамках концепта предлагается воссоздание разрушенной усадьбы Кожиных XIXв (рис 4), как объекта культурного наследия с последующем использованием ее как ЗАГС, банкетный зал и гостиницу, что окупит затраты на восстановление и позволит решить вопрос с размещением и местом проведения мероприятий. На сегодняшний день от усадьбы осталась только угловая башня-донжон.

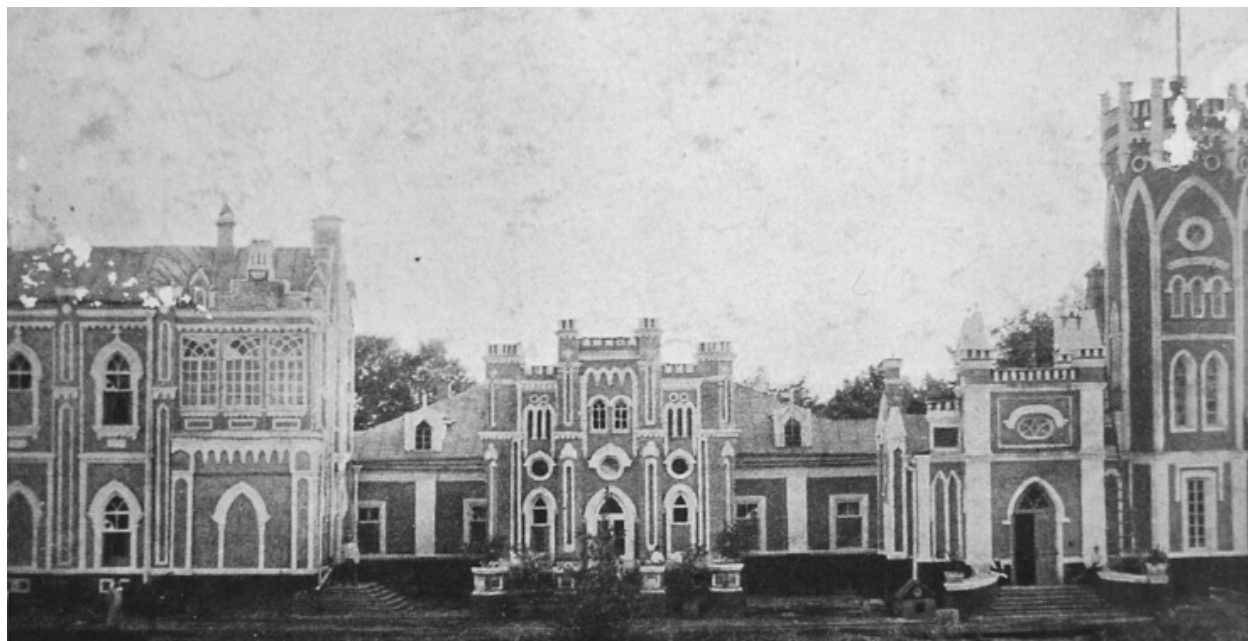


Рис. 4 - Историческое фото усадебного комплекса

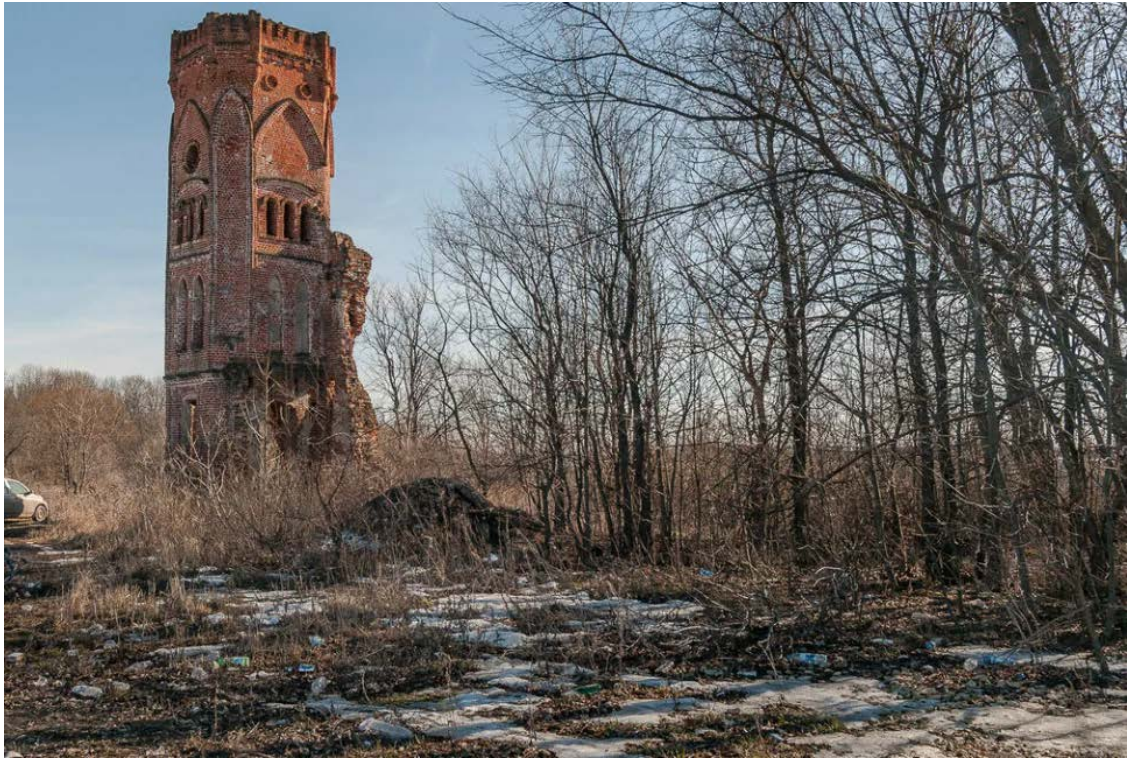


Рис. 5 -Текущее состояние усадьбы. Угловая башня

Участок, отведенный под застройку, свободен от каких-либо коммуникаций и строений, кроме угловой башни, имеет главный въезд через село Вешаловка по улице 8 Марта. Сооружения и схема их расположения на территории проектируемого участка представлена в табл. 3 и на рис. 6.

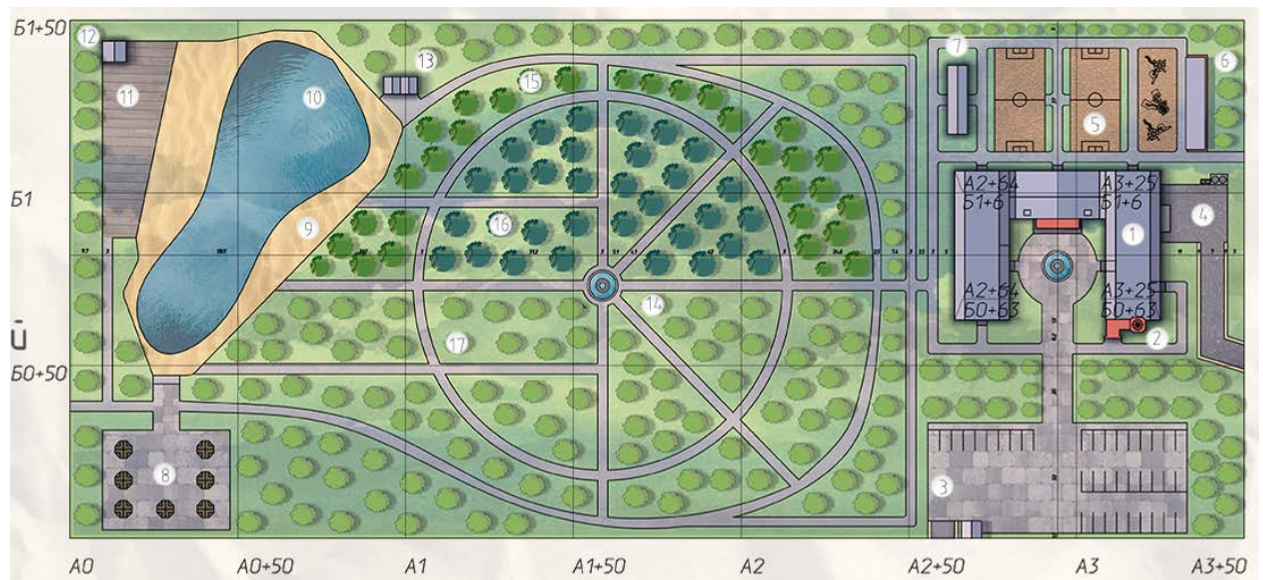


Рис. 6 - Генплан усадебного комплекса

Таблица 3

## Экспликация зданий и сооружений

№	Наименование
1.	Усадьба
2.	Башня донжон
3.	Парковка с КПП
4.	Хозяйственная площадка и вывоз ТБО
5.	Детская и спортивная площадка
6.	Крытая большая беседка
7.	Хозяйственный дом
8.	Площадка с беседками
9.	Пляж
10.	Водоем (пруд)
11.	Деревянный настил
12.	Бар
13.	Раздевалки и туалеты
14.	Парковая зона с дорожками и фонтаном
15.	Сад лиственный
16.	Часть парка с хвойными деревьями
17.	Часть парка с лиственными деревьями

Генеральный план (рис. 6) удовлетворяет экологическим, санитарно-гигиеническим, противопожарным и иным нормам строительного проектирования. В соответствии с ним благоустройство территории гостиницы делится на организацию:

- проездов с асфальтобетонным покрытием;
- выделенной пешеходной зоны по периметру здания, парковыми дорожками, аллеей, имеющей покрытие из бетонной плитки толщиной 7 см;
- парковочных мест с покрытием из асфальтобетона;
- игровых и спортивных площадок с покрытием из резиновой крошки;
- газонов с посадкой деревьев, кустарников и живой изгороди из кустарников.

Для движения по территории всего комплекса проложены дорожки из разных материалов, преимущественно гладкие и ровные, которые позволяют с комфортом передвигаться по всей площади. Также на весь участок комплекса идет два въезда.

Обустройство прилегающих территорий включает в себя парковую зону с прудом, которая делится на лиственные, хвойные и садовые деревья, беседки, детскую площадку, что позволяет организовать активное времяпрепровождение на свежем воздухе. Также на всем участке высажены деревья и кустарники, клумбы и газоны.

Создание генплана соответствующего усадебной стилистике, воссоздание парков и садов по описанию, также опираясь на все нормы, с учетом гармоничности и запросом современного человека.

Комплекс ориентирует посетителей на выбор направления движения без дополнительной навигации.

Для успешного развития сельского туризма в селе Вешаловка необходим следующий комплекс мероприятий:

1) повышение грамотности населения в вопросах ведения предпринимательской деятельности, связанной с сельским туризмом;

2) организация рекламно-информационного продвижения:

- создание карточки объекта агротуризма (детальное описание и местоположение);
- публикация событий и сезонных активностей для стимулирования продаж продукции;
- создание контента о ферме, достопримечательностях, природных особенностях;
- коммуникации с клиентами и другими фермерами;
- 3) проведение обучения граждан района, желающих работать с туристами;
- 4) на уровне местной администрации - оказание помощи в подготовке сельских усадеб и размещении туристов;
- 5) разработка групповых и индивидуальных туров разной продолжительности.

### Туристический сервис в селе Вешаловка

Таблица 4

Варианты туристического сервиса в селе Вешаловка

Вид сервиса	Целевая аудитория	Объекты
Экскурсии по объектам культурного наследия	Взрослые и дети от 10	Церковь Знамения Божьей Матери
Проведение мероприятий и торжеств	Взрослые и дети от 3 лет	Банкетный зал усадьбы Кожиных
Проведение спортивных мероприятий и мастер-классов	Взрослые и дети от 3 лет	Парковая зона усадьбы Кожиных
Пляжный отдых	Взрослые и дети от 3 лет	Парковая зона усадьбы Кожиных
Знакомство с фермой и общение с животными	Взрослые и дети от 10	-Экскурсия на пасеку СПП СПОК «Липецкий мед» - Экскурсия в молочный комплекс ООО «Колосс»
Размещение	Взрослые и дети от 3 лет	-Гостиница в усадьбе Кожиных -Гостевые дома фермеров



Рис. 7 - Объекты сельского туризма на карте села

### Выводы

Исследования подтверждают рост числа людей, желающих отдыхать вблизи региона своего проживания, что говорит о наличии и увеличении количества потенциальных потребителей рынка сельского туризма. На примере села Вешаловка Липецкой области разработан концепт, способный привлечь различные возрастные группы населения, согласно их потребностям и интересам. В статье приводятся различные аспекты продвижения туристического продукта. Воссоздание усадьбы Кожиных по проекту, предложенному авторами статьи, привлечет большее число туристов и станет визитной карточкой села. Село Вешаловка обладает хорошим туристическим потенциалом, реализация которого позволила бы городским жителям разнообразить свой досуг и улучшить здоровье, а сельским – повысить свое экономическое благополучие и сохранить культурное наследие региона.

### Библиографический список

1. Федеральный закон от 02.07.2021 № 318-ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон "Об основах туристской деятельности в Российской Федерации"
2. **Иванова Ю.О.** Современные тенденции развития сельского туризма/ Ю.О. Иванова// Индустрия туризма: возможности, приоритеты, проблемы и перспективы. -2018.- Т.13.-№5.-С.51-57.
3. Распоряжение Правительства РФ от 02.02.2015 N 151-р (ред. от 13.01.2017) <Об утверждении Стратегии устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года
4. **Тухачев А.В.** Состав и типология ресурсов сельского туризма/ А.В.Тухачев// Вестник АПК Ставрополя.-2016.-№1(21).-С.132-137
5. **Подольникова Е.М.** Развитие агробизнеса в муниципальном образовании/ Е.М. Подольникова, Т.С.Люочко// Социально-экономические и гуманитарные исследования: проблемы, тенденции, перспективы развития: мат-лы Междун. науч-практ. конф. Брянск: Изд-во БГАУ.-2016-С.415-419
6. Аналитический отчет «Исследование потребителей услуг сельского туризма в России»/Лебедева И.В., Копылова С.Л., Лебедева Т.А. — Москва: АНО «АРСИ», 2021. — 39 с.

**O.A. SOTNIKOVA, T.S. KHALEEVA, K.D. DMITRIENKO, A.N. GOYKALOV**

### THE CONCEPT OF RURAL TOURISM ON THE EXAMPLE OF THE VILLAGE OF VESHALOVKA, LIPETSK REGION

*Sotnikova Olga Anatolyevna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh state technical university Russia, Voronezh*

*Khaleeva Tatyana Sergeevna, senior teacher, Voronezh state technical universitet Russia, Voronezh*

*Dmitrienko Kirill Dmitrievich, student, Voronezh state technical universitet Russia, Voronezh*

*Goikalov Andrey Nikolaevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Voronezh State Technical University Russia, Voronezh*

Based on an analysis of current trends, concepts for creating a comfortable environment in the field of rural tourism in the recreational space of the left bank zone of the city of Voronezh are proposed.

An analysis of the recreational potential of the village and the excellent functional and decorative core - the Kozhin estate in the center of the village - is given.

The concept of a tourism product based on an architectural heritage monument with "viewing" routes, infrastructure facilities, a navigation system, historical and cultural information proposed by the authors is presented.

**Keywords:** rural tourism, countryside, agrotourism, ecotourism, service, resources.

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

УДК 621.644:620.197.5

**А.П. БУРЦЕВ, В.С. ЕЖОВ, Н.Е. СЕМИЧЕВА, Н.С. ПЕРЕПЕЛИЦА**

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО МНОГОСЛОЙНОГО ПЛАСТИНЧАТОГО РЕКУПЕРАТОРА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ**

*Бурцев Алексей Петрович, канд. техн. наук, преподаватель, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Россия, г. Курск*

*Ежов Владимир Сергеевич, доктор техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Россия, г. Курск*

*Семичева Наталья Евгеньевна, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Россия, г. Курск*

*Перепелица Никита Сергеевич, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Россия, г. Курск*

В настоящее время актуальной задачей является снижение потребления топлива и повышение эффективности процессов выработки и использования тепловой энергии.

В статье рассмотрен один из вариантов экономии потребления топлива, заключающийся в использовании низкопотенциальной теплоты вентиляционных выбросов из производственных и жилых зданий путем ее утилизации в многослойном пластинчатом рекуператоре, в котором происходит интенсивная турбулизация воздушных потоков.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного задания Минобрнауки РФ (проект № 0851-2020-0032).

**Ключевые слова:** рекуператор, утилизация, теплопередача, термоэлектричество, интенсификация.

#### **Введение**

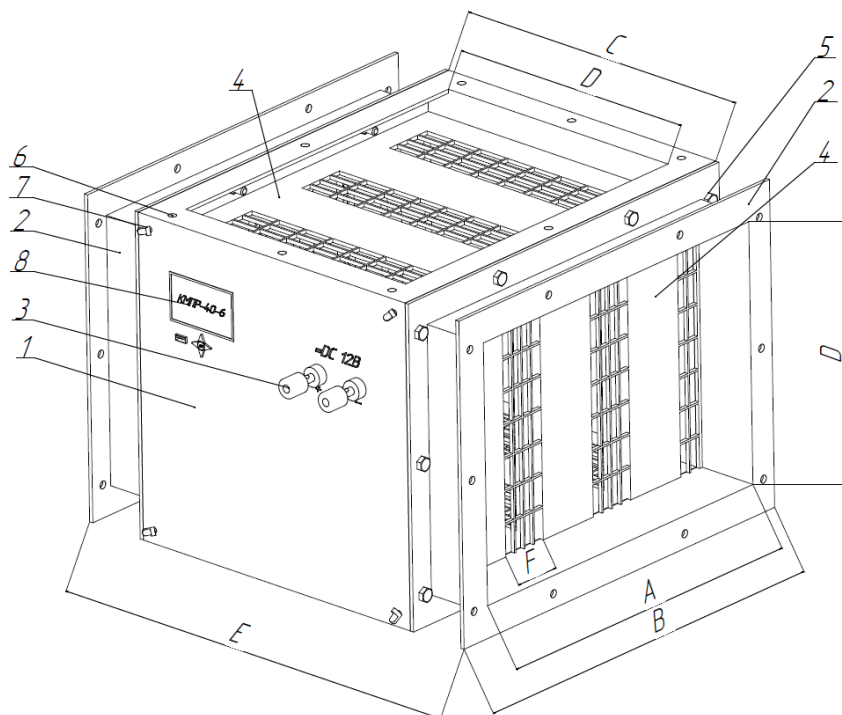
В настоящее время в Российской Федерации все большее внимание уделяется вопросам утилизации низкопотенциальной теплоты – как способу снижения потребления топлива [1].

Эффективным способом утилизации теплоты вентиляционных выбросов является использование пластинчатых рекуператоров, характеризующихся высокими теплотехническими характеристиками, низкой металлоемкостью, длительным сроком эксплуатации [2].

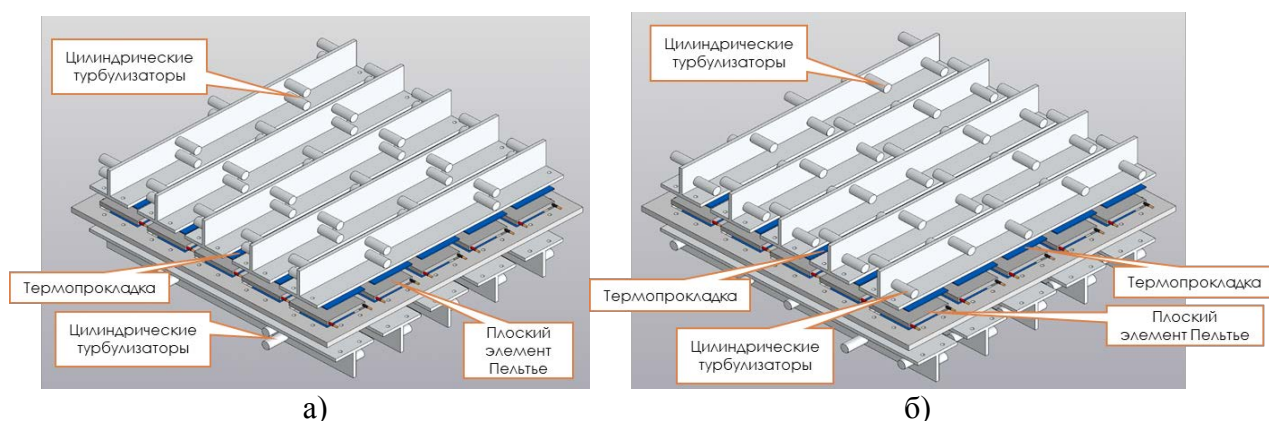
Одним из способов повышения эффективности процесса утилизации теплоты в пластинчатых теплообменниках является оребрение стенок, изменение конструкции и формы теплообменной поверхности и использование завихрителей. Поэтому важной задачей является разработка теплообменного оборудования с интенсификацией теплопередачи, например, за счет турбулизации воздушных потоков и комплексным подходом к утилизации теплоты, заключающимся в попутном получении электричества [3, 4, 5].

#### **Описание утилизатора теплоты и результаты исследования**

Для реализации комплексной утилизации теплоты вентиляционных выбросов была разработана инновационная конструкция пластинчатого рекуператора (рис. 1) с многослойными стенками с коридорным и шахматным расположением турбулизаторов (рис. 2) [6,7].



**Рис. 1** - Многослойный пластинчатый рекуператор (общий вид): 1 – съемная крышка; 2 – фланец; 3 – клеммы подключения нагрузки; 4 – решетка; 5 – болтовое соединение; 6 – отверстия для подключения к воздуховодам; 7 – крепление боковых стенок



**Рис. 2** - Многослойная стенка: а) с коридорным расположением турбулизаторов; б) с шахматным расположением турбулизаторов

При проведении численного моделирования, экспериментальных исследований и последующего сравнительного анализа коэффициентов теплоотдачи при схемах с коридорным и шахматным расположением турбулизаторов было установлено, что эффективность использования шахматной схемы расположения турбулизаторов (рис. 3) выше на 4,3%, чем коридорной, а электрическая - на 2,7% (рис. 4) [8, 9].

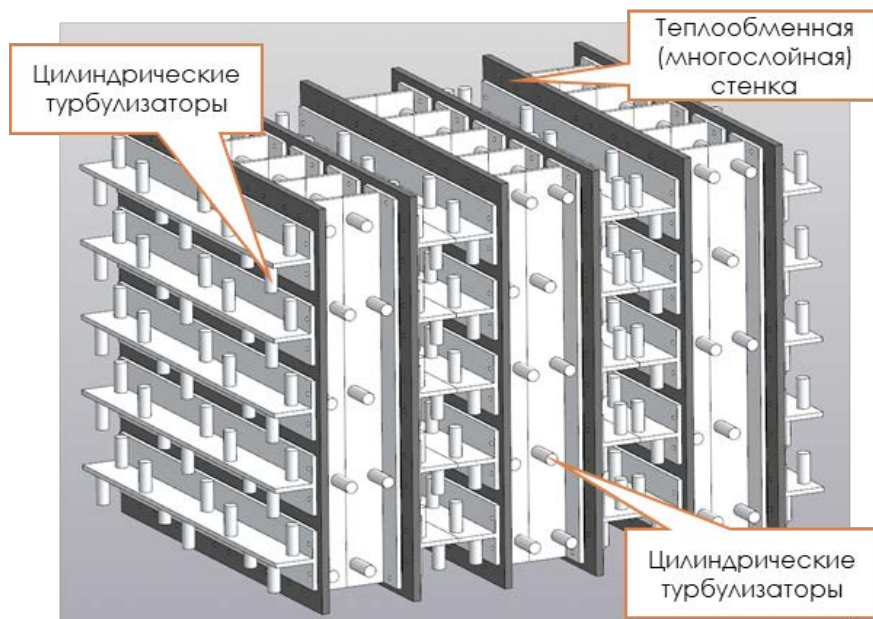


Рис. 3 - Общий вид сборки теплообменных поверхностей с шахматной схемой расположения турбулизаторов

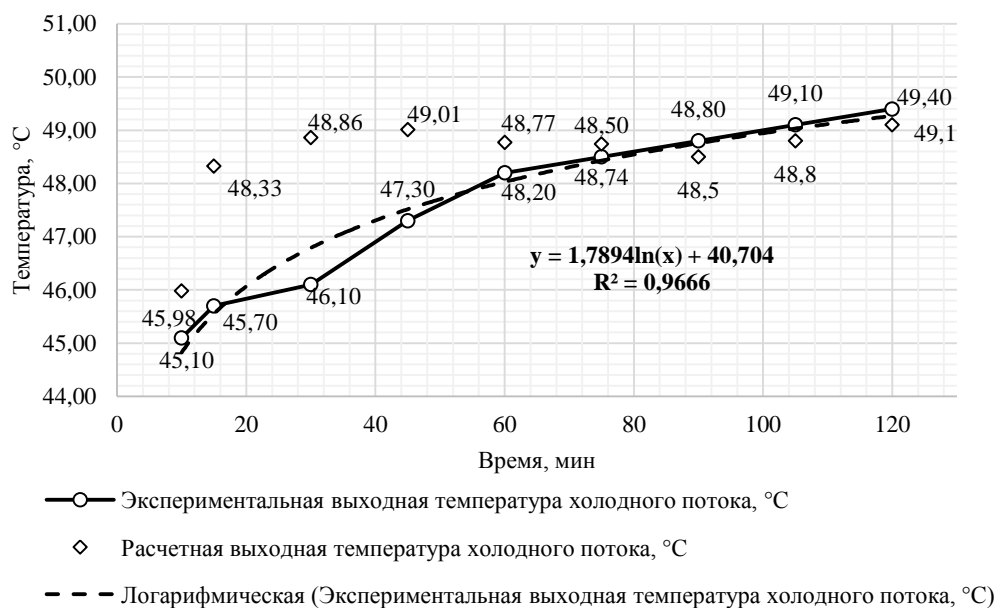


Рис. 4 - Сравнительный график экспериментальных и теоретических значений проведенной серии опытов при шахматной схеме установки турбулизаторов

Для определения условий работоспособности многослойного пластинчатого рекуператора при утилизации теплоты вентиляционных выбросов был выполнен расчет эффективности создания экспериментальной установки путем использования индекса годовой доходности инвестиций (ГДИ), и получена формула годовой прибыли от использования предлагаемого рекуператора, которая была использована для оценки затрат для разработки оптимального конструктивного решения:

$$\mathcal{E}_{рт} = \frac{(Q - (Q_э + Q_т)) \cdot a - (S + \beta \cdot S)}{\Psi \cdot (S + \beta \cdot S)}$$



где  $(Q - (Q_э + Q_т))$  - разность между затратами теплоты и выгоды за счет попутного получения термоЭДС;  $a$  – тариф оплаты электроэнергии, руб./кВт·ч;  $\Psi$  – период владения или эксплуатации оборудования, год;  $S$  – стоимость установки, руб.;  $\beta$  – процент эксплуатационных затрат на обслуживание установки от стоимости установки, % [9, 10].

### Выводы

1. Для утилизации теплоты вентиляционных выбросов разработана инновационная конструкция многослойного пластинчатого рекуператора и определено наиболее эффективная (шахматная) схема расположения турбулизаторов.

2. Предложенная инновационная конструкция многослойного пластинчатого рекуператора позволяет осуществлять комплексную утилизацию теплоты вентиляционных выбросов с попутным получением электричества.

### Библиографический список

1. **Васильев, П. Ф.** Утилизация тепла с помощью термоэлектрической генерации / П. Ф. Васильев, Г. И. Давыдов, А. М. Хоютанов. – Текст: непосредственный // Теплофизика и энергетика арктических и субарктических территорий: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию со дня рождения доктора технических наук Р. И. Гаврильева, 24–27 июня 2019 г., г. Якутск. – Якутск: НИУ МЭИ, 2019. – С. 148-152.

2. **Рудакова, Е. М.** Инновации в проектировании энергоэффективных систем кондиционирования воздуха / Е. М. Рудакова, Н. Е. Семичева, В. С. Ежов. – Текст: непосредственный // Наука молодых - будущее России: сборник научных статей 4-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых, 10–11 декабря 2019 г., г. Курск: в 8-ми томах / отв. ред. А.А. Горохов; ЮЗГУ. – Том 8. -Курск: ЮЗГУ, 2019. – С. 310-314.

3. **Averkova O.A.** Cross-flow of air through sealed elevator enclosures / O. A. Averkova, I. N. Logachev, K. I. Logachev, O. N. Zaytsev // 5th International Conference on Particle-Based Methods - Fundamentals and Applications, PARTICLES 2017: 5, Hannover, 26–28 сентября 2017 года. – Hannover, 2017. – P. 33-44. – EDN UYLQYF.

4. **Zaytsev, O. N.** Increasing the efficiency of the condensing boiler / O. N. Zaytsev, E. A. Lapina // Journal of Physics: Conference Series, Moscow, 09–11 октября 2017 года. Vol. 891. – Moscow: Institute of Physics Publishing, 2017. – P. 012158. – DOI 10.1088/1742-6596/891/1/012158. – EDN XXDMUP.

5. **Zaitsev, O. N.** Experimental speed study of twirled gas pipe with precessing vortex nuclei / O. N. Zaitsev, I. V. Stefanenko, V. N. Azarov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Chelyabinsk, 26–28 сентября 2018 года. Vol. 451. – Chelyabinsk: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 012225. – DOI 10.1088/1757-899X/451/1/012225. – EDN SGFTOA.

6. **Белоногов, Н. В.** Утилизация теплоты в перекрестных пластинчатых рекуператорах / Н. В. Белоногов. – Текст: непосредственный // Сантехника. – 2012. – №1(123). – С. 75–83.

7. **Ежов В.С.** Комплексный теплообменник из многослойных пластин / В. С. Ежов, Н. Е. Семичева, А. П. Бурцев, Н. С. Перепелица, ФГБОУ ВО ЮЗГУ // Пат. 2737574 РФ, МПК F22D 1/18. 2020129596, заявл. 08.09.2020; опубл. 01.12.2020, Бюл. № 34.

8. **Ежов В.С.** Пластинчатый теплоэлектротеплообменник / В. С. Ежов, Н. Е. Семичева, А. П. Бурцев, Н. С. Перепелица, ФГБОУ ВО ЮЗГУ // Пат. 2736316 РФ, МПК F28D 9/02, F28F 3/04, H01L 35/00.– 2020111172, заявл. 18.03.2020; опубл. 13.11.2020, Бюл. № 32.

9. **Бурцев А.П.** Экспериментальное исследование конструкции многослойного пластинчатого рекуператора в процессе утилизации теплоты вентиляционных выбросов / А.П. Бурцев // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2023. № 10 (1070). С. 24-26.

10. **Бурцев А.П.** Исследование процесса комплексной утилизации низкопотенциального тепла сбросных газов и вентиляционных выбросов в многослойном пластинчатом рекуператоре / А.П. Бурцев, А.В. Булгаков // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2023. № 7 (1067). С. 26-29.

**A.P. BURTSEV, V.S. EZHOV, N.E. SEMICHEVA, N.S. PEREPELITSA**

### **USE OF A COMPLEX MULTILAYER PLATE RECUPERATOR FOR UTILIZATION OF HEAT FROM VENTILATION EMISSIONS**

*Burtsev Alexey Petrovich, Candidate of Technical Sciences, Lecturer, Southwestern State University, Kursk, Russia*

*Yezhov Vladimir Sergeevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Southwestern State University, Kursk, Russia*

*Semicheva Natalia Evgenievna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Southwestern State University, Kursk, Russia*

*Perepelitsa Nikita Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, Lecturer, Southwestern State University, Kursk, Russia*

At present, the urgent task is to reduce fuel consumption and increase the efficiency of heat generation and utilization processes.

The article considers one of the options for saving fuel consumption, which consists in the use of low-potential heat of ventilation emissions from industrial and residential buildings by its utilization in a multilayer plate recuperator, in which there is an intensive turbulization of air flows.

This work was financially supported by the State task of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (project No. 0851-2020-0032).

**Keywords:** recuperator, utilization, heat transfer, thermoelectricity, intensification.

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

УДК 519.876.5

**Д.Н. ВАСЕНИН, П.А. ГОЛОВИНСКИЙ, С.Л. ПОДВАЛЬНЫЙ,  
Н.В. САВВИН**

### **АНАЛИЗ ДОЛГОСРОЧНОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В ЖИЛОМ СЕКТОРЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ LSTM-МОДЕЛИРОВАНИЯ**

*Васенин Дмитрий Николаевич, факультет информационной инженерии, Университет Брешиа, Италия, Брешиа*

*Головинский Павел Абрамович, д-р тех. наук, проф., ФГБОУ ВО «Воронежского государственного технического университета», Россия, г. Воронеж*

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

*Саввин Никита Владимирович, аспирант, ФГБОУ ВО «Воронежского государственного технического университета», Россия, г. Воронеж*

Значимость потребления электроэнергии неоспорима для повседневной жизни и экономической динамики любой страны. Центральной темой данного исследования является разработка глубокого понимания тенденций в потреблении электроэнергии на примере жилых помещений, а также создание и апробация модели с долгосрочной кратковременной памятью (LSTM) для прогнозирования энергетических нагрузок на длительный срок.

Используя статистические данные Международного энергетического агентства, настоящее исследование анализирует потребление за период с 1990 по 2020 годы, выявляя колебания общего уровня потребления электроэнергии и заметное сокращение в жилом секторе за последнее десятилетие. В документе освещается роль жилого сектора как ключевого элемента в структуре электропотребления, подчеркивая его вклад в общенациональные энергетические тренды.

Модель LSTM предлагается как способ для улучшения точности прогнозов, что в свою очередь может способствовать более эффективному планированию и управлению энергетической инфраструктурой.

**Ключевые слова:** энергопотребление, долгосрочный прогноз, нейронные сети.

#### **Введение**

Несмотря на глобальные устремления к зеленой энергетике и устойчивому использованию природных ресурсов, ископаемое топливо сохраняет свою доминирующую роль в энергетическом балансе мира и отдельных развитых стран. Это подчеркивает необходимость ревизии тенденций в использовании ископаемых источников энергии в пользу более экологичных альтернатив [1].

В то же время, увеличение глобального производства и потребления энергии служит индикатором экономического прогресса, так и причиной для экологических опасений, а также рисков, связанных с дефицитом ресурсов и возможными бедствиями [2].

В этом контексте жилые районы оказывают значительное влияние на общую энергетическую картину и выделяются своим непостоянным характером потребления, подверженным колебаниям заполняемости зданий жителями, что приобрело особую актуальность в период пандемии [3]. Жилые зоны, как основные потребители энергии, характеризуются высокими показателями использования систем отопления, охлаждения, освещения и бытовой техники [4].

Исследования показывают, что доля энергопотребления в жилых помещениях составляет значительный процент от общенационального потребления, и его динамика зависит от множества переменных, включая архитектурные, демографические и поведенческие факторы [5]. Поэтому анализ текущих данных и тенденций глобального энергопотребления, основанный на всесторонней информации, и построение обоснованных прогнозов являются ключевыми для понимания и прогнозирования будущего энергетического потребления в различных странах, особенно с учетом изменений, происходящих под влиянием «зеленой» стратегии [1]. Несомненно, что несмотря на изменения, ископаемое топливо останется неотъемлемой частью энергетических систем в ближайшие десятилетия [6].

Долгосрочное прогнозирование электроэнергии играет ключевую роль в планировании и управлении энергетическими системами. Несмотря на то что кратко- и среднесрочные методы прогнозирования хорошо изучены, необходимость долгосрочных прогнозов, особенно в жилом секторе, представляет собой сложную исследовательскую задачу. Такие прогнозы важны для заинтересованных сторон, включая политические органы и энергетические компании, для принятия обоснованных стратегических решений. Они способствуют планированию инфраструктурного развития, внедрению энергоэффективности и интеграции возобновляемых источников, а также оптимизации систем и снижению экологического воздействия.

В данной статье представлен анализ глобальных тенденций потребления энергии и вероятностные прогнозы потребления электроэнергии с использованием модели LSTM. Эта модель, являясь частью рекуррентных нейронных сетей, эффективно обрабатывает временные последовательности, что делает её идеальным инструментом для задач прогнозирования нагрузки [7]. Внедрение LSTM позволяет предоставить ценные данные для лиц, принимающих решения, и всех участников энергетического планирования.

Статья продолжается описанием целей и основных вкладов исследования, обзором недавних работ по теме, методологией обработки и получения, обсуждением результатов исследования, и заключением, а так же направлениями для будущей работы.

### **Цель и основной вклад**

Основная цель этого исследования заключается в анализе текущих тенденций в потреблении энергии и электроэнергии на глобальном уровне, включая Европу и Италию, и в разработке методики для долгосрочного прогнозирования электроэнергетических нагрузок. Вклад и содержание работы могут быть кратко изложены следующим образом:

- Осуществляется исследование энергетических тенденций, с акцентом на электроэнергетическом потреблении в различных секторах и регионах, в том числе на глобальном уровне (как пример, в Европе, в частности – в Италии), с применением актуальных данных.
- Производится анализ статистики от Международного энергетического агентства (МЭА) для всестороннего рассмотрения жилого сектора, с выделением значимости инициатив по энергосбережению и их воздействию на энергопотребление.

- Разрабатывается и предлагается методика долгосрочного прогнозирования энергетических нагрузок для прогноза будущего потребления электроэнергии (на примере Италии), что подтверждает эффективность метода в выявлении временных закономерностей и предоставлении ключевой информации для принятия решений в энергетическом секторе.

Таким образом, данное исследование способствует расширению имеющихся знаний о динамике энергопотребления и внедрению инновационных методов прогнозирования для оптимизации управления и планирования в сфере энергетики.

### **Тенденции потребления энергии**

Согласно данным Европейского агентства по окружающей среде [8], доля возобновляемых источников энергии в энергопотреблении ЕС составила 22% в 2021 году, что соответствует показателям предыдущего года. Эта устойчивость доли возобновляемой энергии проявилась, несмотря на изменения в условиях потребления, вызванные пандемией. Хотя абсолютный объем потребления возобновляемых источников энергии вырос, благодаря их более широкому использованию в отоплении и росту производства солнечной энергии, эти достижения были частично нивелированы непостоянством ветровой энергии и восстановлением использования невозобновляемых источников после снижения активности во время пандемии. Перспективы достижения цели в 32% возобновляемых источников к 2030 году остаются неопределенными, а новая цель в 40% требует значительных изменений в энергетической системе Европы.

Россия, несмотря на свои значительные запасы ископаемого топлива, также ощущает влияние глобальных тенденций и стремится к увеличению доли возобновляемых источников в своем энергетическом балансе, что представляет собой важный аспект для глобальной устойчивости и энергетической безопасности [9].

Нестабильность рынка и инфляция оказывают давление на цены традиционных энергоресурсов, ведя к экономическим потрясениям [10]. В то время как стоимость электроэнергии от возобновляемых источников снижается, недавняя оценка Европейской экономической зоны показывает, что только 22% энергии в ЕС производится из возобновляемых источников, указывая на то, что в ближайшем будущем возобновляемая энергия не сможет полностью удовлетворить спрос на электроэнергию в регионе. Высокая зависимость ЕС от ископаемых видов топлива, особенно от природного газа, и политическая напряженность привели к недавнему существенному скачку цен на электроэнергию [11].

#### *Тенденции потребления энергии в жилом секторе*

Потребление энергии в жилом секторе, включающее отопление, охлаждение и бытовые приборы, варьируется в зависимости от многих факторов, в том числе от доходов, стоимости энергии, теплотехнических характеристик зданий и энергоэффективности приборов. В России, как и в других странах, тип и объем потребляемой энергии существенно различаются из-за климатических условий, доступности энергоресурсов и энергетической политики [12].

Тарифы на электроэнергию сильно различаются по странам и регионам. По данным Европейского института эффективности зданий [13], многие здания в Европе старше 50 лет, с почти половиной жилых зданий, построенных до 1960-х годов, когда стандарты энергоэффективности были ограничены. Страны с самыми старыми зданиями включают Великобританию и Францию, где старые здания часто обладают низкой теплоэффективностью. В России также присутствует большое количество зданий, построенных в советский период, с аналогичными проблемами теплоэффективности, что влияет на энергопотребление [14].

Согласно данным, полученным Евростатом [15], в 2020 году возобновляемые источники энергии составляли 37% от валового потребления электроэнергии в ЕС, по сравнению с 34% в 2019 году. На долю ветра и гидроэнергетики приходится более двух третей всей электроэнергии, вырабатываемой из возобновляемых источников (36% и 33%, соответственно). Оставшаяся треть электроэнергии вырабатывается за счет солнечной энергии (14%), твердого биотоплива (8%) и других возобновляемых источников (8%). Солнечная энергия является самым быстрорастущим источником энергии, но пока на ее долю приходится всего 1% электроэнергии, потребляемой в ЕС в 2008 году.

#### Анализ тенденций в области энергетики и электропотребления

Динамика потребления энергии в мире, Европе и Италии за период с 1990 по 2020 год была рассчитана с использованием уравнения (1):

$$\Delta\%TEC_G(i) = \frac{TEC_G(i) - TEC_G(i-1)}{TEC_G(i-1)} . \quad (1)$$

$TEC_G(i)$  представляет собой общее потребление энергии во всех секторах за  $i$ -тый год. Результаты показаны на рис. 1. Поскольку в документе основное внимание уделяется жилому сектору, тенденция потребления энергии и электроэнергии, относящегося к жилому сектору, была рассчитана с использованием уравнения (2).

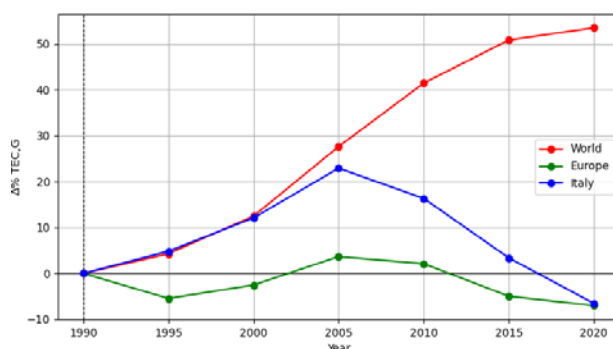


Рис. 1 - Сравнение тенденций общего потребления энергии в мире, Европе и Италии

$$\Delta\%TEC_R(i) = \frac{TEC_R(i) - TEC_R(i-1)}{TEC_R(i-1)} , \quad (2)$$

где  $TEC_R(i)$  представляет собой общее потребление энергии жилым сектором за один год. Результаты показаны на рис. 2.

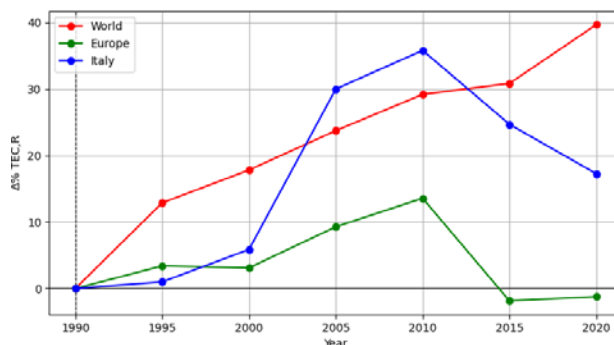


Рис. 2 - Динамика общего потребления энергии в жилом районе по миру, Европе и Италии

Динамика потребления электроэнергии, относящаяся ко всем секторам, была рассчитана с использованием уравнения (3):

$$\Delta\%TEC_{E,G}(i) = \frac{TEC_{E,G}(i) - TEC_{E,G}(i-1)}{TEC_{E,G}(i-1)}, \quad (3)$$

где  $TEC_{E,G}(i)$  представляет потребление электроэнергии, относящееся ко всем секторам за  $i$ -тый год. Результаты показаны на рис. 3. Тенденция потребления электроэнергии, относящаяся к жилому сектору, была рассчитана с использованием уравнения (4):

$$\Delta\%TEC_{E,R}(i) = \frac{TEC_{E,R}(i) - TEC_{E,R}(i-1)}{TEC_{E,R}(i-1)}, \quad (4)$$

где  $TEC_{E,R}(i)$  представляет собой потребление электроэнергии, относящееся к жилому сектору за  $i$ -тый год. Результаты показаны на рис. 4.

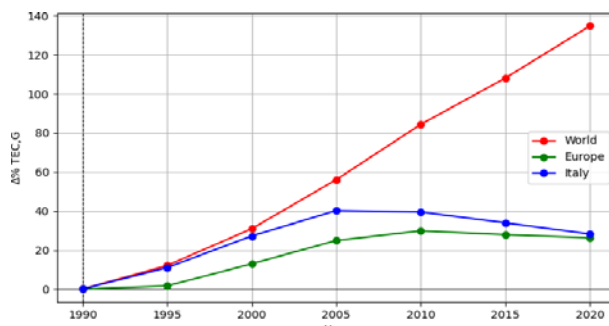


Рис. 3 - Сравнение динамики общего потребления электроэнергии в мире, Европе и Италии

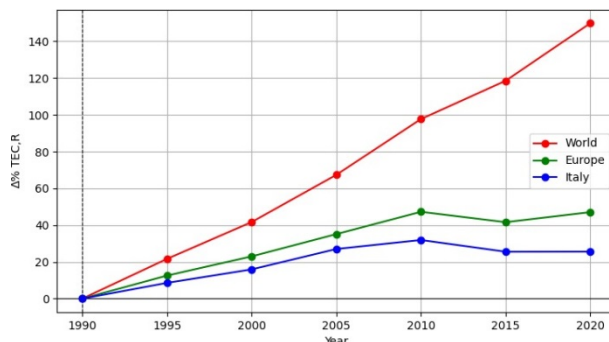


Рис. 4 - Динамика общего потребления электроэнергии в жилом районе по миру, Европе и Италии

### Обсуждение

Общее Мировое потребление энергии продолжало расти с 1990 по 2020 год, увеличившись на 54%, что отражено на рис. 1. Этот рост характеризовался ускорением в период с 1990 по 2000 годов с темпами в 1,2%, до 2,9% в период с 2000 по 2010 годов. Однако после 2010 года наблюдалось замедление до 1,2%. В 2020 году глобальное конечное энергопотребление превысило 400 миллионов ТДж.

В Европе, с 1990 по 2010 год, потребление всех типов энергии возросло на 13,5%. Тем не менее, последующее десятилетие показало сокращение потребления до уровней 1990-х, как видно на рис. 1.

В жилом секторе, напротив, зарегистрировано повышение потребления энергии в Европе и мире, как демонстрирует рис. 2, где его доля достигла приблизительно 11% в 2020 году, что на 39% выше, чем в 1990 году.

Общее потребление электроэнергии увеличилось еще более значительно, удвоившись с 1990 по 2020 год и достигнув 24,9 тыс. ТВтч. Динамика изменения годовых темпов роста отражает общую тенденцию энергопотребления с ускорением до 2010 года и последующим небольшим снижением до 5% к концу периода, как это показано на рис. 3. В Европе, потребление электроэнергии в жилом секторе снизилось с 2010 по 2020 год на 0,2%, в то время как в Италии наблюдалось сокращение на 6%. Между тем, мировое потребление электроэнергии за тот же период увеличилось на 52%, что также представлено на рис. 3. В Европе, потребление электроэнергии в жилых районах выросло на 47%, что значительно превышает общий рост по секторам в 21%, как показано на рис. 4.

В России, общий рост потребления энергии также следует мировым тенденциям, однако, уникальные климатические условия и энергетическая политика страны вносят свои коррективы в эти показатели. Расширение инфраструктуры и увеличение эффективности энергопотребления в последние годы оказали заметное влияние на динамику энергопотребления в жилом секторе.

Различные факторы продолжают влиять на потребление энергии в жилом секторе:

- увеличение населения, доходов и требований к комфорту приводит к росту потребления энергии;
- улучшение качества нового строительства, инициативы по энергосбережению и повышению стандартов жизни, которые позволяют людям приобретать более эффективные приборы и проводить больше времени вне дома, ведут к снижению потребления энергии на душу населения или на район.

Жилой сектор остается одним из крупнейших потребителей электроэнергии, и расширение возможностей ее использования привело к увеличению ее доли в общем энергопотреблении. В 1990 году доля электроэнергии в конечном потреблении энергии в жилых районах составляла 26%, а к 2020 году выросла более чем до 28%.

В Европе, конечное потребление электроэнергии в жилых домах увеличилось на 13,5% между 1990 и 2010 годами, с темпом роста в 1,4% в год. В этот же период конечное потребление электроэнергии в жилых домах росло более быстрыми темпами, 4,7% в год. Однако с 2010 по 2015 год конечное потребление электроэнергии в ЕС упало на 12,1% или - 2,4% в год.

### **Методология**

Методологическая часть нашего исследования направлена на количественную оценку происходящих трансформаций в энергетических системах. Это позволяет отслеживать прогресс и оценивать достижение целей энергетической политики на глобальном уровне, включая анализ энергетического баланса страны с разделением на отдельные секторы и типы энергии. В данной работе мы сочетаем исследование динамики энергопотребления с применением модели LSTM для прогнозирования электроэнергетического потребления. LSTM-модель была отобрана на основе ее способности моделировать долгосрочные временные зависимости в данных, что подтверждено сравнительным анализом и выбором в качестве наиболее эффективного инструмента для нашего анализа [16].

#### *Предварительная обработка данных*

Набор данных, использованный для этого исследования, содержит данные о почасовом потреблении энергии в Италии с 1 января 2015 года по 28 марта 2023 года.



Данные были предварительно обработаны путем выполнения следующих шагов:

- набор данных был разделен на обучающий и тестовый наборы. Обучающий набор состоит из данных по состоянию на 31 мая 2019 года, в то время как тестовый набор включает данные с 1 июня 2019 года и далее;
- данные были агрегированы с ежедневной периодичностью и проиндексированы по дате и времени;
- функция `StandardScaler`, предоставляемая в библиотеке `Scikit-learn Python`, использовалась для масштабирования данных о потреблении энергии в обучающих и тестовых наборах.

### *Архитектура модели*

В этом разделе описывается архитектура модели глубокого обучения для прогнозирования временных рядов потребления электроэнергии. Модель использует нейронную сеть LSTM для прогнозирования будущих уровней потребления на основе исторических данных. Основные характеристики модели перечислены ниже:

- Входные характеристики.

Входные характеристики для модели строятся с использованием запаздывания в 31 временной шаг. Это означает, что модель учитывает данные о потреблении энергии за предыдущие 31 временной шаг для генерации своих прогнозов.

- Слой LSTM.

Нейронная сеть LSTM, используемая в этой модели, состоит из 64 скрытых слоев. Функцией активации, используемой в этих слоях, является функция гиперболического касания (`tanh`).

- Параметры обучения.

Модель обучается в течение 100 эпох с размером пакета, равным 1. Алгоритмом оптимизации, используемым для обучения модели, является оптимизатор адаптивной оценки момента (`Adam`).

### *Обучение и оценка*

В этом разделе описывается процесс обучения и оценки для модели глубокого обучения. Основные характеристики модели перечислены ниже:

- Разделение данных.

Набор данных разделен на обучающий и тестовый наборы. Обучающий набор состоит из данных по состоянию на 31 мая 2019 года, в то время как тестовый набор включает данные с 1 июня 2019 года и далее. Для проверки во время обучения используется разбиение на тренировочный тест, равное 0,1

- Показатели производительности.

Производительность модели оценивается с использованием показателей средней абсолютной процентной ошибки (`MAPE`).

- Полное обучение данным.

После успешного обучения модели и сравнения производительности модель переобучается на полном наборе данных с разделением на тренировочный тест, равным 0, для прогнозирования потребления электроэнергии до 2025 года.

### *Эффективность прогнозирования модели LSTM*

Для оценки эффективности предложенной модели LSTM использовался метод средней абсолютной процентной ошибки. `MAPE` особенно полезен в этом контексте благодаря своей интерпретируемости, независимости от масштаба, акценту на

относительную погрешность и распространеному использованию при прогнозировании временных рядов.

$$\text{MAPE} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|P_i - A_i|}{A_i} \times 100, \quad (5)$$

где  $P_i$  и  $A_i$  - прогнозируемое и фактическое значения нагрузки в  $i$ -ой прогнозируемой точке, соответственно;  $N$  - количество прогнозируемых значений.

### Результат и обсуждение

Раздел 'Результаты и обсуждение' нашего исследования подчеркивает эффективность использования алгоритма LSTM для прогнозирования динамики потребления электроэнергии. Качество прогноза оценивалось с помощью индикатора MAPE, который демонстрирует точность алгоритма, с результатом в 3,14%. Это значение указывает на высокую точность прогнозов модели, подтверждая ее уникальную способность отражать реальные данные. В частности, такой низкий показатель MAPE свидетельствует о высоком уровне соответствия между прогнозируемыми и фактическими значениями, что является критически важным для прогностических моделей.

Применение алгоритма LSTM позволило сформировать прогнозы на период с 27 марта 2023 года по 31 декабря 2024 года. Наглядное представление фактических и предсказанных данных по потреблению энергии представлено на рис. 5.

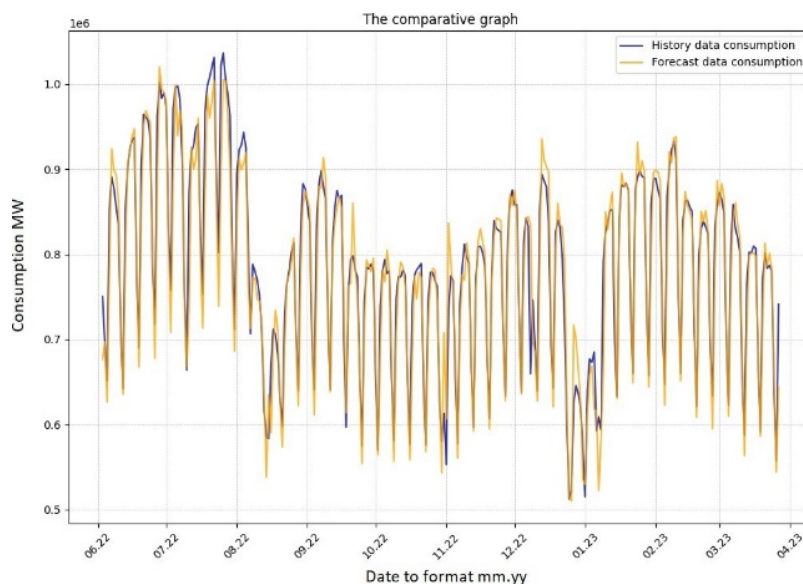


Рис. 5 - Результаты прогнозирования электрической нагрузки для модели LSTM

Рис. 5 иллюстрирует результаты прогнозирования электрической нагрузки с использованием модели LSTM.

Рис. 6 демонстрирует вероятностные прогнозы долгосрочной нагрузки за указанный период. Превосходная точность алгоритма LSTM в прогнозировании динамики потребления электроэнергии может быть приписана его способности улавливать сложные временные зависимости в данных временных рядов, что позволяет модели извлекать информацию из исторических данных и формировать верные прогнозы будущих тенденций.

Отметим, что низкое значение MAPE, равное 3,14%, подтверждает надежность алгоритма LSTM как метода для прогнозирования электроэнергетического потребления.

Визуализации на рис. 5 и 6 повторно подчеркивают эффективность данного подхода для предсказания долгосрочных тенденций потребления электроэнергии (на примере данных Италии). Анализ данных МЭА показывает, что потребление энергии в жилых помещениях составляет значительную часть общемирового потребления, достигая более 20% от общего и около 28% от общего объема потребления электроэнергии.

Рис. 6 показывает вероятностный долгосрочный прогноз нагрузки с 27 марта 2023 года по 31 декабря 2024 года. Особенно показательным это в жилом секторе где, потребление электроэнергии играет значительную роль в общем потреблении энергии, составляя 5,7% мирового потребления (6,6% в Европе и 5,3% в Италии).

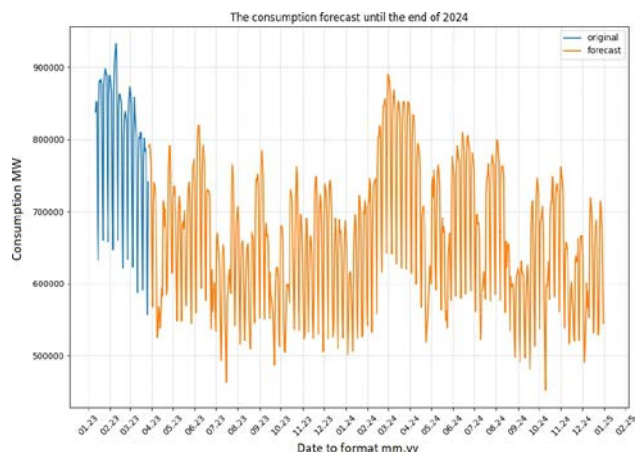


Рис. 6 - Вероятностный долгосрочный прогноз нагрузки с 27 марта 2023 г. по 31 декабря 2024 г.

### Выводы и будущая работа

Применяемый нами алгоритм LSTM демонстрирует выдающуюся способность предсказывать потребление электроэнергии, что подтверждается низким значением MAPE. Эта высокая производительность объясняется способностью алгоритма распознавать сложные временные закономерности в данных, что позволяет ему извлекать уроки из исторических данных и точно прогнозировать будущее. Используя методы глубокого обучения, такие как LSTM, для прогнозирования энергопотребления (как пример в Италии, но также и в других регионах), мы стремимся изучить потенциал этих технологий для прогнозирования энергетического спроса. Наши выводы будут способствовать принятию информированных решений, сбалансированных между экономическим ростом, энергопотреблением и защитой окружающей среды.

### Библиографический список

1. Миронов Николай Валентинович Энергобезопасность Европейского союза: насколько реальны угрозы? // АПЕ. - 2008. - №2. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/energobezopasnost-evropeyskogo-soyuza-naskolko-realny-ugrozy> (дата обращения: 22.11.2023).
2. Родионова И. А., Липина С. А. Зеленая экономика в России: модель и прогнозы развития //Фундаментальные исследования. – 2015. – №. 2-24. – С. 5462-5466.
3. Смирнова К. Г. Пандемия covid-2019 как инициатор глобальной трансформации туристической индустрии //Наука и образование: Актуальные вопросы, достижения и инновации. – 2022. – С. 36-40.
4. Батухтин С. Г. Повышение эффективности систем централизованного теплоснабжения за счет использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии //доктор. – 2018. – Т. 3. – С. 01.

5. Васенин Д.Н., Жидко Е.А. Мониторинг энергоэффективности объектов инженерной инфраструктуры муниципальных учреждений (на примере городского округа город Воронеж) // Инженерные системы и сооружения. – 2017. – № 2 (27). – С. 8-13.
6. Ивановский Б. Г. Проблемы и перспективы перехода к «зеленой» энергетике: опыт разных стран мира.(обзор) //Экономические и социальные проблемы России. – 2022. – №. 1 (49). – С. 58-78.
7. Клюев Р. В. и др. Прогнозирование планового потребления электроэнергии для объединенной энергосистемы с помощью машинного обучения // Записки Горного института. – 2023. – №. 261. – С. 392-402.
8. [Онлайн]. Доступно: <https://www.eea.europa.eu/ims/share-of-energy> - потребление
9. Черненко Е. Ф. Энергетическая дипломатия в орбите энергетической безопасности //Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Международные отношения. – 2010. – №. 3. – С. 17-41.
10. Иванов О. Б. Современный мир: глобальные тенденции, вызовы и угрозы //Этап: экономическая теория, анализ, практика. – 2019. – №. 1. – С. 20-36.
11. [Сидельникова Е. И., Николаенко А. В. Российская академия народного хозяйства и государственной службы при президенте российской федерации.
12. Мастепанов А. М. Климатическая политика в долгосрочных прогнозах развития мировой энергетики //Энергетическая политика. – 2017. – №. 4. – С. 10-25.
13. Available: Buildings Performance Institute Europe. HR EU B under microscope study [Электронный ресурс]. URL: [https://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/HR\\_EU\\_B\\_under\\_microscope\\_study.pdf](https://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/HR_EU_B_under_microscope_study.pdf) (дата обращения: 22.11.2023).
14. Energy efficiency and energy consumption in the household sector [Электронный ресурс] // European Environment Agency. URL: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/energy-efficiency-and-energy-consumption-5/assessment/#ftn1> (дата обращения: 22.11.2023).
15. Eurostat News [Электронный ресурс] – Eurostat. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220126-1> (дата обращения: 22.11.2023).
16. Vasenin D. N. et al. Methods of day ahead load forecasting on the example of a residential area //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – Т. 1926. – №. 1.

**D. VASENIN, P.A. GOLOVINSKY, S.L. PADVALNY, N.V. SAVVIN**

### **ANALYSIS OF LONG-TERM ENERGY CONSUMPTION IN THE RESIDENTIAL SECTOR USING LSTM MODELING**

*Vasenin Dmitry Nikolaevich, Faculty of Information Engineering, University of Brescia, Brescia, Italy*

*Golovinsky Pavel Abramovich, Department of Innovation and Construction Physics named after Professor I.S. Surovtseva Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Voronezh State Technical University", Russia, Voronezh*

*Podvalny Semyon Leonidovich, Doctor of Technical Sciences. Sciences, Prof., Voronezh State Technical University*

*Savvin Nikita Vladimirovich, Department of Innovation and Construction Physics named after Professor I.S. Surovtseva Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Voronezh State Technical University", Russia, Voronezh*

The importance of electricity consumption is undeniable for the daily life and economic dynamics of any country. The central theme of this research is to develop a deep understanding of residential energy consumption trends and to create and validate a long short-term memory (LSTM) model to predict long-term energy loads.

Using statistics from the International Energy Agency, this study analyzes consumption data from 1990 to 2020, revealing fluctuations in overall electricity consumption and a marked decline in the residential sector over the past decade. The document highlights the role of the residential sector as a key element in the energy mix, highlighting its contribution to national energy trends.

The LSTM model is proposed as a way to improve forecast accuracy, which in turn can contribute to more efficient planning and management of energy infrastructure.

**Keywords:** energy consumption, long-term forecast, neural networks.

УДК 338.2

**С.Ю. НЕРОЗИНА, П.А. ЖУРАВЛЕВА****УЧЕТ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕГО И ВНУТРЕННЕГО ОКРУЖЕНИЯ  
В СТРАТЕГИЧЕСКОМ ПЛАНИРОВАНИИ КАК ВЕКТОР РАЗВИТИЯ  
СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОТРАСЛИ**

*Нерозина Светлана Юрьевна, к-т. экон. наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

*Журавлева Полина Александровна, студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

В данной статье рассмотрено общее понятие внешних и внутренних факторов окружения, а также приведены примеры их влияния на организацию и взаимодействия между собой, что дает однозначный ответ на вопрос важности их учета при планировании деятельности управляющим звеном. В основе результата данного процесса лежит стратегическое планирование, которое принципиально важно для существования строительных организаций.

**Ключевые слова:** строительство, управление, внешние факторы, внутренние факторы, стратегическое планирование, система.

**Введение**

Современный мир диктует строительным компаниям достаточно суровые требования развития и реализации своей продукции. Грамотному и компетентному управлению любой организации необходимо постоянно контролировать, анализировать и адаптировать для своих целей всю приходящую извне и изнутри информацию.

В основу вышеуказанного планирования включают учет рисков [2], ответственности, ресурсов, экономической и политической обстановки и многих других элементов, являющихся представителями факторов разных сфер окружений. Именно их учет способствует наиболее эффективной деятельности организации, имеющей возможность изменения собственных параметров и характеристик для адаптации к внешней динамике среды.

На данный момент в современном мире наблюдается тенденция ускорения развития многих сфер жизнедеятельности человека. Это связано, в первую очередь, с научно-техническим прогрессом, а также с изменением требований к качеству и условиям жизни. Человечество вступает в новую ветвь развития, которая предъявляет очень жесткие требования к эволюции не только нашего сознания, но и технологий.

Современная динамика развития многих отраслей промышленности и сфер деятельности вынуждена грамотно и оперативно реагировать на внешние изменения среды. Данные условия существования коснулись и строительной отрасли: мировая ситуация диктует жесткие требования и ставит российские организации в те обстоятельства, при которых необходимый уровень качественного и количественного соотношения сопоставим с острой потребностью выживания.

**Влияние факторов внешнего и внутреннего окружения на деятельность организации.  
Использование стратегического планирования.**

Переходя от общего к частному, рассмотрим взаимосвязь совокупности факторов строительной сферы, влияющих друг на друга и организации в целом.

Для начала стоит напомнить о том, что предприятие, как и любая система, существующая в мире, подчиняется закону эволюционного развития и главным приоритетом

своей деятельности ставит выживание и поддержание соответствующего уровня функционирования. Исходя из этого, перед управляющей командой встает критический вопрос грамотного и эффективного стратегического планирования деятельности, учитывающий всевозможные изменения в окружении строительного предприятия [3,7,10]. Для этого опытному руководителю требуется учитывать взаимосвязанность всех факторов и их возможные реакции на какое-либо воздействие извне.

На основе вышеизложенных сведений рассмотрим строительную организацию в качестве открытой сложной системы, непрерывно взаимодействующей с окружающей средой.

Согласно одному из свойств систем, необходимо отделить организацию от остальной среды. На основе этого введем понятия внешнего и внутреннего окружения, представляющие совокупность постоянно взаимодействующих между собой факторов. Именно они являются одними из основных движущих «шестеренок» сложного механизма предприятия [4].

Рассмотрим общую схему взаимодействия внутренних факторов и особенности влияния на них со стороны внешней среды. Сразу условимся, что данное взаимодействие рассматривается с точки зрения предприятия, не имея ввиду внешнее окружение в качестве системы.

Обратимся к основным положениям системологии: одна из основных задач управления состоит в эффективном и грамотном использовании системного эффекта [11]. Именно на этом понятии отчасти основан принцип синергичности. Однонаправленность действий, подчиненная единой цели, всех структурных составляющих формирует принципиально новые качества и свойства системы, придающие ей уникальность и адаптивность. Однако следует отметить, что при условии любого влияния извне данная цепочка взаимосвязанных последовательностей будет иметь обратный результат (назовем это «принципом атома»): всякий совокупный эффект внешнего воздействия, несущий в себе однозначную угрозу или позитивную тенденцию, «дробится» на отдельные составляющие («атомные частицы») и оказывает определенное ни с чем не сравнимое воздействие на каждый структурный элемент реагирующей системы [5].

Отсюда происходят особенности функционирования внутренней среды предприятия. Традиционно ее разделяют на две составляющие: институциональная и функциональная среда, представляющие собой совокупность внутрифирменных факторов, обуславливающих специфику принятого в данной компании механизма организационного взаимодействия и совокупность непосредственно взаимодействующих элементов, представляющих фирму как полноценный имущественный комплекс соответственно. Понятно, что внутрифирменная среда является ядром компании и в большей степени определяет эффективность ее деятельности: как и в любой сложной системе, иерархия ее составляющих и принципиальный характер особенностей их взаимодействия (подразделений, персонала и т.д.) несут в себе определяющее значение для адаптивных и целостных свойств предприятия. Кроме того любая успешно функционирующая организация в основе эффективности своей деятельности полагает результаты человеческих ресурсов и их грамотного оперирования другими видами капиталов, что в общей сложности составляет функциональный фундамент деятельности компании.

Однако стоит понимать, что любая сложная система все же неразрывно связана с окружающей средой в силу постоянного и целенаправленного взаимодействия между ее внутренними и внешними составляющими. Говоря о внешних составляющих, необходимо учитывать их условное деление: на дальнее и ближнее окружение [6]. Это принципиально важно для понимания уровня их взаимодействия с внутренними факторами и возможностей влияния на них деятельностью организации.

Если рассматривать степень воздействия различных факторов друг на друга, то основополагающими все же являются факторы дальнего окружения. Это объясняется их всеобъемлющим характером (политика, общество, техника, экономика и т.д.). Они оказывают полномасштабное влияние не только на внутренние процессы страны (не говоря про предприятия), но и на мировые тенденции, взаимодействуя друг с другом и имея обоюдные взаиморегулируемые отношения. Перемена в направлении развития одного из таких факторов несет в себе определяющий аспект для факторов ближнего и внутреннего окружения, т.к. по своей сути они являются звеньями больших структурированных и непрерывно взаимодействующих между собой систем.

Отсюда следует, что факторы ближнего окружения, на которые предприятие может прямо или косвенно повлиять, прямо подчинены тенденциям развития факторов дальнего окружения.

### **Практическое применение данной тематики**

Приведем пример. Согласно данным аналитического сервиса «ЕРЗ-аналитика» график динамики изменения количества объектов текущего строительства Республики Крым показывает, что объем строящихся объектов возрос практически в два раза: на 01.10.2020 г. объем составлял 763,1 тыс. м<sup>2</sup>, а на 01.05.2023 г. – 1327,2 тыс. м<sup>2</sup>.

Если проследить тенденцию изменения роста объемов строящихся зданий по диаграммам, то нетрудно выявить, что основная масса вводимых в эксплуатацию домов приходится на 2024-2025 годы. На рис. 1 представлена общая информация по тенденции ввода объемов строительства в процентном соотношении.

Данная благоприятная динамика развития связана, в первую очередь, с воздействием такого определяющего фактора внешней среды, как правительственная программа. Согласно документу государственной программы Республики Крым «Развитие жилищного строительства в Республике Крым» в редакции от 26.07.2023 г. общий объем финансирования данной отрасли составляет на 2023 г.: 1308251,1 тыс.р., на 2024 г.: 1085415,1 тыс.р, на 2025 г.: 1081148.0 тыс. руб. (рис. 2).

Ожидаемые результаты поддерживающей программы составляют увеличение объема ввода стандартного жилья до 96458 м<sup>2</sup>. Однако, как уже было ранее выявлено, внешние факторы находятся в постоянном взаимодействии не только с организациями, но и между собой. Данное влияние можно проследить и на представленном примере. Из документа государственной программы видно, что объемы общего финансирования убывают [8]. Связано это, в первую очередь с проведением специальной военной операции, которая оказала влияние на строительный рынок не только в сфере прямого строительства, но и на человеческий фактор спроса: согласно данным Банка России за три месяца 2023 года количество ипотечных жилищных кредитов составило 1216, что на 14,1% меньше уровня 2022 года, при этом количество ИЖК, выданных под залог участия в долевом строительстве, уменьшилось на 34,3%.

Причиной сложившейся негативной тенденции служит страх населения вкладываться в недвижимость, считая это необоснованной тратой средств в нынешних условиях жизни: диверсии и периодические обстрелы со стороны Украины. На данном примере прослеживается определенная прочная зависимость внутренних и внешних факторов окружения предприятия на всех уровнях взаимодействия: от высшего (государственная внутренняя и внешняя политика) до низшего (деятельность строительных организаций на рынке недвижимости республики Крым и спрос потребителей на недвижимость) [9]. Все элементы окружения здесь тесно связаны между собой, составляют прочную структурированную систему и реагируют по всем направлениям и уровням взаимодействия.

Внутреннее окружение организации напрямую, как уже говорилось ранее, зависит от вышеперечисленных факторов, вынужденное подстраиваться под внешнюю диктатуру среды и мира, однако, и оно, в частности, может повлиять на изменение направления развития отдельных элементов, например, ближнего окружения. Обратимся к примеру.

Согласно данным SherpaGroup, наибольший рост объема строительных работ в Российской Федерации в первом квартале 2023 года наблюдался в Чукотском автономном округе: прирост составил 278,8%. Проведя анализ, можно выявить, что динамика такого резкого скачка связана, в первую очередь, с реализацией крупных инвестиционных проектов на Дальнем Востоке (рис. 3).

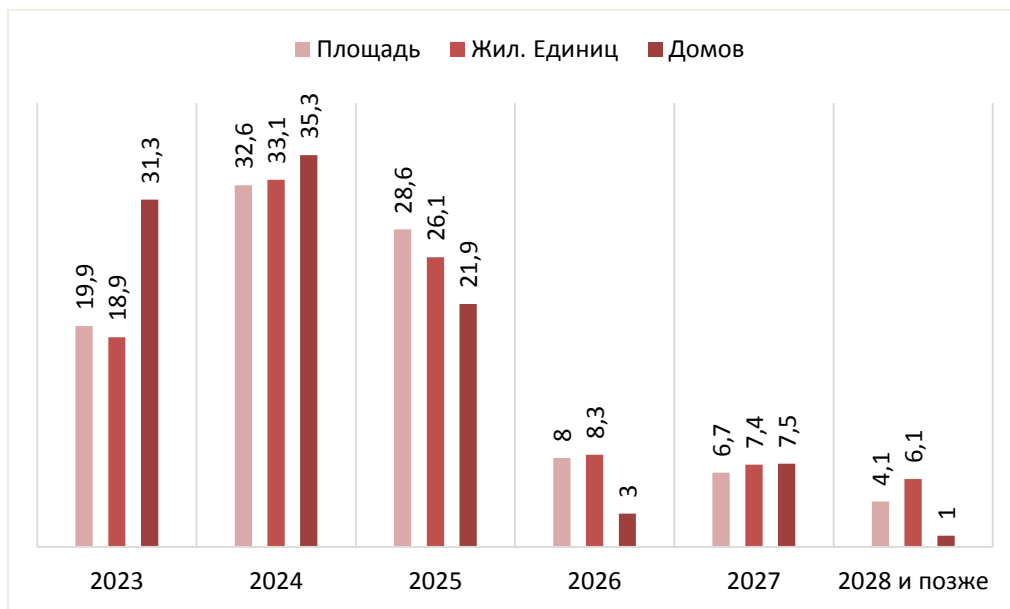


Рис. 1 - Распределение жилых новостроек Республики Крым по планируемому году ввода в эксплуатацию

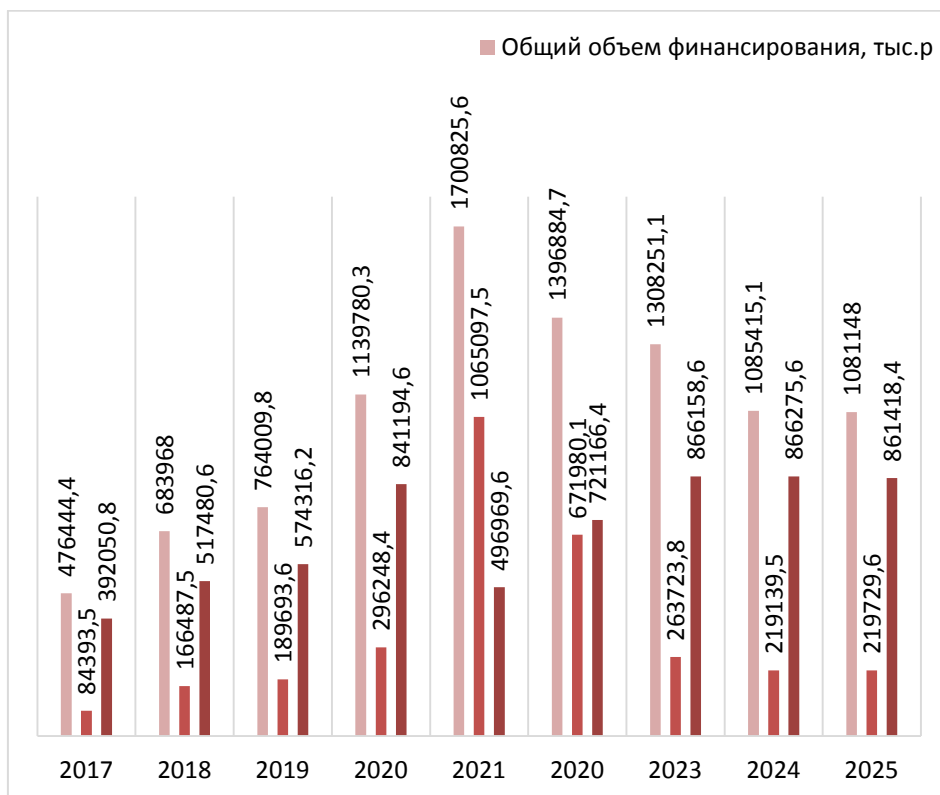


Рис. 2 - Объемы финансирования согласно поддерживающей программе





Рис. 3 - Данные восточного центра государственного планирования по объему инвестиций

Собрана информация об объемах строительства на Дальнем Востоке. Можно сказать, что наблюдается рост количества объектов и с 2023 г. видно существенное планируемое увеличение (рис. 4).



Рис. 4 - Данные восточного центра государственного планирования по объему строительства

Рассмотрена динамика и прогностических темпов роста строительных работ на Дальнем Востоке, и это отражено на рис. 5. По данным всероссийской базы «Инвестиционные проекты. Цифровая платформа» в данном районе в настоящий момент проводится строительство таких крупных объектов, как: Баимский ГОК на базе месторождения «Песчанка», общий объем инвестиций составил 20 млрд. р., золотодобывающего предприятия (информация скрыта), строительство горнодобывающего комбината (информация скрыта), а также освоение месторождения «Пыркакайские штокерки», общий объем вложений – 18,2 млрд.р., расширение золотоизвлекающей фабрики и реконструкция обогатительной фабрики.

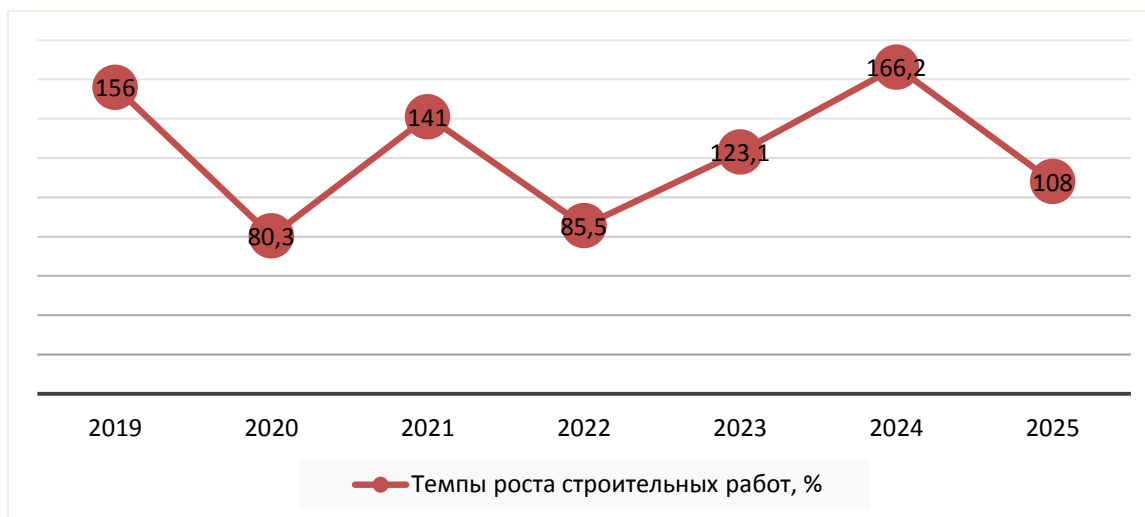


Рис. 5 - Темпы роста строительных работ на Дальнем Востоке

Вместе с резким подъемом развития промышленности в данном регионе начали реализовываться объекты жилищного и социального строительства: школы, больницы, стадионы, дома. На данном примере можно проследить тенденцию влияния одного или нескольких крупных проектов на всю инфраструктуру региона в целом [1], что подтверждает вышеизложенное суждение.

### Выводы

Последнее, о чем хотелось бы упомянуть в данной статье – это ключевая особенность внешних и внутренних факторов, а именно: возможность перехода из одного окружения в другое. Эта уникальная способность обусловлена тем, что рассматриваемая в данном примере система под названием «Строительная организация» в силу своей зависимости от характера внешнего окружения способна взаимодействовать с ним таким образом, что в процессе рассматриваемого «сотрудничества» происходит либо передача, либо обмен «единицами систем» (факторами). Пример: наем нового сотрудника в организацию (из внешнего окружения системы «Общество» данная единица перешла в элемент внутренней среды «Персонал»). Данный факт в очередной раз подтверждает тесный и глубокий характер взаимодействия компаний с внешним окружением.

Подводя общие итоги, необходимо отметить: современный мир представляет собой сложнейшую систему взаимодействий невероятного количества подсистем. Учесть всё, конечно же, невозможно. Однако грамотному и подготовленному руководителю любой строительной (и не только) организации следует постоянно взаимодействовать с внешней и внутренней информацией, анализировать и перерабатывать ее таким образом, чтобы результатом качественного оперирования стала эффективная стратегия компании, имеющая способность пластично подстраиваться под постоянные изменения окружающего мира.

### Библиографический список

1. Арчакова, С. Ю. Системный подход к инновационному развитию региона / С. Ю. Арчакова // Наука: прошлое, настоящее, будущее : Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, Омск, 15 октября 2017 года. – Омск: Общество с ограниченной ответственностью "Научное партнерство "Апекс", 2017. – С. 44-46.
2. Арчакова, С. Ю. Учет рисков в деятельности строительных организаций / С. Ю. Арчакова, А. С. Шувалова, А. И. Казарцева // Строительство и недвижимость. – 2018. – № 2-1(3). – С. 40-46.

3. Бзегежева, С. А. Возможности стратегического планирования в условиях экономической нестабильности / С. А. Бзегежева // Актуальные проблемы науки и образования в условиях современных вызовов : Сборник материалов XXIII Международной научно-практической конференции, Москва, 07 сентября 2023 года. – Москва: Печатный цех, 2023. – С. 312-316.
4. Бугаев, А. Е. Методические подходы к анализу внутренней и внешней среды предприятия / А. Е. Бугаев, О. В. Алешинцев // Актуальные проблемы военно-научных исследований. – 2022. – № 3(23). – С. 26-29.
5. Горбанева, Е. П. Анализ системы планирования производства / Е. П. Горбанева, С. Ю. Арчакова, В. В. Шейкина // Современные тенденции строительства и эксплуатации объектов недвижимости : сборник научных статей по материалам научно-практической конференции, Воронеж, 02 декабря 2016 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2017. – С. 109-114.
6. Дегтярева, Л. Н. Особенности влияния внешней среды организации на процесс управления ее деятельностью / Л. Н. Дегтярева, Н. М. Дудин // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – 2019. – № 6(40). – С. 84-89.
7. Жданов, Д. С. Стратегическое планирование как составляющая целостной системы планирования городского развития / Д. С. Жданов // Студенческий. – 2021. – № 42-1(170). – С. 18-21.
8. Золотухина, Я. А. Сравнительный анализ показателей индекса развития человеческого потенциала, как одного из индикаторов устойчивого развития, на примере Воронежской области / Я. А. Золотухина, Е. Е. Прокшиц, О. А. Сотникова // Цели и пути устойчивого экономического развития : Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, Уфа, 28 января 2020 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2020. – С. 263-272.
9. Колесникова, А. В. Анализ внешней среды строительной компании на юге России / А. В. Колесникова // Экономика и социум. – 2019. – № 12(67). – С. 1414-1417.
10. Лыкова, М. П. Стратегическое планирование, виды и принципы стратегического планирования / М. П. Лыкова // Современные проблемы цивилизации и устойчивого развития в информационном обществе : сборник материалов VII международной научно-практической конференции, Москва, 15 февраля 2022 года. – Москва: Институт развития образования и консалтинга, 2022. – С. 134-138.
11. Немцева, И. А. Особенности и проблемы эффективного управления инвестиционно-строительных проектов / И. А. Немцева, Е. П. Горбанева // Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование : сборник научных трудов 6-й Международной молодежной научно-практической конференции, Курск, 13 ноября 2019 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2019. – С. 233-237.

**S.YU. NEROZINA, P.A. ZHURAVLEVA**

### **CONSIDERATION OF EXTERNAL AND INTERNAL ENVIRONMENT FACTORS IN STRATEGIC PLANNING AS A VECTOR OF DEVELOPMENT OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY**

*Nerozina Svetlana Yurievna, Candidate of Economics, Associate Professor of Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

*Zhuravleva Polina Aleksandrovna, student of Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

This article discusses the general concept of external and internal environmental factors, as well as provides examples of their influence on the organization and interaction with each other, which gives an unambiguous answer to the question of the importance of taking them into account when planning activities by the managing link. The result of this process is based on strategic planning, which is fundamentally important for the existence of construction organizations.

**Keywords:** construction, management, external factors, internal factors, strategic planning, system.

УДК 691.55

**К.С. КОТОВА, Ю.О. ЛЕОНОВА****ОЦЕНКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ  
ИЗДЕЛИЙ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ  
ПЕРЕГОРОДОК В ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ**

*Котова Кристина Сергеевна, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж*

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

В данной статье приведен анализ регионального рынка строительных изделий, применяемых при возведении межкомнатных перегородок, предприятий-конкуренгов и результаты оценки конкурентоспособности, которая основана на методике сопоставления потребительских свойств продуктов-конкуренгов и их относительной цены.

Рассмотрены изделия из газобетона, арболита, пенобетона, а также силикатные и гипсовые пазогребневые плиты.

Согласно полученным результатам лидером по показателю конкурентоспособности является изделия из ячеистых бетонов.

**Ключевые слова:** перегородка, блоки, проектирование, конкурентоспособность строительных материалов, метод оценки

**Введение**

На сегодняшний день в России наблюдается рост производства строительных изделий в связи с увеличением темпов возведения и объемов жилищного строительства, как в сегменте малоэтажного строительства, так и в высотном. Данная тенденция будет сохраняться в связи с действующими государственными программами, которые направлены на улучшение жилищных условий граждан и способствуют развитию жилищной сферы (Государственная программа Российской Федерации "Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации"). Изделия, используемые для возведения перегородок, являются объектом исследования из-за своей номенклатуры и широкого применения в жилищном строительстве. В этой связи возникает необходимость выбора наиболее эффективных изделий, которые будут удовлетворять требованиям качества и ограниченным стоимостным показателям. Проведение экспертной оценки конкурентоспособности строительных материалов и изделий различных предприятий по выпуску этой продукции способно решить существующую проблему выбора.

Сравнение по потребительским свойствам изделий осуществлялось среди блоков перегородок, различных по составу, которые представлены для реализации на рынке в Воронежской области. С целью сопоставимости результатов в исследовании рассмотрено пять строительных изделий с одинаковым объемом, но различными техническими характеристиками. Для оценки конкурентоспособности выбирались элементы заводского изготовления, при этом заводы-производители изделий расположены в городах центрального федерального округа. В настоящее время для возведения перегородок используют изделия из газобетона, арболита, пенобетона, а также силикатные и гипсовые пазогребневые плиты.

### Материалы и методы

Для исследования были отобраны изделия блочного типа одного размера. Значения свойств и размеры продукции взяты с сайтов заводов-производителей (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики принятых изделий для сравнительного анализа

Наименование завода-производителя	ООО «Силикат Групп»	ЗАО «СГК»	ООО «КСМК»	ООО «Русский Арболит»	ООО «ЕСО»
Вид перегородочного блока	силикатная межкомнатная плита	пазогребневая плита гипсовая	газобетон	арболит	пенобетон
Размеры (длина x ширина x высота), мм	500×115×250	600×80×300	625×100×250	500×150×200	600×100×250
Цена, р/шт	95	131	81	105	97,5
Объем, м <sup>3</sup>	0,014	0,018	0,015	0,015	0,015
Вес, кг	21,0	18,0	9,7	13,0	10,3

В качестве конкурентов рассматриваются предприятия, выпускающие аналогичную продукцию и действующие на данном региональном рынке:

1. ООО «Силикат Групп» – г. Москва. Основными продуктами данной компании являются материалы из силиката и газосиликата.
2. ЗАО «СГК» Самарский гипсовый комбинат – г. Самара. Основная специализация комбината – выпуск высокопрочного строительного гипса.
3. ООО «КСМК» Комбинат стеновых материалов Кубани Краснодарский край, которые занимаются производством изделий из газобетона.
4. ООО «Русский Арболит» – г. Москва, специализирующиеся на производстве арболитовых блоков для возведения стен зданий и сооружений.
5. ООО «ЕСО» завод строительных материалов – г. Ярославль, нацелены на изготовление пенобетона с использованием экологически чистых материалов.

Определение наиболее экономичного и качественного изделия проводилось согласно методике оценки конкурентоспособности строительных материалов, изделий и конструкций разных производителей, основанная на сопоставлении потребительских свойств продуктов – конкурентов и их относительной цены. Методика апробирована для различных групп строительных материалов и изделий [2] и позволяет сравнить изделия и конструкции разных производителей и одинакового назначения, но отличающихся по составу. Оценка конкурентоспособности строительных изделий осуществлялась в три этапа.

На первом этапе производилось выделение перечня потребительских и экономических свойств, которые являются определяющими в выборе изделия. Потребительские свойства строительных изделий выделены на основе номенклатуры их характеристик, приведенных в табл. 2, и данных нормативных документов. Конкурентоспособность продукта определяется только теми свойствами, которые представляют интерес для потребителя. Перечень свойств и их значимость для потребителей определены на основе анкетирования по методу экспертных оценок. Самому значимому для потребителя (по мнению эксперта) свойству присваивался наивысший балл. К показателям потребительских свойств, определяющим выбор изделия, отнесены: прочность, объемный вес, индекс звукоизоляции, водопоглощение за 24 часа и трудоемкость возведения (чел./час).

Таблица 2

Результаты сравнения показателей потребительских свойств перегородок  
разных производителей

Наименование <i>i</i> -того свойства	ООО «Силикат Групп»	ЗАО «СГК»	ООО «КСМК»	ООО «Русский Арболит»	ООО «ЕСО»	Значение показателей продукта – эталона
	силикатная межкомнатная плита	ПГП гипсовая	Газобетон	Арболит	Пенобетон	
Класс прочности	В 10	В 3,5	В 2,5	В 2	В 3,5	В 10
Объемный вес, кг/м <sup>3</sup>	1600	1150	500	550	500	500
Индекс звукоизоляции, дБ	50	42	31	62	29	62
Водопоглощение за 24 ч., не более, % по объему	12	26	47	40	52	12
Трудоемкость, чел./час	0,77	0,77	0,59	0,59	0,59	0,59
Цена, тыс. р./1 м <sup>3</sup>	8700	9000	5500	7000	5500	5500

На втором этапе выполнялся расчет единичного показателя конкурентоспособности по каждому свойству и продукту. При этом производился переход от свойств к соответствующим показателям, и выбиралась база сравнения. В качестве базы сравнения принимался абстрактный продукт с наилучшими значениями показателей из всех продуктов разных производителей, который в последующих расчетах выступает в качестве продукта-эталона.

На третьем этапе производился расчет индекса и относительного показателя конкурентоспособности в отношении каждого продукта-конкурента. Для определения индекса конкурентоспособности, характеризующего качество продукта, использовалось выражение (1):

$$Q_{ni} = \sum_{j=1}^n k_{ij}^n \cdot M_{ni}, \quad (1)$$

где  $Q_{ni}$  – индекс конкурентоспособности по потребительским свойствам;  $k_{ij}^n$  – единичный показатель конкурентоспособности *i*-того потребительского свойства продукта *j*-того производителя.

В заключение для каждого продукта разных производителей рассчитывался относительный показатель конкурентоспособности ( $P_{kj}$ ): чем ближе значение  $P_{kj}$  к единице, тем более конкурентоспособным является продукт конкретного производителя на рынке.

$$P_{kj} = \frac{Q_{nj}}{C_{oj}}, \quad (2)$$

где  $C_{oj}$  – относительный показатель отпускной цены продукта *j*-того производителя.

### Результаты исследования

На основе предложенной методики получены результаты оценки уровня потребительских свойств, и выполнены расчеты показателя конкурентоспособности, что позволило обосновать следующие выводы.

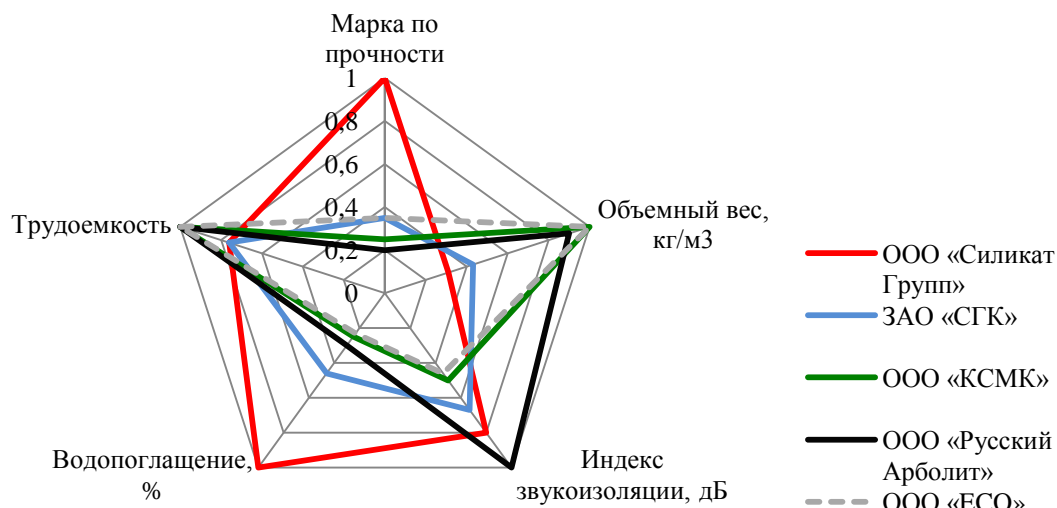
Расчет коэффициентов весомости показателей потребительских свойств продукции опирается на данные опроса экспертов. В качестве продукта-эталона принят продукт с наилучшими показателями из всех продуктов разных производителей (табл. 3). Результаты расчетов для проведения последующего анализа представлены в табличной форме и в форме диаграммы (рисунок).

Таблица 3

Результаты оценки конкурентоспособности перегородок  
разных производителей

Наименование показателей потребительских свойств	Значение показателей продуктов-конкурентов ( $P_{ij}$ ) по предприятиям					Значение показателей продукта-эталона
	ООО «Силикат Групп»	ЗАО «СГК»	ООО «КСМК»	ООО «Русский Арболит»	ООО «ЕСО»	
Единичный показатель качества, $K_{ij}$						
Марка по прочности	1	0,35	0,25	0,2	0,35	1
Объемный вес, $m^3$	0,31	0,43	1	0,9	1	1
Индекс звукоизоляции	0,80	0,67	0,50	1	0,46	1
Водопоглощение, %	1	0,46	0,25	0,3	0,23	1
Трудоемкость, чел./час	0,76	0,76	1	1	1	1
Комплексный показатель качества, $K_0$	0,80	0,57	0,59	0,73	0,59	1
Относительный показатель конкурентоспособности, $P_k$	0,51	0,35	0,59	0,57	0,59	1

По результатам оценки конкурентоспособности изделий построен многоугольник конкурентоспособности (см. рисунок) с определением места по рассчитанным единым показателям качества по каждому из потребительских свойств. Исходя из полученных диаграмм, можно наглядно оценить преимущества и недостатки всех альтернативных изделий перегородок, при этом, без учета экономической составляющей маркетингового исследования. Значения свойств эталонного образца приняты равными единице. Диаграмма на основе результатов оценки конкурентоспособности изображена на рисунке.



**Рисунок -** Диаграмма результатов оценки конкурентоспособности

На основе полученных данных газосиликатные блоки производителя ООО «КСМК» и пенобетонный блок ООО «ЕСО» имеют лидирующие позиции по уровню конкурентоспособности, опережая конкурентов на (13,55...40,67) %. При этом следует отметить, что изделия данных производителей имеют невысокую стоимость за 1 м<sup>3</sup> относительно других производителей. Худшим показателем конкурентоспособности обладают гипсовые пазогребневые плиты производителя ЗАО «СГК».

По показателям прочности и водопоглощения выигрывают силикатные межкомнатные плиты для перегородок компании ООО «Силикат Групп». По показателям объемного веса и трудоемкости газобетонные, арболитовые и пенобетонные блоки имеют лучшие значения.

Гипсовые пазогребневые плиты производителя ЗАО «СГК» уступают лидеру по качеству силикатным межкомнатным плитам ООО «Силикат Групп» на 28,7%. Худшие показатели качества у изделий для перегородок производителя ЗАО «СГК», в сравнении с изделиями, выпускаемыми другими предприятиями.

В категории звукоизолирующих свойств продукции компании ООО «Русский Арболит» имеют лидирующую позицию, чей рассчитанный показатель индекса изоляции воздушного шума на 20...54% выше значений продуктов-конкурентов, вероятно, благодаря толщине изделия, которая также превосходит остальные плиты. Газобетонные, арболитовые и пенобетонные блоки производителей ООО «КСМК», ООО «Русский Арболит» и ООО «ЕСО», занимают лидирующую позицию по показателю трудоемкости.

### Выводы

По результатам проведенного исследования, применение изделий из ячеистых бетонов обосновано и доказана их конкурентоспособность на строительном рынке. Показатель конкурентоспособности данных изделий на 13,55...40,67% больше, чем у изделий из арболита, силикатных и гипсовых плит. Маркетинговое исследование подтвердило рентабельность производства и лидирующие позиции пенобетонных и газосиликатных блоков для перегородок. При этом, по полученным значениям показателей потребительских свойств выигрывают силикатные межкомнатные плиты - за счет несущей способности и низкого водопоглощения. Показатель качества данного изделия выше на 8,7...28,7% показателей изделий, участвовавших в исследовании.



**Библиографический список**

1. Белоусова Д.С. Понятие и сущность конкурентоспособности. Факторы, влияющие на конкурентоспособность // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. - 2016.-№ 15–2.-С. 72–76.
2. Акулова И.И., Щукина Т.В., Антипов С.А. Индивидуальные теплогенерирующие установки: возможности и конкурентоспособность // Сантехника, отопление, кондиционирование. - 2016.- № 5 (173).- С. 36–38.
3. Акулова И.И., Славчева Г.С. Оценка конкурентоспособности строительных материалов и изделий: обоснование и апробация методики на примере цемента / И.И. Акулова, Г.С. Славчева // Жилищное строительство. –2017. –№7. -С.9-12.
4. Макарова Л.В., Тарасов Р.В., Резевич К.С. Оценка конкурентоспособности строительной продукции // Современные проблемы науки и образования. - 2015. -№ 1–1. -С. 15-21.

**K.S. KOTOVA, YU.O. LEONOVA****ASSESSMENT OF THE COMPETITIVENESS OF BUILDING PRODUCTS USED FOR THE CONSTRUCTION OF PARTITIONS IN PUBLIC BUILDINGS**

*Kotova Kristina Sergeevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

*Leonova Yulia Olegovna, Postgraduate student, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

This article provides an analysis of the regional market of building products used in the construction of interior partitions, competing enterprises and the results of an assessment of competitiveness, which is based on a methodology for comparing the consumer properties of competing products and their relative prices.

Products made of aerated concrete, arbolite, foam concrete, as well as silicate and gypsum grooved slabs are considered.

According to the results obtained, cellular concrete products are the leader in terms of competitiveness.

**Keywords:** partition, blocks, design, competitiveness of building materials, evaluation method

## **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).

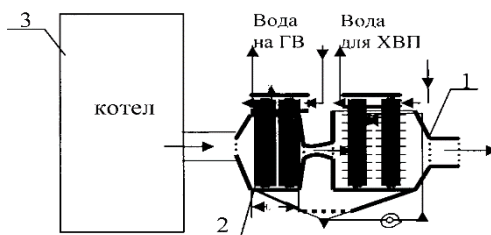


Рис. 1 - Комбинированная схема использования двухступенчатого конденсационного теплообменника

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). Почетный работник высшего профессионального образования РФ.
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>Шейна 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 № 4 (54), 2023

Дата выхода в свет: 25.12.2023. Формат 60×84/8. Бумага писчая.

Усл. печ. л. 10,2. Уч.-изд. л. 9,2.

Тираж 23 экз. Заказ № 442

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