



ISSN 1815-5987

ТРУДЫ НГАСУ

PROCEEDINGS OF THE NOVOSIBIRSK STATE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

2026 $\frac{\text{Том}}{\text{Vol.}}$ 29 $\frac{\text{№}}{\text{No.}}$ 3-1 (101)

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(СИБСТРИН)**

ТРУДЫ НГАСУ

PROCEEDINGS OF THE NOVOSIBIRSK STATE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

Т. 29, № 3-1 (101)

НОВОСИБИРСК 2026

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- Главный редактор** — д-р техн. наук, профессор, академик РААСН
Ю.Л. Сколубович
- Заместители
главного редактора** — д-р техн. наук О.Ю. Михальченко,
канд. техн. наук, доцент Т.В. Пилипенко
- Ответственный секретарь** — А.В. Кругликова
- Направления исследований:** *строительство, точные и естественные науки,
строительные материалы, архитектура,
общественные и экономические науки
в строительстве*

Члены редколлегии:

- | | |
|-----------------|--|
| В.В. Адишев | д-р техн. наук, доцент |
| П.А. Акимов | д-р техн. наук, профессор, академик РААСН (НИУ МГСУ) |
| М.И. Алексеев | д-р техн. наук, профессор, академик РААСН (СПбГАСУ) |
| Б.Д. Аннин | д-р физ.-мат. наук, профессор, академик РАН (ИГиЛ СО РАН) |
| С.М. Аульченко | д-р физ.-мат. наук, доцент |
| А.А. Белкин | д-р физ.-мат. наук, доцент |
| Ю.И. Бик | д-р техн. наук, профессор (СГУВТ) |
| С.К. Водопьянов | д-р физ.-мат. наук, профессор (ИМ СО РАН) |
| Е.Л. Войтов | д-р техн. наук, доцент |
| В.Г. Гагарин | д-р техн. наук, профессор, чл.-кор. РААСН (НИИСФ РААСН) |
| А.А. Гудков | канд. архитектуры, доцент |
| В.В. Дегтярев | д-р техн. наук, профессор |
| Г.В. Демиденко | д-р физ.-мат. наук, профессор (ИМ СО РАН) |
| В.Т. Ерофеев | д-р техн. наук, профессор, академик РААСН (МГУ им. Н.П. Огарева) |
| Л.В. Ильина | д-р техн. наук, профессор |
| Ю.И. Казанцев | д-р ист. наук, профессор |
| С.П. Киселев | д-р физ.-мат. наук, профессор (ИТПМ СО РАН) |
| В.С. Лесовик | д-р техн. наук, профессор, чл.-кор. РААСН (БГТУ им. В.Г. Шухова) |
| Л.С. Ляхович | д-р техн. наук, профессор, академик РААСН (ТГАСУ) |
| И.Г. Митченков | д-р филос. наук, профессор |
| В.В. Молодин | д-р техн. наук, доцент |
| В.И. Морозов | д-р техн. наук, профессор, чл.-кор. РААСН (СПбГАСУ) |
| М.И. Низовцев | д-р техн. наук (ИТ СО РАН) |
| В.В. Пешков | д-р экон. наук, профессор (ИРНИТУ) |
| В.И. Римшин | д-р техн. наук, профессор, чл.-кор. РААСН (НИИСФ РААСН) |
| В.Я. Рудяк | д-р физ.-мат. наук, профессор |
| В.М. Серяков | д-р техн. наук, профессор (ИГД СО РАН) |
| Т.В. Федорович | д-р экон. наук, доцент |
| Н.А. Цветков | д-р техн. наук, профессор (ТГАСУ) |
| Ю.А. Чиркунов | д-р физ.-мат. наук, доцент |
| В.Р. Чупин | д-р техн. наук, профессор (ИРНИТУ) |

**THE MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER
EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION**

**NOVOSIBIRSK STATE UNIVERSITY
OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING
(SIBSTRIN)**

TRUDY NGASU

**PROCEEDINGS
OF THE NOVOSIBIRSK
STATE UNIVERSITY
OF ARCHITECTURE
AND CIVIL ENGINEERING**

Vol. 29, No. 3-1 (101)

NOVOSIBIRSK 2026

The issue was prepared based on the results of the 83rd All-Russian Student Scientific and technical Conference (Novosibirsk, March 17–19, 2026).

EDITORIAL BOARD

Chief Editor – Yu.L. Skolubovich, Academician of RAACS, DSc (Eng), Prof.

Deputy – O.Yu. Mikhachenko, DSc (Eng),

Editors-in-Chief T.V. Pilipenko, PhD (Eng), Assoc. Prof.

Responsible Secretary – A.V. Kruglikova

Research directions: *Construction, Exact and Natural Sciences, Building Materials
Architecture, Social and Economic Sciences in Civil Engineering*

Editorial Board Members:

V.V. Adishchev	PhD (Eng), Associate Prof.
P.A. Akimov	Acad. RAACS, DSc (Eng), Prof. (NRU MGSU)
M.I. Alekseev	Acad. RAACS, DSc (Eng), Prof. (SPbGASU)
B.D. Annin	DSc (Physics and Math), Acad. the Russian Academy of Sciences (Lavrentyev Institute of Hydrodynamics SB RAS)
S.M. Aulchenko	DSc (Physics and Math), Associate Prof.
A.A. Belkin	DSc (Physics and Math), Associate Prof.
Yu.I. Bik	DSc (Eng), Prof. (SSUWT)
S.K. Vodopyanov	DSc (Physics and Math), Prof. (IM SB RAS)
E.L. Voytov	DSc (Eng), Associate Prof.
V.G. Gagarin	Corr. Mem. RAACS, DSc (Eng), Prof., Moscow
A.A. Gudkov	PhD (Arc), Associate Prof.
V.V. Degtyarev	DSc (Eng), Prof.
G.V. Demidenko	DSc (Physics and Math), Prof. (IM SB RAS)
V.T. Erofeev	Acad. RAACS (MRSU), DSc (Eng), Prof.
L.V. Ilina	DSc (Eng), Prof.
Yu.I. Kazantsev	DSc (Hist), Prof.
S.P. Kiselev	DSc (Physics and Math), Prof. (Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics SB RAS)
V.S. Lesovik	Corr. Mem. RAACS, DSc (Eng), Prof. (BSTU named after V.G. Shukhov)
L.S. Lyakhovich	Acad. RAACS, DSc (Eng), Prof. (TSUAB)
I.G. Mitchenkov	DSc (Phil), Prof.
V.V. Molodin	DSc (Eng), Associate Prof.
V.I. Morozov	Corr. Mem. RAACS, DSc (Eng), Prof. (SPbGASU)
M.I. Nizovtsev	DSc (Eng) (Kutateladze Institute of Thermophysics SB RAS)
V.V. Peshkov	DSc (Econom), Prof. (INRTU)
V.I. Rimshin	Corr. Mem. RAACS, DSc (Eng), Prof. (Research Institute of Building Physics RAASN)
V.Ya. Rudyak	DSc (Physics and Math), Prof.
V.M. Seryakov	DSc (Eng), Prof. (N.A. Chinakal Institute of Mining, SB RAS)
T.V. Fedorovich	DSc (Econ), Associate Prof.
N.A. Tsvetkov	DSc (Eng), Prof. (TSUAB)
V.R. Chupin	DSc (Eng), Prof. (INRTU)

СОДЕРЖАНИЕ

СТРОИТЕЛЬСТВО

Бодров М.В., Пылаев А.Н., Некипелова П.С.	
Методы повышения энергетической эффективности систем отопления.....	9
Гулай М.В., Мотылев Р.В.	
Модернизация медицинской инфраструктуры Российской Федерации: подходы, приоритеты, решения ..	22
Мельничук А.И., Михальченко О.Ю.	
Разработка комплекса мероприятий, направленных на снижение задержек сроков строительства	37
Мороз А.А., Шилиманова Е.С.	
Технология устройства огнестойких комбинированных светопрозрачных конструкций с использованием ETFE.....	50
Потапов А.Н., Хабаров Э.О.	
Сейсмический анализ дымовой трубы	64
Сбродов Д.В., Лосев К.Ю.	
Симуляционная модель показателей энергозатратности для задач энергоэффективности зданий	82
Хазов П.А., Шилов С.С., Молоснова Н.Д.	
Алгоритмизация расчета аэродинамических характеристик гиперболоидных поверхностей в сравнении с глобоидными	98
Шадрина М.Н., Черныш Д.В.	
Метод бетонирования высоких стен сложной конфигурации с использованием инвентарных бетонолитных труб.....	113

АРХИТЕКТУРА

Катайцева И.А., Сысоева Е.А.	
Проект комплексного развития информационной инфраструктуры территории НГАСУ (Сибстрин) на примере мемориальной зоны «Аллея памяти»	124

Петрова В.Д., Кохановская Л.П., Чеберева О.Н.	
Золотое и серебряное сечения в современной архитектуре Нижнего Новгорода.....	139
Фашенко В.С., Мордвов А.А.	
Принципы пространственной организации реабилитационных центров для военнослужащих.....	154
Цыбина Е.Д., Крутухина А.Я.	
Исторический анализ жилого дома в Санкт-Петербурге	172
Шалыгина М.В., Кетова Е.В.	
Архитектурно-композиционные особенности мозаичных объектов советского модернизма на примере Новосибирска.....	183
Яралиева С.Г.К., Маметова Т.А.	
Город-призрак как градостроительный провал: от диагностики к стратегии трансформации (на примере Билибино)	199

ОБЩЕСТВЕННЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Готовко Ю.Б., Рыбакова А.О.	
Организационно-технологические модели реализации инвестиционно-строительных проектов на основе государственно-частного партнерства в условиях ресурсных ограничений	222
Никулина Н.А., Островская Л.Д.	
Цифровой патриотизм в России: мемы как инструмент конструирования новой патриотической идентичности и речевой феномен	234

CONTENTS

CONSTRUCTION

Bodrov M.V., Pylaev A.N., Nekipelova P.S. Methods for Improving the Energy Efficiency of Heating Systems.....	9
Gulai M.V., Motylev R.V. Modernization of the Medical Infrastructure of the Russian Federation: Approaches, Priorities, Solutions	22
Melnichuk A.I., Mikhachenko O.Yu. Development of a Set of Measures Aimed at Reducing Construction Delays	37
Moroz A.A., Shilimanova E.S. Technology for the Installation of Fire-Resistant Combined Translucent Structures Using ETFE	50
Potapov A.N., Khabarov E.O. Seismic Analysis of a Chimney	64
Sbrodov D.V., Losev K.Yu. Simulation Model of Energy Consumption Indicators for the Problems of Buildings Energy Efficiency.....	82
Khazov P.A., Shilov S.S., Molosnova N.D. Algorithmic Calculation of Aerodynamic Properties for Hyperboloid Surfaces Compared with Globoid.....	98
Shadrina M.N., Chernysh D.V. Method for Concreting High Walls with Complex Configuration Using Reusable Concrete Placing Pipes.....	113

ARCHITECTURE

Kataitseva I.A., Sysoeva E.A. Integrated Development Project of the Information Infrastructure of the NSUACE (Sibstrin) Territory on the Example of the Memorial Zone “Memory Alley”	124
--	-----

Petrova V.D., Kokhanovskaya L.P., Chebereva O.N.	
The Golden and Silver Sections in the Modern Architecture of Nizhny Novgorod	139
Fashchenko V.S., Mordvov A.A.	
Spatial Organization Principles of Rehabilitation Centers for Military Personnel.....	154
Tsybina E.D., Krutukhina A.Ya.	
A Historical Analysis of a Residential Building in Saint Petersburg.....	172
Shalygina M.V., Ketova E.V.	
Architectural and Compositional Features of Mosaic Objects of Soviet Modernism on the Example of Novosibirsk	183
Yaralieva S.G.K., Mametova T.A.	
Ghost Town as an Urban Planning Failure: from Diagnostics to Transformation Strategy (Case Study of Bilibino)	199

SOCIAL AND ECONOMIC SCIENCES IN CIVIL ENGINEERING

Gotovko Yu.B., Rybakova A.O.	
Organizational and Technological Models for the Implementation of Investment and Construction Projects Based on Public-Private Partnership under Resource Constraints	222
Nikulina N.A., Ostrovskaya L.D.	
Digital Patriotism in Russia: Memes as a Tool for Constructing a New Patriotic Identity and a Speech Phenomenon	234

СТРОИТЕЛЬСТВО

CONSTRUCTION

Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 9–21.
ISSN 1815-5987

Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026; 29 (3-1): 9–21.
ISSN 1815-5987

Научная статья

УДК 699.86

DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-9-21

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

**Михаил Валерьевич Бодров¹,
Александр Николаевич Пылаев²,
Полина Сергеевна Некипелова³**

¹Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород, Россия,
tes84@inbox.ru

²Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород, Россия,
a.pylaev901@gmail.com

³Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород, Россия,
nekipelova415@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы повышения энергетической эффективности систем отопления, проанализированы основные источники тепловых потерь в зданиях, а также проведен обзор методов повышения энергоэффективности теплового контура здания. Предло-

жено комплексное решение для экономии энергоресурсов и снижения экологической нагрузки.

Ключевые слова: отопление, энергосбережение, энергоэффективность, утеплитель, срок окупаемости

Благодарности: авторы выражают благодарность канд. техн. наук Алексею Сергеевичу Сергиенко, техническому директору ОП «ВЕ-ЗА – Нижний Новгород» Дмитрию Викторовичу Дунюшкину, ассистенту кафедры отопления и вентиляции Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета Алексею Евгеньевичу Руину за ценные замечания по работе и оказание методической помощи в проведении исследования.

Для цитирования: Бодров М.В., Пылаев А.Н., Некипелова П.С. Методы повышения энергетической эффективности систем отопления // Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 9–21. DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-9-21.

Original article

METHODS FOR IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF HEATING SYSTEMS

**Mikhail Valerievich Bodrov¹,
Alexander Nikolaevich Pylaev²,
Polina Sergeevna Nekipelova³**

¹Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil
Engineering, Nizhny Novgorod, Russia,
tes84@inbox.ru

²Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil
Engineering, Nizhny Novgorod, Russia,
a.pylaev901@gmail.com

³Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil
Engineering, Nizhny Novgorod, Russia,
nekipelova415@mail.ru

Abstract. This scientific article examines ways to improve the energy efficiency of heating systems, analyzes the main sources of heat loss in buildings, and provides an overview of energy efficiency improvement methods of the building's thermal circuit. A comprehensive solution for saving energy resources and reducing environmental impacts is proposed.

Keywords: heating, energy saving, energy efficiency, insulation, pay-back period

Acknowledgments: the authors express their gratitude to PhD in Engineering Sciences Alexey Sergeevich Sergienko, Dmitry Viktorovich Dunyushkin – a technical director of “VEZA-Nizhny Novgorod”, and Alexey Evgenievich Ruin, Assistant Professor of the Department of Heating and Ventilation at the Faculty of Engineering and Environmental Systems and Structures of the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, for their valuable comments on the work and methodological assistance in conducting the research.

For citation: Bodrov M.V., Pylaev A.N., Nekipelova P.S. Methods for Improving the Energy Efficiency of Heating Systems. *Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2026; 29 (3-1): 9–21. (In Russ.). DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-9-21.

Введение

Актуальность проведенных исследований продиктована необходимостью реализации положений Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...» [1], а также задачами Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2050 года [2] в части создания энергоэффективных систем микроклимата помещений.

Предметом исследования являются критерии выбора приоритетных направлений повышения энергоэффективности.

Объект исследования – методы проведения капитальных ремонтов и нового строительства систем обеспечения параметров микроклимата воздуха.

Цель – разработка научно обоснованных методик выбора наиболее энергоэффективных мероприятий при проведении капитальных ремонтов и возведении новых объектов строительства.

Основная часть

В настоящее время в Российской Федерации нормируемые сопротивления теплопередаче определяются согласно [3]. Стоит отметить, что данный расчет учитывает исключительно климатические особенности региона строительства, не принимая во внимание экономическую целесообразность тех или иных мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности.

В работе рассмотрены два мероприятия по энергосбережению реконструируемых и вновь сооружаемых зданий: увеличение толщины утепляющего слоя ограждающих конструкций и выбор оптимальной светопрозрачной конструкции (окна).

Согласно [4] светопрозрачные конструкции наиболее уязвимы к инфильтрации воздуха вследствие возникновения в процессе эксплуатации щелей и зазоров, что увеличивает теплотери здания на 40 %.

Для оценки методов повышения энергетической эффективности в качестве объекта исследования рассмотрено административное здание, отапливаемый объем которого $V_{от} = 13\,824\text{ м}^3$.

С целью экономической оценки эффективности упомянутых мероприятий в различных климатических районах Российской Федерации расчет выполнен для следующих городов: Москва, Нижний Новгород, Краснодар, Иркутск, Владивосток.

Классификация светопрозрачных конструкций, а также их теплоизоляционные свойства, основанные на сопротивлении теплопередаче R , принимались согласно [5].

Стоимость тепловой энергии $C_{теп}$, руб./Гкал, принималась из открытых источников сети Интернет и приведена в таблице:

Стоимость тепловой энергии
в городах Российской Федерации

Город	$C_{\text{теп}}$, руб./Гкал
Москва	3374,46
Нижний Новгород	1602,42
Краснодар	2860,80
Иркутск	2235,04
Владивосток	3186,41

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП), $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}/\text{год}$, можно рассчитать по следующей зависимости:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}},$$

где $t_{\text{от}}$ и $z_{\text{от}}$ – соответственно средняя температура, $^{\circ}\text{C}$, и продолжительность, сут/год, отопительного периода, принимаемые по [6]; $t_{\text{в}}$ – температура воздуха внутри помещения, $^{\circ}\text{C}$.

Удельная теплозащитная характеристика, $\text{Вт}/(\text{м}^3\cdot^{\circ}\text{C})$, определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{об}} = \frac{1}{V_{\text{от}}} \sum \left(n_{t,i} \frac{A_i}{R} \right),$$

где $n_{t,i}$ – коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры конструкции от принятых в расчете ГСОП; A_i – площадь рассматриваемой ограждающей конструкции, м^2 .

Общие теплотери здания за отопительный период, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{год}$, рассчитывались по формуле:

$$Q_{\text{ТП}}^{\text{год}} = 0,024 \text{ ГСОП} \cdot V_{\text{от}} \cdot k_{\text{об}},$$

где $k_{об}$ – удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м³·°C).

Потенциал сокращения капитальных затрат, достижимый за счет разницы теплопотерь через ограждающие конструкции при различных вариантах их исполнения (с учетом климатических особенностей региона строительства и тарифов на теплоснабжение), руб./год, может быть определен по формуле:

$$\Delta \dot{Q} = 0,86 C_{теп} \cdot \Delta Q_{ТП}^{год}.$$

Бездисконтный срок окупаемости, лет, определяется так:

$$T_o = \frac{\sum K}{\Delta \dot{Q}},$$

где $\sum K$ – сумма капитальных затрат, полученная сложением расходов на конкретный вид ограждающей конструкции и затрат на ее монтаж, руб.

Прогнозируемый срок окупаемости инвестиций, лет, определяется по формуле:

$$T_{ок} = \frac{-\ln(1 - pT_o / 100)}{\ln(1 + p / 100)},$$

где p – ключевая ставка Центрального банка Российской Федерации, %.

Выполненные расчеты отображены на рис. 1–5.

Заключение

Проведенные исследования учитывают не только климатические особенности региона, но и экономическую составляющую вопроса энергосбережения. Данное уточнение позволяет применить предложенную методику при актуализации нормативно-правовой базы в области энергосбережения и при разработке региональных программ в этой сфере. Приведенные авторами рекомендации дают возможность выявить приоритетные направления повышения энергоэффективности теплового контура здания.

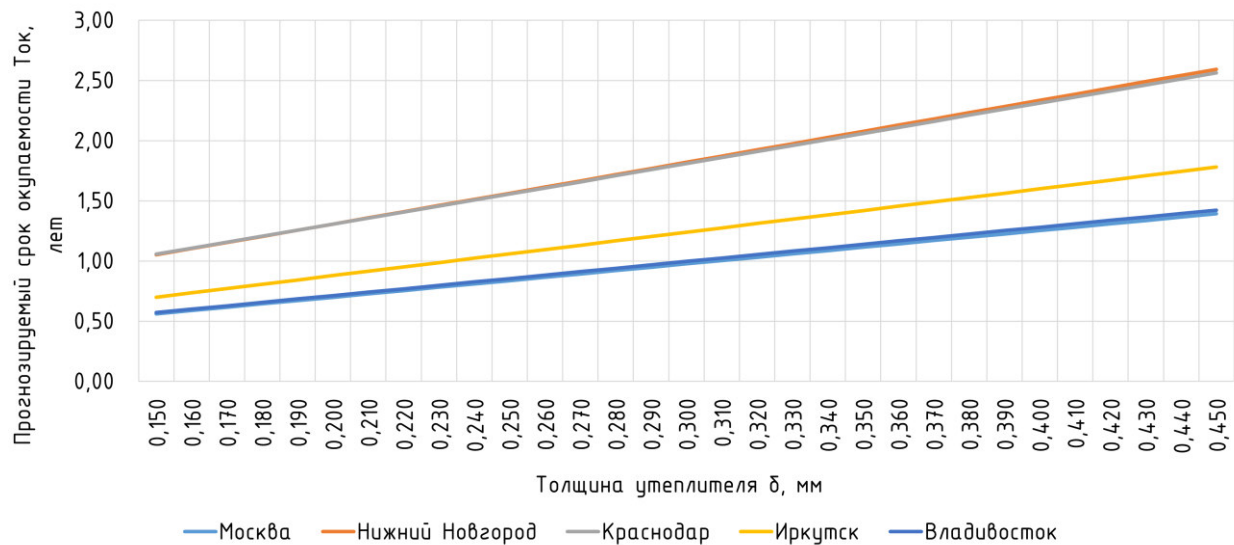


Рис. 1. Зависимость прогнозируемого срока окупаемости инвестиций от толщины утепляющего слоя

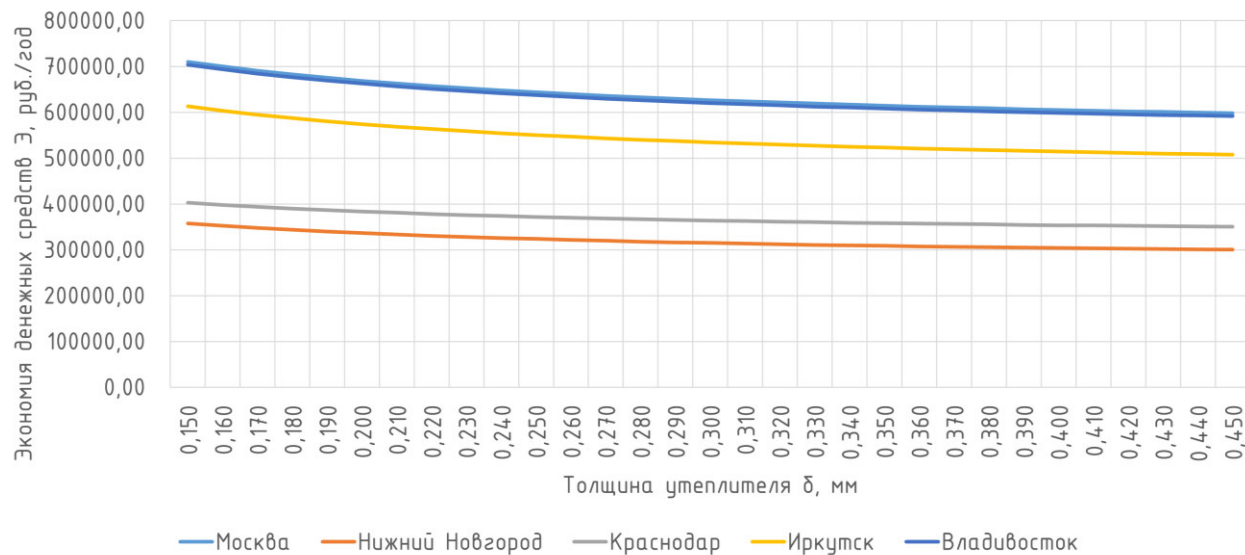


Рис. 2. Зависимость объема сэкономленных денежных средств от толщины утепляющего слоя

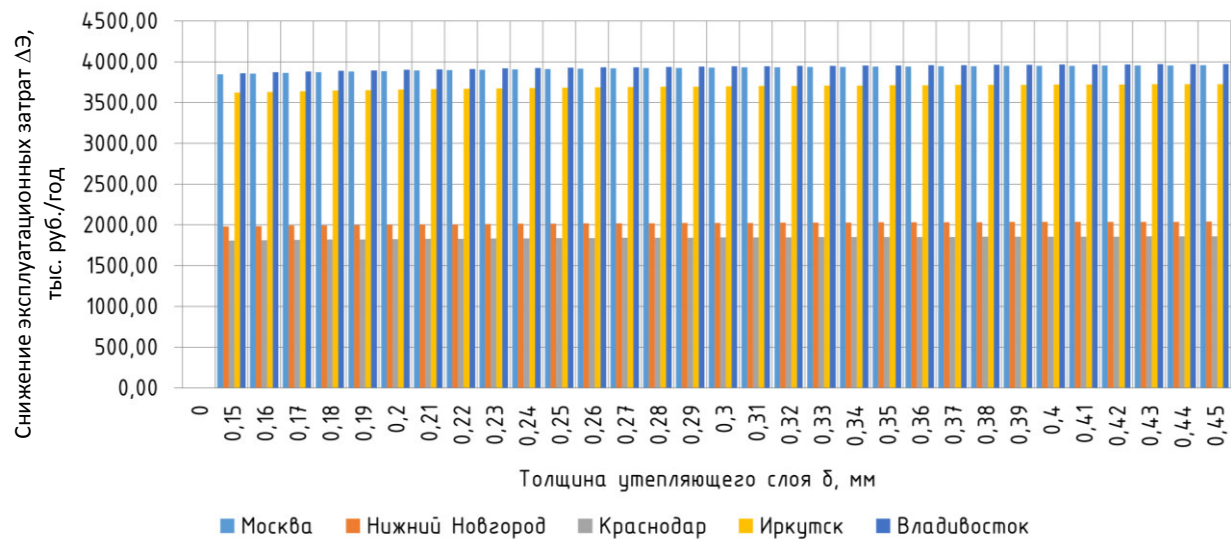


Рис. 3. Результаты расчета снижения эксплуатационных затрат за счет применения утеплителя

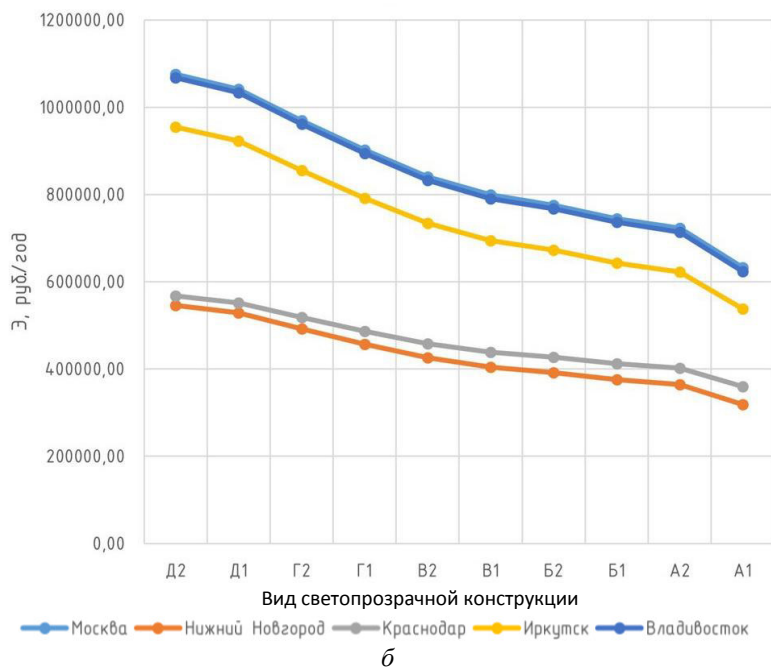
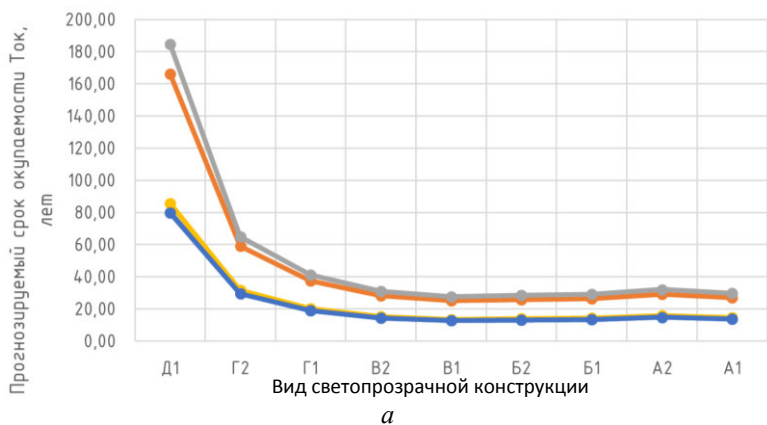


Рис. 4. Зависимость прогнозируемого срока окупаемости инвестиций (а) и объема сэкономленных денежных средств (б) от вида светопрозрачной конструкции

- ческих документов: сайт. <https://docs.cntd.ru/document/1306326592> (дата обращения: 10.02.2026).
4. Фаррахов А.Г. Энерго- и ресурсосбережение в строительстве и городском хозяйстве: учеб. пособие. Москва: АСВ, 2016. 167 с.
 5. ГОСТ 23166-99. Блоки оконные. Общие технические условия: введ. 2001-01-01: изм. 1 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: сайт. <https://docs.cntd.ru/document/1200006801> (дата обращения: 10.02.2026).
 6. СП 131.13330.2025. Строительная климатология: введ. 2025-09-09 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: сайт. <https://docs.cntd.ru/document/1313808224> (дата обращения: 10.02.2026).

References

1. On Energy Saving and Increasing Energy Efficiency and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation: Federal Law No. 261-FZ of 23.11.2009 (latest edition). *Electronic fund of legal and regulatory documents: website.* <https://docs.cntd.ru/document/902186281> (Accessed: 10.02.2026). (In Russ.).
2. On the Approval of the Energy Strategy of the Russian Federation for the Period up to 2050: Order of the Government of the Russian Federation, dated December 4, 2025 No. 908-r. *Electronic fund of legal and regulatory documents: website.* <https://docs.cntd.ru/document/1312459681> (Accessed: 10.02.2026). (In Russ.).
3. Code of Practice 50.13330.2024. Thermal Performance of the Buildings: introduced 2024-06-16. *Electronic fund of legal and regulatory documents: website.* <https://docs.cntd.ru/document/1306326592> (Accessed: 10.02.2026). (In Russ.).
4. Farrakhov A.G. Energy and Resource Conservation in Construction and Urban Economy: Textbook. Moscow: DIA, 2016. 167 p. (In Russ.).
5. State Standard 23166-99. Windows. General specifications: introduced 2001-01-01: changes 1. *Electronic fund of legal and*

regulatory documents: website. <https://docs.cntd.ru/document/1200006801> (Accessed: 10.02.2026). (In Russ.).

6. Code of Practice 131.13330.2025. Building Climatology: introduced 2025-09-09. *Electronic fund of legal and regulatory documents: website.* <https://docs.cntd.ru/document/1313808224> (Accessed: 10.02.2026). (In Russ.).

Информация об авторах

М.В. Бодров – д-р техн. наук, доцент

А.Н. Пылаев – аспирант

П.С. Некипелова – студент

Information about the authors

M.V. Bodrov – Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor

A.N. Pylaev – Postgraduate Student

P.S. Nekipelova – Student

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию	13.03.2026	The article was submitted	13.03.2026
Одобрена после рецензирования	02.04.2026	Approved after reviewing	02.04.2026
Принята к публикации	19.05.2026	Accepted for publication	19.05.2026

Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 22–36.
ISSN 1815-5987
Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026; 29 (3-1): 22–36.
ISSN 1815-5987

Научная статья

УДК 69.059.7

DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-22-36

МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: ПОДХОДЫ, ПРИОРИТЕТЫ, РЕШЕНИЯ

**Марк Витальевич Гулай¹,
Роман Владимирович Мотылев²**

¹Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия,
marikhbspb@gmail.com

²Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия,
motylev@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы состояния и развития медицинской инфраструктуры в Российской Федерации, приоритеты ее модернизации и реконструкции, а также подходы к выбору стратегий вмешательства для различных типов учреждений. На фоне существующей разветвленной сети медицинских объектов особое внимание уделяется проблемам устаревших зданий и инженерных систем, а также нормативным требованиям и критериям принятия решений о реставрации, модернизации или сносе.

Ключевые слова: медицинская инфраструктура, реконструкция, модернизация, снос, нормативные требования, инженерные системы, доступность медицинских услуг, классы медицинских учреждений

Для цитирования: Гулай М.В., Мотылев Р.В. Модернизация медицинской инфраструктуры Российской Федерации: подходы, приоритеты, решения // Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 22–36. DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-22-36.

Original article

MODERNIZATION OF THE MEDICAL INFRASTRUCTURE OF THE RUSSIAN FEDERATION: APPROACHES, PRIORITIES, SOLUTIONS

**Mark Vitalievich Gulai¹,
Roman Vladimirovich Motylev²**

¹Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia,
marikhbspb@gmail.com

²Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia,
motylev@yandex.ru

Abstract. This article examines the current state and development of medical infrastructure in the Russian Federation, the priorities of its modernization and reconstruction, as well as approaches to selecting intervention strategies for different types of institutions. Against the backdrop of the existing extensive network of medical facilities, special attention is given to the problems of outdated buildings and engineering systems, regulatory requirements, and the criteria for making decisions on restoration, modernization, or demolition.

Keywords: medical infrastructure, reconstruction, modernization, demolition, regulatory requirements, engineering systems, accessibility of medical services, classes of medical institutions

For citation: Gulai M.V., Motylev R.V. Modernization of the Medical Infrastructure of the Russian Federation: Approaches, Priorities, Solutions. *Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2026; 29 (3-1): 22–36. (In Russ.). DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-22-36.

Введение

В Российской Федерации функционирует разветвленная сеть медицинских учреждений, включающая многопрофильные городские больницы, специализированные центры, поликлиники, родильные дома и амбулаторно-поликлинические пункты. Общая плотность коечного фонда и охват населения медицинскими услугами обеспечивают базовый уровень доступности врачебной помощи, однако значительная часть зданий и инженерной инфраструктуры учреждений здравоохранения была построена еще в советский период и нуждается в модернизации или реконструкции. Современные стандарты здравоохранения предъявляют повышенные требования к уровню инфраструктуры – от комфорта пациентов и функциональности рабочих зон до соответствия нормативам безопасности и энергоэффективности. Постоянное внедрение передовых медицинских технологий и совершенствование организационных процессов требуют пересмотра стандартов оснащения и эксплуатации объектов здравоохранения, что повышает необходимость реставрационных мероприятий и модернизации зданий.

В контексте данного исследования под медицинской организацией понимается помещение, здание или группа зданий, объединенных планировочными решениями, в которых реализуется основной (уставный) вид деятельности – диагностика, лечение и уход за пациентами в стационарном и амбулаторно-поликлиническом режимах.

Цель исследования – анализ ключевых проблем модернизации и реконструкции медицинской инфраструктуры в Российской Федерации, а также поиск оптимальных решений по обновлению медицинских учреждений различных периодов строительства.

Задачи:

- 1) выявить различия между понятиями «модернизация», «реконструкция», «реставрация» и «снос»;
- 2) определить условия, при которых снос здания оказывается более целесообразным, чем его обновление;

3) проанализировать подходы к выбору наиболее эффективных стратегий вмешательства применительно к медицинским учреждениям разных типов и периодов строительства.

Распределение бюджета и статистика

Необходимость системной реконструкции подтверждается и на федеральном уровне. Государственная программа Российской Федерации «Развитие здравоохранения», а также входящие в ее состав национальные проекты и направления (подпрограммы) предусматривают меры по модернизации медицинской инфраструктуры, повышению качества первичной и специализированной помощи, развитию перинатальной и детской медицины, а также внедрению современных технологий и цифровых решений. Эти документы определяют стратегические ориентиры государственной политики: снижение смертности, увеличение продолжительности жизни, а также повышение доступности и качества медицинской помощи [1].

Здравоохранение занимает одну из ведущих позиций в структуре федеральных расходов, объем финансирования этой отрасли стабильно высок. Согласно представленным данным (рис. 1), в 2024 году расходы составили 1736,0 млрд руб., в 2025-м – 1864,3 млрд руб., в 2026-м – 1862,1 млрд руб., а на 2027 год запланировано 1918,3 млрд руб. Рост финансирования свидетельствует о стабильной бюджетной поддержке здравоохранения и его приоритетном значении в государственной политике. Такая динамика подтверждает, что модернизация медицинской инфраструктуры остается одним из ключевых направлений долгосрочного развития системы здравоохранения [2].

Такая динамика свидетельствует о том, что модернизация медицинской инфраструктуры рассматривается не как локальная отраслевая задача, а как одно из ключевых направлений государственного развития. Средства выделяются не только на обновление материально-технической базы медицинских организаций, но и на совершенствование инженерных систем, строительство и реконструкцию объектов здравоохранения, улучшение технологической оснащенности учреждений, а также

на повышение качества и доступности медицинской помощи для населения страны.

Показатель обеспеченности населения больничными койками в Российской Федерации на достаточно высоком уровне. Несмотря на его постепенное снижение, ситуацию в целом можно оценивать как благоприятную: в 2023 году 68,09 койки приходилось на 10 тыс. чел. (рис. 2). По представленным данным, Россия занимает 11-ю строчку в мировом рейтинге, что подтверждает достаточно сильные позиции отечественной системы здравоохранения по данному показателю [3].

2024	1 736,0	
2025	1 864,3	
2026	1 862,1	
2027	1 918,3	

Рис. 1. Расходы федерального бюджета на здравоохранение в 2024–2027 гг., млрд руб.

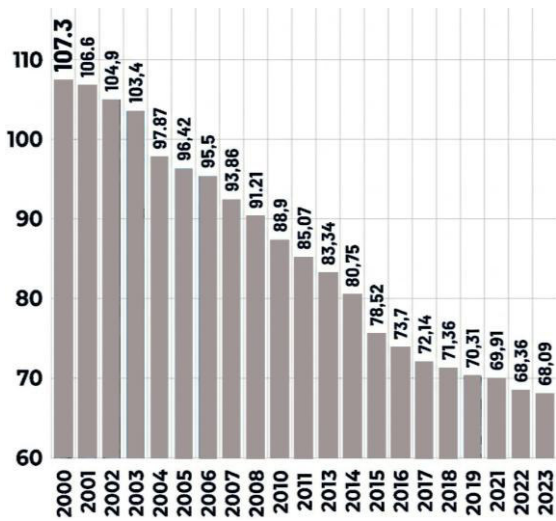


Рис. 2. Количество больничных коек на 10 тыс. чел. в Российской Федерации

Понятия «реконструкция» и «модернизация»

При работе со строительными объектами крайне важно корректно использовать термины, описывающие виды их преобразований. Это необходимо для точного планирования работы, оформления необходимой документации и обеспечения соответствия проектов строительным нормам. Среди ключевых понятий, характеризующих изменения зданий, выделяют такие, как «модернизация» и «реконструкция». Эти термины отражают различные подходы к совершенствованию и изменению существующих строений.

Реконструкция здания – это комплекс строительных и организационно-технических мероприятий, направленных на изменение основных технико-экономических показателей (нагрузки, планировок помещений, объема строительства, общей площади здания и его инженерной оснащенности) с целью улучшения условий эксплуатации, восполнения утрат вследствие физического и морального износа, а также достижения новых целей использования объекта [4].

Модернизация здания – это частный случай реконструкции, предполагающий изменение и обновление его объемно-планировочного и архитектурного решений, а также замену морально устаревшего инженерного оборудования. В ходе модернизации такие мероприятия осуществляются в соответствии с действующими нормативами, учитывающими требования к эстетике, условиям проживания и эксплуатационным характеристикам жилых и производственных зданий.

Важно различать эти понятия. Модернизация здания – это прежде всего его обновление с целью приведения в соответствие новым требованиям и нормативам, техническим условиям и показателям качества (в том числе доступности), в то время как реконструкция предполагает перестройку здания или сооружения с целью его усовершенствования, повышения функциональности или использования по иному назначению.

Целесообразность сноса здания

Когда речь заходит о реконструкции или модернизации здания, нередко возникает дилемма: стоит вкладывать средства в эти мероприятия или же более рациональным решением будет полный снос здания? Хотя адаптация и сохранение старых конструкций часто выглядят предпочтительнее, существуют веские причины, по которым демонтаж может оказаться не просто вариантом, а единственно верным и дальновидным решением [5].

Снос объекта – это ликвидация здания (сооружения) одним из способов (механическим, термическим, взрывным или комбинированным), как правило, с предварительным демонтажем оборудования, инженерных систем и элементов отделки.

Снос здания целесообразен в тех случаях, когда его восстановление либо небезопасно, либо экономически невыгодно, либо ограничивает возможности нового использования участка. К таким ситуациям относятся следующие: аварийное состояние фундамента и несущих стен, широкое распространение опасных материалов (асбест, свинцовая краска) и несоответствие современным строительным нормам, когда обеспечение безопасной эксплуатации объекта затруднено или невозможно.

Если расходы на реконструкцию составляют более 30 % от стоимости нового строительства, снос зачастую оказывается более рациональным решением. Также снос оправдан в случаях, когда собственник планирует возвести здание по другому проекту в ином месте участка, а также при необходимости полной замены всех конструктивных элементов. Кроме того, снос предоставляет полную творческую свободу для проектирования: новое строение можно возвести с использованием современных материалов и технологий, что способствует повышению долговечности и устойчивости конструкции. Как следствие – раскрывается социально-экономический потенциал региона [5].

Классы медицинских учреждений

Фонд стационарных медицинских учреждений в Российской Федерации неоднороден по возрасту и типу: в эксплуатации как больницы, построенные еще до Первой мировой войны, так и современные медицинские центры, появившиеся в последние годы. Существенную часть этого фонда составляет инженерная инфраструктура – системы отопления, вентиляции, электроснабжения, водоотведения и медицинских коммуникаций, которые требуют своевременного обновления [4, 5].

В настоящем исследовании предлагается разделить медицинские учреждения на четыре условных класса по времени их возведения. Такой подход наиболее корректно фиксирует период строительства и связанные с ним особенности, поскольку в разные годы объекты проектировались и строились с учетом иных нормативных, технологических и планировочных требований. Этот факт определяет необходимость дифференцированных решений при реконструкции и модернизации зданий и сооружений. Кроме того, следует учитывать, что часть старых зданий имеет статус объектов культурного наследия, что ограничивает допустимый объем вмешательства в их структуру [6].

Классификация медицинских учреждений по периодам строительства позволяет учитывать не только хронологию формирования стационарного фонда, но и различия в архитектурно-планировочных, конструктивных и инженерных характеристиках зданий. Именно эти параметры в значительной степени определяют допустимые и наиболее эффективные подходы к реконструкции, реставрации и модернизации лечебных корпусов. В рамках настоящего исследования предлагается выделять четыре класса медицинских учреждений.

К первому классу относятся здания, построенные до 1930-х годов. Для них характерны классический архитектурный облик, коридорная или галерейная планировка, широкие коридоры и высокие потолки, просторные палаты. Подобные объекты представляют историко-культурную ценность, а значитель-

ная их часть имеет статус памятников архитектуры. В конструктивном отношении это, как правило, здания с кирпичными несущими наружными и частично внутренними стенами, перегородками по деревянному каркасу с дранкой, а также деревянными перекрытиями; реже встречаются железобетонные вставки, выполненные в ходе более поздних реконструкций. Современные инженерные системы в таких корпусах либо отсутствуют, либо внедрены фрагментарно. Необходимость сохранения исторических интерьеров и конструктивных элементов существенно осложняет строительство новых сетей. Основные ограничения при реконструкции связаны с невозможностью радикальной перепланировки без утраты исторической целостности, высоким риском потери подлинного архитектурного облика и значительными затратами в случае глубоких преобразований.

В связи с вышеизложенным для объектов первого класса наиболее целесообразна стратегия бережной реставрации с модернизацией в пределах существующих объемов, локальным усилением конструкций и выносом сложных технологических процессов в новые корпуса или пристройки [6].

Второй класс составляют медицинские учреждения, возведенные в 1930–1950-е годы. Эти здания, как правило, сохраняют коридорную схему, имеют просторные помещения. Архитектура таких объектов проще, а историческая ценность ниже. В составе больничных комплексов предусмотрены прогулочные территории. Конструктивно это преимущественно кирпичные здания с несущими каркасом и внутренними стенами; перегородки часто выполнялись по деревянному каркасу, в ряде случаев уже применялись железобетонные перекрытия. Инженерные системы в таких корпусах, как правило, в рабочем состоянии, но морально и технически они устарели. Основные риски реконструкции объектов второго класса обусловлены тем, что внутренние несущие стены существенно ограничивают возможности перепланировки, а решения по обеспечению пожарной безопасности объекта приводят к потере полезной площади. Если здание имеет охранный статус, перечень допустимых вме-

шателств значительно сокращается. Для объектов второго класса наиболее оправдан комбинированный подход: сохранение существующего корпуса для относительно простых функций, таких как палатные отделения, административные и учебные помещения, при одновременном размещении сложных технологических блоков в новых корпусах. При замене перекрытий и инженерных систем целесообразно совмещать модернизацию с конструктивным усилением здания [6].

Третий класс включает стационарные корпуса 1960–1980-х годов постройки, которые составляют самую значительную часть действующего больничного фонда. Это, как правило, крупноблочные, кирпичные и каркасно-панельные здания: перекрытия из сборного или монолитного железобетона; одно- или двухкоридорная структура и сравнительно невысокие потолки. По сравнению с более ранними объектами здания этого периода легче поддаются реконструкции, однако именно их характерной чертой является несоответствие современным нормативным требованиям к площадям, логистике и размещению инженерных систем.

Соответствие действующим стандартам нередко требует увеличения площади на 20–40 %, а соблюдение требований пожарной безопасности и эвакуации могут повлечь за собой потери полезной площади либо необходимость проведения дорогостоящих компенсационных мероприятий. Существенной проблемой остается и прокладка новых инженерных сетей в условиях низких межэтажных перекрытий. По этой причине для объектов третьего класса оптимальным решением часто становится реконструкция с частичной разборкой до несущего каркаса, перепланировкой, возведением пристроек для расширения площадей или строительство новых корпусов с целью вынесения в них части функций. Дополнительно требуются комплексная модернизация инженерных систем, утепление фасадов и продуманная организация интерьеров, позволяющая компенсировать ограничения исходной объемно-планировочной структуры [6].

К четвертому классу относятся объекты здравоохранения, построенные с конца 1980-х годов по настоящее время. Их главные архитектурно-планировочные особенности: монолитный каркас, одно- или двухкоридорная схема, более свободная компоновка и современный архитектурный облик. Конструктивные решения, перегородки и перекрытия в таких зданиях, как правило, изначально проектируются с возможностью функциональной гибкости. Уровень инженерного оснащения этих объектов в целом соответствует современным требованиям, однако и они нуждаются в регулярной актуализации систем, что продиктовано стремительным развитием медицинских технологий. Ключевыми ограничениями здесь становятся не столько конструктивные или историко-культурные факторы, сколько необходимость заблаговременного планирования оперативного перепрофилирования в условиях чрезвычайных и кризисных ситуаций, соблюдения принципов клиентоориентированности и доступности, а также обеспечения технологической адаптивности в долгосрочной перспективе.

Для объектов четвертого класса наиболее рационален сценарий комплексного капитального ремонта, предполагающий регулярную актуализацию проектной документации, минимизацию перепланировок и адаптацию площадей к новым клиническим стандартам. При этом особое значение приобретает создание резерва гибкости для будущей трансформации функционального назначения помещений и ускоренной модернизации инженерной инфраструктуры [6].

Пик строительства медицинских учреждений пришелся на середину XX века (рис. 3). По данным статистики, число больниц росло до конца 1950-х – начала 1960-х годов и оставалось на высоком уровне до 1980-х. Следовательно, основная часть действующих стационаров относится к третьему классу (1960–1980-е), небольшая часть – ко второму (1930–1950-е) [6].

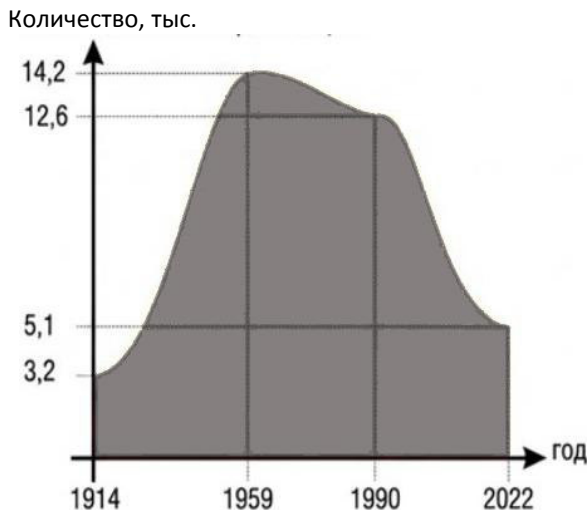


Рис. 3. Число больниц, 1914–2022 гг.

Заключение

В настоящей работе рассмотрены стратегии модернизации медицинской инфраструктуры Российской Федерации с акцентом на распределение бюджета, статистику, классификацию учреждений, а также соотношение понятий «реконструкция» и «модернизация». Обоснована целесообразность дифференцированного подхода, учитывающего историческую ценность, техническое состояние зданий и современные строительные нормы.

Наиболее рациональной признана комбинированная стратегия: сохранение и реставрация пригодных к использованию исторических корпусов с выносом наиболее сложных инженерно-технологических функций в новые здания. Такой подход обеспечивает бережное отношение к архитектурному наследию, строгое соответствие нормативным требованиям и высокую экономическую эффективность эксплуатации объектов здравоохранения.

Список источников

1. Развитие здравоохранения: Гос. программа Российской Федерации: утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 26.12.2017 № 1640 // Министерство здравоохранения Российской Федерации: официальный сайт. <https://minzdrav.gov.ru/ministry/programms/health/info> (дата обращения: 03.03.2026).
2. Бюджет для граждан 2025–2027: к проекту федерального закона о федеральном бюджете на 2025 год и на плановый период 2026 и 2027 годов // Минфин России: официальный сайт. https://minfin.gov.ru/common/upload/library/2024/11/main/0759_Budget_2025-2027.pdf (дата обращения: 03.03.2026).
3. Количество больничных коек // statbase: сайт. <https://statbase.ru/data/rus-hospital-beds-per-10000/> (дата обращения: 03.03.2026).
4. Тилинин Ю.И. Оценка пригодности старых зданий к реконструкции с последующим формированием технологических и организационных решений // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2024. № 4 (50). С. 53–59.
5. Мотылев Р.В., Санжара А.О. Проблемы и актуальные тенденции в приспособлении для современного использования памятников промышленной архитектуры Санкт-Петербурга // Актуальные вопросы строительства: взгляд в будущее: материалы III Всерос. науч.-практ. конф. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2024. С. 484–488.
6. Кочергин В.В. Проблемы при проведении реконструкции и капитального ремонта стационарных больничных комплексов на территории Российской Федерации с точки зрения архитектора // Architecture and Modern Information Technologies. 2024. № 4 (69). С. 145–154. https://marhi.ru/AMIT/2024/4kvart24/PDF/10_kochergin.pdf (дата обращения: 03.03.2026). DOI 10.24412/1998-4839-2024-4-145-154.

References

1. Development of Healthcare: The State Program of the Russian Federation: approved by the Resolution of the Decree of the Government of the Russian Federation, dated 26.12.2017 No. 1640. *Ministry of Health of the Russian Federation: official website*. <https://minzdrav.gov.ru/ministry/programms/health/info> (Accessed: 03.03.2026). (In Russ.).
2. Budget for citizens 2025–2027: on the draft Federal Law on the Federal Budget for 2025 and for the 2026 – 2027 Planning Period. *Ministry of Finance of the Russia: official website*. https://minfin.gov.ru/common/upload/library/2024/11/main/0759_Budget_2025-2027.pdf (Accessed: 03.03.2026). (In Russ.).
3. The number of hospital beds. *statbase: website*. <https://statbase.ru/data/rus-hospital-beds-per-10000/> (Accessed: 03.03.2026). (In Russ.).
4. Tilinin Yu.I. Assessment of the suitability of old buildings for reconstruction with the subsequent formation of technological and organizational solutions. *Inzhenerno-stroitel'nyj Vestnik Prikaspiya = Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region*. 2024; (4): 53–59. (In Russ.).
5. Motylev R.V., Sanzhara A.O. Problems and Current Trends in Adapting Industrial Architectural Monuments of Saint Petersburg for Modern Use. *Current issues in construction: a look into the future. Proceedings of the III All-Russian scientific and practical conference*. Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2024. P. 484–488. (In Russ.).
6. Kochergin V.V. Challenges in the Reconstruction and Major Renovation of Stationary Hospital Complexes in the Russian Federation from an Architect's Perspective. *Architecture and Modern Information Technologies*. 2024; (4): 145–154. https://marhi.ru/AMIT/2024/4kvart24/PDF/10_kochergin.pdf (Accessed: 03.03.2026). (In Russ.). DOI 10.24412/1998-4839-2024-4-145-154.

Информация об авторах

М.В. Гулай – студент

Р.В. Мотылев – канд. техн. наук, доцент

Information about the authors

M.V. Gulai – Student

R.V. Motylev – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

Вклад авторов: М.В. Гулай – сбор и обработка информации, написание статьи; Р.В. Мотылев – идея, общее руководство и координация. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: M.V. Gulai collected and processed data, wrote the article; R.V. Motylev conceived the idea, provided overall direction, and coordinated the study. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию	13.04.2026	The article was submitted	13.04.2026
Одобрена после рецензирования	28.04.2026	Approved after reviewing	28.04.2026
Принята к публикации	19.05.2026	Accepted for publication	19.05.2026

Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 37–49. ISSN 1815-5987
Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026; 29 (3-1): 37–49. ISSN 1815-5987

Научная статья

УДК 69.05

DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-37-49

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА СНИЖЕНИЕ ЗАДЕРЖЕК СРОКОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

**Андрей Игоревич Мельничук¹,
Олег Юрьевич Михальченко²**

¹Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия,
a.melnichuk@sibstrin.ru

²Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия,
o.mikhalchenko@sibstrin.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблема задержек сроков выполнения монолитных работ на объектах капитального строительства. На примере объектов Новосибирской области проведен анализ статистики плановых и фактических дат, выявивший системное отставание на уровне 76,77 %. Обосновано применение бифуркационного анализа как метода нелинейной динамики для прогнозирования критических точек срыва графика. Предложен комплекс мероприятий адаптивного управления, направленный на воздействие на параметры порядка вблизи точек бифуркации. Результаты исследования демонстрируют возможность повышения устойчивости календарного плана и снижения величины задержек за счет заблаговременного выявления зон риска.

Ключевые слова: бифуркационный анализ, календарно-сетевое планирование, монолитные работы, задержки строительства, адаптивное управление, устойчивость графика

Для цитирования: Мельничук А.И., Михальченко О.Ю. Разработка комплекса мероприятий, направленных на снижение задержек сроков строительства // Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 37–49. DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-37-49.

Original article

DEVELOPMENT OF A SET OF MEASURES AIMED AT REDUCING CONSTRUCTION DELAYS

Andrey Igorevich Melnichuk¹,
Oleg Yuryevich Mikhachenko²

¹Novosibirsk State University of Architecture and Civil
Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia,
a.melnichuk@sibstrin.ru

²Novosibirsk State University of Architecture and Civil
Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia,
o.mikhachenko@sibstrin.ru

Abstract. The article addresses the problem of schedule delays in monolithic works at capital construction facilities. Based on the analysis of statistics from facilities in the Novosibirsk region, a systemic delay of 76,77 % was identified. The application of bifurcation analysis as a method of nonlinear dynamics for forecasting critical points of schedule failure is substantiated. A set of adaptive control measures aimed at influencing order parameters near bifurcation points is proposed. The study results demonstrate the possibility of increasing calendar plan stability and reducing delay magnitude through early identification of risk zones.

Keywords: bifurcation analysis, calendar-network planning, monolithic works, construction delays, adaptive control, schedule stability

For citation: Melnichuk A.I., Mikhachenko O.Yu. Development of a Set of Measures Aimed at Reducing Construction Delays. *Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2026; 29 (3-1): 37–49. (In Russ.). DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-37-49.

Введение

Строительная отрасль является одним из ключевых секторов экономики, однако проблема соблюдения календарных графиков производства работ остается критически острой. По данным отраслевой статистики и сообщениям средств массовой информации, срывы сроков сдачи объектов наблюдаются как в жилищном, так и в промышленном строительстве по всей территории Российской Федерации. В условиях высокой неопределенности, стохастичности внешних воздействий и динамичности внутренних процессов традиционные методы календарно-сетевого планирования демонстрируют ограниченную эффективность. Это приводит к реактивному управлению, когда корректирующие меры принимаются после наступления негативных событий, что существенно увеличивает стоимость и длительность проектов.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью снижения частоты и величины задержек сроков строительства объектов капитального строительства. Существующие методики, включая метод освоенного объема (EVM), сетевое планирование (CPM/PERT) и бережливое строительство (Lean), не всегда позволяют прогнозировать критические точки срыва графика заблаговременно. В связи с этим требуется поиск новых подходов, учитывающих нелинейную природу строительных процессов.

Степень изученности проблемы управления сроками в строительстве достаточно высока. Вопросы календарного планирования, управления рисками и оптимизации ресурсов освещены в трудах множества исследователей. Однако применение методов нелинейной динамики и синергетики, в частности бифуркационного анализа, к задачам календарно-сетевого планирования остается малоизученным направлением. Данный подход позволяет рассматривать строительный проект как сложную нелинейную систему, способную к качественным перестройкам своей траектории развития в критических точках [1–3]. Систем-

ный подход к управлению, разработанный в трудах И.В. Блауберга и Э.Г. Юдина, создает методологическую основу для применения синергетических методов в строительстве [4].

Объектом исследования является процесс управления сроками выполнения монолитных работ на объектах капитального строительства в Новосибирской области. *Предметом* исследования выступают методы бифуркационного анализа, применяемые для прогнозирования и предотвращения задержек сроков.

Цель работы – разработка комплекса мероприятий на основе бифуркационного анализа для снижения частоты и величины задержек сроков строительства.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие *задачи*:

- провести анализ статистики фактических и плановых сроков выполнения монолитных работ;
- выявить закономерности возникновения критических отклонений от графика;
- обосновать применение бифуркационного анализа для прогнозирования зон риска;
- предложить мероприятия адаптивного управления для повышения устойчивости календарного плана.

Основная часть

Для оценки масштаба проблемы задержек сроков строительства был проведен анализ фактических и плановых дат выполнения работ на объектах капитального строительства в Новосибирской области. В выборку вошли данные по четырем блок-секциям многоквартирного жилого дома, включая сроки начала и окончания работ по этажам, а также итоговые даты завершения конструктива крыши (КР). Анализ проводился исключительно в рамках монолитных работ, так как данный этап является определяющим для формирования контура здания и критического пути проекта.

Результаты анализа представлены в табл. 1.

Таблица 1

Статистика отставания сроков выполнения монолитных работ
по блок-секциям

Этаж	Дата начала	Дата окончания		Отставание поэтажное, дн.	Отставание поэтажное, %	Итоговое отставание по блок-секции, %
	План	План	Факт			
Блок-секция 1						
КР	28.май	03.июн	27.июл	54	900	900,00
Блок-секция 2						
6	19.май	26.май	10.июн	15	214	200,00
7	27.май	04.июн	17.июл	43	538	
8	05.июн	13.июн	02.авг	50	625	
9	14.июн	22.июн	16.авг	55	688	
КР	23.июн	27.июн	13.сен	78	1950	
Блок-секция 3						
7	13.июн	23.июн	09.июл	16	160	102,70
8	24.июн	04.июл	06.авг	33	330	
9	05.июл	14.июл	01.сен	49	544	
10	15.июл	26.июл	15.сен	51	464	
11	27.июл	07.авг	26.сен	50	455	
12	08.авг	19.авг	14.окт	56	509	
КР	20.авг	26.авг	10.ноя	76	1267	
Блок-секция 4						
4	03.июн	10.июн	19.июн	9	129	82,86
5	03.июн	22.июн	13.июл	21	111	
6	03.июн	01.июл	26.июл	25	89	
7	03.июн	13.июл	10.авг	28	70	
8	03.июн	25.июл	21.авг	27	52	
9	03.июн	06.авг	07.сен	32	50	
КР	03.июн	12.авг	09.окт	58	83	

Как видно из представленных данных, отставание по отдельным этапам может достигать критических значений (до 1950 % по блок-секции 2 на этапе КР в процентном выражении длительности операции), однако интегральная оценка по объекту показывает системное отставание на уровне 76,77 %. Такая диспропорция между локальными и глобальными показателями указывает на нелинейный характер накопления задержек. В блок-секции 4 прослеживается четкая тенденция нарастания отставания от этажа к этажу (9→21→25→28→27→32→58 дней), что свидетельствует о потере устойчивости системы планирования по мере продвижения работ.

Анализ причин возникновения задержек показывает, что критические отклонения часто возникают не постепенно, а скачкообразно. Это подтверждает гипотезу о наличии в системе управления строительным проектом точек бифуркации – моментов, в которых система может качественно изменить свою траекторию развития. В контексте календарно-сетевого планирования точка бифуркации представляет собой критический момент времени, после которого восстановление графика становится невозможным без применения экстренных мер или изменения базовых параметров проекта.

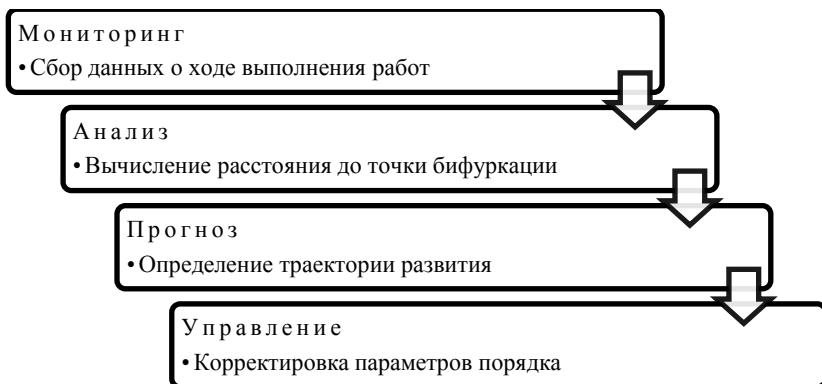
Бифуркационный анализ как метод нелинейной динамики применяется к календарно-сетевому планированию для детекции точек качественной перестройки траектории проекта. Ключевыми понятиями данного подхода являются точка бифуркации (критический момент потери устойчивости), аттракторы (устойчивые состояния системы, например, «график выполняется» или «график сорван») и параметры порядка (ключевые переменные, определяющие поведение системы) [5]. В синергетическом подходе Г. Хакена выделяется роль параметров порядка, которые подчиняют себе остальные переменные системы через принцип подчинения [1]. Е.Н. Князева и С.П. Курдюмов в своих работах по основам синергетики описывают режимы с обострением, которые аналогичны критическим задержкам в строительных проектах [2].

Механизм влияния бифуркационного анализа на снижение задержек сроков строительства включает три основных компонента. Первый компонент – прогнозирование «зон риска». Вычисление расстояния до точки бифуркации позволяет определить, насколько текущее состояние проекта удалено от критического порога. Это дает возможность заблаговременно идентифицировать этапы работ, находящиеся в зоне повышенной уязвимости. Как отмечают С.П. Капица, С.П. Курдюмов и Г.Г. Малинецкий, синергетика позволяет видеть будущее через понимание точек неустойчивости настоящего и прогнозировать сценарии развития сложных систем [6].

Второй компонент – адаптивное управление. При приближении к точке бифуркации применяется точечное управляющее воздействие на ключевые параметры порядка. В отличие от традиционных методов, предполагающих равномерное распределение ресурсов, адаптивное управление позволяет концентрировать усилия именно на тех участках, где риск срыва графика максимален. Г.Г. Малинецкий и А.Б. Потапов указывают, что управление вблизи точек бифуркации требует минимальных усилий для получения максимального эффекта, что особенно важно для оптимизации ресурсов в строительстве [3].

Третий компонент – повышение устойчивости графика. Развитие методов бифуркационного анализа позволяет проектировать сетевые модели, удаленные от точек бифуркации. Это достигается за счет введения временных буферов, оптимизации логистических цепочек и повышения гибкости ресурсного обеспечения.

Для практической реализации предложенного подхода необходимо интегрировать бифуркационный анализ в существующую систему управления проектом. На рисунке представлена схема применения бифуркационного анализа в календарно-сетевом планировании:



Эмпирические данные, представленные в табл. 1, демонстрируют, что наибольшее отставание наблюдается на завершающих этапах строительства (конструктив крыши). Это указывает на то, что точки бифуркации могут быть связаны с накоплением мелких задержек на предыдущих этапах, которые в совокупности приводят к критическому срыву финальных сроков. Бифуркационный анализ позволяет выявить такие накопительные эффекты на ранних стадиях, например, при отставании на 4–5 этажах блок-секции 4.

Сравнение предложенного подхода с традиционными методами управления сроками показывает его преимущества в условиях неопределенности. Метод освоенного объема (EVM) фиксирует отклонения постфактум, когда задержка уже произошла. Сетевое планирование (CPM/PERT) фокусируется на критическом пути, но не учитывает нелинейные взаимодействия между задачами [7]. Бифуркационный анализ, напротив, позволяет прогнозировать качественные изменения в поведении системы до наступления критических событий.

Важным аспектом применения бифуркационного анализа является определение пороговых значений параметров порядка. Например, если производительность труда падает ниже определенного уровня в течение заданного периода, система может приблизиться к точке бифуркации. Мониторинг таких индикаторов позволяет инициировать управляющие воздействия пре-

вентивно. Согласно нормативным документам по управлению проектами, своевременное выявление отклонений является ключевым фактором успеха [8]. Организация строительства должна предусматривать механизмы сбора достоверной информации о ходе выполнения работ [9].

Для оценки эффективности предложенных мероприятий можно использовать следующие критерии: снижение процента отставания от плановых сроков, уменьшение частоты возникновения критических задержек, повышение предсказуемости сроков завершения этапов работ. Ожидаемые результаты внедрения бифуркационного анализа включают повышение эффективности процессов управления строительными проектами и снижение частоты и величины задержек сроков строительства. В табл. 2 представлены ожидаемые результаты применения предложенных мероприятий.

Таблица 2

Ожидаемые результаты применения бифуркационного анализа

Показатель	Текущее состояние	Ожидаемое изменение
Предсказуемость срыва графика	Реактивное выявление отклонений	Заблаговременное прогнозирование зон риска
Точность планирования монолитных работ	Высокая вариативность фактических сроков	Снижение неопределенности за счет учета нелинейной динамики
Распределение ресурсов	Равномерное или интуитивное	Точечное воздействие на параметры порядка вблизи точек бифуркации
Частота критических задержек	Систематическое накопление отставаний по этапам	Предотвращение качественных перестроек траектории проекта
Устойчивость календарного плана	Низкая сопротивляемость возмущениям	Проектирование моделей, удаленных от точек бифуркации
Эффективность управляющих воздействий	Корректировки постфактум	Превентивные меры до наступления критических событий

Обсуждение результатов в профессиональном сообществе показывает, что применение бифуркационного анализа требует определенной зрелости системы управления данными на строительном объекте. Для эффективного вычисления расстояния до точки бифуркации необходим регулярный сбор и обработка информации о ходе выполнения работ. Это может потребовать дополнительных инвестиций в системы мониторинга и аналитики. Однако организация строительства должна предусматривать механизмы сбора достоверной информации [9].

Перспективы разработки проблемы включают интеграцию бифуркационного анализа с другими методами управления проектами. Вторичный анализ статистических данных повышает точность проектных решений и позволяет использовать накопленную информацию из завершенных проектов [10]. Комбинированный подход даст возможность повысить точность прогнозирования и расширить область применения метода.

Выводы

1. Анализ статистики строительства объектов в Новосибирской области выявил системное отставание сроков выполнения монолитных работ на уровне 76,77 %, причем локальные отклонения по отдельным этапам могут достигать критических значений.

2. Традиционные методы календарно-сетевого планирования не обеспечивают достаточной предсказуемости в условиях нелинейной динамики строительных процессов, что подтверждается накоплением задержек по этажам.

3. Бифуркационный анализ позволяет идентифицировать точки качественной перестройки траектории проекта и заблаговременно прогнозировать зоны риска на основе вычисления расстояния до точки бифуркации.

4. Применение адаптивного управления на основе параметров порядка дает возможность концентрировать ресурсы на критических участках графика, обеспечивая снижение частоты срывов.

5. Внедрение предложенных мероприятий способствует повышению устойчивости календарного плана и снижению величины задержек сроков строительства объектов капитального строительства.

Список источников

1. Хакен Г. Синергетика: иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах / пер. с англ. Ю.А. Данилова; под ред. Ю.Л. Климонтовича. Москва: Мир, 1985. 419 с.
2. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Основания синергетики. Режимы с обострением, самоорганизация, темпомиры. Санкт-Петербург: Алетейя, 2002. 414 с.
3. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б. Современные проблемы нелинейной динамики. Москва: Эдиториал УРСС, 2000. 336 с.
4. Блауберг И.В., Юдин Э.Г. Становление и сущность системного подхода. Москва: Наука, 1973. 267 с.
5. Михальченко О.Ю. Бифуркации в календарно-сетевом планировании строительных проектов: методы прогнозирования и адаптивного управления // Известия КГАСУ. 2025. № 1 (71). С. 122–129. DOI 10.48612/NewsKSUAE/71.11.
6. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. Москва: УРСС, 2003. 283 с.
7. Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ольдерогге Н.Г., Половников А.В. Управление проектами: учеб. пособие / под общ. ред. И.И. Мазура, В.Д. Шапиро. 6 изд., стер. Москва: Омега-Л, 2010. 960 с.
8. ГОСТ Р 57363-2023. Управление проектом в строительстве. Деятельность управляющего проектом (технического заказчика): введ. 2023-09-01 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: сайт. <https://docs.cntd.ru/document/1302614783> (дата обращения: 03.03.2026).
9. СП 48.13330.2019. Организация строительства. СНиП 12-01-2004: введ. 2020-06-25; изм. 1, 2 // Электронный фонд

правовых и нормативно-технических документов: сайт. <https://docs.cntd.ru/document/564542209> (дата обращения: 03.03.2026).

10. Разумный О.Н., Михальченко О.Ю. Метод вторичного анализа статистических данных как инструмент повышения точности проектно-сметной документации в строительной отрасли // Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2025. Т. 28, № 2 (96). С. 68–87. DOI 10.32683/1815-5987-2025-28-96-2-68-87.

References

1. Haken H. Synergetics: Hierarchies of Instabilities in Self-Organizing Systems and Devices. Translated from English by Yu.A. Danilov. Ed. by Yu.L. Klimontovich. Moscow: Mir, 1985. 419 p. (In Russ.).
2. Knyazeva E.N., Kurdyumov S.P. Foundations of Synergetics. Blow-up Regimes, Self-Organization, Tempo-Worlds. Saint Petersburg: Aleteya, 2002. 414 p. (In Russ.).
3. Malinetsky G.G., Potapov A.B. Modern Problems of Nonlinear Dynamics. Moscow: Editorial URSS, 2000. 336 p. (In Russ.).
4. Blauberg I.V., Yudin E.G. Formation and Essence of the System Approach. Moscow: Nauka, 1973. 267 p. (In Russ.).
5. Mikhilchenko O.Yu. Bifurcations in Network Scheduling of Construction Projects: Methods of Forecasting and Adaptive Management. *Izvestiya KGASU = News of KSUAE*. 2025; (1): 122–129. DOI 10.48612/NewsKSUAE/71.11. (In Russ.).
6. Kapitsa S.P., Kurdyumov S.P., Malinetsky G.G. Synergetics and Forecasts of the Future. Moscow: URSS, 2003. 283 p. (In Russ.).
7. Mazur I.I., Shapiro V.D., Ol'derogge N.G., Polovnikov A.V. Project Management: Textbook. Ed. by I.I. Mazur, V.D. Shapiro. 6th edition, reprint. Moscow: Omega-L, 2010. 960 p. (In Russ.).
8. State Standard R 57363-2023. Project Management for Real Estate Development (Construction). Project Manager (Client's

Technical Representative) Activities: introduction 2023-09-01. *Electronic fund of legal and regulatory documents: website.* <https://docs.cntd.ru/document/1302614783> (Accessed: 23.03.2025). (In Russ.).

9. Code of Practice 48.13330.2019. Organization of Construction. Construction Norms and Rules 12-01-2004: introduction 2020-06-25: changes 1, 2. *Electronic fund of legal and regulatory documents: website.* <https://docs.cntd.ru/document/564542209> (Accessed: 03.03.2026). (In Russ.).
10. Razumnyj O.N., Mikhachenko O.Yu. The Method of Secondary Statistical Data Analysis as a Tool for Improving the Accuracy of Submittals in the Construction Industry. *Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2025; 28 (2): 68–87. (In Russ.). DOI 10.32683/1815-5987-2025-28-96-2-68-87.

Информация об авторах

А.И. Мельничук – магистрант

О.Ю. Михальченко – д-р техн. наук, профессор кафедры технологии и организации строительства

Information about the authors

A.I. Melnichuk – Master’s Student

O.Yu. Mikhachenko – Doctor of Engineering Science, Professor of the Department of Technology and Organization of Construction

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию	06.04.2026	The article was submitted	06.04.2026
Одобрена после рецензирования	12.05.2026	Approved after reviewing	12.05.2026
Принята к публикации	19.05.2026	Accepted for publication	19.05.2026

Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 50–63.
ISSN 1815-5987
Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026; 29 (3-1): 50–63.
ISSN 1815-5987

Научная статья

УДК 691.17

DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-50-63

ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА ОГНЕСТОЙКИХ КОМБИНИРОВАННЫХ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ETFE

**Андрей Анатольевич Мороз¹,
Екатерина Сергеевна Шилиманова²**

¹Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия,
lommeta@rambler.ru

²Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия,
e.shilimanova@sibstrin.ru

Аннотация. В статье представлена новая комбинированная конструкция, включающая огнестойкий стеклопакет и воздушнонаполненную мембранную подушку из ETFE. Проведено экспериментальное исследование этой конструкции. Предложенное решение направлено на повышение эффективности конструкции за счет совмещения огнестойкости стеклопакета, энергоэффективности и малой массы мембраны. Получен патент на полезную модель, изготовлен опытный образец. При проведении испытаний разработанной конструкции установлено, что она имеет класс огнестойкости EI 30. Полученные результаты подтверждают перспективность применения разработанной комбинированной светопрозрачной конструкции.

Ключевые слова: огнестойкие светопрозрачные конструкции, комбинированные фасадные системы, стеклопакеты, ETFE, этилен-тетрафторэтилен, мембранные конструкции, огнестойкость, теплоизоляция, шумоизоляция, фасадные системы, противопожарные конструкции

Для цитирования: Мороз А.А., Шилиманова Е.С. Технология устройства огнестойких комбинированных светопрозрачных конструкций с использованием ETFE // Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 50–63. DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-50-63.

Original article

TECHNOLOGY FOR THE INSTALLATION OF FIRE-RESISTANT COMBINED TRANSLUCENT STRUCTURES USING ETFE

**Andrey Anatolyevich Moroz¹,
Ekaterina Sergeevna Shilimanova²**

¹Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия,
lommata@rambler.ru

²Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия,
e.shilimanova@sibstrin.ru

Abstract. The article discusses the development and experimental study of a fire-resistant combined translucent structure, including a fire-resistant insulating glass unit and an air-filled ETFE membrane cushion. An experimental study of this design has been carried out. The proposed solution is aimed at improving structural efficiency by combining the fire resistance of the glass unit with the energy efficiency and low weight of the membrane. The utility model patent is obtained, a prototype is manufactured. The fire-resistance tests of the developed structure are carried out, and it was established that the structure achieves a fire resistance rating of

EI 30. The obtained results confirm the prospects for the application of the developed combined translucent structure.

Keywords: fire-resistant translucent structures, combined facade systems, insulating glass units, ETFE, ethylene tetrafluoroethylene, membrane structures, fire resistance, thermal insulation, sound insulation, facade systems, fire protection structures

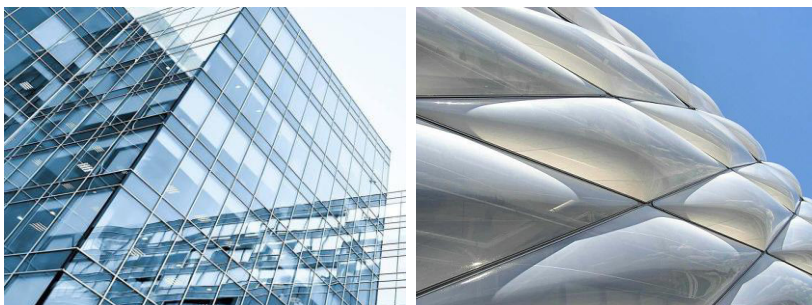
For citation: Moroz A.A., Shilimanova E.S. Technology for the Installation of Fire-Resistant Combined Translucent Structures Using ETFE. *Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2026; 29 (3-1): 50–63. (In Russ.). DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-50-63.

Введение

Внедрение инновационных решений, сочетающих энергоэффективность, устойчивость к внешним воздействиям и архитектурную привлекательность – это объективная необходимость на современном рынке строительных светопрозрачных конструкций. При этом повышение требований к огнестойкости конструкций существенно ограничивает использование традиционных решений.

В настоящее время существуют две разновидности светопрозрачных фасадов зданий: стеклянные фасадные системы (рис. 1, а) и мембранные фасадные системы на основе ETFE (рис. 1, б). Стеклопакеты обеспечивают требуемую степень огнестойкости за счет применения многослойных стекол и термоактивных прослоек, однако характеризуются значительной массой и ограниченной архитектурной гибкостью [1]. Мембранные конструкции обладают малым весом, высокой светопропускной способностью и позволяют реализовывать сложные пространственные формы, но не обеспечивают достаточную огнестойкость [2].

Анализ научной и патентной литературы показывает, что на сегодняшний день отсутствуют конструктивные решения, позволяющие объединить данные материалы в единую конструкцию [3–5]. Это свидетельствует о недостаточной степени разработанности проблемы и определяет необходимость проведения комплексных исследований в данной области.



а

б

Рис. 1. Фасадные системы:
а – стеклянные; *б* – мембранные на основе ETFE

Объектом исследования являются светопрозрачные конструкции, а *предметом* – их комбинированный вариант, включающий огнестойкий стеклопакет и воздушнонаполненную мембранную подушку из ETFE.

Цель работы – разработка и экспериментальное обоснование технологии устройства огнестойкой комбинированной светопрозрачной конструкции с использованием ETFE.

Основная часть

Методологическую основу исследования составляют положения нормативных документов в области огнестойкости строительных конструкций и проектирования светопрозрачных систем. В исследовательской работе был применен комплекс теоретических и экспериментальных методов, включающий анализ научных источников, изучение патентных решений, а также проведение лабораторных испытаний опытного образца.

В результате проведенного анализа научной и патентной литературы установлено, что существующие огнестойкие стеклопакеты обеспечивают эффективную защиту от распространения огня. Однако такие конструкции обладают значительной массой и ограниченными возможностями архитектурного применения [1]. Мембранные системы из ETFE, напротив, характеризуются малым весом, высокой светопропускной способно-

стью и устойчивостью к внешним воздействиям, но не являются огнестойкими [2].

С учетом выявленных недостатков предложена новая комбинированная конструкция, которая включает в себя огнестойкий стеклопакет и воздушнонаполненную мембранную подушку из ETFE, установленную со стороны окружающей среды. Принцип работы конструкции основан на функциональном разделении элементов: стеклопакет обеспечивает огнестойкость и механическую прочность [1, 6], а мембранная подушка выполняет функции дополнительной теплоизоляции, шумоизоляции и снижения массы конструкции [2, 7].

Схематическое изображение конструкции в продольном разрезе представлено на рис. 2. Образец собирается в следующей последовательности: стеклянные пластины герметизируются по периметру, внутренние поверхности покрываются огнестойким вспенивающимся слоем, затем система монтируется в жесткий алюминиевый каркас. После установки герметичной ETFE-мембраны в воздушное пространство нагнетается воздух низкой влажности и далее обеспечивается постоянное давление.

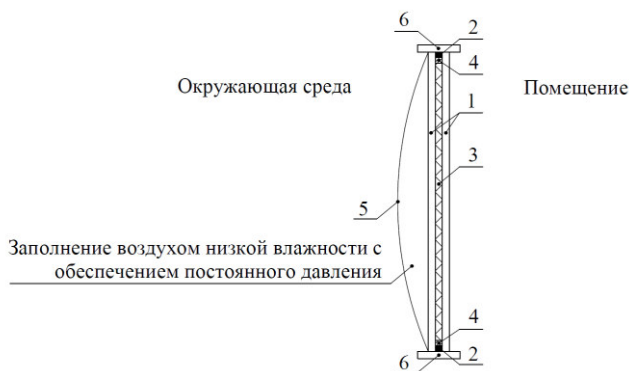


Рис. 2. Образец предложенной конструкции:

- 1 – светопрозрачные пластины из стекла; 2 – герметик; 3 – слой оптически однородного светопрозрачного вспенивающегося материала; 4 – фиксирующие прокладки; 5 – мембрана с использованием ETFE; 6 – система периметрального алюминиевого профиля

При воздействии высоких температур оптически однородный светопрозрачный слой вспенивается и образует теплоизолирующий барьер, который предотвращает передачу теплового потока и распространение пламени. Внешняя мембранная подушка из ETFE формирует дополнительный воздушный слой, снижающий интенсивность теплопередачи и повышающий энергоэффективность конструкции.

Разработанная комбинированная конструкция оформлена в виде патента на полезную модель, что подтверждает ее новизну и практическую значимость [8].

Для проверки работоспособности конструкции был изготовлен опытный образец, а также организованы испытания изготовленного образца на огнестойкость.

Испытания образца проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 30247.4-2022 [9] и ГОСТ 30247.0-94 [10]. При испытаниях образца фрагмента светопрозрачной перегородки и заполнений проемов различают следующие предельные состояния.

Потеря целостности (Е) вследствие:

- появления устойчивого пламени на необогреваемой поверхности образца длительностью 10 с и более;
- воспламенения или возникновения тления со свечением ватного тампона в результате воздействия огня или горячих газов, проникающих через зазоры, щели, отверстия, притворы и т.п.;
- образования в конструкции образца сквозных отверстий (щелей), размер которых позволяет щупу диаметром (6 ± 1) мм проникать и перемещаться вдоль отверстия (щели) на расстояние не менее 150 мм или щупу диаметром (25 ± 1) мм беспрепятственно проникать в сквозные отверстия.

Потеря теплоизолирующей способности (I) вследствие:

- повышения температуры на необогреваемой поверхности конструкции в среднем более чем на $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ или в любой

контролируемой точке этой поверхности более чем на 180 °С в сравнении с температурой конструкции до испытания;

– достижения температуры 300 °С (независимо от начальной температуры конструкции до испытания) на необогреваемой поверхности коробки конструкции заполнения проема или рамы светопрозрачной ограждающей конструкции, примыкающих к основным строительным конструкциям.

Испытания опытного образца на огнестойкость проводились в несколько этапов в соответствии с нормативными требованиями. На начальной стадии выполнялся входной контроль, включающий проверку комплектности, маркировки, внешнего состояния и габаритных размеров образца.

Монтаж образца в технологический проем печи выполнялся с последующей герметизацией зазоров противопожарной пеной и цементно-песчаным раствором. После установки проводился контроль качества монтажа.

Далее осуществлялась подготовка испытательной установки: печные термопары в количестве шести единиц размещались на расстоянии 100 мм от обогреваемой поверхности конструкции для регистрации температурного режима.

Для регистрации температурных параметров на необогреваемой поверхности образца устанавливались термопары типа КТХА. Дополнительно применялась переносная термопара для фиксации температур в зонах возможного локального перегрева. Огневое воздействие осуществлялось по стандартной температурной кривой, при этом состояние конструкции оценивалось с использованием измерительной аппаратуры и визуального наблюдения с регистрацией результатов в протоколе и с помощью фотофиксации.

В процессе огневого воздействия отмечалось поэтапное изменение состояния образца. С момента начала испытаний (рис. 3, а) конструкция подвергалась стандартному тепловому воздействию.

Уже на 6-й минуте наблюдалось выделение дымообразных продуктов через уплотнительные элементы стеклопакета, что свидетельствовало о начале термического разложения внутрен-

них компонентов. На 7-й минуте зафиксировано частичное помутнение светопрозрачного заполнения, обусловленное активацией вспенивающегося при повышении температуры слоя (рис. 3, б).

К 11-й минуте интенсивность выделения дымообразных продуктов существенно возросла, при этом их выход наблюдался на необогреваемой стороне по периметру конструкции, в зонах прижимных элементов и примыканий. На 14-й минуте отмечалось почти полное помутнение стеклопакета, переходящее к 19-й минуте в полностью непрозрачное состояние с формированием серого теплоизолирующего слоя.

Испытание продолжалось до 35-й минуты, после чего было завершено (рис. 3, в).

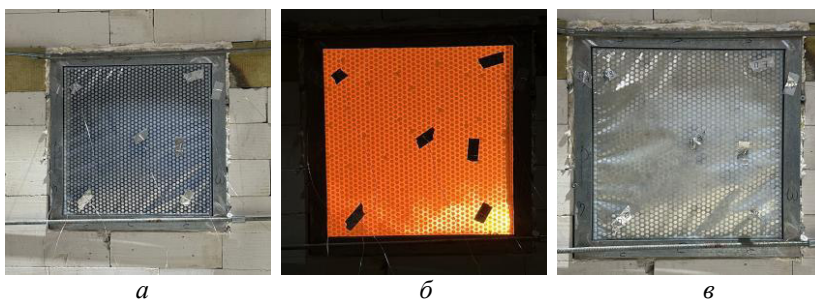


Рис. 3. Образец:

а – до начала испытаний; *б* – в ходе испытаний;
в – после проведения испытаний

На протяжении всего времени проведения испытаний не наблюдалось разрушение конструкции или образование сквозных дефектов, что свидетельствует о целостности и работоспособности предложенной конструкции в условиях пожара.

При испытании образца были измерены температура и давление в печи (рис. 4). Также была измерена температура на поверхности светопрозрачного заполнения образца (рис. 5).

Значения температурного режима в огневой камере печи на протяжении испытаний не превышали допустимых отклонений, определенных ГОСТ 30247.0-94 [10].

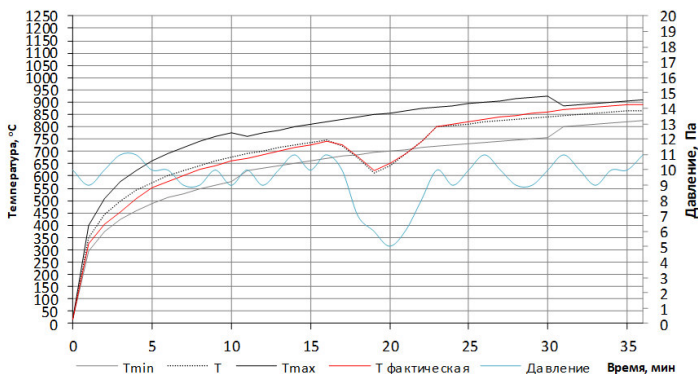


Рис. 4. График изменения температуры и давления в печи при испытании образца

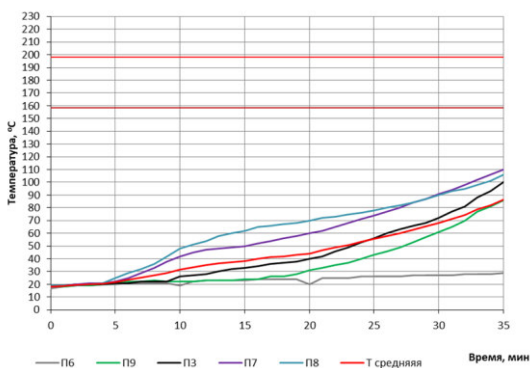


Рис. 5. График изменения температуры на поверхности светопрозрачного заполнения образца

Избыточное давление в огневом пространстве печи на высоте 3/4 вертикального проема печи, считая от низа, через 5 минут после начала испытаний обоих образцов было 10 и 11 Па соответственно и поддерживалось в диапазоне 8–12 Па в течение всего срока испытаний.

На основании полученных данных установлен предел огнестойкости конструкции EI 30 [8].

Анализ результатов показывает, что предложенная конструкция обеспечивает эффективное сочетание эксплуатационных характеристик материалов. Использование ETFE-мембраны позволяет снизить массу конструкции, при этом улучшить теплоизоляционные и шумоподавляющие свойства за счет наличия воздушной прослойки. Огнестойкий стеклопакет выполняет основную функцию противопожарной защиты. При этом применение интегрированной в конструкцию воздушнонаполненной мембранной подушки не приводит к снижению огнестойкости конструкции.

Полученные результаты согласуются с современными исследованиями в области многослойных ограждающих светопрозрачных конструкций и подтверждают перспективность использования предложенной комбинированной светопрозрачной конструкции [7].

Заключение

В результате проведенного исследования разработана огнестойкая комбинированная светопрозрачная конструкция с использованием ETFE [10]. Экспериментальные исследования подтвердили ее соответствие степени огнестойкости EI 30, а также показали возможность улучшения эксплуатационных характеристик за счет комбинирования материалов с различными физико-механическими свойствами.

Установлено, что предложенное решение позволяет снизить массу конструкции, улучшить теплоизоляционные и шумоподавляющие показатели, расширить архитектурные возможности проектирования. Полученные результаты подтверждают перспективность дальнейшего развития данного направления.

Список источников

1. Крюкова А.А., Вергизова М.В., Гравит М.В., Вайтицкий А.А., Недрышкин О.В. Способы повышения огнестойкости стекла при сохранении его эксплуатационных свойств // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017.

- № 1 (52). С. 17–26. <https://unistroy.spbstu.ru/article/2017.52.2/> (дата обращения: 30.03.2026).
2. Лалаян П.С. Свойства и преимущества ETFE пленки при строительстве зданий // E-SCIO. 2023. № 5. С. 440–445. http://e-scio.ru/wp-content/uploads/2023/06/E-SCIO-5_2023.pdf (дата обращения: 30.03.2026).
 3. Патент № 11140U1 Российская Федерация, МПК В32В 33/00, С03С 27/00. Огнестойкий светопрозрачный блок: № 99109650/20: заявл. 19.05.1995: опубл. 16.09.1999 / Гороховский А.В., Плеханова Е.Н., Матазов К.Н., Лалыкин Н.В., Олифиренко В.Н.; патентообладатель: ЗАО «Ламинированное стекло». 13 с.
 4. Патент № 2787177 Российская Федерация, МПК E06В 3/66. Многослойная воздушнонаполненная светопрозрачная ограждающая конструкция: № 2021133907: заявл. 19.11.2021: опубл. 29.12.2022 / Мороз А.А., Насонов М.В.; патентообладатель: ФГБОУ ВО НГАСУ (Сибстрин). Бюл. № 1. 8 с.
 5. Филиппова А.С. Современные светопрозрачные конструкции с использованием инновационного материала – мембраны ETFE // Неделя науки СПбПУ: материалы науч. конф. с междунар. участием: в 3 ч. 2019. Ч. 2. С. 207–209.
 6. Казиев М.М., Дудунов А.В. Огнестойкие светопрозрачные конструкции // Пожаровзрывобезопасность. 2007. Т. 16, № 2. С. 53–55.
 7. Овсянников С.Н., Околичный В.Н. Результаты механических испытаний пленки из этилен-тетрафторэтилена // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. № 4. С. 89–98. DOI 10.31675/1607-1859-2022-24-4-89-98.
 8. Патент № 237273 Российская Федерация, МПК E06В 3/66. Огнестойкая комбинированная светопрозрачная конструкция с использованием ETFE: № 2025103294: заявл. 13.02.2025: опубл. 17.09.2025 / Мороз А.А., Шилиманова Е.С.; патентообладатель: ФГБОУ ВО НГАСУ (Сибстрин). 5 с.

9. ГОСТ 30247.4-2022. Конструкции строительные. Светопрозрачные ограждающие конструкции и заполнения проемов. Метод испытания на огнестойкость (с поправками): введ. 2024-07-01 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: сайт. <https://docs.cntd.ru/document/1306329291> (дата обращения: 30.03.2026).
10. ГОСТ 30247.0-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования: введ. 1996-01-01 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: сайт. <https://docs.cntd.ru/document/9055248> (дата обращения: 30.03.2026).

References

1. Kryukova A.A., Vergizova M.V., Gravit M.V., Vaititskii A.A., Nedryshkin O.V. The Process of Increasing the Fire Resistance of Glass with Preservation its Operational Properties. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy = Construction of Unique Buildings and Structures*. 2017; (1): 17–26. <https://unistroy.spbstu.ru/article/2017.52.2/> (Accessed: 30.03.2026). (In Russ.).
2. Lalayan P.S. Properties and Advantages of ETFE Film in Building Construction. *E-SCIO*. 2023; (5): 440–445. http://e-scio.ru/wp-content/uploads/2023/06/E-SCIO-5_2023.pdf (Accessed: 30.03.2026). (In Russ.).
3. Patent 11140U1 Russian Federation, IPC B32B 33/00, C03C 27/00. Fire-Resistant Light Transparent Unit. 99109650/20; 19.05.1995; 16.09.1999 / Gorokhovskiy A.V., Plekhanova E.N., Matazov K.N., Lalykin N.V., Olifirenko V.N.; patent holder “Laminirovannoye steklo” Ltd. 13 p. (In Russ.).
4. Patent 2787177 Russian Federation, IPC E06B 3/66. Multilayer Air-Filled Transparent Enclosing Structure. 2021133907; 19.11.2021; 29.12.2022; 1 / Moroz A.A., Nasonov M.V.; patent holder FSBEI HE NSUACE (Sibstrin). 8 p. (In Russ.).

5. Filippova A.S. Modern Translucent Structures Using Innovative Material – ETFE Membrane. *SPbPU Science Week: proceedings of the scientific conference with international participation: in 3 parts*. 2019. 2019. Part II. 207–209 p. (In Russ.).
6. Kaziyeu M.M., Dudunov A.V. Fire-Resistant Translucent Structures. *Pozharovzryvobezopasnost' = Fire and Explosion Safety*. 2007; 16 (2): 53–55. (In Russ.).
7. Ovsyannikov S.N., Okolichnyi V.N. Mechanical Strength Testing of Ethylene-Tetrafluoroethylene Film. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta = Journal of Construction and Architecture*. 2022; (4): 89–98. (In Russ.). DOI 10.31675/1607-1859-2022-24-4-89-98.
8. Patent 237273 Russian Federation, IPC E06B 3/66. Fire-Resistant Combined Transparent Structure Using ETFE. 2025103294; 13.02.2025; 17.09.2025 / Moroz A.A., Shilimanova E.S.; patent holder FSBEI HE NSUACE (Sibstrin). 5 p. (In Russ.).
9. State Standard 30247.4-2022. Building constructions. Glazed partitions constructions and filling openings. Test method of fire resistance (revised): introduction 2024-07-01. *Electronic fund of legal and regulatory documents: website*. <https://docs.cntd.ru/document/1306329291> (Accessed 30.03.2026). (In Russ.)
10. State Standard 30247.0-94. Elements of building constructions. Fire-resistance test methods. General requirements: introduction 1996-01-01. *Electronic fund of legal and regulatory documents: website*. <https://docs.cntd.ru/document/9055248> (Accessed 30.03.2026). (In Russ.).

Информация об авторах

А.А. Мороз – канд. техн. наук, доцент кафедры технологии и организации строительства

Е.С. Шилиманова – магистрант

Information about the authors

A.A. Moroz – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Technology and Construction Organization Department

E.S. Shilimanova – Master's Student

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию	01.04.2026	The article was submitted	01.04.2026
Одобрена после рецензирования	12.05.2026	Approved after reviewing	12.05.2026
Принята к публикации	19.05.2026	Accepted for publication	19.05.2026

Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 64–81.
ISSN 1815-5987
Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026; 29 (3-1): 64–81.
ISSN 1815-5987

Научная статья
УДК 624.042.7:539.3
DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-64-81

СЕЙСМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДЫМОВОЙ ТРУБЫ

**Александр Николаевич Потапов¹,
Эдуард Олегович Хабаров²**

¹Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия,
potapovan@susu.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-9079-2667>

²Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия,
eduard.khabarov.02@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты анализа сейсмостойкости расчетной модели дымовой трубы с использованием акселерограммы движения грунта. На основе теории временного анализа построена математическая модель колебаний дымовой трубы, рассматриваемая как дискретная диссипативная система. В рамках этой модели обыкновенные дифференциальные уравнения движения сведены к системе $2n$ алгебраических уравнений рекуррентного вида, где n – число степеней свободы. В уравнениях реакции значения перемещений и скоростей на текущем шаге оцифрованной акселерограммы определяются по значениям этих же параметров на предыдущем шаге, принимаемым в качестве начальных условий. Эффект рассеяния энергии учтен моделью непропорционального демпфирования. Приведен анализ сейсмических колебаний железобетонной расчетной модели дымовой трубы при $n = 100$ по акселерограмме Иранского землетрясе-

ния (Тебес, 1978 г.). Получены параметры динамической реакции дымовой трубы и дана оценка точности решения динамической задачи.

Ключевые слова: дымовая труба, сейсмика, динамическая реакция, перемещение, колебание, восстанавливающая сила

Для цитирования: Потапов А.Н., Хабаров Э.О. Сейсмический анализ дымовой трубы // Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 64–81. DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-64-81.

Original article

SEISMIC ANALYSIS OF A CHIMNEY

**Alexander Nikolaevich Potapov¹,
Eduard Olegovich Khabarov²**

¹South Ural State University, Chelyabinsk, Russia,
potapovan@susu.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-9079-2667>

²South Ural State University, Chelyabinsk, Russia,
eduard.khabarov.02@mail.ru

Abstract. This article presents the results of a seismic analysis of a chimney computational model using ground motion accelerograms. Based on time-domain analysis theory, a mathematical model of chimney vibrations is constructed, considered as a discrete dissipative system. Within this model, the differential equations of motion are reduced to a system of $2n$ algebraic equations of recurrent form, where n – is the number of degrees of freedom. In the reaction equations, the displacements and velocities at the current step of the digitized accelerogram are determined based on the values of these same parameters at the previous step, which are taken as initial conditions. The energy dissipation effect is taken into account using a non-proportional damping model. An analysis of the seismic vibrations of a reinforced concrete chimney computational model at $n = 100$ is presented using the accelerogram of the Iranian earthquake (Tabas, 1978). The dynamic response parameters of the chimney are obtained, and the accuracy of the dynamic problem solution is assessed.

Keywords: chimney, seismics, dynamic response, displacement, vibration, restoring force

For citation: Potapov A.N., Khabarov E.O. Seismic Analysis of a Chimney. *Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2026; 29 (3-1): 64–81. (In Russ.). DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-64-81.

Введение

Обеспечение сейсмической безопасности высотных сооружений, к которым относятся промышленные дымовые трубы, — одна из приоритетных задач строительной механики. Особенностью этих сооружений является значительная высота и относительно малая жесткость, что обуславливает их высокую чувствительность к динамическим воздействиям.

Большой вклад в развитие современных методов расчета конструкций на действие сейсмических нагрузок внесли такие специалисты, как В.В. Болотин [1], М.Ф. Барштейн [2], И.И. Гольденблат и Н.А. Николаенко [3], Н. Ньюмарк и Э. Розенблют [4]. Труды этих ученых подготовили хорошую базу для разработки и создания инженерных методов расчета сейсмостойких конструкций, рекомендаций [5] и нормативных документов [6, 7]. Современные подходы к сейсмическому анализу, такие как инкрементальный динамический анализ (IDA) [8, 9], многополосный анализ (MSA) [10, 11], базируются на сочетании конечно-элементного моделирования с вероятностными методами, что требует значительных вычислительных затрат. Подходы, основанные на методах машинного обучения и алгоритмах нейронных сетей (neural networks) [12, 13], требуют переработки большого объема информации (до сотни инструментальных записей сейсмического воздействия). Статистические подходы, использующие методы обработки сигналов с помощью, например, вейвлет-анализа [14, 15], подвергают исходную акселерограмму воздействию различных корреляционных процедур. Это приводит к генерации большого числа выборок с различными формами изменчивости, в результате чего исходный и преобразованный сигналы могут значительно отличаться по своим свойствам.

Развитие и совершенствование аналитических методов, позволяющих получать достоверные оценки динамической реакции сооружения, является актуальной научно-технической задачей.

В настоящей статье изложен новый подход к сейсмическому анализу расчетной модели дымовой трубы (РМДТ) с использованием реальной акселерограммы движения грунта. На основе теории временного анализа (ТВА) построена математическая модель колебаний дымовой трубы, рассматриваемая как дискретная диссипативная система. Данный подход открывает возможности для создания эффективных инженерных методик расчета.

Для проведения сейсмического анализа необходимо решить следующие задачи:

1. Построить РМДТ с заданными внешними динамическими параметрами: матрицами масс, жесткости и демпфирования.
2. Разработать математическую модель сейсмических колебаний на основе известных уравнений динамической реакции при импульсном воздействии в рамках ТВА.
3. Реализовать вычислительный алгоритм на примере акселерограммы Иранского землетрясения для получения кинематических и силовых параметров реакции РМДТ.
4. Провести анализ влияния сейсмических воздействий на амплитудные значения параметров реакции и оценить точность решения динамической задачи.

Построение расчетной модели

Расчетная динамическая модель дымовой трубы представлена на рис. 1. Общая высота трубы H разбивается на n равных участков (число степеней свободы). Для упрощения построения матриц масс и жесткости элементарные кольцевые усеченные конусы заменяются кольцевыми цилиндрами.

Для построения матрицы масс M используем зависимости для внешних и внутренних диаметров k -го элемента модели:

$$D_k = D_0 - \frac{k}{n}(D_0 - D_n); \quad d_k = d_n - \frac{k}{n}(d_0 - d_n).$$

Объем и масса k -го элемента расчетной модели будут равны:

$$V_k = \frac{\pi}{4} (D_k^2 - d_k^2) h; \quad m_k = 1,4 V_k \rho,$$

где ρ – объемный вес материала (бетона) дымовой трубы.

Масса РМДТ рассчитывается с учетом футеровки и может составлять до 40–50 % от массы бетона. Для этого введен коэффициент 1,4.

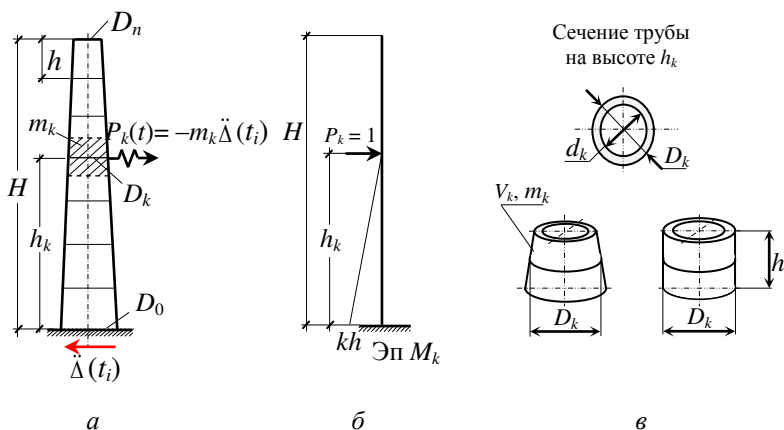


Рис. 1. Расчетная модель дымовой трубы:

a – общий вид; $б$ – единичная эпюра моментов; $в$ – k -й элемент дымовой трубы в виде усеченных кольцевых конуса (слева) и цилиндра (справа)

Для построения матрицы жесткости K используется фундаментальное свойство соотношений в строительной механике:

$$K = L^{-1},$$

где $L = (\delta_{kj})$ – матрица податливости; δ_{kj} – перемещения расчетной модели. Для вычисления L построены единичные эпюры изгибающих моментов (см. рис. 1, б).

Перемещения δ_{kj} определены по формуле:

$$\delta_{kj} = \frac{16h^3}{3E\pi} \left\{ \sum_{q=1}^{k-1} \frac{12(k-q)(j-q)+1}{D_q^4 - d_q^4} + \frac{3(k-j)+1}{2(D_j^4 - d_j^4)} \right\},$$

$$k \geq j, \quad j = 1, 2, \dots, k,$$

где E – модуль упругости бетона; $D_i = D_0 - \frac{i}{n}(D_0 - D_n)$ (здесь $i = j, k, q$). При $j > k$, в силу симметрии матрицы податливости, перемещения $\delta_{kj} = \delta_{jk}$.

При колебаниях РМДТ учет рассеяния энергии ведется по модели непропорционального демпфирования [16]:

$$C = \alpha(KT + TK)/2 + (1 - \alpha)MV,$$

где $T = \text{diag}(\Delta t_1, \dots, \Delta t_n)$; $\Delta t_n = \gamma \sqrt{m_k/r_{kk}}$; $V = \text{diag}(v_1, \dots, v_n)$; $v_k = \gamma \sqrt{r_{kk}/m_k}$; α – коэффициент связи весовых долей.

Математическая модель сейсмических колебаний

Для построения математической модели сейсмических колебаний используются:

- обыкновенные дифференциальные уравнения (ОДУ) движения:

$$M\ddot{Y}(t) + C\dot{Y}(t) + KY(t) = P(t); \quad (1)$$

- начальные условия:

$$Y(t_0) = Y_0, \dot{Y}(t_0) = \dot{Y}_0; \quad (2)$$

- характеристическое матричное квадратичное уравнение (МКУ):

$$MS^2 + CS + K = 0, \quad (3)$$

где $M = \text{diag}(m_1, \dots, m_n)$, $C = C^T$, $K = K^T$ – матрицы соответственно масс, демпфирования, жесткости; $Y(t)$, $\dot{Y}(t)$, $\ddot{Y}(t)$ – векторы искомых величин (соответственно перемещений, скоростей и ускорений); $P(t)$ – вектор сейсмических нагрузок; $S \in M_n(C)$ – матрица внутренних динамических параметров РМДТ – решение МКУ (4).

Динамика РМДТ описывается системой уравнений (1)–(3) [17].

Переход от однородного ОДУ, соответствующего неоднородному ОДУ (формула (1)), к МКУ (формула (3)) выполняется с помощью фундаментальной матрицы $\Phi(t-t_0) = e^{S(t-t_0)}$.

Воздействие землетрясения задается вектором нагрузок $P(t)$, который, в свою очередь, формируется на основе акселерограммы – записи ускорений грунта во времени. В качестве примера в работе используется акселерограмма Иранского землетрясения [17], масштабированная до уровня 0,4g на 20-секундном интервале с шагом оцифровки 0,02 с.

При построении уравнений сейсмической реакции были использованы уравнения реакции при импульсной нагрузке [18], для которых учитывались следующие требования (при $t = t_i$):

1. Спектры ускорения аппроксимируются постоянным законом в пределах шага оцифровки $\Delta t = t_i - t_{i-1} = \text{const}$, вследствие чего импульсы имеют прямоугольную форму той же длины Δt и равны шагу временного анализа (рис. 2).

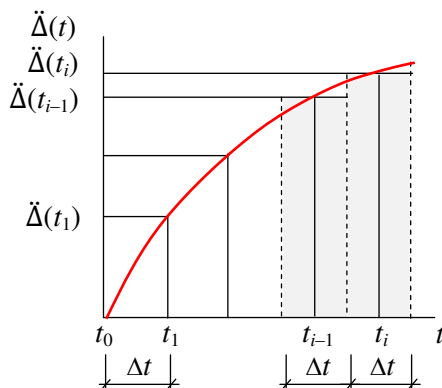


Рис. 2. Фрагмент акселерограммы землетрясения грунта

2. Внешняя нагрузка в k -м узле модели $P_k = -m_k \ddot{\Delta}(t_i)$, а вектор амплитуд внешнего воздействия $P(t_i) = -MJ\ddot{\Delta}(t_i)$, где $J = [1, 1, 1, \dots]^T$.

3. В уравнении реакции при действии импульса для матрицы $\Phi(t-t_0)$, входящей в слагаемые при свободных и вынужденных колебаниях, выполнить замену $(t-t_0)$ на Δt .

4. В качестве начальных условий (векторы $Y, \dot{Y}$) приняты перемещения и скорости узлов расчетной модели на предыдущем шаге анализа: $Y_0 = Y(t_{i-1}), \dot{Y}_0 = \dot{Y}(t_{i-1})$.

Учет перечисленных выше требований позволил свести задачу интегрирования ОДУ (1) к системе алгебраических уравнений порядка $2n$ рекуррентного вида:

$$\left. \begin{aligned} Y(t_i) &= AY_0 + B\dot{Y}_0 + D\ddot{\Delta}(t_i), \\ \dot{Y}(t_i) &= A_1Y_0 + B_1\dot{Y}_0 + D_1\ddot{\Delta}(t_i) \quad (i = 1, 2, \dots), \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где A, A_1, B, B_1, D, D_1 – матричные коэффициенты, зависящие от матриц M, C, K, S и фундаментальной матрицы $\Phi(\Delta t) = e^{S(\Delta t)}$.

Анализ результатов

Система (4) позволяет вычислять в текущий момент времени t_i перемещения и скорости узлов РМДТ, во-первых, по значениям тех же самых параметров, полученным на предыдущем шаге при t_{i-1} , во-вторых, по ускорению в $\ddot{\Delta}(t_i)$ в текущий момент времени.

Результаты кинематических (рис. 3) и силовых (рис. 4) параметров сейсмической реакции приведены с учетом модели непропорционального демпфирования для весового коэффициента $\alpha = 0,95$. Пунктиром изображены кривые параметров реакции без учета сопротивления колебаниям при $C = 0$.

Осциллограммы перемещений приведены для трех сечений расчетной модели дымовой трубы: $k = 60, 80, 100$. При $k = 100$ (линия 3 на рис. 3, а) результаты соответствуют перемещению верха дымовой трубы. На рис. 3, б, в все параметры реакции даны только для верха конструкции. Во всех случаях амплитудные

значения параметров реакции консервативной системы превышают значения амплитуд диссипативной системы.

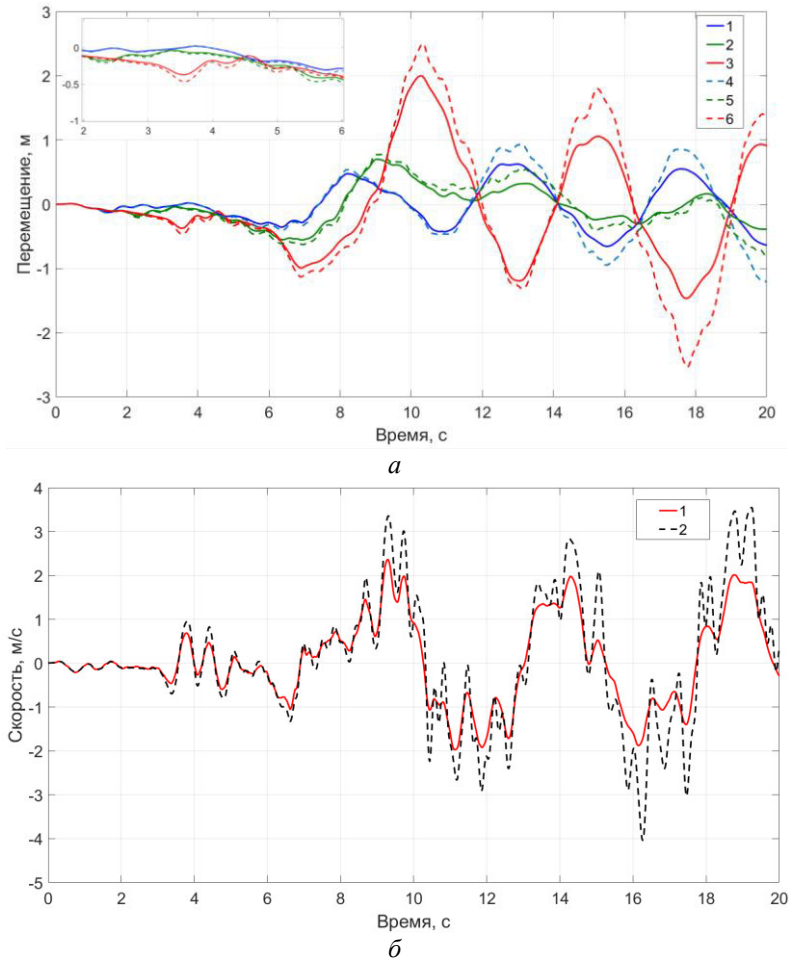


Рис. 3. Осциллограмма перемещений (а) и скоростей (б) расчетной модели при $\alpha = 0,95$ (пунктир – без учета трения)

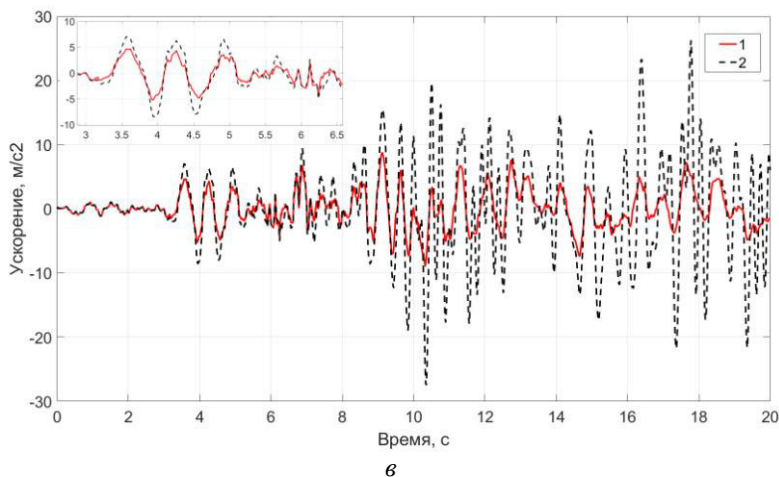


Рис. 3. Окончание.
Осциллограмма ускорений (в) расчетной модели
при $\alpha = 0,95$ (пунктир – без учета трения)

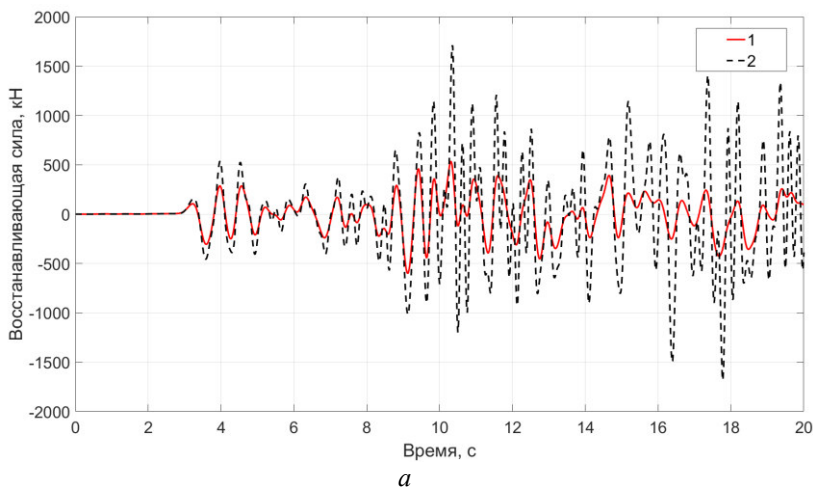


Рис. 4. Осциллограмма восстанавливающей (а) силы РМДТ
при $\alpha = 0,95$ (пунктир – при $C = 0$)

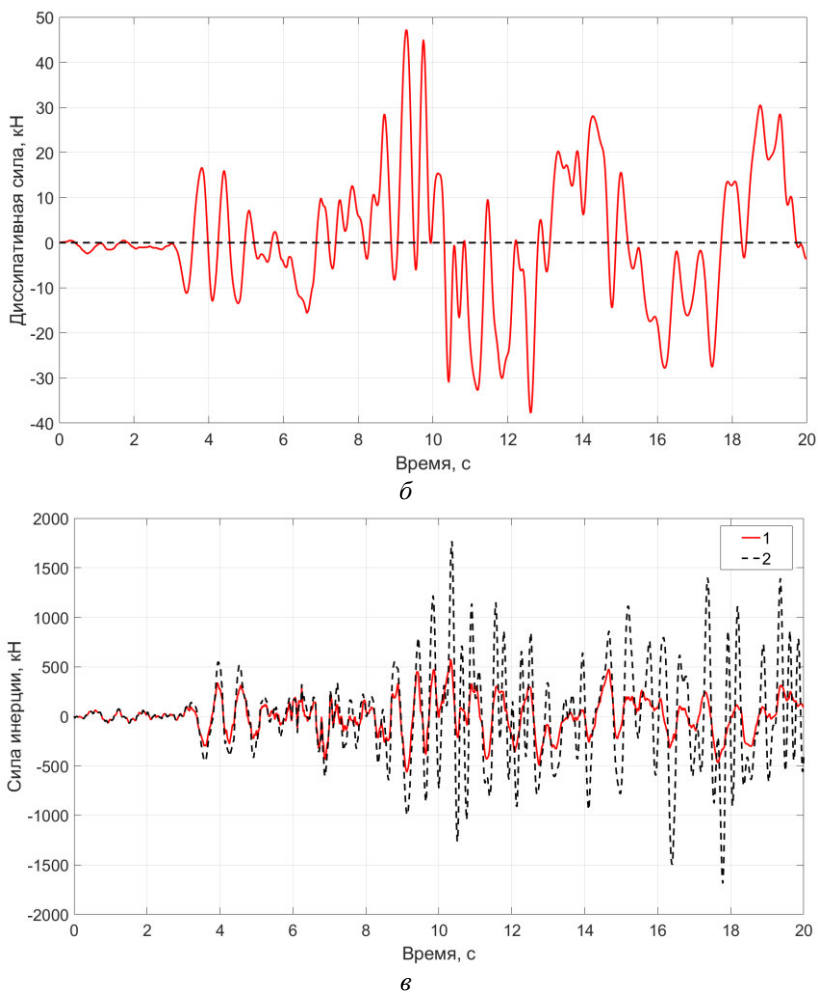
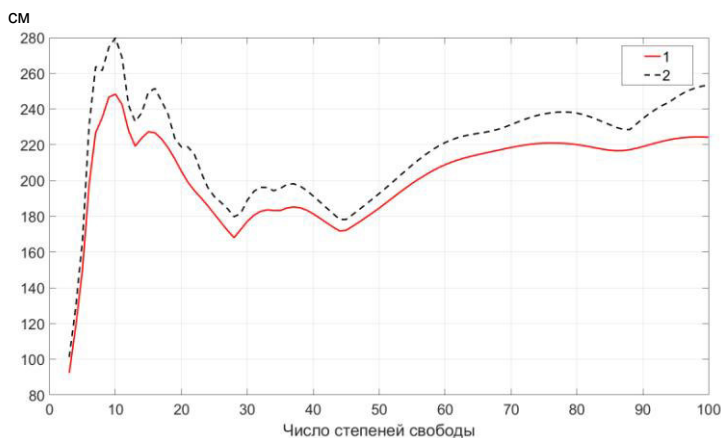
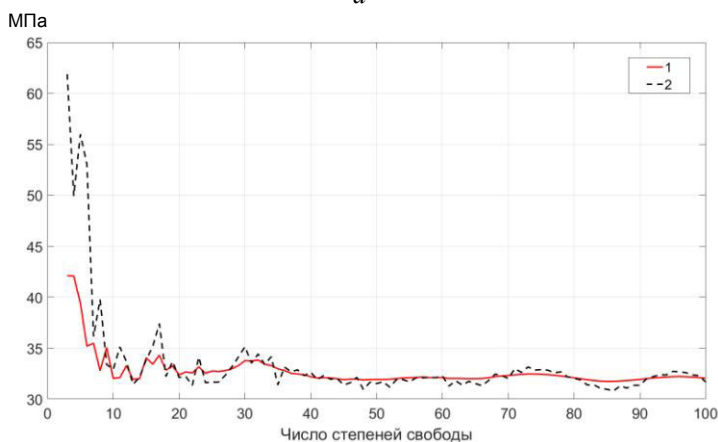


Рис. 4. Окончание.
Осциллограмма диссипативной (б) и инерционной (в) силы РМДТ
при $\alpha = 0,95$ (пунктир – при $C = 0$)

На рис. 5 показаны максимальные перемещения и напряжения в зависимости от числа степеней свободы расчетной модели. Перемещения даны для верха, а напряжения – для низа дымовой трубы, которые оказались максимальными для приведенных сечений.



a



б

Рис. 5. Максимальное перемещение верха (*a*) и максимальное напряжение низа (*б*) расчетной модели дымовой трубы:

1 – при $\alpha = 0,95$; 2 – без учета трения

Точность проводимых вычислений оценивается с помощью матричной функциональной невязки ОДУ движения:

$$\Delta(t_i) = \varphi(t_i) - P(t_i),$$

представляющей разность между суммарными векторными силами левой части, построенными в ходе анализа и заданными силами правой части неоднородного ОДУ (формула (1)).

Оценка точности решения для сечения расчетной модели, соответствующего верху дымовой трубы, представлена на рис. 6 и составляет $\varepsilon < \left| \max 3 \cdot 10^{-7} \right|$ кН.

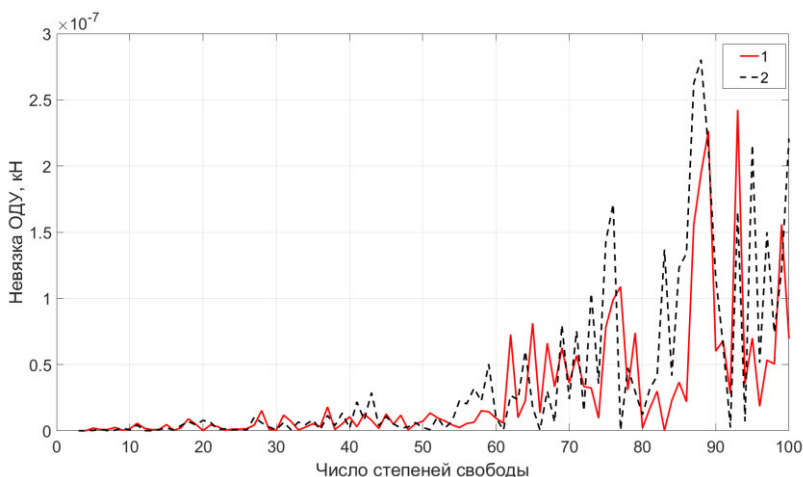


Рис. 6. Максимальная невязка ОДУ
для верха расчетной модели дымовой трубы:
1 – при $\alpha = 0,95$; 2 – без учета трения

Заключение

В отличие от традиционных методов, процесс корреляции ускорений заменен непосредственным построением параметров динамической реакции расчетной модели с пошаговым интегрированием ОДУ (формула (1)) в интервале сейсмического воздействия. Этот метод оказывается более информативным и удобным, так как параметры реакции вычисляются на каждом

шаге оцифрованной акселерограммы и сразу воспроизводятся в виде осциллограмм, которые строятся для любого сечения расчетной (компьютерной) модели. Техническая реализация задачи позволяет: напрямую получить полный набор кинематических и силовых параметров динамической реакции; проследить эволюцию построенных реакций по расчетным сечениям модели во времени, обеспечивая их качественные и количественные оценки; провести разработку антисейсмических мероприятий и оценку эксплуатационных характеристик конструкции в работе проектно-конструкторских и исследовательских организаций.

Список источников

1. Болотин В.В. Статистические методы в строительной механике. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Стройиздат, 1965. 279 с.
2. Барштейн М.Ф. Приложение вероятностных методов к расчету сооружений на сейсмические воздействия // Строительная механика и расчет сооружений. 1960. № 2.
3. Гольденблат И.И., Николаенко Н.А. Расчет конструкций на действие сейсмических и импульсных сил. Москва: Госстройиздат, 1961. 320 с.
4. Ньюмарк Н., Розенблют Э. Основы сейсмического строительства / под ред. Я.М. Айзенберга. Москва: Стройиздат, 1980. 344 с.
5. МДС 20-1.2006. Временные рекомендации по назначению нагрузок и воздействий, действующих на многофункциональные высотные здания и комплексы в Москве / ФГУП «НИЦ "Строительство"». Москва: ФГУП ЦПП, 2006. 27 с.
6. ACI CODE 307-23. Requirements for Reinforced Concrete Chimneys / Code and Commentary. USA. American Concrete Institute, 2023. 79 p.
7. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная ред. СНиП II-7-81*: введ. 2018-11-25; изм. 2–4 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: сайт. <https://docs.cntd.ru/document/550565571> (дата обращения: 03.03.2026).

8. Vamvatsikos D., Cornell C.A. Incremental dynamic analysis // Earthquake Engineering & Structural Dynamics. 2002. Vol. 31, no. 3. P. 491–514.
9. Wu H., Qiao S., Zhou Y. Seismic performance evaluation of a tall tower structure with integrated heat-absorbing and air-cooling capabilities: IDA based seismic fragility analysis // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 2025. Vol. 190. P. 109194.
10. Sun B., Deng M., Xu J., Tan H. Improved Seismic Performance Assessment of High ACCWD Based on the Integrated Seismic Performance Index and Cloud – Multiple Stripes Analysis Method // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 2026. Vol. 203. P. 110093.
11. Banerjee A.K., Pramanik D., Roy R. Seismic Structural Fragilities: Proposals for Improved Methodology per Spectral Matching of Accelerogram // Engineering Structures. 2016. Vol. 111. P. 538–551. DOI 10.1016/j.engstruct.2016.01.002.
12. Lou Y., Wu L., Liu L., Yu K., Liu N., Wang Z., Wang W. Irregularly Sampled Seismic Data Interpolation Via Wavelet-Based Convolutional Block Attention Deep Learning // Artificial Intelligence in Geosciences. 2022. Vol. 3, no. 6. P. 192–202. DOI 10.1016/j.aiig.2022.12.001.
13. Liu B., Xu Q., Chen J., Wang Y., Liu J., Li J. Pulse-Type Seismic Response Prediction for Uncertain Structures Based on the Attention Mechanism and Wavelet Decomposition Augmented Decomposition Learning // Engineering Failure Analysis. 2025. Vol. 167, no. 2. P. 109059. DOI 10.1016/j.engfailanal.2024.109059.
14. Genovese F., Palmeri A. Wavelet-Based Generation of Fully Non-Stationary Random Processes with Application to Seismic Ground Motions // Mechanical Systems and Signal Processing. 2025. Vol. 223, no. 1. P. 111833. DOI 10.1016/j.ymssp.2024.111833.
15. Santhosh S., Parthasarathi V.P., Gokul P.K., Rasswanth G., Devender R. Empirical Wavelet Transform with Over Complete Dictionary for the Decomposition of Signals with Abrupt

Changes // Next Research. 2025. Vol. 2, no. 3. P. 100644.
<https://doi.org/10.1016/j.nexres.2025.100644>.

16. Потапов А.Н. Построение модели непропорционального демпфирования // Фундаментальные поисковые и прикладные исслед. РААСН по науч. обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строит. отрасли РФ в 2022–2023 годах: науч. тр. РААСН: в 2 т. Москва: АСВ, 2024. Т. 2. С. 330–341.
17. Акселерограмма землетрясения в Иране (1978 год) // Академик: сайт. <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/613905> (дата обращения: 03.03.2026).
18. Потапов А.Н. Динамический анализ дискретных диссипативных систем при нестационарных воздействиях: монография. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003. 166 с.

References

1. Bolotin V.V. Statistical Methods in Structural Mechanics. 2nd edition, revised and enlarged. Moscow: Stroyizdat, 1965. 279 p. (In Russ.).
2. Barshteyn M.F. Application of Probabilistic Methods to the Analysis of Structures for Seismic Impact. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenij* = *Structural Mechanics and Analysis of Structures*. 1960; (2). (In Russ.).
3. Goldenblat I.I., Nikolaenko N.A. Analysis of Structures for Seismic and Impulse Forces. Moscow: Gosstroyizdat, 1961. 320 p.
4. Newmark N., Rosenbluth E. Fundamentals of Seismic Engineering. Ed. by Ya.M. Ayzenberg. Moscow: Stroyizdat, 1980. 344 p. (In Russ.).
5. Methodological Documentation in Construction 20-1.2006. Temporary Recommendations for the Assignment of Loads and Impacts Acting on Multifunctional High-Rise Buildings and Complexes in Moscow / FSUE "Research Center "Construction"". Moscow: FSUE CPP, 2006. 27 p. (In Russ.).

6. ACI CODE 307-23. Requirements for Reinforced Concrete Chimneys / Code and Commentary. USA. American Concrete Institute, 2023. 79 p.
7. Code of Practice 14.13330.2018. Seismic Building Design Code. Updated version of Construction Norms and Rules II-7-81*: introduced 2018-11-25: changes 2–4. *Electronic fund of legal and regulatory documents: website*. <https://docs.cntd.ru/document/550565571> (Accessed: 23.03.2025). (In Russ.).
8. Vamvatsikos D., Cornell C.A. Incremental Dynamic Analysis. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*. 2002; 31 (3): 491–514.
9. Wu H., Qiao S., Zhou Y. Seismic Performance Evaluation of a Tall Tower Structure with Integrated Heat-Absorbing and Air-Cooling Capabilities: IDA Based Seismic Fragility Analysis. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 2025; 190: 109194.
10. Sun B., Deng M., Xu J., Tan H. Improved Seismic Performance Assessment of High ACCWD Based on the Integrated Seismic Performance Index and Cloud – Multiple Stripes Analysis Method. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 2026; 203: 110093.
11. Banerjee A.K., Pramanik D., Roy R. Seismic Structural Fragilities: Proposals for Improved Methodology per Spectral Matching of Accelerogram. *Engineering Structures*. 2016; 111: 538–551. DOI 10.1016/j.engstruct.2016.01.002.
12. Lou Y., Wu L., Liu L., Yu K., Liu N., Wang Z., Wang W. Irregularly Sampled Seismic Data Interpolation Via Wavelet-Based Convolutional Block Attention Deep Learning. *Artificial Intelligence in Geosciences*. 2022; 3 (6): 192–202. DOI 10.1016/j.aiig.2022.12.001.
13. Liu B., Xu Q., Chen J., Wang Y., Liu J., Li J. Pulse-Type Seismic Response Prediction for Uncertain Structures Based on the Attention Mechanism and Wavelet Decomposition Augmented Decomposition Learning. *Engineering Failure Analysis*. 2025; 167 (2): 109059. DOI 10.1016/j.engfailanal.2024.109059.

14. Genovese F., Palmeri A. Wavelet-Based Generation of Fully Non-Stationary Random Processes with Application to Seismic Ground Motions. *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2025; 223 (1): 111833. DOI 10.1016/j.ymssp.2024.111833.
15. Santhosh S., Parthasarathi V.P., Gokul P.K., Rasswanth G., Devender R. Empirical Wavelet Transform with Over Complete Dictionary for the Decomposition of Signals with Abrupt Changes. *Next Research*. 2025; 2 (3): 100644. <https://doi.org/10.1016/j.nexres.2025.100644>.
16. Potapov A.N. Construction of a Model of Non-Proportional Damping. *Fundamental exploratory and applied research of RAACS for scientific support of the development of architecture, urban planning and the construction industry of the Russian Federation in 2022–2023: Scientific works of RAACS in 2 volumes*. Moscow: ASV Publ., 2024. Vol. 2. P 330–341. (In Russ.)
17. Accelerogram of the 1978 Iran earthquake. *Academic: website*. <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/613905> (Accessed: 03.03.2026). (In Russ.).
18. Potapov A.N. Dynamic Analysis of Discrete Dissipative Systems under Non-Stationary Impacts. Chelyabinsk, SUSU Publ., 2003. 167 p. (in Russ.)

Информация об авторах

А.Н. Потанов – д-р техн. наук, профессор

Э.О. Хабаров – студент

Information about the authors

A.N. Potapov – Doctor of Engineering Sciences, Professor

E.O. Khabarov – Student

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию	13.04.2026	The article was submitted	13.04.2026
Одобрена после рецензирования	28.04.2026	Approved after reviewing	28.04.2026
Принята к публикации	19.05.2026	Accepted for publication	19.05.2026

Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 82–97. ISSN 1815-5987

Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026; 29 (3-1): 82–97. ISSN 1815-5987

Научная статья

УДК 697.1:620.9:004.852:519.876

DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-82-97

СИМУЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГОЗАТРАТНОСТИ ДЛЯ ЗАДАЧ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ

**Дмитрий Валерьевич Сбродов¹,
Константин Юрьевич Лосев²**

¹ООО «ПРОМТЕХ», Москва, Россия,
Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, Москва, Россия,
79128280842@yandex.ru

²Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, Москва, Россия,
lossevky@mgsu.ru,
<https://orcid.org/0000-0001-5987-0375>

Аннотация. Энергоэффективность – одна из приоритетных задач современного строительства. В статье рассматривается подход к моделированию показателей энергозатратности зданий на основе ансамблевого метода машинного обучения. Целью работы является проверка гипотезы о возможности точного прогнозирования (симуляции) температуры и влажности наружного воздуха как ключевых факторов тепловой нагрузки здания на ограниченном временном промежутке исходных данных. В исследовании использованы метеоданные по Москве за 2023–2024 гг. Разработан ансамбль моделей, включающий нейронные сети Long Short-Term Memory, Random Forest и Linear

Regression. Результаты прогнозирования на три и пять лет показали высокую точность ($R^2 > 0,95$ для температуры), что подтверждает эффективность предложенного подхода для задач планирования и оптимизации энергопотребления.

Ключевые слова: энергоэффективность, симуляционная модель, тепловая нагрузка здания, машинное обучение, LSTM, ансамбль моделей, прогнозирование

Для цитирования: Сбродов Д.В., Лосев К.Ю. Симуляционная модель показателей энергозатратности для задач энергоэффективности зданий // Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 82–97. DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-82-97.

Original article

SIMULATION MODEL OF ENERGY CONSUMPTION INDICATORS FOR THE PROBLEMS OF BUILDINGS ENERGY EFFICIENCY

**Dmitry Valeryevich Sbrodov¹,
Konstantin Yuryevich Losev²**

¹LLC “PROMTECH”, Moscow, Russia,
Moscow State University of Civil Engineering
(National Research University), Moscow, Russia,
79128280842@yandex.ru

²Moscow State University of Civil Engineering
(National Research University), Moscow, Russia,
lossevsky@mgisu.ru,
<https://orcid.org/0000-0001-5987-0375>

Abstract. Energy efficiency is one of the priority tasks of modern construction. The article discusses an approach to modeling energy consumption indicators of buildings based on an ensemble method of machine learning. The aim of the work is to test the hypothesis about the possibility of accurate forecasting (simulation) of outdoor temperature and humidity as key factors of the building's heat load on a limited time interval of initial data. The study uses meteorological data for Moscow for 2023–2024. An

ensemble of models was developed, including Long Short-Term Memory neural networks, Random Forest, and Linear Regression. The forecasting results for three and five years showed high accuracy ($R^2 > 0,95$ for temperature), which confirms the effectiveness of the proposed approach for the tasks of energy consumption planning and optimization.

Keywords: energy efficiency, simulation model, building heat load, machine learning, LSTM, model ensemble, forecasting

For citation: Sbrodov D.V., Losev K.Yu. Simulation Model of Energy Consumption Indicators for the Problems of Buildings Energy Efficiency. *Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2026; 29 (3-1): 82–97. (In Russ.). DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-82-97.

Введение

Энергоэффективность на сегодняшний день является ключевой задачей в строительстве, что подтверждается указом Президента Российской Федерации от 07.05.2024 № 309 [1], ставящего задачу значительного роста энергетической и ресурсной эффективности в жилищно-коммунальном хозяйстве, промышленном и инфраструктурном строительстве в рамках национальной цели «Комфортная и безопасная среда для жизни».

Согласно мнению авторов, показатели энергозатратности зданий, в первую очередь малоэтажных жилых объектов строительства (МЖО), представляют собой объем и эффективность потребления энергетических ресурсов зданием в процессе его строительства, эксплуатации и утилизации. В контексте задач энергоэффективности эти показатели служат основой для оценки, сравнения и оптимизации энергетических характеристик объектов капитального строительства.

Одним из основных показателей энергозатратности здания является его тепловая нагрузка [2], которую можно представить следующим образом:

$$Q = \frac{K \cdot V \cdot (T_1 - (-T_2))}{P}, \quad (*)$$

где Q – тепловая нагрузка, кВт; V – объем здания, м^3 ; K – коэффициент теплопотерь, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$; T_1 и T_2 – соответственно

внутренняя и наружная температура воздуха, °C; P – коэффициент для перевода ккал/ч в кВт. Предлагается коэффициент со значением 860 [3].

Температура наружного и внутреннего воздуха в формуле (*) – это переменные с наибольшей дисперсией. В связи с изменчивостью этих величин корректно определить средние геометрические значения за период, чтобы затем подставить в выражение (*), которое является основой симуляционной модели энергозатратности МЖО (рис. 1).

Методология

Задача исследования состоит в верификации модели и проверке гипотезы о возможности симуляции данных для показателей энергозатратности (температура, влажность), собранных за два года – 2023 и 2024 г. (Москва, район ВДНХ) – из набора данных (датасет) с сайта Kaggle [4].

Проводить верификацию модели по всем входящим в нее переменным нет необходимости – достаточно проверить те ее части, где алгоритмические ошибки реализации модели наиболее вероятны. Соответственно, верификация симуляционной модели показателей энергозатратности МЖО проводится на данных, максимально приближенных к переменным (*) с наибольшей дисперсией, где вместо T_1 будет взята влажность наружного воздуха.

Основная часть

При симуляционном моделировании с задачей симуляции данных температуры и влажности во времени лучше всего справляется модель нейронной сети Long Short-Term Memory (LSTM), которая является разновидностью более общего типа – рекуррентной нейронной сети (RNN), предназначенной для работы с временными рядами. LSTM способна запоминать долгосрочные зависимости в последовательных данных [5].

Архитектура нейронной сети, рассматриваемой в данной статье, состояла из двух LSTM: для прогнозирования температуры и влажности. Такой подход позволил сэкономить время вычисления, параллельно запуская обучение и предсказание сетей.

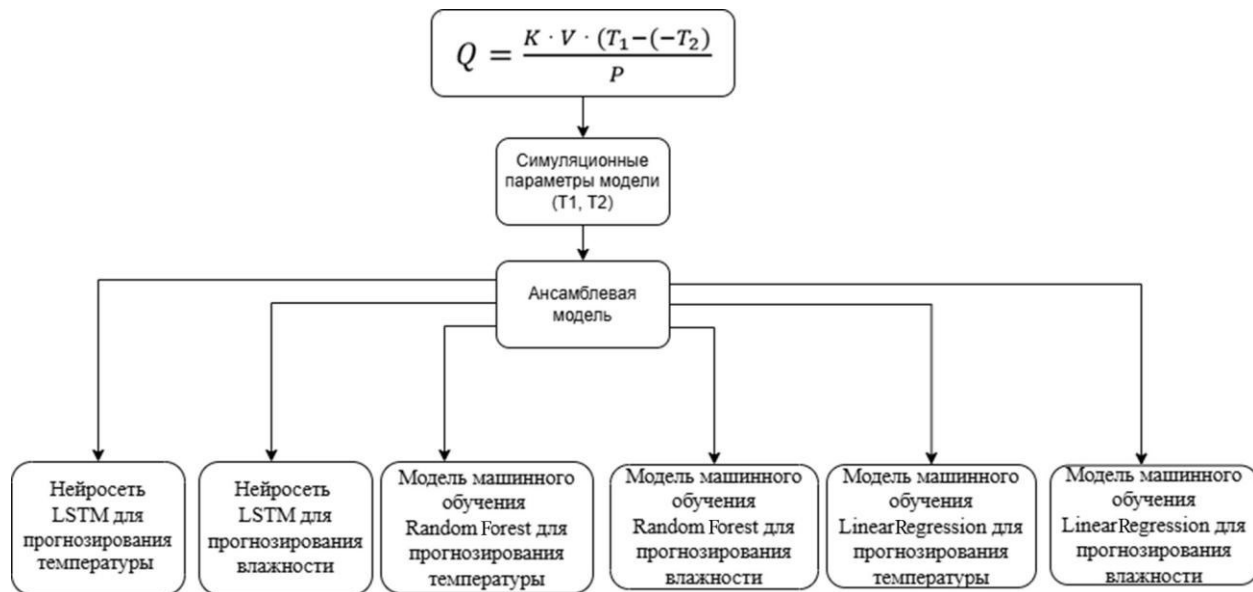


Рис. 1. Схема симуляционной модели энергозатратности МЖО

Однако одной только параллельной схемы LSTM было недостаточно, чтобы справиться с реализацией симуляции (генерации) показателей энергозатратности. Для решения этой задачи классическая модель LSTM была доработана до ансамбля моделей. Ансамбль модели представляет собой совокупность нескольких независимых моделей, работающих вместе для решения одной задачи, что отличает ее от нейросетей типа «Трансформер» (Transfomer), где все элементы работают друг с другом.

Ансамбль модели в данном исследовании состоит из шести независимых моделей:

- LSTM для прогнозирования температуры;
- LSTM для прогнозирования влажности;
- алгоритм Random Forest для прогнозирования температуры;
- Random Forest для прогнозирования влажности;
- алгоритм Linear Regression для прогнозирования температуры;
- Linear Regression для прогнозирования влажности.

Ключевая идея данной ансамблевой модели заключается в том, что модели LSTM, Random Forest и Linear Regression работают последовательно друг за другом, а одинаковые модели – параллельно (обучаются и используются для прогнозирования). Параллельный подход необходим для обучения, валидации, предсказания, так как он позволяет получить более точные результаты прогнозирования, что было проверено эмпирическим путем. Таким образом достигается изолированность (независимость) каждой модели в процессе обучения, проверки и прогнозирования параметров энергозатратности.

Основными плюсами ансамбля модели являются разнообразие подходов в моделировании, независимость моделей друг от друга, комбинированный результат (усреднение, взвешенное голосование, мета-модель (stacking)), уменьшение ошибки ансамбля модели за счет компенсации недостатков отдельной модели.

Результаты

После определения структуры архитектуры симуляционной модели была произведена очистка данных от выбросов и про-

пущенных значений, затем датасет был разделен на тренировочную выборку – 2023 г. – и проверочную выборку (выборку для валидации модели) – 2024 г. Прогноз выполнялся со следующим (2025) года после валидации – на три и пять лет.

Основная особенность большинства результатов нейросетевых исследований с аналогичными параметрами в данной предметной области – их горизонт ограничен краткосрочным (часы, дни) или среднесрочным (недели, месяцы) прогнозированием [6–15]. Распределение значений метрики MAE (Mean Absolute Error – средняя абсолютная ошибка) для параметра «температура» в указанных нейросетевых моделях представлено на рис. 2.

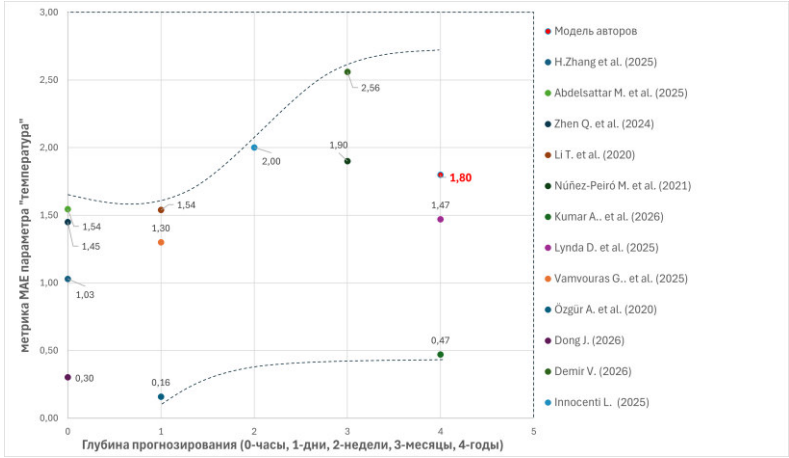


Рис. 2. Значения метрики MAE для параметра «температура» в нейросетевых моделях с различным горизонтом прогнозирования

Значения метрики MAE в диапазоне от 1 до 2 – норма для краткосрочных моделей. Следовательно, для долгосрочного (годы) горизонта прогнозирования аналогичный результат может считаться очень хорошим.

Рис. 3 и 4 демонстрируют результаты прогнозирования симуляционной модели показателей энергозатратности. Приведены метрики оценки модели и их объяснения.

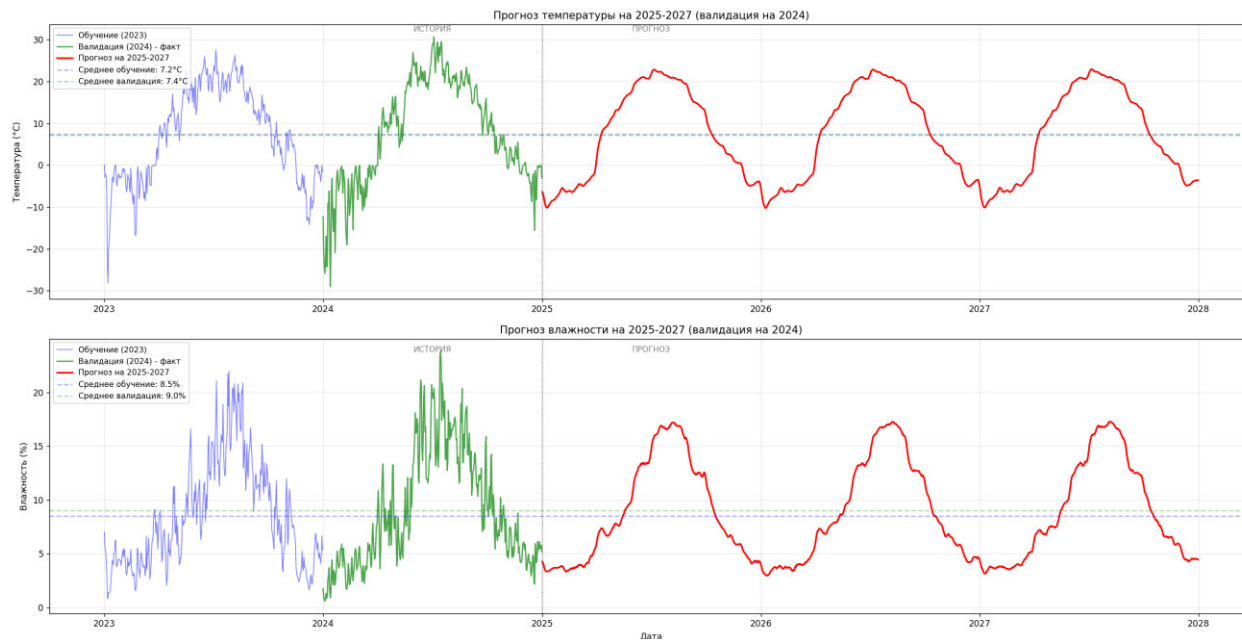


Рис. 3. Прогноз температуры и влажности на 2025–2027 гг.

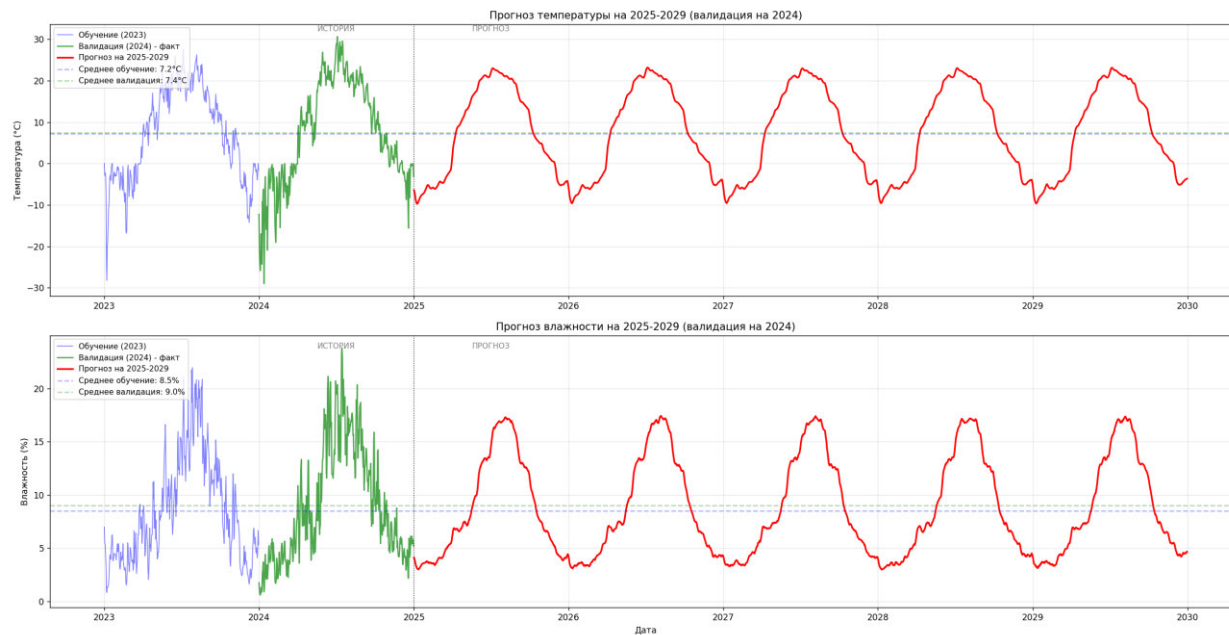


Рис. 4. Прогноз температуры и влажности на 2025–2029 гг.

Метрики за три года (см. рис. 3)

Температура:

– *RMSE* (корень из средней квадратичной ошибки) – 2,3924 °C. Полученное значение свидетельствует об отсутствии значительных выбросов в предсказаниях модели;

– *MAE* (средняя абсолютная ошибка) – 1,7992 °C. Полученное значение свидетельствует о высокой точности модели, так как при прогнозе температуры модель ошибается в среднем на 1,800 °C;

– R^2 (коэффициент детерминации) – 0,9538. Полученное значение свидетельствует о том, что большинство случаев модель учитывает при прогнозе, т.е. модель объясняет 95,38 % дисперсии температурных значений.

Влажность:

– *RMSE* – 1,7469 %. Полученное значение свидетельствует о высокой стабильности предсказания влажности, так как ошибка составила менее 1,75 %;

– *MAE* – 1,3059 %. Полученное значение свидетельствует, что в предсказании влажности модель ошибается в среднем всего на 1,3 % при прогнозировании влажности на три года вперед;

– R^2 – 0,8876. Полученное значение свидетельствует, что ансамблевый подход эффективен для прогнозирования этого параметра. Хотя данное значение получилось ниже, чем у температуры (0,9538), оно остается достаточно высоким, т.е. способно объяснить почти 89 % вариаций влажности воздуха.

Метрики за пять лет прогноза (см. рис. 4)

Температура:

– *RMSE* – 2,4195 °C. Прирост ошибки составил всего 1,1 % при увеличении периода прогнозирования на 66 % (с трех до пяти лет);

– *MAE* – 1,8304 °C. Абсолютный прирост средней ошибки составил всего 0,03 °C, что находится в пределах статистической погрешности;

– $R^2 - 0,9527$. Произошло снижение показателя на 0,1 % относительно трехлетнего прогноза. Модель все еще объясняет более 95 % вариаций температуры при пятилетнем планировании температуры.

Влажность:

– $RMSE - 1,7690$ %. Показатель увеличился по сравнению с прогнозом на три года на 1,3 %, что показывает высокую стабильность предсказания влажности при прогнозировании на пять лет;

– $MAE - 1,3191$ %. При прогнозе влажности на пять лет прирост всего на 0,0132 %, что подтверждает сохранение высокой точности предсказаний;

– $R^2 - 0,8848$. При прогнозировании влажности на пять лет коэффициент детерминации упал на 0,3 %, что указывает на незначительную потерю объясняющей способности модели при увеличении срока прогноза.

Все метрики оценки модели показывают ухудшение менее чем на 2 % при увеличении срока прогноза с трех до пяти лет. Это подтверждает высокую устойчивость ансамблевой модели «LSTM + Random Forest + Linear Regression» и ее пригодность для использования в качестве симуляционной модели показателей энергозатратности для задач энергоэффективности МЖО.

Необходимо отметить, что в данном контексте коэффициент детерминации является основным для верификации модели.

Выводы

1. Результаты данной работы подтверждают гипотезу о возможности предсказывать показатели (выполнять симуляцию показателей) энергозатратности на основе эмпирических данных за временной промежуток два года.

2. Верификация симуляционной модели показателей энергозатратности дала достаточно высокую точность, чтобы с ее помощью рассчитывать сезонные колебания нагрузки, планировать мощность отопительных систем, оптимизировать энергопо-

требление, прогнозировать затраты на отопление МЖО, выполнять симуляции показателей энергозатратности зданий.

3. Разработанная модель «LSTM + Random Forest + Linear Regression» имеет высокий потенциал для симуляции показателей энергозатратности МЖО. Точность прогнозов ($R^2 > 0,95$ для температуры) подтверждает возможность использования модели для дальнейших исследований по повышению энергоэффективности зданий.

Список источников

1. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года: указ Президента РФ от 07.05.2024 № 309 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: сайт. <https://docs.cntd.ru/document/1305894187> (дата обращения: 22.02.2026).
2. Формулы для энергоэффективности здания, расчет показателей // КВиП: сайт. 24.07.2025. <https://msk.kvip.su/blog/sovet-y-pokupatelyam/formuly-energoeffektivnosti-zdaniya-raschet-pokazateley/> (дата обращения: 15.03.2026).
3. Баженова О.Ю., Баженова Ю.А., Зорин Д.А., Козлова И.В., Стенечкина К.С. Тепловые агрегаты и установки: учеб. пособие. Москва: МИСИ-МГСУ, 2020. 1 CD-R. Режим доступа: <http://lib.mgsu.ru/>. Загл. с титул. экрана.
4. Russia Data meteo 1966-2025 // Kaggle: сайт. <https://www.kaggle.com/datasets/kapitanssb/russia-data-meteo-1966-2025> (дата обращения: 10.01.2026).
5. Лосев К.Ю., Сбродов Д.В. Опыт применения нейронных сетей для автоматизации решения задач энергоэффективности в жизненном цикле объектов строительства // Вестник Евразийской науки. 2026. Т. 18, № 1. <https://esj.today/PDF/63SAVN126.pdf> (дата обращения: 26.02.2026).
6. Abdelsattar M., Abdelmoety A., Emad-Eldeen A. Comparative Analysis of Machine Learning Techniques for Temperature and Humidity Prediction in Photovoltaic Environments // Scientific Reports. 2025. Vol. 15, no. 1. DOI 10.1038/s41598-025-98607-7.

7. Shen H., Jiang Y., Li T., Li T., Cheng Q., Zeng Ch., Zhang L. Deep Learning-Based Air Temperature Mapping by Fusing Remote Sensing, Station, Simulation and Socioeconomic Data // Remote Sensing of Environment. 2020. Vol. 240. P. 111692. DOI 10.1016/j.rse.2020.111692.
8. Vamvouras G., Braimakis K., Tzivanidis Ch. An Explainable, Attention-Enhanced, Bidirectional Long Short-Term Memory Neural Network for Joint 48-Hour Forecasting of Temperature, Irradiance, and Relative Humidity // Cornell University. arXiv: сайт. 28.08.2025. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2508.21109> (дата обращения: 15.03.2026).
9. Özgür A., Yamaç S.S. Modelling of Daily Reference Evapotranspiration Using Deep Neural Network in Different Climates // Cornell University. arXiv: сайт. 19.06.2020. <https://arxiv.org/abs/2006.01760> (дата обращения: 15.03.2026).
10. Zhang H., Chen J., Wang Y., Han J., Xu Y. Improving 2 m Temperature Forecasts of Numerical Weather Prediction Through a Machine Learning-Based Bayesian Model // Meteorology and Atmospheric Physics. 2025. Vol. 137, no. 1. DOI 10.1007/s00703-024-01056-6.
11. Yan C., Ta N., Zhen Q., Sun Y., Liu K., Li X. Prediction of Air Temperature and Relative Humidity in Greenhouse based on Neural Network Model // Research Square. 2024. DOI 10.21203/rs.3.rs-4958200/v1.
12. Peiró M.N., Mavrogianni A., Symonds Ph., Sánchez C.S.-G., Javier N. Modelling Long-Term Urban Temperatures with Less Training Data: A Comparative Study Using Neural Networks in the City of Madrid // Sustainability. 2021. Vol. 13, no. 15. P. 8143. DOI 10.3390/su13158143.
13. Lynda D., Logeswari G., Tamilarasi K., Rakesh S. Hybrid Bayesian Deep Learning Model for Predicting Urban Heat Island Intensity in African Cities // Scientific Reports. 2025. Vol. 15, no. 1. P. 31280. DOI 10.1038/s41598-025-13492-4.
14. Kumar A., Singh Bedi H., Singhal T. Hybrid Deep Learning Framework for Predicting Long-Term Climate Patterns Using Satellite Data and Internet of Things Sensors // Integration of In-

ternet of Things and Machine Learning. 2026. P. 477–488. DOI 10.1201/9781003634768-23.

15. Innocenti L. Forecasting Urban Heat Islands: A Neural Network Approach Using Remote Sensing Data // EGU General Assembly 2025 (Vienna, Austria, 27 Apr. – 2 May 2025). EGU25-6578. DOI 10.5194/egusphere-egu25-6578.

References

1. On the national Development Goals of the Russian Federation for the period up to 2030 and for the future up to 2036: Decree of the President of the Russian Federation of 07.05.2024 No. 309. *Electronic fund of legal and regulatory documents: website*. <https://docs.cntd.ru/document/1305894187> (Accessed: 22.02.2026). (In Russ.)
2. Formulas for building energy efficiency, calculation of indicators. *KViP: website*. 24.07.2025. <https://msk.kvip.su/blog/sovet-y-pokupatelyam/formuly-energoeffektivnosti-zdaniya-raschet-pokazateley/> (Accessed: 15.03.2026). (In Russ.).
3. Bazhenova O.Yu., Bazhenova Yu.A., Bazhenov A.V., Kozlova I.V., Stenechkina K.S. Thermal units and installations. Textbook. Moscow: MISI-MGSU. 2020. 1 CD-R. Access mode: <http://lib.mgsu.ru/>. Title from title screen. (In Russ.).
4. Russia Data meteo 1966-2025. *Kaggle: website*. <https://www.kaggle.com/datasets/kapitanssb/russia-data-meteo-1966-2025> (Accessed: 10.01.2026). (In Russ.).
5. Losev K.Yu., Sbrodov D.V. Experience in Using Neural Networks to Automate Energy Efficiency Tasks in the Construction Facilities Life Cycle. *Vestnik evraziiskoi nauki = The Eurasian Scientific Journal*. 2026; 18 (1). <https://esj.today/PDF/63SAVN126.pdf> (Accessed: 26.02.2026). (In Russ.).
6. Abdelsattar M., Abdelmoety A., Emad-Eldeen A. Comparative Analysis of Machine Learning Techniques for Temperature and Humidity Prediction in Photovoltaic Environments. *Scientific Reports*. 2025; 15 (1). DOI 10.1038/s41598-025-98607-7.
7. Shen H., Jiang Y., Li T., Li T., Cheng Q., Zeng Ch., Zhang L. Deep Learning-Based Air Temperature Mapping by Fusing

Remote Sensing, Station, Simulation and Socioeconomic Data. *Remote Sensing of Environment*. 2020; 240: 111692. DOI 10.1016/j.rse.2020.111692.

8. Vamvouras G., Braimakis K., Tzivanidis Ch. An Explainable, Attention-Enhanced, Bidirectional Long Short-Term Memory Neural Network for Joint 48-Hour Forecasting of Temperature, Irradiance, and Relative Humidity. *Cornell University. arXiv: website*. 28.08.2025. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2508.21109> (Accessed: 15.03.2026).
9. Özgür A., Yamaç S.S. Modelling of Daily Reference Evapotranspiration Using Deep Neural Network in Different Climates. *Cornell University. arXiv: website*. 19.06.2020. <https://arxiv.org/abs/2006.01760> (Accessed: 15.03.2026).
10. Zhang H., Chen J., Wang Y., Han J., Xu Y. Improving 2 m Temperature Forecasts of Numerical Weather Prediction Through a Machine Learning-Based Bayesian Model. *Meteorology and Atmospheric Physics*. 2025; 137 (1). DOI 10.1007/s00703-024-01056-6.
11. Yan C., Ta N., Zhen Q., Sun Y., Liu K., Li X. Prediction of Air Temperature and Relative Humidity in Greenhouse based on Neural Network Model. *Research Square*. 2024. DOI 10.21203/rs.3.rs-4958200/v1.
12. Peiró M.N., Mavrogianni A., Symonds Ph., Sánchez C.S.-G., Javier N. Modelling Long-Term Urban Temperatures with Less Training Data: A Comparative Study Using Neural Networks in the City of Madrid. *Sustainability*. 2021; 13 (15): 8143. DOI 10.3390/su13158143.
13. Lynda D., Logeswari G., Tamilarasi K., Rakesh S. Hybrid Bayesian Deep Learning Model for Predicting Urban Heat Island Intensity in African Cities. *Scientific Reports*. 2025; 15 (1): 31280. DOI 10.1038/s41598-025-13492-4.
14. Kumar A., Singh Bedi H., Singhal T. Hybrid Deep Learning Framework for Predicting Long-Term Climate Patterns Using Satellite Data and Internet of Things Sensors. *Integration of Internet of Things and Machine Learning*. 2026; 477–488. DOI 10.1201/9781003634768-23.

15. Innocenti L. Forecasting Urban Heat Islands: A Neural Network Approach Using Remote Sensing Data. *EGU General Assembly 2025 (Vienna, Austria, 27 Apr. – 2 May 2025)*. EGU25-6578. DOI 10.5194/egusphere-egu25-6578.

Информация об авторах

Д.В. Сбродов – аспирант

К.Ю. Лосев – канд. техн. наук, доцент

Information about the authors

D.V. Sbrodov – Postgraduate Student

K.Yu. Losev – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию	18.03.2026	The article was submitted	18.03.2026
Одобрена после рецензирования	22.04.2026	Approved after reviewing	22.04.2026
Принята к публикации	19.05.2026	Accepted for publication	19.05.2026

Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 98–112. ISSN 1815-5987

Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026; 29 (3-1): 98–112. ISSN 1815-5987

Научная статья

УДК 004.896

DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-98-112

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ РАСЧЕТА АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИПЕРБОЛОИДНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В СРАВНЕНИИ С ГЛОБОИДНЫМИ

**Павел Алексеевич Хазов¹,
Сергей Сергеевич Шилов²,
Наталья Дмитриевна Молоснова³**

¹Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород, Россия,
khazov.nngasu@mail.ru

²ООО «Строй-Снаб», Нижний Новгород, Россия,
sergey.shilov.1997@mail.ru

³Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород, Россия,
n.m.02@yandex.ru

Аннотация. В современных инженерных приложениях актуальность точного определения аэродинамических параметров сложных геометрических форм приобретает особое значение. Поверхности двоякой кривизны, в частности глобоидные поверхности, широко применяются для повышения показателей эффективности и снижения аэродинамического сопротивления объекта. Однако традиционные методы анализа аэродинамических характеристик таких поверхностей часто являются трудоемкими, требуют значительных временных и человеческих ресурсов. В связи с этим появилась потребность в разра-

ботке автоматизированных систем, способных выполнять высокоточную и эффективную оценку аэродинамических параметров с минимальным вмешательством оператора. В статье рассматривается система, позволяющая стандартизировать процесс определения ветровых нагрузок для форм, не регламентированных нормативными документами. Выполнено сравнение результатов расчета с данными ручного анализа по методике для цилиндрических сооружений.

Ключевые слова: глобоид, гиперboloид, ветровая нагрузка, автоматизированная система, аэродинамические коэффициенты, нормативные документы

Для цитирования: Хазов П.А., Шилов С.С., Молоснова Н.Д. Алгоритмизация расчета аэродинамических характеристик гиперboloидных поверхностей в сравнении с глобоидными // Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 98–112. DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-98-112.

Original article

ALGORITHMIC CALCULATION OF AERODYNAMIC PROPERTIES FOR HYPERBOLOID SURFACES COMPARED WITH GLOBOID

**Pavel Akekseevich Khazov¹,
Sergey Sergeevich Shilov²,
Natalia Dmitrievna Molosnova³**

¹Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny Novgorod, Russia,
khazov.nngasu@mail.ru

²ООО «Sroy-Snab», Nizhny Novgorod, Russia,
sergey.shilov.1997@mail.ru

³Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny Novgorod, Russia,
n.m.02@yandex.ru

Abstract. In modern engineering applications, the relevance of accurately determining the aerodynamic parameters of complex geometric shapes is of particular importance. Surfaces of double curvature, in particular globoid surfaces, are widely used to increase efficiency and reduce the aerodynamic drag of an object. However, traditional methods of analyzing the aerodynamic characteristics of such surfaces are often time-consuming and require significant time and human resources. In this regard, there is a need to develop automated systems capable of performing a highly accurate and efficient assessment of the aerodynamic parameters of globoid surfaces with minimal operator intervention. The article discusses the system that allows to standardize the process of determining wind loads for forms that are not regulated by regulatory documents. The calculation results are compared with the data of manual analysis using the method for cylindrical structures.

Keywords: globoid, hyperboloid, wind load, automated system, aerodynamic coefficients, regulatory documents

For citation: Khazov P.A., Shilov S.S., Molosnova N.D. Algorithmic Calculation of Aerodynamic Properties for Hyperboloid Surfaces Compared with Globoid. *Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2026; 29 (3-1): 98–112. (In Russ.). DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-98-112.

Введение

В современном строительстве и машиностроении все большее распространение получают объекты со сложными пространственными формами, характеризующимися двоякой кривизной [1, 2]. С аэродинамической точки зрения оптимальное формообразование позволяет существенно снизить ветровые нагрузки, повысить энергоэффективность и устойчивость конструкций. Однако традиционные методы анализа аэродинамических характеристик зачастую оказываются чрезмерно трудоемкими или недостаточно точными для применения на ранних этапах проектирования.

Определение ветровых нагрузок на гиперboloидные конструкции выполняется с помощью трудоемких CFD-расчетов (Computational Fluid Dynamics – метод численного моделирования, который позволяет изучать потоки жидкостей и газов,

а также связанные с ними физические процессы) или натурных экспериментов в аэродинамических трубах. Действующие нормативные документы, в частности СП 20.13330.2016 [3] и ГОСТ Р 56728-2015 [4], содержат рекомендации по определению аэродинамических коэффициентов для ограниченного набора типовых форм: цилиндрических, призматических и сферических.

Разработанная система автоматизированного расчета аэродинамических параметров [5] основана на исследовании обтекания глобоидных поверхностей, однако ее расширение на гиперболоидные формы представляет значительный научный и практический интерес, поскольку гиперболоид вращения при малой кривизне образующей геометрически близок к глобоиду.

Геометрическая параметризация глобоидных и гиперболоидных поверхностей

Глобоидная поверхность является разновидностью формы, полученной путем вращения эллиптического сечения или дуги окружности вокруг одной из осей и имеющей переменную отрицательную гауссову кривизну [6].

При проведении исследования в ходе разработки автоматизированной системы расчета аэродинамических параметров было рассмотрено два основных случая глобоидных поверхностей:

- 1) $R_1 = R_2 = R$ (рис. 1, а);
- 2) $R_1 \neq R_2$ (рис. 1, б).

В обоих случаях координаты точек поверхности задавались параметрически согласно следующей системе уравнений:

$$\begin{cases} x(z) = \left((R_d + r) - R_d \cos \left(\arcsin \left(\frac{z}{R_d} \right) \right) \right) \cdot \cos \beta, \\ y(z) = \left((R_d + r) - R_d \cos \left(\arcsin \left(\frac{z}{R_d} \right) \right) \right) \cdot \sin \beta, \end{cases} \quad (1)$$

где z – координата расположения точки на поверхности; R_d – радиус образующей дуги окружности; r – радиус горловины поверхности; β – центральный угол основания.

Образование замкнутой поверхности обеспечивается описанным по формуле (1) ограничением формы по высоте, которое будет различным в каждом случае:

- 1) $z \in \left[-\frac{H}{2}; \frac{H}{2} \right];$
- 2) $z \in [-H_T; (H - H_T)],$

где H – полная высота формы; H_T – высота расположения наиболее узкой части формы.

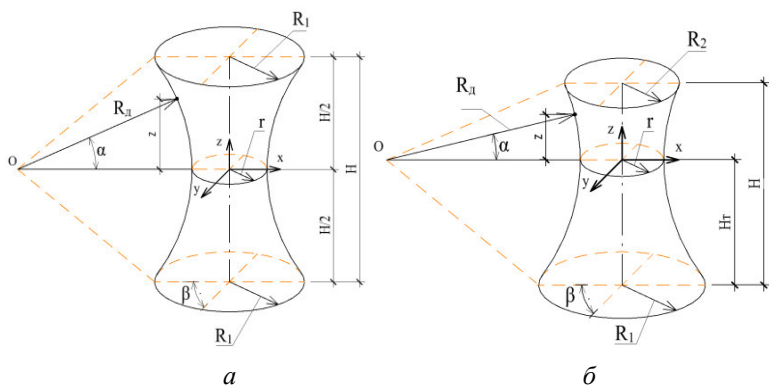


Рис. 1. Геометрическая интерпретация поверхности глобоида при равных (а) и различных (б) размерах оснований

Однополостный гиперболоид является единственной линейчатой поверхностью вращения отрицательной гауссовой кривизны.

Каноническое описание однополостного гиперболоида вращения симметричной формы выражено уравнением:

$$\frac{x^2 + y^2}{a^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1, \quad (2)$$

где a и c – соответственно действительная и мнимая полуось.

Образующей меридиональной линией однополостного гиперболоида является гипербола. Эта поверхность может быть образована также вращением вокруг оси симметрии формы скрещивающейся с ней прямой и является дважды линейчатой – через каждую точку проходят две прямые, лежащие полностью на гиперболоиде [6].

Меридиональные линии, исходящие из бесконечности, стремятся к экватору – наиболее узкой части формы, называемой горловой окружностью. При $z = 0$ радиус параллели экватора характеризуется как $r = a$.

Основываясь на исследовании геометрических законов построения гиперболоидных поверхностей, возможно применение параметрического представления такой формы.

1. По прямым образующим (рис. 2, а):

$$\begin{cases} x(u, v) = -a \cdot \sin u + av \cdot \cos u, \\ y(z) = a \cdot \cos u + av \cdot \sin u, \\ z = z(v) = cv, \end{cases}$$

где v ($u = \text{const}$) – координатные линии, совпадающие с однонаправленным семейством прямых линий; u – линии, являющиеся параллелями однополостного гиперболоида вращения.

2. По образующим гиперболам (рис. 2, б):

$$\begin{cases} x(\beta, \alpha) = a \cdot \text{ch } \alpha \cdot \cos \beta, \\ y(\beta, \alpha) = a \cdot \text{ch } \alpha \cdot \sin \beta, \\ z = c \cdot \text{ch } \alpha, \end{cases}$$

где α – линии, являющиеся параллелями однополостного гиперболоида вращения; β – описание меридиональных линий – образующих гипербол.

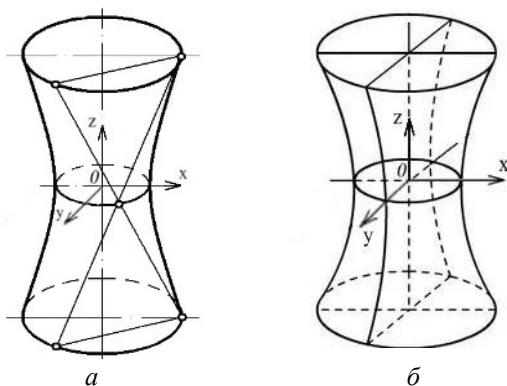


Рис. 2. Геометрическое описание поверхности однополостного гиперboloида вращения, образованного вращением прямой, являющейся скрещивающейся в оси симметрии формы (а), и вращением гиперболы вокруг оси z (б)

Параметрическая форма задания поверхности гиперboloида позволяет представить поверхность в виде сетки, разделяющей форму на одинаковые по высоте участки, в то время как неявная форма задания разбивает на равные участки образующую, что не совсем удобно. К тому же параметрическое моделирование упрощает изменение геометрии модели.

Формообразование и параметрическое моделирование глобoidных поверхностей является более простой задачей по сравнению с гиперboloидными [5]. Поверхности схожи по принципу параметризации, поскольку отличаются лишь параметром прогрессирующего изменения формы образующей. В случае, когда высота формы значительно превышает радиус горловины – при малой относительной кривизне, контуры образующих кривых практически совпадают, погрешность аппроксимации радиуса не превышает 3–5 %.

Таким образом, возможно допущение о сходимости результатов расчета аэродинамических характеристик с применением алгоритмов, разработанных для глобoidов, в том числе для гиперboloидных поверхностей с малой кривизной (рис. 3).

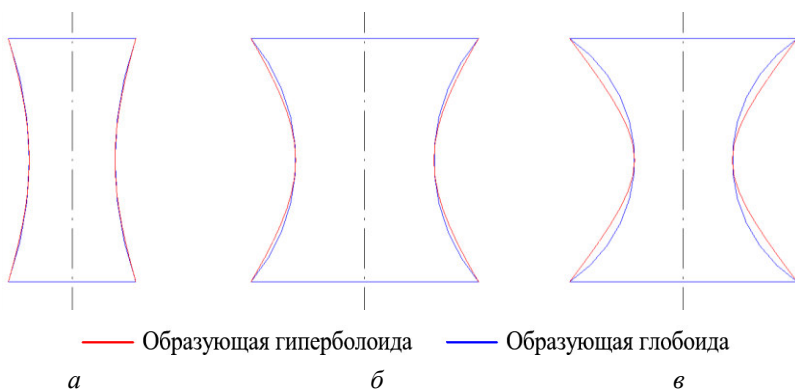


Рис. 3. Наложение форм гиперboloида и глобоида
при относительной кривизне:
 a – малой; $б$ – средней; $в$ – большой

Архитектура автоматизированной системы

Для построения алгоритмов автоматизированного расчета была проведена серия вычислительных экспериментов в программно-вычислительном комплексе (ПВК) Ansys CFX. Исследовано 28 цифровых моделей глобоидных поверхностей [5, 7], различающихся:

- радиусом горловины r при постоянных R и H ;
- радиусами оснований при постоянных r и H ;
- высотой H при постоянных R и r ;
- соотношением R_1/R_2 .

В результате анализа полученных полей давлений установлено, что все исследованные формы укладываются в три характерные картины распределения аэродинамических коэффициентов (рис. 4).

Распределение силы давления меняется в зависимости от высоты рассматриваемого сечения. Таким образом, исходя из осредненных количественных значений, вычисленных в результате исследования коэффициентов и характера их распределения по поверхности форм, каждая картина была разбита на характерные зоны от C (с максимальными значениями ветрового

давления) до B и A (с минимальными значениями давления в конкретном случае).

В ходе обработки результатов была создана аналитическая модель, аппроксимирующая результаты CFD-расчетов.

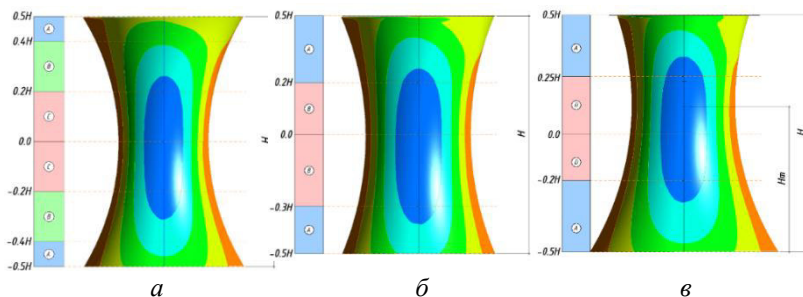


Рис. 4. Общий вид картин распределения
аэродинамических коэффициентов:

$a - R_1 = R_2$ ($k < 0,15$) (картина 1); $б - R_1 = R_2$ ($k \geq 0,15$) (картина 2);
 $в - R_1 \neq R_2$ (картина 3); k – коэффициент формы, введенный
для определения момента изменения картины распределения
аэродинамических коэффициентов

Рассматриваемая система построена по модульному принципу:

1. Модуль ввода данных – задание начальных геометрических параметров исследуемой формы (R_1 , R_2 , r и H), а также высоты сечения, для которого требуется расчет.

2. Вычислительный модуль – на основе введенных параметров определяется тип картины распределения, производится расчет миделева сечения для каждой зоны.

3. Модуль визуализации – распределение коэффициентов для фронтальной, боковой и подветренной зон отображается в виде цветowych карт с указанием матрицы значений на общем виде поверхности или в характерных сечениях.

4. Модуль экспорта данных – вывод и сохранение данных расчета в доступном формате.

Интерфейс системы оптимизирован для работы на различных разрешениях экранов и обеспечивает интерактивное мас-

штабирование для детального изучения распределения коэффициентов в любой точке модели (рис. 5).

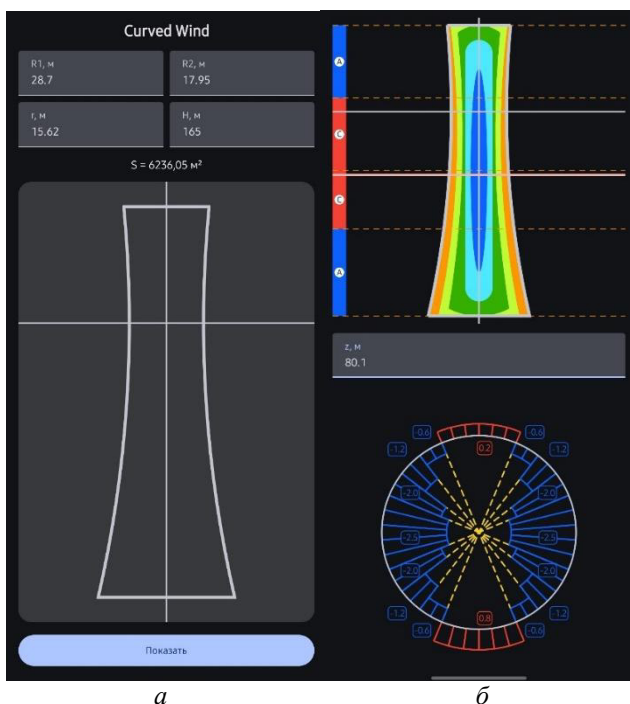


Рис. 5. Интерфейс системы автоматизированного расчета:
а – начальный экран; *б* – экран результатов

Сравнительная оценка эффективности и практическая значимость

Действующие строительные нормы содержат ряд методик определения аэродинамических коэффициентов для ограниченного перечня форм.

Например, для высоких цилиндрических сооружений в СП 20.13330.2016 [3] методика полностью основана на допущении о равномерном распределении давления по высоте и постоянстве коэффициента сопротивления. Применение такой ме-

тодики к гиперboloидным и глобоидным формам возможно, однако приводит к значительным погрешностям.

На ранних этапах проектирования рассматриваемого здания в форме гиперboloида вращения был выполнен ручной расчет по методике для цилиндрических сооружений по схеме В.15 (рис. 6) [3, п. В.1.12].

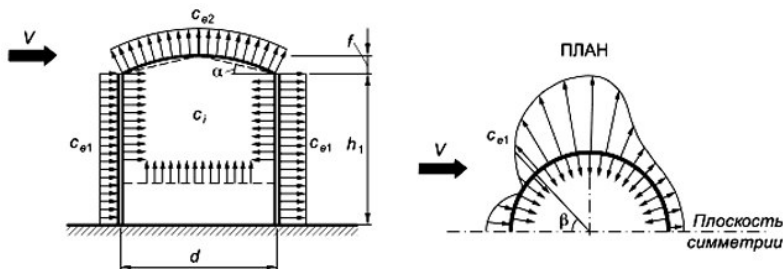


Рис. 6. Схема В.15 к определению ветровой нагрузки [3]

Здание является симметричным в плане по геометрии и расположению центров масс и жесткостей, поэтому расчет учитывал только два направления ветра – вдоль оси x и вдоль оси y .

Аэродинамический коэффициент внешнего давления c_{e1} определяется по формуле

$$c_{e1} = k_{\lambda 1} c_{\beta}. \quad (3)$$

Здесь:

- при $c_{\beta} > 0$ $k_{\lambda 1} = 1$;
- при $c_{\beta} < 0$ $k_{\lambda 1} = k_{\lambda}$.

Распределение коэффициентов по поверхности цилиндра в зависимости от числа Рейнольдса Re и угла точки относительно плоскости симметрии цилиндра β определяется согласно схеме В.16 (рис. 7) [3, п. В.1.12, табл. В.5].

В ходе расчета эквивалентной высоты z_e в табличной форме Excel было принято решение разбить здание на четыре равных усредненных цилиндра. Геометрия здания по высоте в расчетах коэффициента k_{λ} и относительного удлинения сооружения λ_e

(принимается $\lambda_e = 2\lambda$ [3, п. В.1.15, табл. В.10]) учитывается по усредненной характеристике ширины стороны здания вдоль ветра. Тем самым полученное распределение коэффициентов оказывается наиболее приближенным к описанному картиной 3 (см. рис. 4) с характерными размерами зон по высоте формы.

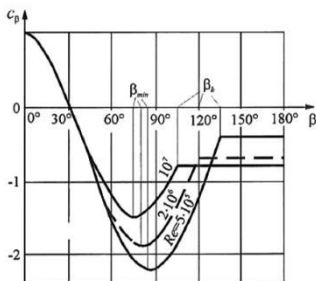


Рис. 7. Схема В.16 к определению ветровой нагрузки [3]

В дальнейшем был также произведен расчет формы в ПК Ansys CFX.

Сравнение демонстрирует существенные искажения результатов расчета, выполненного по нормативному подходу, по отношению к CFD-моделированию и упрощенному расчету в разработанной системе, чьи результаты достаточно схожи. Это подтверждает необходимость разработки специализированных инструментов, учитывающих реальную кривизну поверхности.

Заключение

Разработанная автоматизированная система определения аэродинамических параметров глобоидных поверхностей представляет собой эффективный инструмент для инженерного анализа на ранних этапах проектирования. Система позволяет стандартизировать процесс расчета ветровых нагрузок для форм, не регламентированных нормативными документами. Унифицированный подход основан на формализованной классификации картин обтекания и коэффициента формы. Это снижает влияние субъективного фактора, делает результаты более воспроизводимыми и обеспечивает сокращение времени, затрачиваемого на расчет любым из вышеуказанных методов.

Сравнение с нормативной методикой для цилиндрических сооружений подтвердило, что учет реальной кривизны поверхности дает более точные результаты, чем использование грубых аналогов.

Предложенная система является универсальным скоростным калькулятором и может служить для экспресс-оценки на этапе эскизного проектирования.

Текущая реализация системы сталкивается с рядом существенных ограничений, обусловленных методологическими особенностями выбранных моделей и техническими аспектами организации процессов обработки данных. Тем не менее автоматизация процесса расчета имеет значительный потенциал для дальнейшего совершенствования методов анализа и оптимизации конструкций, обладающих сложной пространственной формой.

Универсальность предложенного подхода заключается в возможности получения распределенной картины давлений для широкого круга форм без повторения трудоемкого цикла моделирования. Разработанная система предусматривает возможность извлечения конкретного значения аэродинамического коэффициента в заданной точке поверхности в явном и структурированном виде непосредственно по завершении расчета.

Список источников

1. Гринько Е.А. Классификация аналитических поверхностей применительно к параметрической архитектуре и машиностроению // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2018. Т. 19, № 4. С. 438–456. DOI 10.22363/2312-8143-2018-19-4-438-456.
2. Gołębski R., Boral P. Globoid surface shaped with turning and envelope method // MATEC Web of Conferences. January 2019. Vol. 254. P. 01008. DOI 10.1051/matecconf/201925401008.
3. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия: введ. 2017-06-04; изм. 1–6 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: сайт. <https://docs.cntd.ru/document/456044318> (дата обращения: 04.03.2026).

4. ГОСТ Р 56728-2015. Здания и сооружения. Методика определения ветровых нагрузок на ограждающие конструкции: введ. 2016-05-01: изм. 1 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: сайт. <https://docs.cntd.ru/document/1200127225> (дата обращения: 12.02.2026).
5. Хазов П.А., Шилов С.С., Молоснова Н.Д. Разработка системы автоматизированного определения аэродинамических параметров глобоидных поверхностей // Приволжский научный журнал. 2025. № 4. С. 329–340. <https://pnj.nngasu.ru/word/articles/4-2025/35.pdf> (дата обращения: 04.03.2026).
6. Кривошапко С.Н., Иванов В.Н., Халаби С.М. Аналитические поверхности: материалы по геометрии 500 поверхностей и информация к расчету на прочность тонких оболочек: учеб. пособие. Москва: Наука, 2006. 536 с.
7. Сатанов А.А. Физическое и численное моделирование аэродинамики большепролетной конструкции при различных направлениях ветрового потока // Строительная механика и конструкции. 2023. № 2 (37). С. 87–97. DOI 10.36622/VSTU.2023.37.2.009.

References

1. Grinko E.A. Classification of Analytical Surfaces As Applied to Parametrical Architecture and Machine Building. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Inzhenernye issledovaniya = RUDN Journal of Engineering Researches*. 2018; 19 (4): 438–456. (In Russ.). DOI 10.22363/2312-8143-2018-19-4-438-456.
2. Golebski R., Boral P. Globoid Surface Shaped with Turning and Envelope Method. *MATEC Web of Conferences*. 2019; 254: 01008. DOI 10.1051/mateconf/201925401008.
3. Code of Practice 20.13330.2016. Loads and Actions: introduced 2017-06-04: changes 1–6. *Electronic fund of legal and regulatory documents: website*. <https://docs.cntd.ru/document/456044318> (Accessed: 04.03.2026). (In Russ.).
4. State Standard 56728-2015. Buildings and Constructions. Method for Determining Wind Loads on the Building Envelope: in-

roduction 2016-05-01. *Electronic fund of legal and regulatory documents: website*. <https://docs.cntd.ru/document/1200127225> (Accessed: 12.02.2026). (In Russ.).

5. Khazov P.A., Shilov S.S., Molosnova N.D. Development of a System for Automatic Determination of the Aerodynamic Properties of Globoid Surfaces. *Privolzhsky nauchnyj zhurnal = Privolzhsky Scientific Journal*. 2025; (4): 329–340. <https://pnj.nngasu.ru/word/articles/4-2025/35.pdf> (Accessed: 04.03.2026). (In Russ.).
6. Krivoshapko S.N., Ivanov V.N., Khalabi S.M. Analytical Surfaces: Materials on the Geometry of 500 Surfaces and Information for Calculating the Strength of Thin Shells. Textbook. Moscow: Nauka, 2006. 536 p. (In Russ.).
7. Satanov A.A. Physical and Numerical Simulation of the Aerodynamics of a Large-Spanne Structure under Different Directions of Wind Flow. *Stroitel'naya mekhanika i konstruksii = Structural mechanics and structures*. 2023; (2): 87–97. (In Russ.). DOI 10.36622/VSTU.2023.37.2.009.

Информация об авторах

П.А. Хазов – д-р техн. наук, доцент
С.С. Шилов – инженер-конструктор
Н.Д. Молоснова – студент

Information about the authors

P.A. Khazov – Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor
S.S. Shilov – Design Engineer
N.D. Molosnova – Student

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию	26.03.2026	The article was submitted	26.03.2026
Одобрена после рецензирования	22.04.2026	Approved after reviewing	22.04.2026
Принята к публикации	19.05.2026	Accepted for publication	19.05.2026

Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University
of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 113–123.
ISSN 1815-5987

Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University
of Architecture and Civil Engineering. 2026; 29 (3-1): 113–123.
ISSN 1815-5987

Научная статья

УДК 693.5

DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-113-123

МЕТОД БЕТОНИРОВАНИЯ ВЫСОКИХ СТЕН СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНВЕНТАРНЫХ БЕТОНОЛИТНЫХ ТРУБ

**Мария Николаевна Шадрина¹,
Денис Владимирович Черныш²**

¹Новосибирский государственный архитектурно-строительный
университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия,
shadrina@sibstrin.ru

²Новосибирский государственный архитектурно-строительный
университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия,
d.chernysh@sibstrin.ru

Аннотация. На основе технологического регламента, результатов макетирования и рабочего наблюдения за возведением стены накопителя ЦКП «СКИФ» сформирован порядок выполнения работ, приведены организационные и технико-технологические преимущества метода бетонирования монолитных стен высотой около 6,5 м и толщиной 200 мм сложной конфигурации с развитой системой пересечений и проемов. При данном методе бетонная смесь подается в опалубку через инвентарные бетонолитные трубы и быстросъемные распределительные воронки. Показано, что при традиционной схеме «кран + бадья» для таких конструкций не обеспечивается нормативное ограничение высоты свободного падения смеси, что повышает риск

расслоения и образования дефектного бетона. Использование только автобетононасоса также не всегда обеспечивает подачу смеси в нижние зоны захватки из-за ограничений по геометрии гибкого хобота и высокой плотности армирования. Выполнен сравнительный анализ длительности и трудозатрат при разных устройства несущих конструкций. Установлено, что переход от поярусного метода к бетонированию на всю высоту одной захватки позволяет сократить число производственных циклов в три раза, а совокупное подготовительно-пусковое время – примерно на 66,7 %.

Ключевые слова: монолитные стены, бетонолитная труба, распределительная воронка, автобетононасос, бетонирование на всю высоту, трудозатраты, технологический цикл

Для цитирования: Шадрина М.Н., Черныш Д.В. Метод бетонирования высоких стен сложной конфигурации с использованием инвентарных бетонолитных труб // Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 113–123. DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-113-123.

Original article

METHOD FOR CONCRETING HIGH WALLS WITH COMPLEX CONFIGURATION USING REUSABLE CONCRETE PLACING PIPES

**Maria Nikolaevna Shadrina¹,
Denis Vladimirovich Chernysh²**

¹Novosibirsk State University of Architecture and Civil
Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia,
shadrina@sibstrin.ru

²Novosibirsk State University of Architecture and Civil
Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia,
d.chernysh@sibstrin.ru

Abstract. Based on the technological regulations, the results of mock-up and operational supervision of the construction of the SKIF storage unit wall, the work procedure was formed, the organizational and technical and

114

technological advantages of the method of concreting monolithic walls with a height of about 6,5 m and a thickness of 200 mm of complex configuration with a developed system of intersections and openings are given. With this method, the concrete mix is fed into the formwork through inventory concrete pipes and quick-release distribution funnels. It is shown that the conventional crane-and-bucket method does not provide the permissible free-fall height of the concrete mix for such structures and therefore increases the risk of segregation and defective concrete. The use of a truck-mounted concrete pump alone is also not always sufficient because the flexible hose cannot always be lowered to the required level inside the formwork due to geometric constraints and dense reinforcement. A comparative analysis of the duration and labor costs for different devices of load-bearing structures has been performed. The transition from tier-by-tier concreting to concreting one lift to the full wall height reduces the number of production cycles threefold and decreases the cumulative preparatory and admission time by about 66,7 %.

Keywords: monolithic walls, concrete placing pipe, feed funnel, concrete pump, full-height concreting, labor input, production cycle

For citation: Shadrina M.N., Chernysh D.V. Method for Concreting High Walls with Complex Configuration Using Reusable Concrete Placing Pipes. *Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2026; 29 (3-1): 113–123. (In Russ.). DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-113-123.

Введение

Возведение монолитных стен сложной конфигурации высотой порядка 6 м относится к технологически чувствительным видам бетонных работ. Исследование основано на опытных работах на объекте строительства ЦКП «СКИФ». Для стен накопителя ЦКП «СКИФ» характерны следующие параметры: высота 6,45–6,47 м, базовая толщина 200 мм и суммарный объем бетона 3471,67 м³. Технологическим регламентом предусмотрены два принципиальных варианта производства работ: бетонирование поярусное и на всю высоту захватки с использованием бетонолитных труб (БЛТ). Эффективность и целесообразность второго варианта были дополнительно подтверждены макетированием и натурным бетонированием опытной захватки.

Постановка проблемы. Подача бетона по схеме «кран + бадья» при возведении высоких тонкостенных конструкций приводит к превышению нормативной высоты свободного падения бетонной смеси [1]. Результатом может стать расслоение смеси, снижение ее однородности и образование деструктивного бетона в нижних зонах конструкции. Использование автобетононасоса (АБН) без специальных устройств существенно ограничивает его возможности: гибкий хобот не всегда удастся опустить в опалубку на расчетную глубину из-за малой толщины стены, развитого армирования, а также наличия пересечений и проемов. В связи с этим возникает необходимость в промежуточном техническом решении, обеспечивающем направленную подачу смеси вниз по высоте каркаса без превышения нормативной высоты сбрасывания.

Цель исследования – обоснование технологической эффективности бетонирования стен сложной конфигурации на всю высоту захватки с помощью инвентарных бетонолитных труб.

Задачи:

- 1) описать регламент работ;
- 2) провести сравнительный анализ метода бетонирования стен сложной конфигурации на всю высоту захватки с помощью инвентарных бетонолитных труб и поярусного бетонирования по организационным, временным и трудовым показателям.

Основная часть

Технологическая схема

Для подачи смеси в тонкостенные конструкции предложено использовать вертикально расположенные бетонолитные трубы диаметром 100 мм с быстросъемными воронками. По результатам макетирования рекомендована установка труб группами длиной 5,0; 3,5 и 2,0 м. Это позволяет сформировать три нижних яруса бетонирования по 1,5 м и верхний ярус 2,0 м. Шаг между группами труб принимается 5–6 м, а подача смеси выполняется слоями по 0,5 м с обязательным виброуплотнением. Для контроля процесса заполнения заопалубочного пространства в боковой поверхности опалубки предусматриваются смотровые

проемы размером не менее 300×500 мм. Их располагают с шагом по высоте 1,5 м и по длине около 3 м.

Регламент работ

1. Приемка захватки, проверка монтажа опалубки, арматурного каркаса, закладных деталей и фиксаторов защитного слоя.

2. Установка бетонолитных труб и воронок в проектные точки подачи бетонной смеси.

3. Подготовка АБН, разметка гибкого бетоновода по высоте, а также организация движения автобетоносмесителя (АБС).

4. Входной контроль качества бетонной смеси, т.е. проверка ее подвижности, температуры и однородности.

5. Подача смеси в воронки (рис. 1) и далее по бетонолитным трубам в нижнюю зону захватки.

6. Укладка бетонной смеси слоями толщиной 0,5 м с переходом между точками подачи так, чтобы время перекрытия слоев не превышало 2 ч.

7. Уплотнение смеси глубинными вибраторами. В приопалубочной зоне нижней части конструкции применяются пристенные вибраторы либо простукивание опалубки перфоратором с бучардой.

8. По мере подъема уровня бетона – перестановка воронок, извлечение или укорачивание бетонолитных труб.

9. Подача смеси в верхний ярус конструкции через воронки без использования трубы.

10. Очистка оборудования и выполнение мероприятий по уходу за бетоном.

Результаты натурного внедрения

При бетонировании опытной стены в осях «7–8/В» (рис. 2) фактический объем бетона в захватке составил 32 м³. Бетонолитные трубы с распределительными воронками были установлены с шагом 3–6 м. Начало бетонирования зафиксировано в 15:10, окончание – в 20:05; фактическая интенсивность укладки составила 6,4 м³/ч. Признаков расслоения смеси не наблюдалось. Перемещение воронки между трубами занимало считан-

ные секунды и требовало участия одного-двух рабочих, что подтверждает технологическую реализуемость рассмотренной схемы.



Рис. 1. Подающая воронка



Рис. 2. Опытная стена

Сравнительный анализ

Сопоставление проектной и сметной документации показывает, что при переходе от поярусного метода бетонирования к бетонированию на всю высоту захватки число отдельных циклов подачи и приемки сокращается со 120 до 40 для всего объекта, т.е. в три раза. Для одной захватки это означает сокращение числа технологических бетонных операций с трех до одной.

С учетом предварительного контроля готовности захватки за 1,5 ч до начала бетонирования ориентировочное подготовительно-допусковое время на одну захватку сокращается с 4,5 до 1,5 ч, для объекта из 40 захваток – со 180 до 60 ч.

Таким образом, календарный резерв времени только по этой группе операций составляет около 120 ч, или 66,7 %. Дополнительный резерв времени формируется за счет исключения двух горизонтальных рабочих швов на каждой захватке, снижения объемов подготовительных работ и сокращения числа перестановок технологической оснастки.

Сравнение количества организационных циклов и оценка подготовительно-допускового времени приведены на рис. 3, 4. Основные показатели способов бетонирования сведены в таблицу.

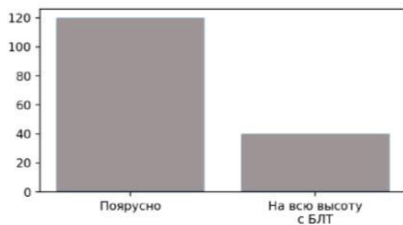


Рис. 3. Количество организационных циклов бетонирования для всего объекта

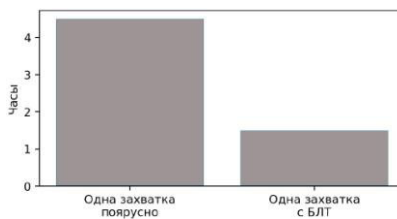


Рис. 4. Подготовительно-допусковое время на одну захватку

Основные технико-экономические показатели способов бетонирования

Показатель	Поярусно	На всю высоту с БЛТ	Комментарий
Количество бетонных циклов на объект	120	40	Сокращение в 3 раза
Подготовительно-допусковое время на одну захватку, ч	4,5	1,5	Оценка по фактическому допуску за 1,5 ч
Подготовительно-допусковое время на объект, ч	180	60	Резерв около 120 ч, или 66,7 %
Горизонтальные рабочие швы на одну захватку	2	0	Снижение объема последующей подготовки
Необходимое количество АБС	4	4–7	Зависит от принятой интенсивности и загрузки барабана

Оценка трудозатрат

Согласно сметным нормативам [2] для возведения железобетонных стен толщиной 200 мм предусмотрены следующие нормы:

- 06-06-002-08 (при высоте до 6 м) – 1440 чел.-ч на 100 м³;
- 06-06-002-13 (при высоте более 6 м) – 1430 чел.-ч на 100 м³.

Исходя из общего проектного объема работ, составляющего 3471,67 м³, базовые трудозатраты на возведение стен составляют порядка 49,6–50,0 тыс. чел.-ч. Указанные нормативы включают комплекс мероприятий – устройство опалубки, установку арматуры, укладку бетона и уход за ним, однако не учитывают применения бетонолитных труб. По этой причине для метода укладки бетона с БЛТ нормативы корректируются на основе операционного расчета.

Дополнительные трудозатраты звена из четырех рабочих на установку, перестановку и демонтаж оборудования (по 3 ч на каждую из 40 захваток) составляют около 480 чел.-ч, или примерно 0,96 % от базовых трудозатрат. Следовательно, метод укладки бетона с применением БЛТ практически не увеличивает общей трудоемкости работ, но обеспечивает при этом существенные преимущества в календарной организации процесса. Соотношение базовых трудозатрат и дополнительных (на операции с применением БЛТ) показано на рис. 5.

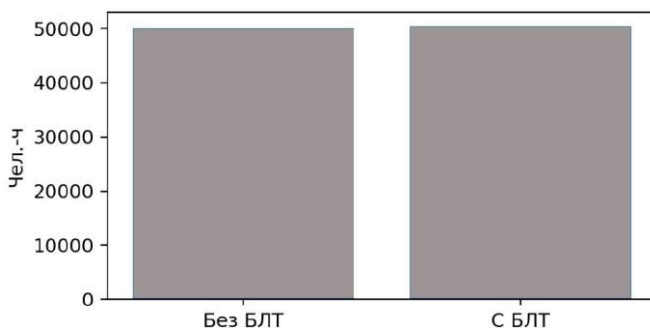


Рис. 5. Трудозатраты по объекту:

базовые и дополнительные, на операции с бетонолитными трубами

Обсуждение

Результаты исследования показывают, что применение инвентарных БЛТ целесообразно не столько для повышения мгновенной интенсивности бетонирования, сколько для обеспечения высокого качества смеси в нижних зонах высоких тонкостенных конструкций и снижения организационной дискретности процесса. Данная технология особенно эффективна при возведении стен с насыщенным армированием, узкой полостью опалубки и многочисленными пересечениями и технологическими проемами [3, 4].

Ограничениями применения технологии являются необходимость предварительной разработки схемы расстановки труб, устройства смотровых окон, использования вибраторов с удлиненными шлангами, а также повышенные требования к дисциплине звена при перестановке воронок и контроль скорости подъема бетонной смеси.

Выводы

1. При возведении стен высотой около 6,5 м и толщиной 200 мм сложной конфигурации применение схемы «кран + бадья» приводит к превышению допустимой высоты свободного падения бетонной смеси. В то же время использование только автобетононасоса не всегда обеспечивает подачу смеси в требуемую зону опалубки.

2. Использование инвентарных бетонолитных труб с быстросъемными воронками позволяет направленно подавать смесь вниз по армокаркасу, снижает риск ее расслоения и гарантирует соблюдение технологических норм по высоте сбрасывания бетонной смеси.

3. Переход от поярусного метода бетонирования к бетонированию на всю высоту захватки позволяет в три раза сократить число производственных циклов и примерно на 66,7 % – подготовительно-пусковое время как на одну захватку, так и по объему в целом.

4. При базовой трудоемкости работ около 50 тыс. чел.-ч (согласно [2]) дополнительные затраты на эксплуатацию БЛТ составляют менее 1 %, что подтверждает рациональность метода.

Список источников

1. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная ред. СНиП 3.03.01-87: введ. 2013-07-01: изм. 1, 3–7 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: сайт. <https://docs.cntd.ru/document/1200097510> (дата обращения: 03.03.2026).
2. ГЭСН 81-02-06-2020. Сборник 6. Бетонные и железобетонные конструкции монолитные: приложение № 6 к приказу Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 26.12.2019 № 871/пр // Региональный центр ценообразования в строительстве: сайт. <https://rccs.ru/files/gesn2020/00/ГЭСН06.pdf> (дата обращения: 03.03.2026).
3. Фаликман В.Р., Степанова В.Ф., Чехний Г.В. Бетоны и технологии для строительства зданий и сооружений в Арктической зоне // Промышленное и гражданское строительство. 2021. № 2. С. 17–24. DOI 10.33622/0869-7019.2021.02.17-23.
4. Комаринский М.В., Онисковец Р.В., Остаркова О.А. Бетонирование густоармированных конструкций литыми смесями // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. № 2 (53). С. 29–41. DOI 10.18720/CUBS.53.2.

References

1. Code of Practice 70.13330.2012. Load-bearing and separating constructions. Updated version of Construction Norms and Rules 3.03.01-87: introduction 2013-07-01: changes 1, 3–7. *Electronic fund of legal and regulatory documents: website.* (Accessed: 03.03.2026). (In Russ.).
2. State Elemental Estimate Regulations for Construction and Special Construction Works 81-02-06-2020. Collection 6. Monolithic Concrete and Reinforced Concrete Structures: Appendix No. 6 to the Order of the Ministry of Construction, Housing and Utilities of the Russian Federation dated December 26, 2019 No. 871/pr. *Regional Centre for Construction Cost management: website.* <https://rccs.ru/files/gesn2020/00/ГЭСН06.pdf> (Accessed: 03.03.2026). (In Russ.).
3. Falikman V.R., Stepanova V.F., Chekhniy G.V. Advanced Concrete and Technologies for Construction of Buildings and Facili-

ties in the Arctic Zone. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* = *Industrial and Civil Engineering*. 2021; (2): 17–24. (In Russ.). DOI 10.33622/0869-7019.2021.02.17-23.

4. Komarinskiy M.V., Oniskovets R.V., Ostarkova O.A. Strongly Reinforced Concreting Design of Cast Concrete Alloy Mixtures. *Stroitel'stvo unikal'ny'x zdaniy i sooruzhenij* = *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2017; (2): 29–41. (In Russ.). DOI 10.18720/CUBS.53.2.

Информация об авторах

М.Н. Шадрина – канд. техн. наук, доцент кафедры технологии и организации строительства

Д.В. Черныш – студент

Information about the authors

M.N. Shadrina – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Technology and Organization of Construction

D.V. Chernysh – Student

Вклад авторов: авторы выполнили подготовку текста, анализ исходных материалов и сравнительную оценку технологических решений: Д.В. Черныш – 80 %, М.Н. Шадрина – 20 %. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors prepared the text, analyzed the source materials, and performed a comparative assessment of technological solutions: D.V. Chernysh – 80 %, M.N. Shadrina – 20 %. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию	12.03.2026	The article was submitted	12.03.2026
Одобрена после рецензирования	12.05.2026	Approved after reviewing	12.05.2026
Принята к публикации	19.05.2026	Accepted for publication	19.05.2026

АРХИТЕКТУРА

ARCHITECTURE

Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 124–138. ISSN 1815-5987

Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026; 29 (3-1): 124–138. ISSN 1815-5987

Научная статья

УДК 72.012

DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-124-138

ПРОЕКТ КОМПЛЕКСНОГО РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТЕРРИТОРИИ НГАСУ (СИБСТРИН) НА ПРИМЕРЕ МЕМОРИАЛЬНОЙ ЗОНЫ «АЛЛЕЯ ПАМЯТИ»

**Ирина Александровна Катайцева¹,
Елена Анатольевна Сысоева²**

¹Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия,
irakatajceva@gmail.com

²Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия,
sea-net@mail.ru

Аннотация. В статье представлен проект комплексного развития информационной инфраструктуры территории университетского кампуса НГАСУ (Сибстрин) на основе раскрытия концепции «Ритм университетской жизни». Выделены пять функциональных зон преобразования территории кампуса: входная, мемориальная, рекреационная, неформального общения и спортивная. Особое внимание уделено де-

тальной проработке мемориальной зоны «Аллея памяти» (концептуальное название «Сад времен») с применением сценарно-функционального метода проектирования. Выбор этой зоны обусловлен ее особым значением: именно здесь расположен памятник воинам-сибирякам – героям Великой Отечественной войны 1941–1945 годов, возведенный в 1975 году. В рамках концепции планируется установка нового арт-объекта, посвященного выпускникам-строителям – участникам специальной военной операции. Описана колористическая схема на базе аналоговой триады, разработаны уникальные проектные решения малых архитектурных форм, обоснован выбор материалов с учетом сибирского климата.

Ключевые слова: комплексное развитие территории, университетский кампус, мемориальная зона «Аллея памяти», сценарно-функциональный метод, благоустройство, информационная инфраструктура, НГАСУ (Сибстрин)

Благодарности: авторы выражают благодарность Татьяне Александровне Корогодиной, доценту кафедры дизайна и искусства, члену Союза дизайнеров России, за поддержку при выполнении исследования.

Для цитирования: Катайцева И.А., Сысоева Е.А. Проект комплексного развития информационной инфраструктуры территории НГАСУ (Сибстрин) на примере мемориальной зоны «Аллея памяти» // Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 124–138. DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-124-138.

Original article

INTEGRATED DEVELOPMENT PROJECT OF THE INFORMATION INFRASTRUCTURE OF THE NSUACE (SIBSTRIN) TERRITORY ON THE EXAMPLE OF THE MEMORIAL ZONE “MEMORY ALLEY”

**Irina Aleksandrovna Kataitseva¹,
Elena Anatolyevna Sysoeva²**

¹Novosibirsk State University of Architecture and Civil
Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia,
irakatajceva@gmail.com

²Novosibirsk State University of Architecture and Civil
Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia,
sea-net@mail.ru

Abstract. The article presents a project for the comprehensive development of the information infrastructure of the NSUACE (Sibstrin) university campus territory based on the concept of “Rhythm of University Life”. Five functional zones of campus territory transformation are identified: entrance, memorial, recreational, informal communication zone, and sports. Special attention is paid to the detailed elaboration of the memorial zone “Memory Alley” (conceptual name “Garden of Times”) with the use of the scenario-functional design method. The choice of this area is due to its special significance: it is here that the monument to the Sibstrin soldiers, heroes of the Great Patriotic War of 1941–1945, was erected in 1975. The concept includes the installation of a new art object dedicated to construction graduates and participants in the special military operation. The color scheme is based on an analog triad, and unique design solutions for small architectural forms have been developed. The choice of materials is justified.

Keywords: integrated territory development, university campus, memorial zone “Memory Alley”, scenario-functional method, landscaping, information infrastructure, NSUACE (Sibstrin)

Acknowledgments: the authors would like to express their gratitude to Tatiana Aleksandrovna Korogodina, associate professor of the Design and Art Department, and a member of the Russian Union of Designers, for her support in conducting this research.

For citation: Kataitseva I.A., Sysoeva E.A. Integrated Development Project of the Information Infrastructure of the NSUACE (Sibstrin) Territory on the Example of the Memorial Zone “Memory Alley”. *Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2026; 29 (3-1): 124–138. (In Russ.). DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-124-138.

Введение

Комплексное развитие университетских кампусов приобретает все большую актуальность в связи с ростом конкуренции

среди вузов и повышением требований к качеству образовательной среды.

Университетский кампус – не просто место, где проходят учебные занятия. Это среда, которая воспитывает, вдохновляет и формирует чувство принадлежности к профессиональному сообществу. Для студентов архитектурно-строительного университета территория кампуса может стать наглядным пособием, демонстрирующим современные подходы к проектированию городской среды.

Студенты и абитуриенты выбирают не только программы обучения, но и пространство, где им предстоит проводить несколько лет жизни. В связи с этим важно, чтобы инфраструктура и благоустройство кампуса служили образцом современного, продуманного и эстетически выразительного дизайна.

Кроме того, создание мемориальных зон решает важную воспитательную задачу: сохраняет историческую память, связь поколений, формирует у студентов чувство гордости за свой вуз и его выпускников. Особую значимость этой теме придает появление нового арт-объекта, посвященного выпускникам-строителям – участникам специальной военной операции (СВО). Общая площадь территории кампуса Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин) (НГАСУ (Сибстрин)) составляет 17 га, площадь мемориальной зоны «Аллея памяти» – 0,34 га.

Цель исследования – показать, как общая концепция комплексного развития территории университета конкретизируется при проектировании мемориальной зоны «Аллея памяти» с использованием сценарно-функционального метода, и продемонстрировать, что создание комфортной, функциональной и эмоционально насыщенной среды возможно только при последовательном переходе от стратегии к детальной проработке каждого элемента.

Задачи:

1. Обосновать выбор мемориальной зоны «Аллея памяти» как ключевого фрагмента для детальной разработки в рамках комплексного развития территории НГАСУ (Сибстрин) и рас-

крыть ее идейно-тематическое содержание на основе концепции размещения двух памятников.

2. Рассмотреть сценарно-функциональный метод как инструмент проектирования и выявить основные сценарии поведения посетителей в мемориальной зоне.

3. Проанализировать роль цветовой гаммы и выбора материалов в создании атмосферы пространства и передаче заложенных смыслов.

4. Представить проектное решение малых архитектурных форм и обосновать их функциональное и символическое значение.

5. Показать, как нормативные требования учитываются при разбивке плана и разработке конструктивных решений.

Основная часть

Комплексный подход к развитию территории: выделение функциональных зон

Термин «комплексное развитие» означает, что все элементы территории рассматриваются как единая система. Каждая из пяти зон решает свои задачи, но вместе они формируют целостную среду, где информационная инфраструктура работает на нескольких уровнях: навигационном, историческом, эмоциональном и социальном (рис. 1).

1. Входная зона «Первая точка. Приветствие». Входная зона – это лицо университета. Анализ показал, что четыре входные группы не имеют выразительных архитектурных элементов, отсутствует четкая навигация, нет сведений об истории вуза. Проектное решение подразумевает установку стилизованной арки с названием университета и логотипом, информационной стелы «Наследие Сибстрина» с ключевыми датами истории, а также предполагает парадное ландшафтное оформление. Информация здесь передается через архитектурную форму, текст и визуальный код (фирменные цвета и шрифты) [1]. Для обеспечения доступности среды предусмотрены тактильные элементы навигации для слабовидящих [2].

2. Мемориальная зона «Сад времен» («Аллея памяти») – центральная зона проекта, где расположен существующий памятник воинам-сибстриновцам – героям Великой Отечественной войны 1941–1945 годов, возведенный в 1975 году, и планируется установка нового арт-объекта, посвященного выпускникам-участникам СВО. Пространство организуется как диалог зрителя с двумя памятниками – старый (классический) и новый (современный) вступают в смысловое взаимодействие между собой и со зрителем. Информационная нагрузка здесь огромна: память о войне, связь поколений, профессиональная гордость. Дополнительно также предусмотрены тактильные элементы для слабовидящих, QR-коды с историями выпускников и аллея с именными деревьями [2].

3. Зона «Туманные диалоги». Вместо неорганизованных мест для курения у входов концепция предлагает легализацию и эстетизацию этих пространств. Зона представляет собой оборудованные места для курения, трансформированные в комфортные пространства для неформального общения [3]. Проект включает дизайнерские урны, скамьи с навесами, систему «сухой туман», создающую особую атмосферу и очищающую воздух.

4. Рекреационная зона «Равновесие». Для восстановления сил студентов создается пространство на принципах природного дизайна – контакт с элементами природы улучшает психологическое состояние. Проект предполагает разноуровневое озеленение и малые водные элементы. Информация передается через сенсорный опыт – природные материалы, звуки воды, тени деревьев «сообщают» нервной системе о необходимости расслабления.

5. Спортивная зона «Жизнь в движении». Спортивная инфраструктура полностью обновляется. Создается многофункциональное спортивное поле с безопасным покрытием, обустраиваются зоны для воркаута, стритбола, панна-футбола,

устанавливается система освещения для вечерних тренировок [4]. Информация передается через цветное кодирование разных видов спорта на покрытии, стенды с QR-кодами, открывающими обучающие видеоролики с тренировками.

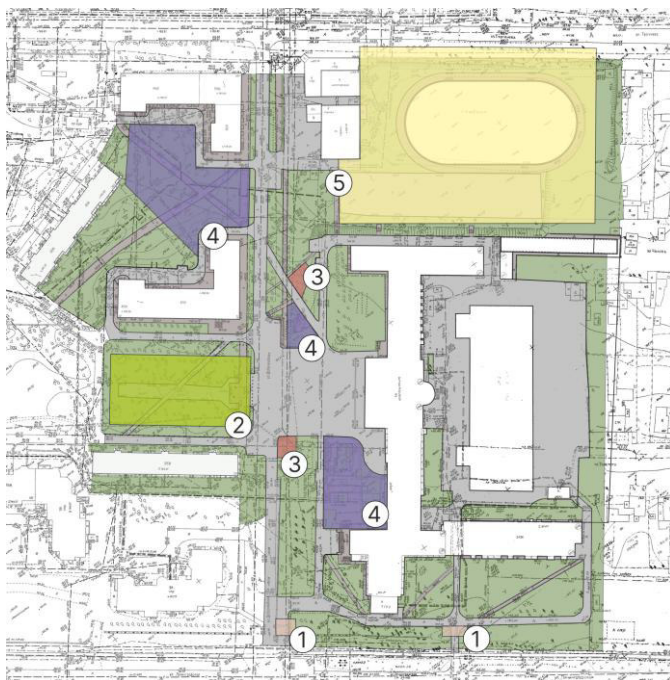


Рис. 1. Функциональное зонирование кампуса НГАСУ (Сибстрин):

- ① — входная зона «Первая точка. Приветствие»;
- ② — мемориальная зона «Сад времен» («Аллея памяти»);
- ③ — зона «Туманные диалоги»; ④ — рекреационная зона «Равновесие»; ⑤ — спортивная зона «Жизнь в движении»

Пять зон существуют не изолированно – они связаны системой навигации (пилоны, указатели, карты), выполненной в едином дизайн-коде с использованием фирменных цветов и шрифтов университета. Все зоны объединены концепцией «Ритм университетской жизни». Маршрут по кампусу выстраи-

вается как повествование: от торжественного «Приветствия» через размышление в «Саду времен» и мимолетные «Диалоги» к обретению «Равновесия» и динамичной «Жизни в движении». Таким образом, комплексное развитие информационной инфраструктуры означает, что каждый элемент работает на создание целостного, узнаваемого и эмоционально насыщенного образа университета [1].

***Детальная проработка мемориальной зоны
«Аллея памяти» (концептуальное название
«Сад времен»)***

В структуре дизайн-проектирования разработка концепции (рис. 2) выступает в роли системообразующего этапа, который конвертирует аналитические данные и первичные интуитивные идеи в конкретные проектные параметры [5].

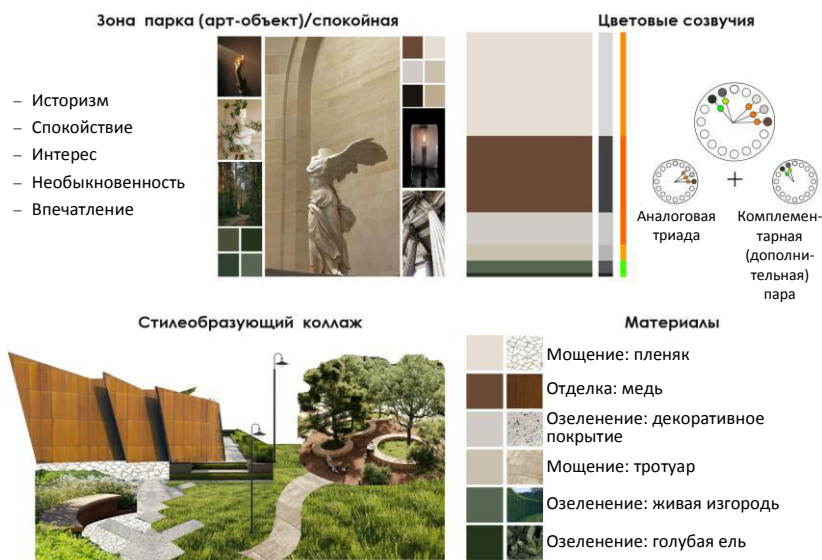


Рис. 2. Концепция мемориальной зоны
«Сад времен» («Аллея памяти»)

*Концепция организации территории
с двумя памятниками*

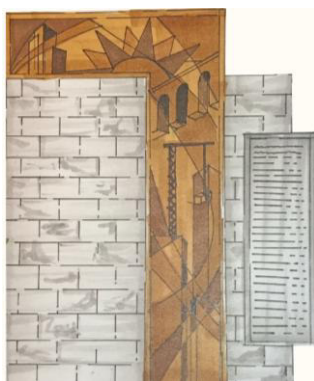
Как уже упоминалось, центральной идеей концепции становится пространство диалога зрителя с двумя памятниками (их смысловое взаимодействие между собой и со зрителем). Исторический памятник, установленный в 1975 году, выполнен в монументальном стиле, из серого камня с частичным покрытием поверхности красной эмалью. Он символизирует неизбежность памяти, героическое прошлое – победу в Великой Отечественной войне 1941–1945 годов. В проектом решении вокруг памятника увеличивается свободное пространство, расширяется проход в глубину аллеи, предлагается отделка поверхности гранитом. Новый арт-объект посвящен выпускникам-участникам СВО и представляет собой композицию из трех блоков: два крайних – из белого мрамора – символ вечности; центральный – из меди – символ единения и сохранения памятной информации (см. таблицу и рис. 3). Расположение мемориальных объектов уравнивает композицию аллеи и задает новое звучание всей парковой территории.

Сравнительная характеристика объектов мемориальной зоны
«Сад времен» («Аллея памяти») в рамках концепции

Элемент	Существующий памятник	Новый арт-объект
Посвящение	Воинам-сибстриновцам – участникам Великой Отечественной войны	Выпускникам-участникам СВО
Роль в композиции	Историческая доминанта, символ неизбежности	Современный акцент, метафора связи поколений
Основные материалы	Серый камень (гранит/бетон), красная эмаль	Мрамор, медь
Цветовое решение	Серый, красный (CHARMANNT NC33-0699 «Вино барбареско»)	Белый мрамор, медь (LINNI MAX 3D-SYSTEM PLUS Gutcuma45)



a



б

Рис. 3. Существующий памятник, посвященный героям-сибстриновцам – участникам Великой Отечественной войны (фото и электронная модель с новой планировкой вокруг) (*a*). Новый арт-объект, посвященный героям-сибстриновцам – участникам СВО (электронная модель и эскиз) (*б*)

Сценарно-функциональный метод проектирования

Для мемориальной зоны «Сад времен» («Аллея памяти») выявлены три сценария (рис. 4):

- *Памятный* – торжественное возложение цветов у памятника героям Великой Отечественной войны 1941–1945 годов. Решение – вечный огонь на парадной площади со строгим мощением и рядами стриженного кизильника на фоне вековых елей.

- *Уединенный* – обеспечение приватности у нового арт-объекта. Решение – камерное пространство (138 м²) с мощением из природного камня (пленж), перголы с качелями.

- *Пешеходный* – движение по аллее. Решение – тройная аллея (широкий центр для основного потока, два боковых ряда для уединенного движения). Круговая скамья вокруг памятного дерева объединяет два пространства.

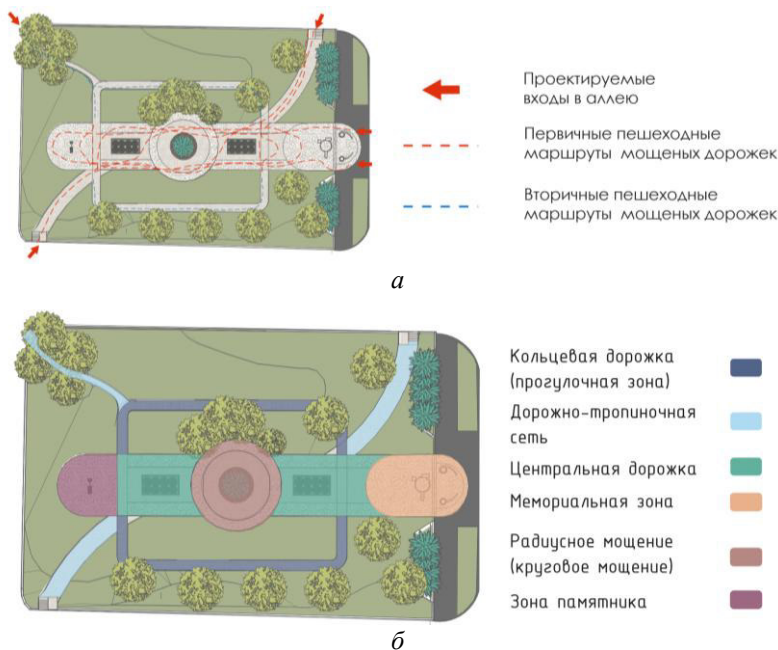


Рис. 4. Сценарно-функциональный метод проектирования аллеи:
 а – движение посетителей; б – функциональное зонирование

Цвет и материалы

Разработана колористическая схема на основе аналоговой триады. Базовый тон – спокойный нейтральный бежевый цвет гранитной брекчи, бетонной тротуарной плитки, фактурного бетона. Природный акцент – теплый насыщенный цвет лиственницы сибирской (от золотисто-коричневого до медового) для

скамей, настилов, элементов ограждений. Символический акцент – цвет меди от ярко-рыжего до благородного темно-коричневого с зеленоватой патиной на центральном блоке нового арт-объекта. Выбор материалов продиктован сибирским климатом: лиственница устойчива к гниению и перепадам температур, гранит и керамогранит отличаются морозостойкостью [6].

Центральный элемент аллеи – круговая скамья из лиственницы вокруг молодого плодового дерева (яблони), символизирующего рост, развитие, будущее, что соответствует студенческой аудитории. Скамья создает эффект зеленого уголка под открытым небом – места для неформальных встреч, отдыха, размышлений (рис. 5).

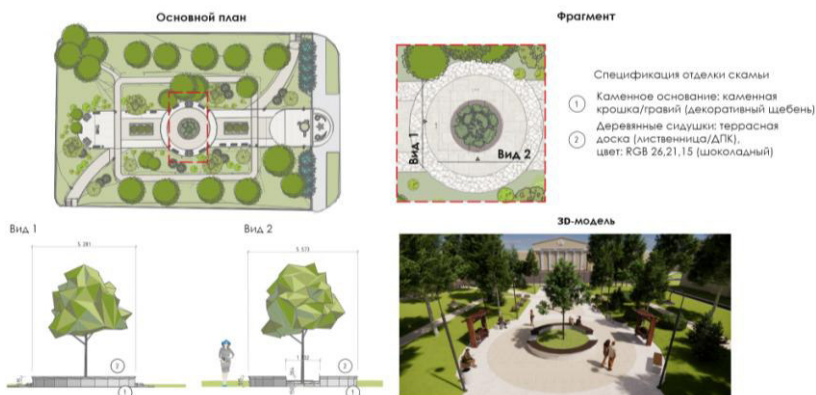


Рис. 5. Круговая скамья в центре аллеи

Нормативные требования

Проект разработан с учетом требований следующих нормативных документов:

- СП 59.13330.2020 (доступная среда). Ширина дорожек не менее 2,0 м, уклоны не более 5 %, тактильная плитка, высота скамей 0,45–0,5 м [3];

- СП 82.13330.2016 (благоустройство). Конструкция дорожной одежды – щебеночное основание (150 мм), песок (300 мм), геотекстиль [1];
- СП 52.13330.2016 (освещение). Освещенность на маршrutaх не менее 10 лк [4].

Заключение

Проектирование multifunctionальной территории – это сложный процесс, требующий последовательного подхода (от общей концепции к детальной проработке каждого фрагмента).

Сценарно-функциональный метод проектирования ландшафтной среды кампуса позволяет создать пространство, ориентированное на реальные потребности пользователей (студентов, преподавателей, гостей университета, местных жителей), вовлеченных в процесс жизненного цикла мемориальной зоны. Предлагаются следующие сценарии движения: памятный, уединенный, пешеходный.

Композиционное взаимодействие исторического и нового памятников, продуманная цветовая гамма, выбор живых материалов, уникальная круговая скамья – все это работает на создание идентичности места, пробуждению чувства сопричастности к истории и будущему НГАСУ (Сибстрин). Развитие таких пространств способствует формированию профессиональной культуры, сохранению исторической памяти и воспитанию уважения к традициям.

Авторы настоящей статьи осознают многогранность рассматриваемого вопроса и предлагают в качестве рабочего варианта одну из концепций планировочного решения благоустройства территории НГАСУ (Сибстрин) и комплекс мероприятий по ревитализации мемориальной зоны «Аллея памяти».

Список источников

1. СП 82.13330.2016. Благоустройство территорий: актуализированная ред. СНиП III-10-75: введ. 2017-06-17: изм. 1–3 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических

- документов: сайт. <https://docs.cntd.ru/document/456054208> (дата обращения: 03.02.2026).
2. СП 59.13330.2020. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения: введ. 2021-07-01: изм. 1–4 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: сайт. https://docs.cntd.ru/document/57365_9328 (дата обращения: 03.02.2026).
 3. Гейл Я. Города для людей / пер. с англ. А. Токтонов. Москва: Концерн «Крост», 2012. 263 с.
 4. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение: актуализированная ред. СНиП 23-05-95*: введ. 2017-05-08: изм. 1, 2 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: сайт. <https://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения: 03.02.2026).
 5. Никитина Е.С., Сродных Т.Б., Кайзер Н.В. Анализ парковых аллей сложной конструкции и новые предложения // Электронный архив УГЛТУ: сайт. 2024. С. 215–221. https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/12791/1/konf_24_037.pdf (дата обращения: 03.02.2026).
 6. Фильченкова Л. 19 октября в «Доме на Брестской» были объявлены лауреаты выставки-конкурса «Ландшафтная архитектура. Взгляд из дома». В этом году гран-при не вручили никому // Archi.ru: сайт. <https://archi.ru/russia/4560/landshaftnaya-arhitektura> (дата обращения: 03.02.2026).

References

1. Code of Practice 82.13330.2016. Territories Improvement. Updated version of Construction Norms and Rules III-10-75: introduction 2017-06-17: changes 1–3. *Electronic fund of legal and regulatory documents: website.* <https://docs.cntd.ru/document/456054208> (Accessed: 03.02.2026). (In Russ.)
2. Code of Practice 59.13330.2020. Accessibility of Buildings and Structures for Persons with Reduced Mobility: introduction 2021-07-01: changes 1–4. *Electronic fund of legal and regulatory documents: website.* https://docs.cntd.ru/document/573659_328 (Accessed: 03.02.2026). (In Russ.).

3. Gejl Ya. Cities for people. Translated from English by A. Toktonov. Moscow: Krost Group, 2012. 263 p. (In Russ.).
4. Code of Practice 52.13330.2016. Daylighting and Artificial Lighting. Updated version of Construction Norms and Regulations 23-05-95*: introduction 2017-05-08; changes 1, 2. *Electronic fund of legal and regulatory documents: website*. <https://docs.cntd.ru/document/456054197> (Accessed: 03.02.2026). (In Russ.).
5. Nikitina E.S., Srodnykh T.B., Kaiser N.V. Analysis of Park Alleys with Complex Construction and New Proposals. *USFEU Digital Archive: website*. 2024; 215–221. https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/12791/1/konf_24_037.pdf (Accessed: 03.02.2026). (In Russ.).
6. Fil'chenkova L. On October 19, the winners of “Landscape Architecture. A View from Home” exhibition and competition were announced at the house on Brestskaya Street. This year no Grand Prize was awarded. *Archi.ru: website*. <https://archi.ru/russia/4560/landshaftnaya-arhitektura> (Accessed: 03.02.2026). (In Russ.).

Информация об авторах

И.А. Катайцева – студент

Е.А. Сысоева – канд. пед. наук, доцент кафедры дизайна и искусства

Information about the authors

I.A. Kataitseva – Student

E.A. Sysoeva – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate professor of the Design and Art Department

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию	03.04.2026	The article was submitted	03.04.2026
Одобрена после рецензирования	12.05.2026	Approved after reviewing	12.05.2026
Принята к публикации	19.05.2026	Accepted for publication	19.05.2026

Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University
of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 139–153.
ISSN 1815-5987

Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University
of Architecture and Civil Engineering. 2026; 29 (3-1): 139–153.
ISSN 1815-5987

Научная статья

УДК 347.787

DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-139-153

ЗОЛОТОЕ И СЕРЕБРЯНОЕ СЕЧЕНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЕ НИЖНЕГО НОВГОРОДА

**Варвара Дмитриевна Петрова¹,
Людмила Петровна Кохановская²,
Ольга Николаевна Чеберева³**

¹Нижегородский государственный архитектурно-строительный
университет, Нижний Новгород, Россия,
varvara.petrova.07@mail.ru

²МАОУ «Школа № 78», Нижний Новгород, Россия,
l-kohan@ya.ru

³Нижегородский государственный архитектурно-строительный
университет, Нижний Новгород, Россия,
chebereva@mail.ru

Аннотация. В статье исследуется влияние пропорций золотого и серебряного сечений на восприятие окружающего мира с опорой на их математические модели как универсальные законы для всех явлений природы и искусства. Описывается разница данных пропорций и их способность формировать эстетическое восприятие городской среды, что позволяет глубже понять, как эти природные законы могут улучшить архитектурный облик города и создать более гармоничное пространство для жителей.

Ключевые слова: золотое сечение, серебряное сечение, пропорция, динамический ряд Хэмбиджа, логарифмическая спираль Фибоначчи, архитектурное проектирование, Нижний Новгород

Для цитирования: Петрова В.Д., Кохановская Л.П., Чеберева О.Н. Золотое и серебряное сечения в современной архитектуре Нижнего Новгорода // Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 139–153. DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-139-153.

Original article

THE GOLDEN AND SILVER SECTIONS IN THE MODERN ARCHITECTURE OF NIZHNY NOVGOROD

**Varvara Dmitrievna Petrova¹,
Lyudmila Petrovna Kokhanovskaya²,
Olga Nikolaevna Chebereva³**

¹Nizhny Novgorod State University of Architecture
and Civil Engineering, Nizhny Novgorod, Russia,
varvara.petrova.07@mail.ru

²Municipal Autonomous Educational Institution
“School No. 78”, Nizhny Novgorod, Russia,
l-kohan@ya.ru

³Nizhny Novgorod State University of Architecture
and Civil Engineering, Nizhny Novgorod, Russia,
chebereva@mail.ru

Abstract. The article examines the influence of the proportions of the golden and silver sections on the perception of the surrounding world, based on their mathematical models, as universal laws for all phenomena of nature and art. The article also describes the differences between these proportions and how they shape the aesthetic perception of the urban environment. This allows for a deeper understanding of how these natural laws can improve the architectural appearance of a city and create a more harmonious space for its residents.

Keywords: golden ratio, silver ratio, proportion, Hambidge dynamic series, Fibonacci logarithmic spiral, architectural design, Nizhny Novgorod

For citation: Petrova V.D., Kokhanovskaya L.P., Chebereva O.N. The Golden and Silver Sections in the Modern Architecture of Nizhny Novgorod. *Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2026; 29 (3-1): 139–153. (In Russ.). DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-139-153.

Введение

С древних времен, наблюдая за природой и создавая произведения искусства, человек нередко задавался вопросом: почему один предмет вызывает восхищение, а другой, хотя и похожий, не воспринимается как красивый?

Еще в Древней Греции изучение красоты выделилось в отдельную область науки. Стало очевидно, что человек различает предметы окружающего мира по форме, а форма, основанная на симметрии и пропорциях золотого и серебряного сечений, способствует лучшему зрительному восприятию и созданию ощущения красоты и гармонии. Интерес к этим пропорциям периодически затихает, затем вспыхивает с новой силой. На самом деле мы ежедневно сталкиваемся с золотым и серебряным сечениями, хотя часто этого не осознаем. Математические принципы, а также симметрия и ритм влияют на создание гармоничного и эстетически привлекательного облика зданий [1].

Актуальность работы связана:

- с малым количеством систематизированных исследований роли геометрии в архитектуре Нижнего Новгорода. Недостаточное освещение этой темы затрудняет полное понимание архитектурного наследия города и его эволюции;
- потенциальным интересом к понятиям золотого и серебряного сечений. Данные принципы малознакомы современной публике, поэтому исследование может помочь их популяризировать;
- возможностью анализа использования геометрических принципов в современной архитектуре Нижнего Новгорода, вы-

явления инновационных подходов к проектированию и строительству.

Объект исследования – современные жилые архитектурные здания Нижнего Новгорода.

Предмет – влияние пропорций золотого и серебряного сечений, применяемых в проектировании и строительстве современных жилых домов, на восприятие и оценку этих домов людьми.

Цель исследования – выявление и изучение использования пропорций золотого и серебряного сечений в проектировании современных жилых зданий Нижнего Новгорода и их влияния на восприятие и оценку данных домов.

Основная часть

Золотое сечение представляет собой особое соотношение между двумя величинами, при котором большая величина относится к меньшей так же, как сумма обеих величин относится к большей (рис. 1). Это соотношение считается универсальным и обладает эстетической привлекательностью (что и дало ему название «золотое»).

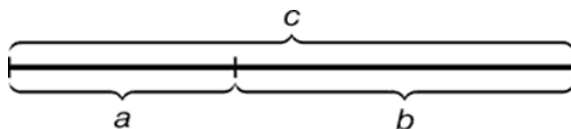


Рис. 1. Геометрическое изображение золотой пропорции

На рис. 1 отрезок разделен так, что $a/b = b/c$ или $c/b = b/a$. Обозначим это отношение как φ : $a/b = b/(a + b)$ или $a^2 + ab - b^2 = 0$. Разделив обе его части на b^2 , получим уравнение $\varphi^2 + \varphi - 1 = 0$, откуда $\varphi^2 = 1 - \varphi$. Единственный положительный корень уравнения $\varphi \equiv \frac{\sqrt{5} + 1}{2} \approx 1,618$. Таким образом, отношение большей части отрезка к меньшей и всей длины отрезка к большей его части (Φ) равно примерно 1,618. Обратная величина – отношение меньшей части отрезка к большей и большей части

ко всему отрезку – составляет приблизительно 0,618. Эти числа были названы золотыми. Везде, где человек ощущает гармонию (в звуках, цвете, размерах), всюду присутствует так называемое золотое число [2]. Глаз радуется отрезку, разделенному не строго пополам, а именно в пропорции 0,618:0,382.

С феноменом серебряного сечения мы сталкиваемся намного чаще, чем с золотым сечением. Серебряное сечение – это математическая константа, которая, в отличие от золотого сечения, не имеет единой дефиниции. Одно из наиболее распространенных определений гласит, что две величины находятся в серебряном сечении, если отношение суммы меньшей величины и удвоенной большей к большей величине такое же, как отношение большей величины к меньшей, и равно 2,41. Также существует другое определение серебряного сечения, согласно которому оно выражается как отношение длины окружности к ее диаметру, что соответствует числу π (пи) $\approx 3,14$. Именно это отношение некоторые художники и архитекторы считают красивым [3, 4].

Разница между золотым и серебряным сечением проста: *золото* представляет собой простую геометрическую симметрию и способ упорядочивания прямых линий, тогда как *серебро* символизирует гармонию, соединяющую прямые и округлые формы [5, 6].

Практическое исследование объектов современной архитектуры Нижнего Новгорода на предмет подчинения их законам золотого и серебряного сечений проводилось с сентября 2023 по апрель 2025 года и представляло собой констатирующий эксперимент, разделенный на два этапа.

На первом этапе был осуществлен отбор фотографий современных архитектурных объектов различных стилей и дизайна (классический, неоклассический, модерн и геометрический), возведенных в Нижнем Новгороде за последние пять лет. Затем эти фотографии были переданы для анализа фокус-группе, состоящей из 30 человек (разный возраст и уровень образования). Им было предложено оценить представленные дома по трем критериям (рис. 2).



Рис. 2. Предпочтения участников фокус-группы при выборе архитектурного сооружения (ЖК – жилой комплекс):

- – самый красивый дом; ■ – дом, в котором я хотел бы жить;
- – строительство таких домов сделает наш город более привлекательным для туристов и постоянных жителей

На основании ответов участников фокус-группы для оценки соответствия принципам золотого и серебряного сечений были выбраны три дома: два финалиста (дома № 5 и 2), а также один из домов, получивших минимальную поддержку (№ 4) (см. рис. 2).

На втором этапе исследования был проведен анализ фасадов указанных домов с различных ракурсов для определения наличия пропорций золотого и серебряного сечений. В ходе работы использовались следующие методы: анализ фасадов, сравнение по заданным критериям, устные опросы, а также качественный и количественный анализ данных. Для расчета соответствия размеров фасадов принципам золотого и серебряного сечений применялась программа Archicad. В нее были загружены чертежи с линейными размерами домов в соответствии с проектной документацией. Размеры фасадов вводились в программу согласно с действующей в архитектурном проектировании системой единиц СИ (выражались в миллиметрах для удобства расчетов).

В условиях цифрового проектирования с использованием системы СИ (а также стандартизации и унификации элементов современных зданий) было необходимо организовать архитектурные членения согласно ряду Фибоначчи и ряду Хэмбиджа. Сотрудники бюро «Творческая мастерская архитектора Быкова», работавшие над проектированием выбранных домов, осуществляли организацию членений в зависимости от функционально-планировочных групп и структуры объемных элементов.

Для определения соответствия фасадов домов пропорциям золотого и серебряного сечений мы также использовали деление зданий на функционально-планировочные группы.

Качественный и количественный анализ фасадов домов показал следующее:

1) при вычислении среднего значения трех проанализированных структурных групп фасада ЖК КМ Tower Plaza получен показатель 0,641, что **максимально близко** к золотому сечению (в габаритах) (табл. 1);

2) в отдельных членениях фасада ЖК КМ Tower Plaza количество элементов составляет 1, а среднее значение равно 2,41, что **соответствует** серебряному сечению (табл. 2);

3) если говорить о золотом соотношении (в отдельных членениях) проанализированных структурных групп фасада ЖК КМ Tower Plaza, то количество элементов – 5, среднее значение равно 1,659, что **соответствует** золотому сечению (табл. 2);

4) при определении среднего значения трех проанализированных структурных групп ЖК «Симфония Нижнего» выявлено, что для двух элементов оно составляет $0,545 \approx 0,6$, т.е. **соответствует** золотому сечению; для одного элемента – 2,41, т.е. **соответствует** серебряному сечению (в габаритах) (табл. 3);

5) если вычислить среднее значение трех структурных групп фасада ЖК «Континенталь» (в габаритах), то для двух элементов оно составит 1,198; для одного – 0,897; для трех – 2,169. Эти показатели **не соответствуют** ни золотому, ни серебряному сечению (табл. 4);

6) среднее значение трех проанализированных структурных групп фасада ЖК «Континенталь» для трех элементов со-

ставляет 2,448, что **не соответствует** серебряному сечению; для двух – 0,754, что **не соответствует** золотому сечению; для одного – 1,614, что **соответствует** серебряному сечению (табл. 5).

Таблица 1

Анализ размеров фасада ЖК КМ Tower Plaza
на соответствие золотому сечению

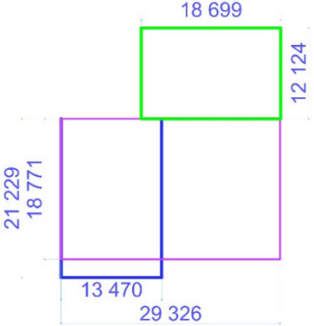
Фасад в осях Ш – А	Схема соотношения структурных групп
	
Структурная группа	Расчет, мм
Первая – синий прямоугольник: при расчете отношения длины к высоте получено значение, близкое к золотому сечению	$\frac{13\,470}{21\,229} \approx 0,6$
Вторая – фиолетовый прямоугольник: при вычислении отношения высоты к длине выявлено значение, близкое к золотому сечению	$\frac{18\,771}{29\,326} \approx 0,6$
Третья – зеленый прямоугольник: при расчете отношения высоты к длине получено значение, близкое к золотому сечению	$\frac{12\,124}{18\,699} \approx 0,6$

Таблица 2

Анализ размеров фасада ЖК KM Tower Plaza
на соответствие золотому и серебряному сечениям
в отдельных членениях

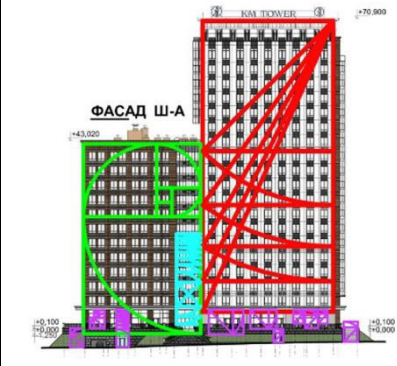
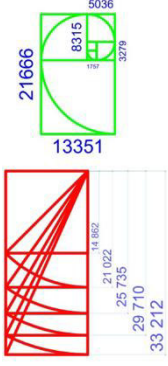
Фасад в осях III–A	Схема соотношения структурных групп
	
Структурная группа	Расчет, мм
<i>Первая</i> – динамический ряд (красный): после вычисления с использованием формулы серебряного сечения в рамках золотого прямоугольника динамического ряда Хэмбиджа обнаружены пропорции, соответствующие серебряному сечению	$\frac{6160 + 2 \cdot 14\,862}{14\,862} \approx 2,41$
<i>Вторая</i> – золотой прямоугольник/логарифмическая спираль (зеленый): при исследовании этой группы получены показатели, соответствующие золотому сечению	$\frac{21\,666}{13\,351} \approx 1,623$ $\frac{13\,351}{8315} \approx 1,606$ $\frac{8315}{5036} \approx 1,658$ $\frac{5036}{3279} \approx 1,536$ $\frac{3279}{1757} \approx 1,866$

Таблица 3

Анализ размеров фасада ЖК «Симфония Нижнего»
на соответствие золотому и серебряному сечениям

Фасад (со стороны ул. Ильинской) и схема соотношения структурных групп	
	
Структурная группа	Расчет, мм
<i>Первая</i> – фиолетовый прямоугольник: при подсчете по формуле серебряного сечения выявлен показатель, близкий к показателю серебряного сечения	$\frac{7628 + 2 \cdot 18\,775}{18\,775} \approx 2,41$
<i>Вторая</i> – синий прямоугольник: при подсчете отношения длины к высоте получен показатель, близкий к золотому сечению	$\frac{10\,663}{18\,775} \approx 0,6$
<i>Третья</i> – красный прямоугольник: при подсчете отношения высоты к длине найдено значение, близкое к показателю золотого сечения	$\frac{15\,640}{29\,887} \approx 0,6$

Таблица 4

Анализ размеров фасада ЖК «Континенталь» на соответствие золотому и серебряному сечениям в габаритах

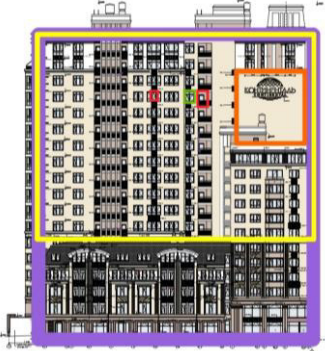
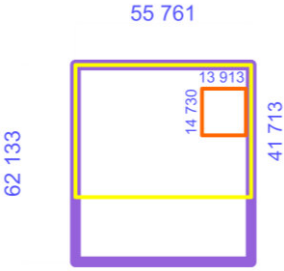
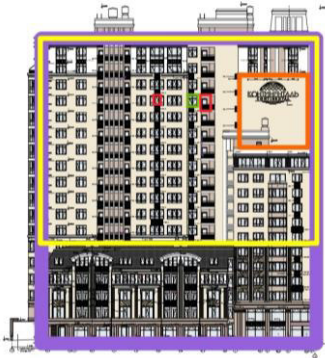
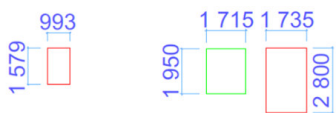
Фасад	Схема соотношения структурных групп
	
Структурная группа	Расчет, мм
<i>Первая</i> – фиолетовый прямоугольник: при расчете по формуле серебряного сечения не наблюдается соответствия с его показателем. При вычислении отношения высоты к длине нет значения, близкого к золотому сечению	$\frac{6372 + 2 \cdot 55\,761}{55\,761} \approx 2,11$ $\frac{55\,761}{62\,133} \approx 0,897$
<i>Вторая</i> – желтый прямоугольник: при анализе отношения длины к высоте не выявлено значений, приближенных к золотому сечению. При расчете по формуле серебряного сечения также отсутствует соответствие этому показателю	$\frac{55761}{41713} \approx 1,336$ $\frac{14\,048 + 2 \cdot 41\,713}{41\,713} \approx 2,337$
<i>Третья</i> – оранжевый прямоугольник: при вычислении отношения высоты к длине не наблюдается значений, близких к золотому сечению. При расчете по формуле серебряного сечения не выявлено соответствия этому показателю	$\frac{14\,730}{13\,913} \approx 1,059$ $\frac{817 + 2 \cdot 13\,913}{13\,913} \approx 2,059$

Таблица 5

Анализ размеров фасада ЖК «Континенталь» на соответствие золотому и серебряному сечениям в отдельных членениях

Фасад	Схема соотношения структурных групп
	
Структурная группа	Расчет, мм
<i>Первая</i> – зеленый прямоугольник (окно первого типа): при расчете отношения по формуле серебряного сечения не обнаружено соответствия. При вычислении отношения длины к высоте наблюдается несоответствие показателю золотого сечения	$\frac{235 + 2 \cdot 1715}{1715} \approx 2,14$ $\frac{1715}{1950} \approx 0,879$
<i>Вторая</i> – красный прямоугольник (большой балкон): при расчете отношения по формуле серебряного сечения соответствия не выявлено. Однако при вычислении отношения высоты к длине получено значение, близкое к золотому сечению	$\frac{1065 + 2 \cdot 1735}{1735} \approx 2,614$ $\frac{2800}{1735} \approx 1,614$
<i>Третья</i> – красный прямоугольник (меньший, окно второго типа): при расчете отношения по формуле серебряного сечения соответствия не обнаружено. Однако при вычислении отношения длины к высоте получено значение, близкое к золотому сечению	$\frac{586 + 2 \cdot 993}{993} \approx 2,59$ $\frac{1579}{993} \approx 0,629$

При анализе фасадов зданий, выбранных участниками исследования, мы наблюдаем явное соответствие пропорциям золотого и серебряного сечений. Это позволяет сделать вывод о том, что современным людям, как и тысячелетия назад, нравятся архитектурные сооружения, построенные с учетом данных гармоничных пропорций. В частности, в доме № 4 (ЖК «Континенталь»), который не стал фаворитом среди опрошенных (см. рис. 2), соответствие золотому и серебряному сечениям было зафиксировано лишь в двух небольших элементах – окне второго типа и балконе. В крупных элементах здания не было обнаружено указанных соответствий. Таким образом, несмотря на наличие некоторых удачных деталей, общее впечатление от здания оказалось негативным, оно не вызвало положительных эмоций у людей из фокус-группы.

Заключение

Проведенное исследование демонстрирует, что поиск правил и мер в архитектурных сооружениях обычно приводит к обнаружению золотого или серебряного сечения. Открытые еще в древности законы золотого и серебряного сечений используются до сих пор, лежат в основе конструирования и строительства современных зданий, что способствует наилучшему зрительному восприятию и возникновению ощущения красоты и гармонии у людей, созерцающих дома, возведенные в соответствии с указанными законами.

Список источников

1. Ковалев Ф.В. Золотое сечение в живописи: учеб. пособие. Киев: Выща школа, 1989. 143 с.
2. Мартынов А.В. Пространство-время и ноосфера академика В.И. Вернадского / Философия жизни // StudFiles: сайт. <https://studfile.net/preview/9796958/page:16/> (дата обращения: 12.02.2026).
3. Васютинский Н.А. Золотая Пропорция. Москва: Молодая гвардия, 1990. 238 с.

4. Волошинов А.В. Математика и искусство. Москва: Просвещение, 1992. 336 с.
5. Чернов А. Золото Парфенона (3). Глава из книги «Матрица золотого сечения» // Андрей Чернов – стихи и исследования: сайт. <http://chernov-trezin.narod.ru/Parfenon-3.htm> (дата обращения: 02.02.2026).
6. Чернов А. Хроники изнаночного времени «Слово о полку Игореве»: текст и его окрестности. Санкт-Петербург: Вита Нова, 2006. 479 с.

References

1. Kovalev F.V. The Golden ratio in painting. Textbook. Kiev: Vyscha Shkola, 1989. 143 p. (In Russ.).
2. Martynov A.V. Space-Time and the Noosphere of Academician V.I. Vernadsky / Philosophy of Life. *StudFiles: website*. <https://studfile.net/preview/9796958/page/16/> (Accessed: 12.02.2026). (In Russ.).
3. Vasyutinsky N.A. The Golden Proportion. Moscow: Molodaya Gvardiya. 1990. 238 p. (In Russ.).
4. Voloshinov A.V. Mathematics and Art. Moscow: Prosveshchenie, 1992. 336 p. (In Russ.).
5. Chernov A. The Gold of the Parthenon (3). Chapter from the book: The Matrix of the Golden ratio. *Andrey Chernov – Stihi i shtudii: website*. <http://chernov-trezin.narod.ru/Parfenon-3.htm> (Accessed: 02.02.2026). (In Russ.).
6. Chernov A. Cronicles of inside-out Time. “The tale of Igor’s Campaign” the Text and its Environs. Saint Petersburg: Vita Nova, 2006. 479 p. (In Russ.).

Информация об авторах

В.Д. Петрова – студент

Л.П. Кохановская – педагог высшей квалификационной категории

О.Н. Чеберева – канд. архитектуры, доцент

Information about the authors

V.D. Petrova – Student

L.P. Kokhanovskaya – Teacher of the Highest Qualification Category

O.N. Chebereva – Candidate of Architecture, Associate Professor

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию	13.03.2026	The article was submitted	13.03.2026
Одобрена после рецензирования	22.04.2026	Approved after reviewing	22.04.2026
Принята к публикации	19.05.2026	Accepted for publication	19.05.2026

Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University
of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 154–171.
ISSN 1815-5987

Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University
of Architecture and Civil Engineering. 2026; 29 (3-1): 154–171.
ISSN 1815-5987

Научная статья

УДК 725.51

DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-154-171

ПРИНЦИПЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ ДЛЯ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ

**Виктория Сергеевна Фашенко¹,
Аркадий Алексеевич Мордвов²**

¹Новосибирский государственный архитектурно-строительный
университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия,
v.fachshenko@sibstrin.ru

²Новосибирский государственный архитектурно-строительный
университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия,
a.mordvov@sibstrin.ru

Аннотация. Статья посвящена формированию принципов пространственной организации реабилитационных центров для военнослужащих. Обосновывается необходимость переосмысления существующих архитектурных моделей, опирающихся преимущественно на санаторно-курортную и больничную типологию, не в полной мере отвечающих современным требованиям комплексной реабилитации военнослужащих. Рассматриваются особенности функционально-планировочной структуры специализированных реабилитационных учреждений для военнослужащих (зарубежный опыт). Особое внимание уделяется роли архитектурной среды как фактору, влияющему на эффективность медицинского, психоэмоционального и социального восстановления. В результате формулируются ключевые принципы про-

странственной организации, направленные на создание гибкой и терапевтически ориентированной архитектурной модели, обеспечивающей целостность реабилитационного процесса.

Ключевые слова: реабилитационные центры, военнослужащие, архитектурная типология, пространственная организация, медицинская реабилитация, терапевтическая среда, функционально-планировочная структура

Для цитирования: Фащенко В.С., Мордвов А.А. Принципы пространственной организации реабилитационных центров для военнослужащих // Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 154–171. DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-154-171.

Original article

SPATIAL ORGANIZATION PRINCIPLES OF REHABILITATION CENTERS FOR MILITARY PERSONNEL

**Victoria Sergeevna Fashchenko¹,
Arkady Alekseevich Mordvov²**

¹Novosibirsk State University of Architecture and Civil
Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia,
v.fashchenko@sibstrin.ru

²Novosibirsk State University of Architecture and Civil
Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia,
a.mordvov@sibstrin.ru

Abstract. The article is devoted to the development of spatial organization principles of rehabilitation centers for military personnel. The necessity of rethinking existing architectural models, primarily based on sanatorium-resort and hospital typologies that do not fully meet the modern requirements of comprehensive rehabilitation, is substantiated. The study examines the features of the functional and planning structure of specialized rehabilitation facilities for military personnel (based on international experience). Particular attention is paid to the role of the architectural environment as a factor influencing the effectiveness of medical, psycho-emotional,

and social recovery. As a result, key principles of spatial organization are formulated, aimed at creating a flexible and therapeutically oriented architectural model that ensures the integrity of the rehabilitation process.

Keywords: rehabilitation centers, military personnel, architectural typology, spatial organization, medical rehabilitation, therapeutic environment, functional planning structure

For citation: Fashchenko V.S., Mordvov A.A. Spatial Organization Principles of Rehabilitation Centers for Military Personnel. *Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2026; 29 (3-1): 154–171. (In Russ.). DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-154-171.

Введение

В современных условиях возрастает значимость системы медико-психологической реабилитации (МПР) военнослужащих. В отечественной и мировой практике в настоящее время активно развивается направление проектирования специализированных реабилитационных центров, где архитектура рассматривается как элемент терапевтической среды.

В научной литературе достаточно подробно изучены вопросы формирования лечебной среды, безбарьерной архитектуры и функционально-планировочной организации медицинских зданий. Вместе с тем архитектурно-типологические особенности реабилитационных центров, предназначенных для военнослужащих, остаются недостаточно исследованными. В отечественной практике подобные учреждения чаще всего функционируют на базе существующих медицинских комплексов, санаториев или военных госпиталей, что затрудняет выделение самостоятельной архитектурной типологии таких объектов.

В связи с этим актуальной проблемой можно назвать выявление и научное обоснование принципов пространственной организации центров МПР военнослужащих, обеспечивающих формирование целостной, функционально интегрированной и терапевтически ориентированной архитектурной среды.

Объект исследования – центры МПР военнослужащих.

Предмет – принципы пространственной организации архитектурной среды центров МПР военнослужащих.

Цель работы – выявление и систематизация принципов пространственной организации современных реабилитационных центров на основе анализа архитектурно-планировочных решений подобных объектов.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- 1) анализ архитектурно-планировочных решений современных центров МПР;
- 2) выявление пространственных закономерностей и принципов организации данных объектов;
- 3) рассмотрение особенностей реабилитации военнослужащих и их влияния на архитектурную среду центров МПР;
- 4) формирование обобщенной модели пространственной организации центров МПР военнослужащих.

Основная часть

В российской практике специализированные реабилитационные центры для военнослужащих как самостоятельный тип медицинских учреждений находятся на стадии формирования. В связи с этим в исследовании рассматриваются зарубежные аналоги, обладающие уже сформированной архитектурной типологией.

Для выявления принципов пространственной организации проведен анализ трех специализированных центров, расположенных в США: Shirley Ryan AbilityLab (Чикаго, Иллинойс), Center for the Intrepid (Сан-Антонио, Техас) и National Intrepid Center of Excellence (Бетесда, Мэриленд).

Пространственная модель интеграции клинической практики и исследований (Shirley Ryan AbilityLab)

Реабилитационный центр Shirley Ryan AbilityLab расположен в Чикаго (Иллинойс), его современный комплекс введен в эксплуатацию в 2017 году.

Общая площадь здания составляет около 110 000 м². Центр ориентирован на комплексную реабилитацию пациентов с тяжелыми травмами, неврологическими нарушениями и ампутациями [1].

Функциональная структура центра (рис. 1) делится на исследовательские и реабилитационные зоны [2]. Планировочная организация (рис. 2) основана на системе инновационных центров (*Innovation Centers*), объединяющих клинические, лабораторные и терапевтические пространства. Это обеспечивает непосредственное взаимодействие специалистов в процессе лечения пациентов [1].

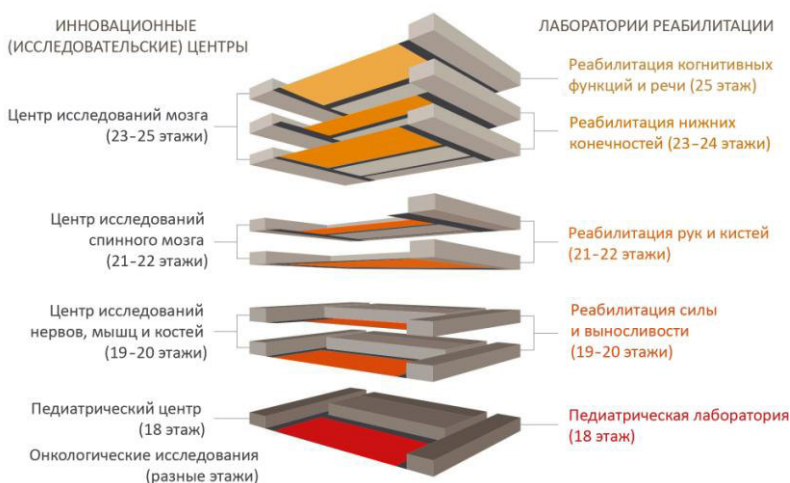


Рис. 1. Взрыв-схема функционального зонирования реабилитационного центра Shirley Ryan AbilityLab (Чикаго, Иллинойс, США) [2]



Рис. 2. Планировочная структура реабилитационного центра Shirley Ryan AbilityLab (Чикаго, Иллинойс, США):

- 1 – вестибюль; 2 – торговые помещения; 3 – зона приема машин скорой помощи; 4 – разгрузка; 5 – верхний вестибюль; 6 – сад;
 - 7 – администрация; 8 – конференц-центр; 9 – часовня; 10 – садовая терраса; 11 – педиатрическая лаборатория функциональной реабилитации; 12 – амбулаторная врачебная клиника; 13 – палаты пациентов; 14 – научно-исследовательские помещения;
 - 15 – лаборатория функциональной реабилитации для взрослых;
 - 16 – тренировочная квартира для бытовой реабилитации
- (https://www.architectmagazine.com/project-gallery/shirley-ryan-abilitylab_o/)

Архитектура центра формирует открытую среду с активными визуальными связями (рис. 3): используются светопрозрачные перегородки, галереи и многоуровневые пространства, что усиливает коммуникацию между пациентами и персоналом и создает терапевтически благоприятную атмосферу.

Важным принципом пространственной организации является распределенная терапия: реабилитационная активность осуществляется не только в специализированных помещениях, но и в общественных зонах. Архитектурная среда становится частью лечебного процесса и стимулирует активность пациентов [1].



Рис. 3. Верхний вестибюль реабилитационного центра Shirley Ryan AbilityLab (Чикаго, Иллинойс, США) [1]

Пространственная организация функционально ориентированной физической реабилитации (Center for the Intrepid)

Center for the Intrepid, расположенный в Сан-Антонио (Техас), – специализированный центр физической реабилитации военнослужащих, открытый в 2007 году [3]. Компактное 4-этажное здание площадью около 6000 м² имеет эллиптическую форму, обеспечивающую эффективную логику перемещений (рис. 4).

Центр организован по принципу *деревни* – с общественным двором и жилыми блоками (рис. 5) [3]. Композиционным ядром является двухсветное пространство физической реабилитации (рис. 6, а) с естественным освещением.

Основной зал имеет открытую планировочную структуру, позволяющую гибко использовать пространство и размещать разнообразное оборудование. В структуру включены зоны механо- и гидротерапии, тренировочные пространства и симуляционные зоны.

Лаборатория анализа походки (рис. 6, б) интегрирована в общественные пространства и оснащена современными системами анализа движений [3]. Это подчеркивает связь научных исследований и клинической практики.

Дополняет структуру центр протезирования, где применяются цифровые технологии моделирования и производства. Таким образом, объект характеризуется высокой технологичностью и интеграцией всех этапов реабилитации [3].

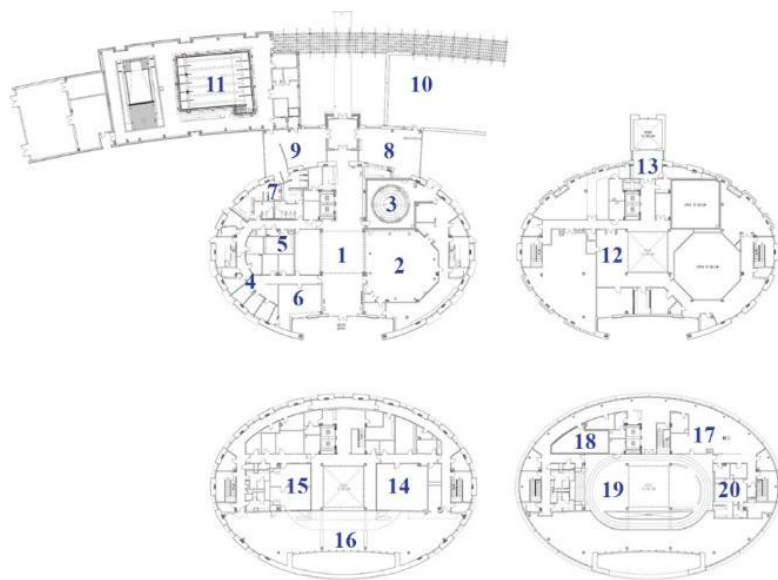


Рис. 4. Планировочная структура реабилитационного центра Center for the Intrepid (Сан-Антонио, Техас, США) [3]:

- 1 – вестибюль; 2 – лаборатория двигательной реабилитации военных (анализ походки); 3 – модуль моделирования неровного рельефа;
- 4 – административные помещения; 5 – отделение поведенческой медицины; 6 – отделение ведения пациентов; 7 – раздевалки для пациентов; 8 – кофейня/зона отдыха; 9 – фитнес-центр;
- 10 – бассейн (акватерапия); 11 – открытая зона активности;
- 12 – производство протезов (только для персонала); 13 – учебные и конференц-помещения; 14 – отделение физической терапии;
- 15 – отделение протезирования; 16 – спортивный тренировочный зал;
- 17 – отделение эрготерапии (трудотерапия); 18 – симуляционная комната; 19 – спортивная беговая дорожка/конференц-зона; 20 – зона тренировки повседневных навыков



Рис. 5. Схема территории реабилитационного центра Center for the Intrepid (Сан-Антонио, Техас, США) [3]:

1 – центр реабилитации; 2 – плавательный комплекс;
3 – баскетбольная площадка; 4, 5 – дома для проживания пациентов
и их семей; 6 – детская площадка



а



б

Рис. 6. Реабилитационный центр Center for the Intrepid (Сан-Антонио, Техас, США) [3]:

а – центр реабилитации и физических упражнений (спортивный тренировочный зал); *б* – лаборатория анализа походки

***Пространственная организация комплексной
диагностики и лечения психоневрологических травм
(National Intrepid Center of Excellence)***

National Intrepid Center of Excellence, расположенный в Бетесде (Мэриленд), введен в эксплуатацию в 2010 году, его приблизительная площадь составляет 6690 м². Центр специализируется на лечении посттравматического стрессового расстройства (ПТСР) и черепно-мозговых травм [4]. Функциональная структура центра включает диагностические, терапевтические и рекреационные зоны (рис. 7).

Ключевой принцип пространственной организации центра – междисциплинарная интеграция специалистов в едином пространстве. Важным элементом является зона первичного приема, где пациент, его семья и команда специалистов взаимодействуют одновременно, что снижает психологическую нагрузку на пациента [5].

Архитектура также ориентирована на снижение сенсорной перегрузки: применяются мягкое освещение, продуманная акустика и интуитивная навигация. Пространства учитывают особенности пациентов с когнитивными нарушениями.

В структуру включены зоны общения с семьей, что способствует социальной адаптации пациентов [5]. Дополнительно используются внутренние дворы и озелененные пространства, формирующие терапевтическую среду [4].

При анализе перечисленных выше центров выявлен ряд общих *архитектурно-типологических закономерностей*:

- Во-первых, все рассматриваемые объекты имеют выраженное композиционное ядро, представленное атриумным или общественным пространством, которое обеспечивает навигацию, коммуникацию и визуальные связи между функциональными зонами.

- Во-вторых, планировочная структура центров характеризуется интеграцией различных медицинских функций, включая диагностику, терапию и научные исследования, что позволяет формировать междисциплинарную модель лечения.

- В-третьих, архитектурная среда данных учреждений ориентирована на создание терапевтического пространства, в котором особое значение имеют естественное освещение, визуальные связи с окружающей средой и наличие разнообразных специализированных пространств реабилитации.



Рис. 7. National Intrepid Center of Excellence
(Бетесда, Мэриленд, США):

a – план первого этажа; *б* – план второго этажа

(<https://www.architecturalrecord.com/articles/7465-national-intrepid-center-of-excellence>)

Таким образом, архитектура современных реабилитационных центров для военнослужащих формируется как комплексная система пространств, обеспечивающая взаимодействие медицинских специалистов, активное участие пациентов в процессе терапии и создание комфортной психофизиологической среды для восстановления.

Особенности реабилитации военнослужащих и их влияние на архитектурную среду центров МПР

Реабилитация военнослужащих, получивших травмы, представляет собой комплексный процесс, включающий медицинские, психологические и социально-профессиональные аспекты. Особенностью данной категории пациентов является сочетание физических повреждений и психоэмоциональных нарушений, что требует междисциплинарного подхода, важная задача которого – не только восстановление функций организма, но и последующая социальная и профессиональная адаптация [6].

Значительное место в процессе реабилитации занимает психологическая помощь, особенно при работе с ПТСР. Такие состояния сопровождаются повышенной тревожностью и нарушением адаптации, поэтому условия среды оказывают существенное влияние на эффективность восстановления [7]. Архитектурное пространство должно быть психологически комфортным, обеспечивать приватность и снижать уровень сенсорной нагрузки.

Еще одной особенностью реабилитации военнослужащих является ее поэтапный характер – от лечения к социальной и профессиональной интеграции [6]. Это требует включения в структуру центров не только медицинских, но и образовательных, и тренировочных пространств, способствующих формированию навыков самостоятельной жизни и профессиональной деятельности.

Физическая реабилитация также имеет специфический характер и связана с восстановлением после тяжелых травм. Это обуславливает необходимость создания безбарьерной среды и специализированных пространств для лечебной физкультуры, механотерапии и тренировок. Архитектурные решения должны

обеспечивать безопасность, удобство перемещения и возможность постепенного увеличения нагрузки.

Принципы пространственной организации центров реабилитации для военнослужащих

На основе выявленных закономерностей (и с учетом специфики военной аудитории) формулируется система принципов пространственной организации центров МПР для военнослужащих:

1. Функциональная интеграция (обеспечение взаимосвязи медицинских, реабилитационных, психологических и социальных функций в рамках единой архитектурной системы).
2. Поэтапный пространственный сценарий (от зон интенсивной терапии к пространствам социальной адаптации).
3. Безбарьерность и универсальная доступность.
4. Терапевтическая направленность среды.
5. Моделирование реальных жизненных сценариев (включение пространств, имитирующих бытовую и социальную среду).
6. Контролируемая приватность и социальная интеграция (баланс между индивидуальной изоляцией и возможностью включения в коллективные формы терапии).

С опорой на проведенный анализ современных реабилитационных учреждений предлагается обобщенная пространственная модель центра реабилитации для военнослужащих, отражающая основные функциональные и пространственные связи, формирующие архитектурную структуру подобных объектов.

В структуре реабилитационного центра можно выделить несколько ключевых функциональных блоков, каждый из которых выполняет определенную роль в системе комплексной реабилитации пациентов. Одним из базовых элементов является *медико-диагностический блок*. В его состав входят помещения первичной диагностики, кабинеты врачей-специалистов, лаборатории, а также помещения функциональной и инструментальной диагностики. В пространственной структуре здания такой блок, как правило, располагается вблизи главного входа и имеет

удобные функциональные связи с основными лечебно-реабилитационными подразделениями.

В число центральных элементов входит *блок физической реабилитации*. Его архитектурная организация ориентирована на создание гибкой и адаптивной среды, позволяющей размещать разнообразное терапевтическое оборудование и проводить различные виды физической терапии. В современных реабилитационных центрах подобные пространства часто формируются как крупные открытые залы с возможностью трансформации и функционального зонирования.

Важный элемент пространственной структуры – *блок психологической реабилитации*. Он включает кабинеты индивидуальной психотерапии, помещения для групповой терапии, зоны психологической разгрузки, а также помещения для проведения нейропсихологической диагностики. Пространственная организация данных помещений предполагает создание спокойной и камерной среды, способствующей снижению эмоционального напряжения и обеспечивающей комфортные условия для проведения психологической работы с пациентами.

Существенную роль в структуре реабилитационного центра играет *блок социальной адаптации*, направленный на восстановление навыков самостоятельной жизнедеятельности. В состав данного блока могут входить тренировочные квартиры, бытовые пространства, зоны обучения бытовым навыкам и пространства социальной коммуникации. Архитектурная среда подобных помещений моделирует условия повседневной жизни и позволяет пациентам постепенно восстанавливать утраченные навыки самообслуживания, передвижения и взаимодействия с окружающей средой, что является важным этапом подготовки к возвращению в общество.

Дополнительный, но значимый компонент пространственной структуры реабилитационного центра – *рекреационный и общественный блок*. В него входят общественные холлы, зоны отдыха, зимние сады, прогулочные маршруты и внутренние дворы. Эти пространства выполняют не только рекреационную функцию, но и способствуют социальной коммуникации паци-

ентов, формированию благоприятной психологической атмосферы и снижению уровня стресса в процессе реабилитации.

Таким образом, пространственная структура реабилитационного центра для военнослужащих представляет собой систему взаимосвязанных функциональных блоков, объединенных общей логикой реабилитационного процесса. Рациональная организация взаимосвязей между диагностическими, лечебными, терапевтическими и рекреационными пространствами обеспечивает эффективность функционирования учреждения и способствует формированию архитектурной среды, поддерживающей физическое и психологическое восстановление пациентов.

Заключение

Проведенное исследование позволило выявить основные закономерности пространственной организации современных реабилитационных центров на основе анализа архитектурных решений таких объектов, как Shirley Ryan AbilityLab, Center for the Intrepid и National Intrepid Center of Excellence в США.

Анализ показал, что современные реабилитационные центры представляют собой сложные многофункциональные комплексы, где архитектурная среда выступает важным фактором терапевтического воздействия. В отличие от традиционных медицинских учреждений, архитектура подобных объектов ориентирована не только на выполнение медицинских функций, но и на создание пространственной среды, способствующей физическому и психологическому восстановлению пациентов.

Особое значение имеет специфика реабилитации военнослужащих, которая характеризуется сочетанием различных видов травм – физических, неврологических и психологических. В связи с этим архитектурная структура реабилитационного центра должна обеспечивать условия для реализации различных видов терапии (медицинской, физической, психологической) и социальной реабилитации.

Сравнительный анализ зарубежных объектов позволил выявить ряд устойчивых принципов пространственной организации реабилитационных центров. К ним относятся функциональ-

ная интеграция различных видов терапии, пространственная компактность, моделирование жизненной среды, формирование терапевтической архитектурной среды, пространственная открытость и обеспечение безбарьерной доступности.

Данные принципы отражают современные тенденции развития архитектуры медицинских учреждений, в которых пространство рассматривается как активный элемент реабилитационного процесса. Архитектурная среда становится инструментом восстановления функциональных возможностей пациентов и их социальной адаптации.

На основе проведенного анализа можно сделать вывод о формировании новой архитектурной типологии реабилитационных центров, ориентированных на комплексное восстановление военнослужащих. Полученные результаты могут быть использованы при разработке архитектурных концепций современных реабилитационных центров в отечественной практике.

Список источников

1. Shirley Ryan AbilityLab // Clive Wilkinson architects: сайт. 2016. https://clivewilkinson.com/portfolio_page/shirley-ryan-abilitylab/ (дата обращения: 10.03.2026).
2. A Day in the Life of a Magnet Nurse at Shirley Ryan AbilityLab // Shirley Ryan AbilityLab: сайт. 25.08.2023. <https://www.sralab.org/day-life-magnet-nurse-shirley-ryan-abilitylab> (дата обращения: 10.03.2026).
3. The Center for the Intrepid 10th Anniversary: A Look Back // Smithgroup: сайт. https://www.smithgroup.com/sites/default/files/2018-07/cfi-10-year-anniversary_SG_0.pdf (дата обращения: 10.03.2026).
4. National Intrepid Center of Excellence // Architectural Record: сайт. 16.08.2011. <https://www.architecturalrecord.com/articles/7465-national-intrepid-center-of-excellence> (дата обращения: 10.03.2026).
5. National Intrepid Center of Excellence: A Conversation with Dr. James Kelly // Smithgroup: сайт. 29.06.2020. <https://www.smithgroup.com/perspectives/2020/national-intrepid>

-center-of-excellence-a-conversation-with-dr-james-kelly (дата обращения: 10.03.2026).

6. Сальникова О.Д., Борозинец Н.М., Кухлеева А.В. Организационно-методические аспекты профессиональной реабилитации инвалидов боевых действий специальной военной операции // Проблемы современного педагогического образования: сб. научных трудов. 2025. № 87-4. С. 319–323.
7. Гончарова П.А., Трифионов В.А. Реабилитация военнослужащих с посттравматическим стрессовым расстройством (ПТСР) // Вестник науки. 2025. Т. 3, № 11 (92). <https://www.xn---8sbempclcwd3bmt.xn--p1ai/article/26608> (дата обращения: 10.03.2026).

References

1. Shirley Ryan AbilityLab. *Clive Wilkinson architects: website*. 2016. https://clivewilkinson.com/portfolio_page/shirley-ryan-abilitylab/ (Accessed: 10.03.2026).
2. A Day in the Life of a Magnet Nurse at Shirley Ryan AbilityLab. *Shirley Ryan AbilityLab: website*. 25.08.2023. <https://www.sralab.org/day-life-magnet-nurse-shirley-ryan-abilitylab> (Accessed: 10.03.2026).
3. The Center for the Intrepid 10th Anniversary: A Look Back. *Smithgroup: website*. https://www.smithgroup.com/sites/default/files/2018-07/cfi-10-year-anniversary_SG_0.pdf (Accessed: 10.03.2026).
4. National Intrepid Center of Excellence. *Architectural Record: website*. 16.08.2011. <https://www.architecturalrecord.com/articles/7465-national-intrepid-center-of-excellence> (Accessed: 10.03.2026).
5. National Intrepid Center of Excellence: A Conversation with Dr. James Kelly. *Smithgroup: website*. 29.06.2020. <https://www.smithgroup.com/perspectives/2020/national-intrepid-center-of-excellence-a-conversation-with-dr-james-kelly> (Accessed: 10.03.2026).
6. Sal'nikova O.D., Borozinets N.M., Kukhleeva A.V. Organizational and Methodological Aspects of Professional Rehabilita-

tion of Disabled Combat Veterans of the Special Military Operation. *Problems of Modern Pedagogical Education: collection of scientific works*. 2025; (87-4): 319–323. (In Russ.).

7. Goncharova P.A., Trifonov V.A. Rehabilitation of Military Personnel with Post-Traumatic Stress Disorder (PTSD). *Vestnik nauki = Bulletin of Science*. 2025; 3 (11). <https://www.xn----8sbempclcwd3bmt.xn--p1ai/article/26608> (Accessed: 10.03.2026). (In Russ.).

Информация об авторах

В.С. Фащенко – магистрант

А.А. Мордвов – профессор кафедры архитектуры и реконструкции городской среды

Information about the authors

V.S. Fashchenko – Master's Student

A.A. Mordvov – Professor of the Architecture and Urban Environment Reconstruction Department

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию	10.04.2026	The article was submitted	10.03.2026
Одобрена после рецензирования	22.04.2026	Approved after reviewing	22.04.2026
Принята к публикации	19.05.2026	Accepted for publication	19.05.2026

Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 172–182. ISSN 1815-5987

Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026; 29 (3-1): 172–182. ISSN 1815-5987

Научная статья

УДК 72.036

DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-172-182

ИСТОРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЖИЛОГО ДОМА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Екатерина Дмитриевна Цыбина¹,
Антонина Яковлевна Крутухина²

¹Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия,
e.tsybina@sibstrin.ru

²Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия,
architonika@list.ru

Аннотация. В статье представлен исторический анализ здания, расположенного на 14-й линии Васильевского острова в Санкт-Петербурге, которое на разных этапах своего жизненного цикла использовалось для различных целей, в том числе было первым крематорием в Советской России, а в дальнейшем стало жилым домом. Рассмотрены хронология и проблемы создания первого отечественного крематория, изучены причины его непродолжительной деятельности, связанные с попытками придать учреждению антирелигиозный характер. Выявлены факторы, препятствовавшие реализации проекта крематория, среди которых существенную роль играло явное и скрытое сопротивление местного населения.

Ключевые слова: бывший дом Рожкова, крематорий, Санкт-Петербург, кремация, жилой дом, первый крематорий в России

Для цитирования: Цыбина Е.Д., Крутухина А.Я. Исторический анализ жилого дома в Санкт-Петербурге // Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 172–182. DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-172-182.

Original article

A HISTORICAL ANALYSIS OF A RESIDENTIAL BUILDING IN SAINT PETERSBURG

**Ekaterina Dmitrievna Tsybina¹,
Antonina Yakovlevna Krutukhina²**

¹Novosibirsk State University of Architecture and Civil
Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia,
e.tsybina@sibstrin.ru

²Novosibirsk State University of Architecture and Civil
Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia,
architonika@list.ru

Abstract. This article presents a historical analysis of a building on the 14th Line of Vasilievsky Island in Saint Petersburg. At various points in its life, it served various purposes, including as the first crematorium in Soviet Russia and later as a residential building. The chronology and problems of the creation of the first Soviet Russian crematorium are considered, the reasons for its short-term activity related to attempts to give the institution an anti-religious character are studied. The factors that hindered the implementation of the crematorium project were identified, among which the overt and covert resistance of the local population, that played a significant role.

Keywords: former Rozhkov House, crematoria, Saint Petersburg, cremation, residential building, the first crematoria in Russia

For citation: Tsybina E.D., Krutukhina A.Ya. A Historical Analysis of a Residential Building in Saint Petersburg. *Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2026; 29 (3-1): 172–182. (In Russ.). DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-172-182.

Введение

Современная культура кремации в России – относительно новое явление. Ее история началась в советские годы как часть революционной пропаганды. Ключевая проблема развития культуры кремации – мировоззренческое противоречие между религиозной (традиционной) и секулярной (светской) моделями погребения.

Объект исследования – здание, где располагался первый крематорий в Советской России (существующий жилой дом в Санкт-Петербурге по адресу 14-я линия Васильевского острова, 97).

Цель – исторический анализ здания первого отечественного крематория.

Задачи:

- 1) изучить предпосылки появления первого крематория в Советской России;
- 2) ознакомиться с конкурсной программой на проект здания крематория;
- 3) проанализировать исторические конфликты, возникавшие при строительстве крематория;
- 4) рассмотреть временной промежуток работы крематория до его закрытия.

Основная часть

Материалы и теоретическая база

Основополагающим методом исследования является историко-хронологический анализ, позволяющий проследить начало кремационной деятельности в Советской России. Рассматриваются следующие аспекты и даты:

1. Исторические предпосылки появления крематория.
2. Конкурсная программа на лучший проект крематория и выбор земли под строительство.
3. Приостановление строительства из-за наступления белой армии генерала Н.Н. Юденича на Петроград.

4. Смена места строительства городского крематория из-за сопротивления духовенства.

5. 14 декабря 1920 года – открытие первого крематория в Советской России.

6. 1923 год – закрытие крематория.

7. 1927 год – снос здания (остался только фундамент).

8. 1928 год – реконструкция здания под жилой дом.

Источниками исследования выступают различные научные публикации [1–4], позволяющие проследить историю появления первого крематория в Советской России, реакцию общества на данный вид деятельности, а также выявить ключевой фактор при выборе места и здания для размещения крематория.

В рамках историко-аналитического (историко-архитектурного) подхода изучены исторические документы (в том числе строительные), расположение дома, где размещался отечественный крематорий, социальное назначение объекта, элементы планировочного и фасадного решений.

Исторические предпосылки появления крематория

Накануне Октябрьской революции в Петрограде 90 % смертей сопровождалось религиозными обрядами и погребением на кладбище. В 1909 году комиссия при Святейшем Синоде в «Заметке о сожигании трупов с православной церковной точки зрения» утверждала, что захоронение в земле – единственно допустимый способ погребения, а сожжение является кощунством. Декретами от 17–18 декабря 1917 года регистрация смерти была изъята из ведения церкви, а отпевание стало возможным только при наличии удостоверения о смерти, выданного органами советской власти. Вожди революции стремились заменить традиционное захоронение кремацией, которой в культуре раннего большевизма отводилась особая роль: огонь противопоставлялся земле, а кладбище – крематорию, при этом слово «кладбище» приобретало негативную окраску.

С весны 1918 года в советской печати началась активная пропаганда кремации, в ответ 3 апреля канцелярия Поместного Собора Русской православной церкви обратилась к Священному Синоду с просьбой предоставить материалы комиссии 1909 го-

да. В Петрограде уже тогда рассматривалась возможность устройства временного крематория в здании патронного завода, инженер Н.И. Епишкин разработал эскизный проект с использованием печей фирмы Германсена. В начале 1919 года В.И. Ленин подписал декрет, допускающий и поощряющий кремацию, а Л.Д. Троцкий предложил революционным лидерам подавать личный пример – завещать сжигать свои тела. Большевики стремились заменить традиционный православный обряд, считая его идеологически неприемлемым.

Также были приведены и рациональные доводы: на совещании 23 января 1919 года, посвященном реализации декрета о похоронах, заведующий городским санитарным подотделом В.П. Кашкадамов указал на нехватку земли для кладбищ и предложил ввести кремацию как эффективное и экономичное решение, подчеркнув, что крематорий можно построить в пределах города в целях сокращения расходов на погребение умерших.

30 января 1919 года нарком здравоохранения Н.А. Семашко утвердил санитарные правила, согласно которым кремация допускалась с разрешения Наркомздрава. 26 января 1919 года Совет комиссаров Союза коммун Северной области принял декрет об учреждении при Комиссариате внутренних дел комиссии по проектированию и строительству государственных крематориев, в первую очередь в Петрограде. Документ был подписан Г.Е. Зиновьевым и М.И. Калининым [1].

Конкурсная программа на лучший проект крематория

Учрежденной комиссии поручалось до 1 апреля 1919 года разработать проект и выбрать место строительства, после чего следовало начать работы. 19 февраля была создана Постоянная комиссия по постройке первого крематория и морга в Петрограде, в которую вошли представители различных ведомств. Председателем стал Б.Г. Каплун, двоюродный брат убитого председателя Петроградской чрезвычайной комиссии М.С. Урицкого.

21 марта 1919 года комиссия утвердила архитектурную программу конкурса на проект крематория (в начале апреля также объявили технический конкурс на проект печи для сжигания тел) [2].

По итогам конкурса победили два проекта – академика И. Фомина («К небу») (рис. 1) и инженера А. Джорогова («Жертва»). И. Фомин предложил высокую башню как символ вознесения души, однако жюри рекомендовало исключить ее из-за несогласия с концепцией. А. Джорогову посоветовали переработать декоративные элементы, которые посчитали излишне восточными.



Рис. 1. Проектное предложение крематория И. Фомина (<https://ljplus.ru/img4/a/t/atrey/Fomin146.jpg>)

10 сентября 1919 года президиум Петросовета рассмотрел вопрос о строительстве крематория. Требовалось утвердить проект, выбрать участок и определить ответственную организацию. Против строительства на территории Свято-Троицкой Александро-Невской лавры (далее – Лавра) выступили даже некоторые советские органы. Инженер Смирнов от комитета госсооружений подал протест, поддержанный Советом коммунального хозяйства. Б.Г. Каплун критиковал не только И. Фомина за тщеславие, но и комгорхоз, где применялся принудительный труд, а также настаивал на создании сети крематориев для последующего отказа от кладбищ. После обсуждения было решено: 1) утвердить проект А. Джорогова; 2) начать строительство по адресу Обводный канал, 17.

Приостановление строительства из-за наступления белой армии генерала Н.Н. Юденича на Петроград и сопротивление духовенства

Выбранный участок для строительства крематория находился на территории бывшего духовного училища, где проживали сестры милосердия и персонал Рижского военного госпиталя. Весной 1919 года часть помещений передали строительной конторе и коменданту А.К. Скородумову. К осени началась подготовка к рытью котлована – Б.Г. Каплун распорядился направлять туда по 20 принудительных рабочих в день. Однако в связи с наступлением армии генерала Н.Н. Юденича работы прекратили, а здание бывшей семинарии заняли военные. В декабре 1919 года Петросовет официально приостановил строительство из-за нехватки ресурсов.

Весной 1920 года проект решили возобновить. Б.Г. Каплун распорядился завершить огородные работы на участке Лавры, поскольку стройка совпадала с территорией, переданной монастырю в аренду. Этот огород был важным источником продовольствия в голодное время, что послужило доводом, в результате которого митрополит Вениамин и братья добились отмены строительства рядом с Лаврой.

Новое место строительства

Проект перенесли на Васильевский остров, хотя идея вернуться к изначальному месту полностью не исчезла. Комиссия Б.Г. Каплуна обратилась в Центральный жилотдел с просьбой выдать ордер на здание, расположенное на 14-й линии Васильевского острова, – бывший дом купца В.Я. Рожкова, в котором раньше был сахарный завод, потом баня (в то время дом находился в полуразрушенном состоянии, но сохранились фундамент и дымовая кирпичная труба), чтобы разместить там временную кремационную печь. Здание начали перестраивать по победившему на конкурсе проекту А. Джорогова. И наконец, 14 декабря 1920 года на 14-й линии Васильевского острова (угол с ул. Камской) – вблизи Смоленского кладбища – был открыт первый в Советской России крематорий [3, 4].

Первым кремированным стал красноармеец Михайлов, умерший от дизентерии. Чтобы преодолеть психологическое

сопротивление людей к сожжению тел, власти организовали публичные церемонии кремации, в которых регулярно участвовал Б.Г. Каплун.

Закрытие крематория

Первый советский крематорий просуществовал недолго: спешно построенная печь оказалась неудачной по конструкции, неэффективной и быстро вышла из строя. Комиссия Б.Г. Каплуна действовала до начала 1923 года, но попытки наладить работу крематория успеха не принесли.

Итак, в 1923 году крематорий прекратил свою деятельность. Далее в 1927 году здание было снесено, остался лишь его фундамент.

Реконструкция здания под жилой дом

В 1928 году здание было полностью реконструировано и стало использоваться как жилой дом.

В настоящее время оно находится по тому же адресу, что и ранее (14-й линия Васильевского острова, 97).

Справка Городского управления инвентаризации и оценки недвижимости Санкт-Петербурга подтверждает, что дата постройки установлена до 1917 года. Также известны материалы, которые применялись при реконструкции данного здания: для стен использовался кирпич, для чердачных помещений и междуэтажных перекрытий – металлические балки с деревянным наполнением (надподвальных перекрытий нет), для крыши – железный настил на деревянных стропилах. В доме есть центральное отопление, газо- и водоснабжение. Лифты отсутствуют.

Исследуя планы этажей жилого дома, можно отметить, что при реконструкции здания не были изменены его границы; на прежних местах подсобного и траурного назначения крематория теперь находятся жилые квартиры и коридоры общего пользования. В реконструированном здании сохранились 4 этажа и выступающий карниз крыши. Его архитектурный облик остался монументальным и статным. Использование в цветном решении фасада желтого цвета подчеркивает городскую ткань Санкт-Петербурга (рис. 2).



Рис. 2. Фасад жилого дома в настоящее время.
Вид со стороны 14-й линии Васильевского острова
(https://dzen.ru/a/Z_453CRUW014qo7i)

Обсуждение

Результаты исследования показывают, что кремация как метод погребения в изучаемый период отражала революционные идеалы, предполагающие отказ от религиозных традиций. Даже при наличии недостатков (например, неудачной конструкции печи) крематорий стал символом перемен, основанием для культурных и социальных преобразований, несмотря на кратковременность его существования.

Заключение

На основании историко-хронологического анализа можно сделать вывод, что здание на 14-й линии Васильевского острова в Санкт-Петербурге является уникальным примером социальной и архитектурной трансформации: в разное время своего существования оно меняло функциональное предназначение под социальные запросы общества.

Таким образом, историко-хронологический анализ подтверждает, что указанное здание в начале XX века (в 1926 году) претерпело кардинальное преобразование функционального назначения – от сахарного завода до крематория. Но последний просуществовал всего 3 года и был закрыт в 1923 году из-за неисправности и отсутствия правильной технологии кремации.

В начале 1920-х годов большевистские руководители приняли решение объявить борьбу устоявшимся ценностям – крестьянскому традиционализму и религиозному сознанию. Итак, крематорий стал вызовом для церкви и духовных идеалов общества того времени.

История кремации в России еще слишком молода, но проведенное исследование подчеркивает важность дальнейшего изучения подобных объектов. Это позволит лучше понять социальные изменения и характер их воздействия на архитектурно-историческую память городов.

Результаты исследования могут быть применены при развитии системы кремационных учреждений в России и при формировании архитектурно-пространственных решений, отражающих современные мировоззренческие установки общества в отношении кремационного процесса и ритуала прощания.

Список источников

1. Кашеваров А.Н. Церковь и власть: Русская Православная Церковь в первые годы советской власти. Санкт-Петербург: СПбГТУ, 1999. 327 с.
2. Памятная записка Н. А. Троцкого с основными положениями программы конкурса проектов здания крематория в Ленинграде // ГОСКАТАЛОГ.РФ: сайт. <https://goskatalog.ru/portal/#/collections?id=37956987> (дата обращения: 10.03.2026).
3. Александро-Невская Лавра Синода. Директивы и распоряжения Советских органов и переписка с ними Духовного собора Лавры (о трудовой повинности, организации прихожан, правомерности действий Коллектива коммунистов в Лавре и другое) // РГИА. Ф. 815. Оп. 14. Д. 98. Л. 9–10, 14.
4. Временный крематорий на Васильевском острове // ГОСКАТАЛОГ.РФ: сайт. <https://goskatalog.ru/portal/#/collections?id=35869868> (дата обращения: 10.03.2026).

References

1. Kashevarov A.N. Church and Power. The Russian Orthodox Church in the First Years of Soviet Power. Saint Petersburg: Saint Petersburg Institute of Technology, 1999. 327 p. (In Russ.).
2. Memorandum by N. A. Trotsky with the main provisions of the program for the design competition for the crematorium building in Leningrad. *GOSKATALOG.RF: website*. <https://goskatalog.ru/portal/#/collections?id=37956987> (Accessed: 10.03.2026). (In Russ.).
3. The Alexander Nevsky Lavra of the Holy Synod. Directives and Orders of Soviet Authorities and Correspondence with Them from the Spiritual Council of the Lavra (on labor service, the organization of parishioners, the legality of the actions of the Communist Collective in the Lavra, and others). *The Russian State Historical Archive*. Foundation 815. Inventory 14. Case 98. Letters 9–10, 14. (In Russ.).
4. Temporary crematorium on Vasilievsky Island. *GOSKATALOG.RF: website*. <https://goskatalog.ru/portal/#/collections?id=35869868> (Accessed: 10.03.2026). (In Russ.).

Информация об авторах

Е.Д. Цыбина – магистрант

А.Я. Крутухина – доцент кафедры архитектуры и реконструкции городской среды

Information about the authors

E.D. Tsybina – Master's Student

A.Ya. Krutukhina – Associate Professor of the Architecture and Urban Planning Department

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию	10.04.2026	The article was submitted	10.04.2026
Одобрена после рецензирования	12.05.2026	Approved after reviewing	12.05.2026
Принята к публикации	19.05.2026	Accepted for publication	19.05.2026

Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 183–198. ISSN 1815-5987

Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026; 29 (3-1): 183–198. ISSN 1815-5987

Научная статья

УДК 72.034:7.017.4

DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-183-198

АРХИТЕКТУРНО-КОМПОЗИЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОЗАИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ СОВЕТСКОГО МОДЕРНИЗМА НА ПРИМЕРЕ НОВОСИБИРСКА

**Марина Владимировна Шалыгина¹,
Евгения Владимировна Кетова²**

¹Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия,
shalygina_01@bk.ru

²Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия,
9048828@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию мозаичных произведений советского модернизма, интегрированных в архитектурную среду Новосибирска в 1960–1980-е годы. Рассматриваются особенности их художественно-композиционного решения, градостроительного размещения и взаимодействия с фасадной структурой зданий. Предлагается авторская система классификации мозаичных объектов по функциональному назначению зданий, композиционным приемам и тематическому содержанию. Анализ позволяет выявить закономерности интеграции монументально-декоративного искусства в архитектуру периода советского модернизма и определить его роль в формировании визуального образа городской среды. Актуальность исследо-

вания обусловлена отсутствием комплексной научной фиксации мозаичных объектов и риском их утраты в процессе реконструкции и модернизации зданий.

Ключевые слова: монументально-декоративное искусство, мозаика, советский модернизм, архитектурная композиция, городская среда

Для цитирования: Шалыгина М.В., Кетова Е.В. Архитектурно-композиционные особенности мозаичных объектов советского модернизма на примере Новосибирска // Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 183–198. DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-183-198.

Original article

ARCHITECTURAL AND COMPOSITIONAL FEATURES OF MOSAIC OBJECTS OF SOVIET MODERNISM ON THE EXAMPLE OF NOVOSIBIRSK

**Marina Vladimirovna Shalygina¹,
Evgeniya Vladimirovna Ketova²**

¹Novosibirsk State University of Architecture and Civil
Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia,
shalygina_01@bk.ru

²Novosibirsk State University of Architecture and Civil
Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia,
9048828@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the study of mosaic artworks of Soviet modernism integrated into the architectural environment of Novosibirsk in the 1960s–1980s. The features of their artistic and compositional solutions, urban placement, and interaction with the facade structure of buildings are examined. The paper proposes an author’s classification system of mosaic objects based on the functional purpose of buildings, compositional techniques, and thematic content. The analysis makes it possible to identify patterns in the integration of monumental and decorative art into the architecture of the Soviet modernism period and to determine its role in

shaping the visual image of the urban environment. The relevance of the study is determined by the lack of comprehensive scientific documentation of mosaic objects and the risk of their loss during the reconstruction and modernization of buildings.

Keywords: monumental and decorative art, mosaic, Soviet modernism, architectural composition, urban environment

For citation: Shalygina M.V., Ketova E.V. Architectural and Compositional Features of Mosaic Objects of Soviet Modernism on the Example of Novosibirsk. *Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2026; 29 (3-1): 183–198. (In Russ.). DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-183-198.

Введение

Монументально-декоративное искусство советского модернизма является важной составляющей архитектурной среды второй половины XX века. В период 1960–1980-х годов мозаичные панно активно интегрировались в структуру общественных зданий, формируя художественный образ архитектуры и транслируя идеологические и культурные установки эпохи.

В Новосибирске сохранилось значительное количество мозаичных объектов советского модернизма на фасадах административных, образовательных, культурных и производственных зданий. Большинство из них не имеет охранного статуса и частично утрачивается в процессе реконструкции и модернизации застройки. Это делает крайне важным изучение архитектурно-композиционных особенностей таких объектов и принципов их интеграции в архитектуру и городскую среду, поскольку понимание данных закономерностей позволяет оценить их художественную и градостроительную ценность, а также разработать меры по сохранению культурного наследия.

Цель исследования – выявление и анализ архитектурно-композиционных закономерностей размещения мозаичных панно в структуре зданий советского модернизма в Новосибирске.

В качестве *метода исследования* использован сравнительный архитектурно-композиционный анализ, включающий изучение размещения мозаичных объектов в структуре фасадов, их масштабных характеристик, особенностей взаимодействия с архитектурой и композиционного построения.

Монументально-декоративное искусство в архитектуре советского модернизма

Во второй половине XX века в архитектуре советских городов широкое распространение получили произведения монументально-декоративного искусства, которые становились важной частью художественного оформления общественных зданий и городских пространств. К числу таких произведений относятся мозаики, сграффито, росписи и монументальная скульптура, активно применявшиеся при формировании архитектурного облика новых районов и общественных центров. Их использование связано с желанием придать архитектуре выразительность и усилить восприятие городской среды [1].

Особенно активно мозаика применялась в архитектуре периода советского модернизма (1960–1980-е годы). В это время монументально-декоративные композиции становились частью архитектурного решения зданий, дополняя их композицию и подчеркивая функциональное назначение сооружений. Мозаичные панно размещались на фасадах общественных зданий, в интерьерах общественных пространств, а также в структуре городских ансамблей, выполняя не только декоративную, но и идейно-образную функцию [2].

Важной особенностью таких произведений являлась их тесная связь с архитектурой. Монументально-декоративные композиции создавались с учетом масштабов здания, его объемно-пространственной структуры и композиционного членения фасада. Благодаря этому мозаика становилась частью архитектурной композиции и воспринималась как элемент единого художественного решения объекта [3]. Подобный подход позволял

интегрировать произведения искусства в архитектурную среду и формировать целостный художественный образ здания или комплекса.

С точки зрения композиции мозаичные панно нередко выполняли роль акцентного элемента фасада. Они могли подчеркивать главный вход, выделять глухие плоскости стен или формировать композиционный центр здания. При этом художественное решение мозаики часто строилось на сочетании крупных цветовых пятен, ритмических повторов и обобщенных образов, что обеспечивало хорошую читаемость композиции на значительном расстоянии [2].

Следует отметить, что монументально-декоративные произведения в архитектуре советского модернизма также выполняли важную градостроительную функцию. Они способствовали формированию визуальных ориентиров в городской среде и придавали индивидуальность типовым зданиям и районам массовой застройки. Благодаря этому мозаичные композиции становились значимым элементом художественного образа города и играли роль своеобразных визуальных доминант в его структуре [1].

Подобные тенденции были характерны для многих городов Советского Союза, включая Новосибирск, где в период активного строительства 1960–1980-х годов также получили распространение мозаичные композиции на фасадах общественных зданий. Эти работы вызывают интерес с точки зрения их архитектурно-композиционного решения и взаимодействия с архитектурой конкретных объектов, что позволяет рассматривать их как важную часть художественной среды города [4].

В ходе исследования на территории Новосибирска выявлено около 40 объектов монументально-декоративного искусства, из которых 18 выполнены в технике мозаики. Эти произведения представлены различными типами размещения: фасадные композиции, мемориальные панно и декоративные элементы городской среды. В настоящей статье внимание сосредоточено исключительно на архитектурных мозаиках (т.е. мозаиках, интег-

рированных в фасады общественных и жилых зданий, а также в малые архитектурные формы, такие как остановочные павильоны), поскольку именно они наиболее полно отражают архитектурно-композиционные особенности взаимодействия монументально-декоративного искусства и архитектуры советского модернизма. В связи с этим для анализа были отобраны 11 ключевых объектов, на основе которых делались выводы о композиционных и архитектурных особенностях мозаичных панно Новосибирска.

Архитектурно-композиционные особенности мозаичных объектов Новосибирска (авторская система классификации)

Расположение мозаик в структуре застройки

Анализ отобранных мозаичных объектов, расположенных в городской среде Новосибирска, показал, что наиболее распространенным вариантом размещения является торцевая часть зданий. В большинстве случаев мозаичные композиции располагаются на глухих торцевых стенах общественных зданий, что связано с необходимостью художественного освоения крупных плоскостей фасадов и создания выразительного архитектурного образа. Так, мозаики «Труд, наука и культура» (1975 год) и «Советская Сибирь» (1970-е годы) (рис. 1, а, б), размещенные на торцевых фасадах, формируют значимые визуальные акценты в городской среде.

Наряду с этим мозаичные композиции могут располагаться и на главных фасадах общественных зданий, где они изначально закладываются в качестве акцентного элемента архитектурного решения. В таких случаях мозаика не только дополняет фасад, но и становится его композиционным центром. Пример – панно «Человек и наука. Медицина» (1984 год) (рис. 1, в), интегрированное в структуру главного фасада.

Вторым по распространенности типом является размещение мозаик на торцах жилых домов (преимущественно типовой за-

стройки). Здесь мозаика выступает как самостоятельный художественный элемент, визуально обогащающий однообразную структуру фасада и придающий ему индивидуальность. К таким примерам относятся декоративное панно «Птицы» (1970 год) (рис. 1, *з*), а также тематические панно «Природа и наука» (1973 год) и «Строители» (1970-е годы) (рис. 1, *д*, *е*), в которых мозаика воспринимается более автономно и слабо связана с архитектурной структурой здания.

Менее распространенным, но также значимым типом является размещение мозаичных композиций на остановочных павильонах. В данном случае мозаика включается в архитектуру малых форм и изначально рассматривается как часть их композиционного решения. Пример – мозаики на остановках «Строительная» и «Проспект Строителей» (1970-е годы) (рис. 1, *ж*, *и*), где декоративное оформление соотносится с масштабом объекта и усиливает его визуальную выразительность.



а



б

Рис. 1. Тематические и декоративные мозаичные панно:
а – «Труд, наука и культура» (фото М.В. Шалыгиной);
б – «Советская Сибирь» ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Панно_на_здании_издательства_\"Советская_Сибирь\".jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Панно_на_здании_издательства_\));



в



г



д



е

Рис. 1. Продолжение:

в – «Человек и наука. Медицина» (<https://i.pinimg.com/736x/49/c9/39/49c939f0b4b3ff82915bf825c44c6702.jpg>);

г – «Птицы» (<https://2gis.ru/novosibirsk/gallery/geo/141373143530540/photoId/30258560108232324?m=82.868501%2C54.975664%2F16>);

д – «Природа и наука»

(<https://2gis.ru/novosibirsk/gallery/geo/141373143517928/photoId/30258560108232170?m=82.943062%2C55.04362%2F16>);

е – «Строители» (<https://2gis.ru/novosibirsk/gallery/geo/141373143519169/photoId/30258560108232363?m=82.943062%2C55.04362%2F16>);



жс



и

Рис. 1. Окончание:

жс – на остановке «Строительная» (<https://static.mk.ru/upload/entities/2025/05/21/08/articles/facebookPicture/a7/22/c0/17/735f77e76cd1eb81aef4a061cf293158.jpg>);

и – на остановке «Проспект Строителей» (https://сибнаследие.рф/wp-content/uploads/mozaika_ostanovka3.jpg)

Масштаб и площадь мозаичных композиций

С точки зрения масштабных характеристик мозаичные композиции, рассмотренные в ходе исследования, можно разделить на две основные группы: крупномасштабные и локальные.

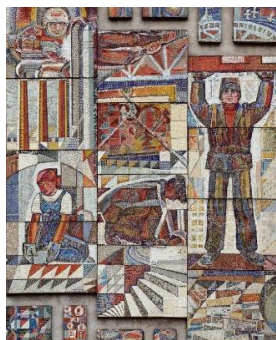
Преобладающее положение занимают крупномасштабные панно, размещенные на значительных плоскостях фасадов. Они, как правило, покрывают большую часть торцевой стены и формируют визуальные доминанты, обеспечивая восприятие композиции с дальних точек городской среды. К таким объектам относятся мозаики «Труд, наука и культура» (1975 год) и «Советская Сибирь» (1970-е годы) (см. рис. 1, а, б), где масштаб напрямую связан с их градостроительной ролью и функцией здания.

Наряду с этим выделяются локальные композиции, имеющие меньшую площадь размещения. Несмотря на более компактные размеры, они сохраняют выразительность за счет укрупненного рисунка, четкой композиционной структуры и контрастного цветового решения. Пример – панно «Игры и занятия школьников» (1967 год) (рис. 2, а), которое – даже при ограниченной площади – остается заметным элементом архитектурной среды.

Таким образом, масштаб мозаичных композиций определяется не только их физическими размерами, но и характером восприятия в городской среде, а также ролью данных композиций в формировании архитектурного образа здания.



a



б



в

Рис. 2. Тематические мозаичные панно:

a – «Игры и занятия школьников»

(<https://2gis.ru/novosibirsk/gallery/geo/141373143533849/photoId/30258560071682114?m=82.943062%2C55.04362%2F16>);

б – «Строители»

(<https://www.sibogni.ru/sites/default/files/kiryanov-1.jpg>);

в – «Новосибирск» (фото М.В. Шалыгиной)

Взаимодействие мозаики с архитектурой

Взаимодействие мозаичных композиций с архитектурой зданий в рассматриваемых случаях носит различный характер

и во многом определяется типом архитектурной среды. В ходе анализа выделено два основных типа взаимодействия: интегрированный и автономный.

Интегрированный тип характерен прежде всего для общественных зданий, где мозаика изначально закладывается в архитектурное решение и подчиняется композиции фасада, учитывая его членение, пропорции и ритм. При этом мозаика выступает как органичная часть архитектурного образа. К данному типу принадлежат панно «Строители» (1972 год) (см. рис. 2, б) и «Человек и наука. Медицина» (1984 год) (см. рис. 1, в), в которых композиция соотносится с конструктивной структурой фасада и воспринимается как его неотъемлемый элемент.

Схожий принцип взаимодействия наблюдается и в малых архитектурных формах. В остановочных павильонах мозаика также интегрирована в архитектуру, однако в рамках более компактного масштаба. Она подчиняется общей композиции объекта и усиливает его выразительность. Пример – мозаики на остановках «Строительная» и «Проспект Строителей» (1970-е годы) (см. рис. 1, ж, и), где декоративное оформление изначально включено в структуру павильона.

Автономный тип взаимодействия чаще встречается в жилой застройке, преимущественно на торцевых фасадах типовых домов. В этом случае мозаика функционирует как самостоятельный художественный элемент, не связанный напрямую с архитектурным членением фасада. Она как бы «накладывается» на плоскость стены, компенсируя ее монотонность и придавая зданию индивидуальность. К таким примерам относятся панно «Птицы» (1970 год) и «Природа и наука» (1973 год) (см. рис. 1, з, д), где композиции воспринимаются независимо от архитектурной структуры.

Таким образом, характер взаимодействия мозаики с архитектурой варьируется от полного подчинения фасадной композиции до относительной автономии, что напрямую связано с типом здания и его функционально-композиционными особенностями.

Композиционные особенности мозаик

Анализ мозаичных объектов Новосибирска показал, что композиционные решения определяются типом здания, масштабом фасада и функциональным назначением пространства.

Наиболее крупные панно расположены на фасадах общественных зданий и имеют сюжетный характер. Примером служат мозаики «Советская Сибирь» (1970-е годы) и «Человек и наука. Медицина» (1984 год) (см. рис. 1, б, в), где композиция занимает значительную часть фасада и интегрирована в архитектурный объем здания, формируя центрическую или панорамную доминанту. Фигуры изображены в полный рост, цветовая гамма контрастная, что усиливает монументальный эффект и подчеркивает центральные идеи панно.

Фризové (линейные) композиции характерны для протяженных фасадов, как в мозаиках «Игры и занятия школьников» (1967 год) и «Новосибирск» (1972 год) (см. рис. 2, а, в), где декоративная лента повторяет горизонтальный ритм окон, объединяя отдельные элементы в художественное целое. Аналогичный подход применен в мозаиках на остановках «Строительная» и «Проспект Строителей» (1970-е годы) (см. рис. 1, ж, и), где последовательность панелей создает ритм и декоративную динамику, соответствующую масштабу малых архитектурных форм.

На торцах жилых домов чаще встречаются автономные вертикально ориентированные композиции. Пример – мозаики «Природа и наука» (1973 год) и «Строители» (1970-е годы) (см. рис. 1, д, е). Они интегрированы в модульную структуру панелей, но не подчиняются ритму окон, выступая как самостоятельные художественные акценты. Цветовая гамма таких панно сдержанная, контрастность умеренная, что позволяет им органично вписаться в архитектуру жилых массивов.

Центрические композиции формируют визуальные доминанты, фризové и модульные – ритмическую связь и декоративное единство, а свободные живописные решения создают динамику и эмоциональное насыщение фасада. Таким образом, композиционные особенности мозаик Новосибирска отражают

сочетание функциональных, архитектурных и художественных задач, превращая фасады и малые архитектурные формы в выразительные ориентиры городской среды.

Основные данные обо всех рассмотренных мозаичных объектах представлены в таблице:

Объект	Год/годы создания	Расположение	Автор
Тематическое панно «Строители» (рис. 2, б)	1972	Концертный зал «Евразия»/«Сибирь-Концерт» (ранее – Дворец культуры «Строитель»), ул. Селезнева, 46	Василий Кирьянов
Тематическое панно «Новосибирск» (рис. 2, в)			
Тематическое панно «Строители» (рис. 1, е)	1970-е	Жилой дом, ул. Селезнева, 33а	–
Тематическое панно «Человек и наука. Медицина» (рис. 1, в)	1984	Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины, ул. Тимакова, 2	Василий Кирьянов
Тематическое панно «Советская Сибирь» (рис. 1, б)	1970-е	Производственно-административное здание, ул. Немировича-Данченко, 104	Владимир Сокол
Тематическое мозаичное панно «Игры и занятия школьников» (рис. 2, а)	1967	Административное здание, ул. Саввы Кожевникова, 39	Василий Кирьянов
Тематическое панно «Природа и наука» (рис. 1, д)	1973	Жилой дом, ул. Учительская, 19/2	–
Тематическое панно «Труд, наука и культура» (рис. 1, а)	1975	Административное здание, ул. Красный проспект, 65/ул. Гоголя, 5	Василий Кирьянов

Окончание таблицы

Объект	Год/годы создания	Расположение	Автор
Декоративное панно (рис. 1, и)	1970-е	Остановка «Проспект Строителей», ул. Проспект Строителей, Академгородок	Сергей Григорьев
Тематическое панно (рис. 1, ж)	1970-е	Остановка «Строительная», ул. Мира	–
Декоративное панно «Птицы» (рис. 1, з)	1970	Жилой дом, ул. Степная, 49	–

Заключение

Мозаичные композиции советского модернизма в Новосибирске являются важной частью архитектурной среды города и заметно влияют на восприятие застройки. Они помогают разнообразить типовые фасады и формируют визуальные акценты в городской среде.

Анализ показал, что характер размещения мозаик, их масштаб и взаимодействие с архитектурой напрямую связаны с типом здания и его функцией. При этом мозаика выполняет не только декоративную роль, но и участвует в организации пространства, создавая ритм, акценты и композиционные связи.

Разнообразие композиционных решений – от крупных доминант до более локальных и ритмичных композиций – отражает стремление к художественному осмыслению архитектуры массовой застройки.

Таким образом, мозаичные объекты выступают как важный элемент синтеза искусства и архитектуры, обеспечивая выразительность городской среды и сохраняя культурно-историческую ценность застройки второй половины XX века.

Список источников

1. Иванова-Ильичева А.М., Стушняя И.А., Орехов Н.В. Мозаика в декоративном убранстве зданий эпохи советского

модернизма (на примере города Ростова-на-Дону) // Грамота. 2017. № 12 (86), часть 5. С. 100–103. <https://www.gramota.net/article/hss20171826/fulltext> (дата обращения: 16.03.2026).

2. Ижганайтене А.Н. Метод проектирования монументально-декоративного произведения в технике художественной росписи (на примере реновации фасада мебельного центра «Эталон» в Иркутске) // *Architecton: Proceedings of Higher Education*. 2024. № 2 (86). DOI [https://doi.org/10.47055/19904126_2024_2\(86\)_25](https://doi.org/10.47055/19904126_2024_2(86)_25). http://archvuz.ru/en/2024_2/25/ (дата обращения: 16.03.2026).
3. Посохина А.М., Семенова В.В. Произведения монументального искусства в контексте городской среды Санкт-Петербурга // *Архитектон: известия вузов*. 2023. № 4 (84). DOI [10.47055/19904126_2023_4\(84\)_29](https://doi.org/10.47055/19904126_2023_4(84)_29). http://archvuz.ru/2023_4/29/ (дата обращения: 16.03.2026).
4. Веденяпина Н. Как сохраняется история в советских мозаиках на примере работ 70-80-х г. в Москве и Новосибирске? // HSE University: сайт https://hsedesign.ru/project/75837cfbd4dc04e23864ca0012991d431?utm_medium%20=%20organic&utm_source%20=%20yandexsmartcamera (дата обращения: 16.03.2026).

References

1. Ivanova-Ilicheva A.M., Stushnyaya I.A., Orekhov N.V. Mosaic in the Decorative Design of Buildings of the Soviet Modernism Era (on the Example of Rostov-on-Don). *Gramota = Charter*. 2017; (12-5): 100–103. <https://www.gramota.net/article/hss20171826/fulltext> (Accessed: 16.03.2026). (In Russ.).
2. Izhganaitene A.N. Methodology of Designing a Monumental Decorative Artwork in the Painting Technique Using the Example of Renovation of the Facade of the “Etalon” Furniture Center (Irkutsk). *Architecton: Proceedings of Higher Education*. 2024; (2). [https://doi.org/10.47055/19904126_2024_2\(86\)_25](https://doi.org/10.47055/19904126_2024_2(86)_25) (Accessed: 16.03.2026). (In Russ.).

3. Posokhina A.M., Semenova V.V. Works of monumental Art in the Context of the Urban Environment of Saint Petersburg. *Ark-hitekton: Izvestiya vuzov = Architecton: Proceedings of Higher Education*. 2023; (4). DOI 10.47055/19904126_2023_4(84)_29. https://archvuz.ru/2023_4/29/ (Accessed: 16.03.2026). (In Russ.).
4. Vedenyapina N. How is History Preserved in Soviet Mosaic Using works from the 1970s–1980s in Moscow and Novosibirsk as an Example? *HSE University: website*. https://hsedesign.ru/project/75837cfbddc04e23864ca0012991d431?utm_medium%20=%20organic&utm_source%20=%20yandexsmartcamera (Accessed: 16.03.2026). (In Russ.).

Информация об авторах

М.В. Шалыгина – магистрант

Е.В. Кетова – канд. архитектуры, доцент

Information about the authors

M.V. Shalygina – Master's Student

E.V. Ketova – Candidate of Architecture, Associate Professor

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию	10.04.2026	The article was submitted	10.04.2026
Одобрена после рецензирования	22.04.2026	Approved after reviewing	22.04.2026
Принята к публикации	19.05.2026	Accepted for publication	19.05.2026

Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 199–221. ISSN 1815-5987

Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026; 29 (3-1): 199–221. ISSN 1815-5987

Научная статья

УДК 711.4.01:711.16

DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-199-221

ГОРОД-ПРИЗРАК КАК ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ПРОВАЛ: ОТ ДИАГНОСТИКИ К СТРАТЕГИИ ТРАНСФОРМАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ БИЛИБИНО)

**Сабина Гасан Кызы Яралиева¹,
Татьяна Алексеевна Маметова²**

¹Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия,
yaralieva.sabina04@mail.ru

²Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия,
t.peregutova@sibstrin.ru

Аннотация. Статья посвящена феномену городов-призраков как результату системных градостроительных ошибок. Уточнено определение понятия, предложена типология по первопричине упадка, выявлены ключевые градостроительные просчеты и систематизированы последствия депопуляции на физическом, экологическом и социально-экономическом уровнях. Практическая часть представляет собой стратегию трансформации города Билибино, находящегося в активной фазе умирания. На основе SWOT-анализа разработана концепция (стратегия трансформации) «Арктический хаб: энергия, наука, туризм», включающая три синергетических кластера, принцип умного сжатия территории и идею дорожной карты с оценкой бюджетной и социальной эффективности. Предложенная модель обладает реплицируемо-

стью и может служить пилотным проектом для реабилитации депрессивных моногородов Арктической зоны Российской Федерации.

Ключевые слова: город-призрак, градостроительный провал, моногород, умное сжатие, Билибино, Арктика, ревитализация

Благодарности: авторы выражают благодарность организационному комитету 83-й Всероссийской студенческой научно-технической конференции Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин) за приглашение к публикации в журнале «Труды НГАСУ».

Для цитирования: Яралиева С.Г.К., Маметова Т.А. Город-призрак как градостроительный провал: от диагностики к стратегии трансформации (на примере Билибино) // Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 199–221. DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-199-221.

Original article

GHOST TOWN AS AN URBAN PLANNING FAILURE: FROM DIAGNOSTICS TO TRANSFORMATION STRATEGY (CASE STUDY OF BILIBINO)

**Sabina Gasan Kyzy Yaraliev¹,
Tatiana Alekseevna Mametova²**

¹Novosibirsk State University of Architecture and Civil
Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia,
yaraliev.sabina04@mail.ru

²Novosibirsk State University of Architecture and Civil
Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia,
t.peregutova@sibstrin.ru

Abstract. This article examines the phenomenon of ghost towns as a result of systemic urban planning failures. The author clarifies the definition of the concept, proposes a typology based on the root causes of decline, identifies key urban planning miscalculations, and systematizes the consequences of depopulation at the physical, environmental, and socio-economic

levels. The practical part presents a transformation strategy for the town of Bilibino – a settlement in the active phase of dying. Based on a SWOT analysis, the concept “Arctic Hub: Energy, Science, Tourism” has been developed. It includes three synergistic clusters, the principle of smart shrinkage of the territory, and a roadmap until 2040 with an assessment of budgetary and social efficiency. The proposed model is replicable and can serve as a pilot project for the rehabilitation of depressed single-industry towns (monotowns) in the Russian Arctic zone.

Keywords: ghost town, urban planning failure, monotown, single-industry town, smart shrinkage, Bilibino, Arctic, revitalization

Acknowledgments: The authors express their gratitude to the organizing committee of the 83rd All-Russian Student Scientific and Technical Conference of Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin) for the invitation to publish in the journal “Trudy NGASU”.

For citation: Yaraliev S.G.K., Mametova T.A. Ghost Town as an Urban Planning Failure: from Diagnostics to Transformation Strategy (Case Study of Bilibino). *Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2026; 29 (3-1): 199–221. (In Russ.). DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-199-221.

Введение

В большинстве случаев урбанизацию воспринимают как прогресс, рост городов и расширение возможностей для жителей. Однако данный процесс имеет обратную сторону – феномен возникновения городов-призраков, т.е. территорий, утративших свое население и экономическую функцию. Изучение этого явления остается актуальной задачей, вызывающей как академический, так и практический интерес – депопуляция городских территорий по всему миру носит системный характер.

Данный феномен в последние десятилетия изучается в зарубежной и отечественной науке. В статье В.А. Ефремовой [1] представлен обзор российских и международных исследований городов, теряющих население, с выделением основных тематических направлений и научных центров, занимающихся данной проблематикой. В зарубежных работах предметом анализа подобных процессов выступает концепция сжимающихся городов.

В российской науке аналогичные явления рассматриваются в контексте оптимизационной парадигмы (например, у В.С. Баженовой [2]). Глобальный масштаб феномена городов-призраков как крайней формы депопуляции отражен в статье М.А. Филобок [3].

Особое внимание стоит уделить специфике арктических территорий Российской Федерации. Анализ И.С. Антоновой [4] советской модели моногорода в теории диверсификации дает понять, что высокая степень уязвимости городов была заложена изначально – критической привязкой к одному градообразующему объекту без альтернативных секторов экономики. Г.Ф. Деттер и А.О. Лёвкина отмечают, что в условиях современности арктические города чаще переосмысляются из ресурсных придатков в потенциальные центры «умной устойчивости» [5].

Глобальный масштаб депопуляции урбанизированных территорий и отсутствие апробированных моделей их ревитализации – причины актуальности настоящего исследования.

Цель работы заключается в комплексном анализе феномена городов-призраков как результата системных градостроительных ошибок и разработке на основе этого анализа практической стратегии трансформации для конкретного города (Билибино).

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) уточнить определение понятия «город-призрак» и предложить его типологию;
- 2) выявить и охарактеризовать основные типы градостроительных ошибок, приводящих к депопуляции;
- 3) систематизировать последствия депопуляции по трем уровням;
- 4) разработать и обосновать стратегию трансформации для выбранного города.

Объект исследования – феномен городов-призраков как результат системных градостроительных и управленческих ошибок.

Предмет – причины, механизмы развития и последствия депопуляции города Билибино, а также его ревитализации в условиях смены градообразующей отрасли.

Гипотеза исследования заключается в следующем: город, сохранивший уникальные инфраструктурные и природные ресурсы, но находящийся в активной фазе депопуляции, имеет возможность трансформации от модели дотационной зависимости к модели устойчивого развития путем диверсификации экономики, применения стратегии управляемого пространственного сжатия и создания новых функциональных кластеров, не связанных с прежней градообразующей отраслью.

В работе применены общенаучные и специальные *методы исследования*.

В число общенаучных входят:

- анализ (изучение терминологии и типологии городов-призраков);
- синтез (формирование стратегии трансформации города);
- дедукция (от общих закономерностей к частным случаям);
- аналогия (сопоставление города Билибино с другими депопулирующими городами).

В качестве специальных методов использованы:

- case-study – детальное исследование города Билибино как репрезентативного примера территории в активной стадии депопуляции;
- SWOT-анализ – диагностика сильных и слабых сторон, возможностей и угроз развития данной территории;
- сценарный подход – сопоставление инерционного (пессимистического) и проектного (оптимистического) сценариев дальнейшего развития;
- принципы мастер-планирования и стратегия управляемого сжатия, теоретическое обоснование которой применительно к российским условиям представлено в работе С.К. Волкова [6].

Основная часть

Определение понятия «город-призрак» и его типология

Город-призрак – это урбанизированная территория, депопуляция которой достигла критического уровня, сохраняющая формальный статус города, но утратившая способность к самовоспроизводству городской среды без внешнего дотационного финансирования. Часто этот термин могут путать с понятием «город-пузырь». Однако между ними есть существенное отличие – города-пузыри изначально строятся как спекулятивные проекты (и в итоге так и не обретают реального населения).

На основе исследований отечественных авторов, таких как Е.И. Архипова и Н.Е. Козыренко [7], Е.С. Власова и И.Ю. Грин [8], С.В. Монченко [9], а также Л.Р. Сайранова [10], в работе предлагается типология городов-призраков по первопричине их упадка:

- 1-й тип – ресурсно-зависимые (моногорода). Истощение природных ресурсов месторождения и технологическая нерентабельность градообразующего объекта делают дальнейшее существование города экономически бессмысленным.

- 2-й тип – инфраструктурно-обеспеченные. Данные города выступают транспортно-логистическими узлами, но изменение грузопотоков, эксплуатация более совершенных транспортных магистралей или распространение альтернативных способов перевозки лишают их градообразующей функции.

- 3-й тип – города-жертвы катастроф. Радиационное, химическое заражение, постоянная угроза стихийных бедствий – основная группа рисков непригодности территорий к безопасному проживанию. Гибель таких городов происходит внезапно, как правило, под воздействием внешней силы – техногенной или природной катастрофы.

- 4-й тип – военно-политические города. Дальнейшее существование таких городов определяется на стыке геополитики, военной стратегии и внутривнутриполитических решений – активные боевые действия, учреждение режима закрытых пограничных

территорий и массовые репрессии населения создают осязаемый барьер для развития жизни города.

Системные градостроительные ошибки

Кризис в экономике, политике или экологии может стать лишь поводом для запустения города, но не основной причиной. Необратимость процесса депопуляции предопределена целой системой градостроительных просчетов, заложенных еще на этапе проектирования и развития города. В ходе исследования были разобраны основные градостроительные ошибки:

1. Монопрофильность экономики. Город с одной экономической специализацией (при отсутствии развития смежных отраслей) подвержен риску депопуляции, так как экономический кризис главного градообразующего предприятия влечет за собой коллапс всей системы.

2. Негибкая планировочная структура. Городская ткань, спроектированная без заложения возможностей для будущей трансформации среды, выступает основанием вероятного кризиса города, так как может стать малоэффективным и экономически затратным инфраструктурным наследием.

3. Игнорирование экологических и географических рисков. Строительство на территории с высокой экологической нагрузкой или риском природных катастроф становится фактором отложенной угрозы. Потенциальная катастрофа может привести к необратимым последствиям как в экономическом, так и в физическом смысле.

4. Социально-демографическая хрупкость. Формирование населения города с однородным профессиональным составом и слабые социальные институты ведут к неизбежной демографической и социальной деградации. В силу отсутствия альтернативных сценариев жизни на данной территории неизбежен массовый отток населения.

Соблюдение принципов устойчивости, диверсификации и адаптивности служит сильной основой для проекта города, не подверженного депопуляции. Однако рассмотрение системных градостроительных ошибок прошлого является неотъемлемой частью понимания того, как строить города будущего.

Последствия депопуляции

Процесс запустения города не заканчивается миграцией большей части населения. Развитие депопуляции протекает комплексно и отражается в городской системе на нескольких уровнях:

- Физический (градостроительный) уровень. Разрушению подвергается структурная целостность среды. Первичному износу подлежат инженерные коммуникации жизнеобеспечения. Прекращение обслуживания имущества в сочетании с вандализмом ведет к лавинным техногенным инцидентам. Отсюда следует повышение опасности и аварийности городской инфраструктуры.

- Экологический уровень. Через поврежденные конструкции в почвенные горизонты и акватории поступают асбестовая пыль, соли тяжелых металлов, остатки углеводородов. Следствием данных процессов становится образование очага хронического загрязнения. Бездзорные строения и пустующие площади превращаются в очаги пожаров и несанкционированных свалок.

- Социально-экономический уровень. Ранее осуществленные вложения в жилищное строительство, коммунальные сети и объекты социальной сферы подвергаются полному обесцениванию. Переселение жителей провоцирует психологическую травматизацию, выражающуюся в снижении социального статуса и риске маргинализации значительной части перемещенных лиц.

Изучение последствий депопуляции позволяет перейти от общей оценки упадка к выявлению конкретных уязвимых зон для выработки комплексных мер коррекции, представленных в таблице.

Комплексный анализ последствий депопуляции

Сфера последствий	Конкретные проявления	Практический вывод	Методы диагностики и анализа
Градостроительная	Деградация инженерной инфраструктуры	Необходима первоочередная инвентаризация и оценка стоимости содержания разрушающегося фонда для принятия взвешенного решения о судьбе территории	Инженерно-технический аудит для оценки стоимости восстановления, консервации или сноса
	Физическое разрушение зданий и сооружений		Лазерное сканирование и аэрофотосъемка для мониторинга темпов разрушения и составления карт аварийности
	Утрата связности и функциональности публичных пространств		Картографирование и анализ связности пространств
Экологическая	Загрязнение почв и водных ресурсов	Экологическая реабилитация – не финальный этап, а первоочередная мера для остановки дальнейшей дегградации и повышения инвестиционного потенциала территории	Геоэкологический мониторинг (отбор и анализ проб почвы и воды)
	Нарушение локальных экосистем		Геоинформационное моделирование для оценки рисков пожаров и паводков
	Эффект вторичного запустения		Оценка инвестиционной привлекательности после ремедиации
Социально-экономическая	Колоссальные безвозвратные финансовые потери	Требуется создание специальных государственных программ и механизмов государственно-частного партнерства для перераспределения финансового бремени и поиска новой экономической модели для территории	Расчет «цены бездействия» – ежегодных затрат бюджета на содержание зоны отчуждения
	Социальная травма и потеря идентичности у бывших жителей		Социологические опросы бывших жителей для оценки масштабов утраты социального капитала
	Постоянное бюджетное бремя на содержание и обеспечение территории		Анализ потенциальных альтернативных функций территории

Депопуляция городской среды опасна и самим процессом, и его последствиями. Физическая деградация провоцирует экологический кризис, который в свою очередь делает невозможным социально-экономическое восстановление. Разорвать эту деструктивную причинно-следственную связь возможно только при условии комплексного воздействия на всех трех уровнях одновременно. В настоящее время в России и в мире проблема городов-призраков все еще не решена и требует особого внимания в силу сложности самого феномена, находящегося на стыке экономики, экологии и социальной психологии. Без разработки универсальной стратегии трансформации города-призрака каждая такая территория будет оставаться не только символом упадка, но и постоянным источником финансовых и экологических рисков для государства.

Кейс города Билибино: диагностика территории в активной стадии депопуляции

Обоснование выбора объекта для проектной трансформации

В качестве объекта исследования выбран город Билибино, расположенный в Чукотском автономном округе (АО). Данное решение не ограничивается одной причиной.

Во-первых, Билибино – почти показательный случай постсоветского монопрофильного поселения, вошедшего в фазу глубокой системной деградации после упадка золотодобычи. В период с конца 1980-х по 2009 год город потерял около 65 % жителей, что многое проясняет – не только масштаб спада, но и его затяжной характер.

Во-вторых, Билибино – не заброшенное поселение в буквальном смысле, это город, не сумевший стабилизироваться. В данном случае можно говорить об *активной стадии коллапса*: социально-экономическое сжатие еще не дошло до предела, однако направление процесса вполне очевидно.

При этом кризис нивелирует исследовательскую ценность города. У него сохраняются ресурсы, которые в логике диверсификации до сих пор почти не переосмыслены: Билибинская

АЭС, статус районного центра, окружающие ландшафты, сравнительно мало затронутые антропогенной нагрузкой.

Н.Ю. Замятина пишет о пульсирующей динамике арктических городов, где периоды освоения и миграционного притока сменяются резким демографическим откатом [11]. Билибино вписывается в эту модель с высокой степенью точности. В статье [12] уязвимость таких поселений связывается с моноотраслевой специализацией и преобладанием вахтового труда.

Таким образом, работа с городом Билибино важна не только в прикладном смысле – как попытка наметить план действий для конкретного населенного пункта. Через него, по нашему мнению, можно проверить более общий подход: насколько вообще возможно собрать функционирующую модель ревитализации для других условно угасающих северных центров.

SWOT-анализ текущего состояния

SWOT-анализ позволяет соотнести внутренние свойства территории с внешними условиями, которые либо поддерживают ее развитие, либо, наоборот, обнажают пределы устойчивости.

В случае города Билибино картина представляется двойственной. С одной стороны, у территории сохраняется энергетическая база в виде Билибинской АЭС, есть минерально-сырьевой потенциал, административные функции районного центра и – что не сразу очевидно, но существенно – арктическая уникальность ландшафта, важная как в контексте туризма, так и исследовательского интереса. С другой стороны, город характеризуется финансовой зависимостью, транспортной изоляцией, изношенностью коммунальной и жилой инфраструктуры, а также продолжающимся оттоком молодого и трудоспособного населения.

Во внешней среде также нет однозначности. Возникают ниши, связанные с низкоуглеродной энергетикой, арктической наукой, специализированным туризмом и федеральными программами поддержки. В то же время в числе проблем можно назвать возможный вывод АЭС из эксплуатации, демографическое сжатие, деградацию мерзлоты и неопределенность долгосрочного государственного финансирования. Именно в этом пе-

ресечении ресурсов и уязвимостей и проявляется нынешнее положение города.

Инерционный сценарий

(при отсутствии целенаправленных действий)

Сохранение существующего вектора управления без активного вмешательства позволяет очертить инерционный сценарий развития.

Демографически город Билибино, по-видимому, сократится до 2000–2500 постоянных жителей. Преобладают будут старшие возрастные группы и вахтовый персонал, не связанный с населенным пунктом долгосрочными планами.

Экономические факторы обуславливают утрату поселением официального статуса города. Территория все больше будет выполнять функции малорентабельного вспомогательного узла при локальной горнодобыче, а свыше 90 % бюджетных поступлений составят федеральные дотации.

В пространственной организации сохранится управляемое сжатие: снос аварийного жилья и вывод из эксплуатации крупных селитебных зон усилят разрывы в планировочной ткани и расширят зоны запустения.

Социальная инфраструктура продолжит сворачиваться. Образовательные учреждения, культурно-досуговые центры и формы внеучебной занятости исчезнут, а оставшееся население будет жить в условиях крайне ограниченного доступа даже к базовым услугам.

Если указанный сценарий не изменить, Билибино постепенно утратит признаки жизнеспособного города и начнет смещаться к состоянию города-призрака. Выход здесь связан уже не с частичной корректировкой, а с иной моделью развития.

Выводы SWOT-анализа как основа для стратегии

Результаты SWOT-анализа позволяют зафиксировать ряд принципиальных положений. Внутренние ресурсы города Билибино в совокупности с внешними факторами создают три вектора диверсификации экономики. К таковым относятся: энергопроизводство на основе водородных технологий, формирование

научно-исследовательской площадки международного уровня (климатический мониторинг) и развитие сегмента экстремального и познавательного туризма.

Вместе с тем выявленные ограничения (наряду с внешними рисками) обосновывают целесообразность перехода к модели управляемого пространственного сжатия. Реализация преобразований предполагает поэтапный характер.

С учетом обозначенных выводов предлагается авторский вариант стратегии трансформации городского пространства.

Стратегия трансформации «Арктический хаб: энергия, наука, туризм»

Теоретическое обоснование предлагаемой стратегии

Стратегический вектор дальнейшего существования города Билибино базируется на двух концептуальных подходах. Первый из них отсылает к сформулированному И.С. Антоновой принципу диверсификации экономического уклада монопрофильных поселений [4]. Суть предложения заключается не в попытке искусственного продления жизненного цикла истощившей себя золотодобывающей индустрии, а в учреждении трех автономных несырьевых образований, принципиально отличных от исторически сложившейся хозяйственной ориентации города. Второй подход коррелирует с моделью *управляемого сжатия*, адаптированной С.К. Волковым к отечественным реалиям [6]. Данная стратегия учитывает арктическую специфику через механизм концентрации всех доступных ресурсов (финансовых, кадровых, инфраструктурных) в трех компактных кластерах с одновременной консервацией деградировавших и наименее перспективных кварталов.

Проект «Арктический хаб: энергия, наука, туризм» структурирован тремя функциональными блоками, взаимодействие которых порождает синергетический эффект:

1. Энергетический блок. Предполагается трансформация энергии Билибинской АЭС в экспортный продукт, ориентированный на внешние рынки (генерация зеленого водорода), а также организация экспериментальной площадки арктических

энерготехнологий. Сюда входят гибридные связки атомной генерации с возобновляемыми источниками и передовыми накопителями энергии.

2. Научно-исследовательский блок. Фактор территориальной удаленности переосмысливается как конкурентное преимущество для проведения фундаментальных климатических наблюдений мирового масштаба. Учреждение международной арктической станции призвано выполнять функцию катализатора интеллектуальной миграции и воспроизводства квалифицированных кадров.

3. Туристический блок. Экстремальность локации рассматривается как экономический актив, подлежащий монетизации. Речь идет о формировании рынка эксклюзивных предложений в сферах экспедиционного, научно-просветительского и промышленного туризма (включая доступ на объекты атомной энергетики, посещение золотых приисков и организацию наблюдений полярного сияния).

На основе предложенной концепции сформулированы следующие *стратегические цели*:

- Экономическая диверсификация. Формирование трех новых кластерных образований, не связанных с добычей сырья (энерготехнологического, научно-образовательного и туристско-сервисного).

- Демографическая стабилизация. Достижение целевого ориентира по численности постоянного населения планируется обеспечить за счет механизмов миграционного привлечения и последующего укоренения жителей. Основным инструментом здесь выступает создание новых высококвалифицированных рабочих мест.

- Пространственная и социальная реабилитация. В рамках данного вектора намечена масштабная реновация жилищно-коммунального фонда. Формирование качественно новой комфортной городской среды рассматривается как необходимое условие для снижения оттока имеющегося населения и стимулирования притока новых резидентов.

Функциональное зонирование: принцип умного сжатия

Вместо распределения ограниченных ресурсов по всей исторически разросшейся территории предлагается модель точечного развития. Ее логика связана не с поддержанием всего городского массива, а с поэтапной консервацией наиболее изношенных кварталов и переносом населения, инвестиций и нового строительства в три взаимосвязанных кластера, формирующих более компактный городской каркас.

Кластер «Технопарк Арктика» тяготеет к зоне влияния Билибинской АЭС. Здесь сосредотачиваются энергетические и научные функции: опытно-промышленное производство зеленого водорода, испытания арктических энерготехнологий, а также модули международной исследовательской станции с лабораториями и жильем для специалистов.

Иную роль получает кластер «Арктика-Хаб», развиваемый вдоль основной транспортно-логистической оси. Он опирается на уже существующую инфраструктуру и собирает сервисные, туристические и репрезентационные объекты: гостиничный комплекс, визит-центр, музейно-выставочное пространство, торговлю, общественное питание, досуговые площадки.

Жилая функция концентрируется в кластере «Северный квартал», который предполагается развивать на месте реновируемой застройки. Речь идет о модульном энергоэффективном жилье, приспособленном к условиям мерзлоты, общественном центре с базовыми социальными функциями и защищенных рекреационных пространствах.

Собственно каркас не замыкается внутри города. Снаружи он поддерживается модернизацией аэропорта и развитием все-сезонной дороги к ключевым месторождениям, внутри – интеллектуальными энергосетями, волоконно-оптической связью и локальными системами водоочистки и водоснабжения. Иначе говоря, проект строится не на расширении, а на сжатии, сборке и переопределении городской структуры.

Стратегия развития территории по этапам

Реализация предлагаемой стратегии требует поэтапного подхода и смешанной модели финансового обеспечения, сочетающей государственные средства, частные инвестиции и гранты международных научных фондов.

Этап 1. Запуск и инфраструктура. В обозначенный период подлежат выполнению: подготовка проектно-сметной документации кластерных объектов; восстановление и модернизация инженерных сетей (энергообеспечение, связь, водоподготовка); возведение опытной водородной установки малой производительности; реконструкция аэропортового комплекса и прокладка всесезонной трассы к участку Кючус (Республика Саха (Якутия)). Основу капитальных вложений формируют средства целевых арктических программ государства и ресурсы частного аэропортового оператора.

Этап 2. Становление кластеров. Содержание этапа охватывает: ввод первой очереди жилого сектора «Северный квартал»; организацию туристического узла «Арктика», включающего средство размещения и информационный центр; переход к промышленной эксплуатации водородного завода; запуск стартового исследовательского цикла на международной научной площадке. Финансовую нагрузку на этой стадии берет на себя преимущественно частный капитал в отраслях энергетики и туризма, а также дотации научных организаций.

Этап 3. Устойчивое развитие. Завершающая стадия предусматривает: окончательную реализацию мастер-плана; организацию каналов экспорта водородного топлива; развертывание образовательных модулей на базе научной станции. Ключевым источником покрытия затрат становится реинвестирование доходов, поступающих от экспортной выручки и туристического потока, при сохранении доли частного капитала.

Ожидаемая эффективность предлагаемой стратегии

Реализация предложенной стратегии позволит достичь следующих результатов:

- Бюджетная эффективность – снижение зависимости местного бюджета от федеральных дотаций, формирование новых налоговых поступлений.
- Социальная эффективность – создание новых высококвалифицированных рабочих мест, повышение качества жизни населения (доступ к современному жилью, медицинскому обслуживанию, образованию), закрепление молодежи в регионе.
- Экологическая эффективность – снижение экологической нагрузки территории за счет перехода на водородные технологии и внедрения принципов зеленого строительства.

Обсуждение

Предлагаемый подход коррелирует с современным вектором развития арктических поселений, определяемым как «умная устойчивость» [5]. В отличие от техноцентричных концепций, в основу представленной модели заложен принцип синергетического взаимодействия трех функциональных блоков, различных по своей природе, но находящихся во взаимозависимости: энергетического, научного и туристического. Данное обстоятельство дает основания трактовать перспективу города не в узкоинфраструктурном ключе, а в парадигме комплексной социально-экономической устойчивости.

Исходная гипотеза работы, состоявшая в предположении о возможности трансформации вектора развития города Билибино от дотационной модели жизнеобеспечения к режиму устойчивого функционирования за счет экономической диверсификации, применения тактики управляемого сжатия и формирования функциональных кластеров нового типа, нашла эмпирическое подтверждение в ходе проектирования. Результаты SWOT-анализа свидетельствуют, что внутренние преимущества города (действующая АЭС, статус административного центра, природно-ресурсный потенциал) интегрируются с внешними факторами (общемировой запрос на декарбонизацию, рост внимания научного сообщества к высокоширотным регионам, увеличение потока туристов). При этом реализация мер управляемо-

го сжатия нивелирует воздействие уязвимостей и внешних рисков.

Сопоставление с зарубежным опытом (кейс перемещения города Кируна, Швеция [13]) демонстрирует, что диверсификация управляемой консолидации является универсальным инструментом работы с депопулирующими городами. Вместе с тем ее применение в условиях российской Арктики сопряжено с рядом специфических барьеров. К таковым относятся: предельная удаленность транспортных коммуникаций, высокая капиталоемкость возведения объектов на многолетнемерзлых грунтах, а также критическая зависимость от поступлений из бюджетов вышестоящего уровня. Указанные ограничения, детально проработанные в исследованиях [11, 12], учтены в стратегическом плане посредством введения поэтапного алгоритма запуска и использования гибридной схемы финансирования.

Существенным допущением текущей работы выступает ее проектно-ориентированный, а не расчетно-инвестиционный профиль. Выдвинутая стратегия нуждается в последующей верификации экономического блока, предполагающей оценку доходности каждого из трех обозначенных кластеров и скрупулезный анализ социальных последствий переселения граждан из законсервированных жилых массивов. Несмотря на отмеченное ограничение, предложенная модель характеризуется значительным потенциалом тиражирования и может быть адаптирована к иным монопрофильным образованиям Арктической зоны РФ, испытывающим сходные демографические проблемы.

Заключение

Результаты выполненного исследования дают основание для формулирования ряда итоговых положений.

Возникновение феномена городов-призраков трактуется в работе не как случайное событие, а как закономерное следствие функционирования изначально ущербной градостроительной парадигмы, в основе которой лежало пренебрежение принципами устойчивости, диверсификации и способности к адаптации. Предложенная типологическая классификация городов по

первопричине упадка (ресурсно-зависимые, инфраструктурно-обеспеченные, города-жертвы катастроф, военно-политические) дает возможность системно анализировать различные сценарии депопуляции.

В ходе работы выявлены четыре фундаментальные ошибки планирования, предопределяющие утрату городом жизнеспособности: монопрофильность экономики, негибкость планировочной структуры, игнорирование экологических и географических ограничений, социальная хрупкость населения. Последствия депопуляции носят кумулятивный характер, разрушая город одновременно на физическом, экологическом и социально-экономическом уровнях.

Проведенное исследование города Билибино (Чукотский АО), находящегося в фазе активного демографического сжатия, позволило предложить и аргументировать стратегию трансформации, обозначенную как «Арктический хаб: энергия, наука, туризм». Концепция опирается на принципы отраслевой диверсификации и управляемого пространственного сжатия. В ее архитектуру заложены три функциональных кластера, а также идеи дорожной карты мероприятий.

Исходная гипотеза относительно возможности перехода депопулирующего города к модели устойчивого развития через диверсификацию и управляемое сжатие получила подтверждение. Представленная в исследовании модель характеризуется значительным потенциалом тиражирования. Она может рассматриваться в статусе экспериментальной площадки не только в контексте проблематики северных монопрофильных образований РФ, но и применительно к иным локациям с признаками системного угасания.

Список источников

1. Ефремова В.А. Отечественный и зарубежный опыт изучения городов, теряющих население: тематика, методы и центры исследования // Региональные исследования. 2015. № 3 (89). С. 86–98.

2. Баженова В.С. Развитие сжимающихся городов в контексте парадигмы оптимизации // Город, пригодный для жизни: сб. трудов IV Междунар. науч.-практ. конф. (Красноярск, 11–12 нояб. 2021 г.). Красноярск: СФУ, 2022. С. 13–19.
3. Филобок М.А. Города-призраки в современном мире // Мировая наука. 2024. № 1 (82). С. 155–157.
4. Антонова И.С. Теория диверсификации экономики моногорода // Вестник науки Сибири. 2015. № 2 (17). С. 179–192.
5. Деттер Г.Ф., Лёвкина А.О. Арктические города России на пути к умной устойчивости // Арктика: экология и экономика. 2023. Т. 13, № 2. С. 180–187. DOI 10.25283/2223-4594-2023-2-180-187.
6. Волков С.К. Управляемое сжатие городов в России: логика, возможности и механизмы реализации // Региональная экономика. 2023. Т. 21, № 2. С. 101–115. DOI 10.18522/2073-6606-2023-21-2-101-115.
7. Архипова Е.И., Козыренко Н.Е. Убывающие города. Факторы убывания городов // Новые идеи нового века: материалы Междунар. науч. конф. ФАД ТОГУ. Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2012. Т. 1. С. 398–402.
8. Власова Е.С., Грин И.Ю. Дезурбанизация городов. Основные типовые причины угасания и факторы влияния // Новые идеи нового века: материалы Междунар. науч. конф. ФАД ТОГУ. Хабаровск, 2014. Т. 2. С. 54–59.
9. Монченко С.В. Основные причины дезурбанизации городов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2014. № 3 (15). С. 147–157.
10. Сайранова Л.Р. Заброшенные города мира: особенности и тенденции // Концепт. 2013. Т. 3. С. 1016–1020. <http://e-koncept.ru/2013/53206.htm> (дата обращения: 03.02.2026).
11. Замятина Н.Ю. Пульсирующие города и фронтальная урбанизация российской Арктики // Пути России. Север – Юг: сб. трудов конф. Санкт-Петербург: ООО «Нестор-История», 2017. Т. XXIII. С. 22–30.

12. Замятина Н.Ю., Гончаров Р.В. Арктическая урбанизация: феномен и сравнительный анализ // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2020. № 4. С. 69–82.
13. Sjöholm J. Authenticity and relocation of built heritage: the urban transformation of Kiruna, Sweden // Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development. 2017. Vol. 7, № 2. P. 0041. DOI 10.1108/JCHMSD-11-2015-0041.

References

1. Efremova V.A. Domestic and Foreign Experience in Studying Cities Loosing Population: Topics, Methods and Research Centers. *Regional'nye issledovaniya = Regional Research*. 2015; (3): 86–98. (In Russ.).
2. Bazhenova V.S. Development of Shrinking Cities in the Context of the Right-Sizing Paradigm. *A City Suitable for Living: Collection of reports Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference (Krasnoyarsk, November 11–12, 2021)*. Krasnoyarsk: SibFU, 2022. P. 13–19. (In Russ.).
3. Filobok M.A. Ghost Towns in the Modern World. *Mirovaya nauka = World Science*. 2024; (1): 155–157. (In Russ.).
4. Antonova I.S. Theory of the Monotown Economy Diversification. *Vestnik nauki Sibiri = Bulletin of Siberian Science*. 2015. 2015; (2): 179–192. (In Russ.).
5. Detter G.F., Lyovkina A.O. Russian Arctic Cities on the Path to Smart Sustainability. *Arktika: ekologiya i ekonomika = Arctic: Ecology and Economy*. 2023; 13 (2): 180–187. (In Russ.). DOI 10.25283/2223-4594-2023-2-180-187.
6. Volkov S.K. Managed Urban Shrinkage in Russia: Logic, Opportunities, and Implementation. *Regional'naya ekonomika = Terra Economicus*. 2023; 21 (2): 101–115. (In Russ.). DOI 10.18522/2073-6606-2023-21-2-101-115.
7. Arhipova E.I., Kozyrenko N.E. Shrinking Cities. Factors of Cities Decreasing. *New Ideas of the New Century: proceedings of the International Scientific Conference FAD TOGU*. Khaba-

- rovsk: Pasific National University, 2012. Vol. 1. P. 398–402. (In Russ.).
8. Vlasova E.S., Grin I.Y. Deurbanization Cities. Basic Types of Reasons and Factors of the Influence. *New Ideas of the New Century: proceedings of the International Scientific Conference FAD TOGU*. Khabarovsk: Pasific National University, 2012. Vol. 2. 54–59. (In Russ.).
 9. Monchenko S.V. The Main Causes of Deurbanization of Cities. *Vestnik PNIPU. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika = Bulletin of the Perm national research polytechnic university. Applied ecology. Urban development*. 2014; (3): 147–157. (In Russ.).
 10. Sairainova L.R. Abandoned Cities of the World: Features and Trends. *Kontsept = Concept*. 2013; 3: 1016–1020. <http://e-koncept.ru/2013/53206.htm> (Accessed: 03.02.2026). (In Russ.).
 11. Zamyatina N.Yu. Pulsating Cities and Frontier Urbanization of the Russian Arctic. *Пыту Рoccus. Север – Юз: Proceedings of the Conference*. Saint-Petersburg: Nestor-Istoria Ltd, 2017. Vol. XXIII. P. 22–30. (In Russ.).
 12. Zamyatina N.Yu., Goncharov R.V. Arctic Urbanization: a Phenomenon and a Comparative Analysis. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya = Moscow University Bulletin. Series 5. Geography*. 2020; (4): 69–82. (In Russ.).
 13. Sjöholm J. Authenticity and Relocation of Built Heritage: the Urban Transformation of Kiruna, Sweden. *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*. 2017; 7 (2): 0041. DOI 10.1108/JCHMSD-11-2015-0041.

Информация об авторах

С.Г.К. Яралиева – студент

Т.А. Маметова – ст. преподаватель

Information about the authors

S.G.K. Yaraliev – Student

T.A. Mametova – Senior Lecturer

Вклад авторов: С.Г.К. Яралиева – сбор и анализ материала, написание статьи, разработка стратегии трансформации; Т.А. Маметова – научное руководство и координация исследования, идея практической части, общее руководство, написание статьи, редактирование текста. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: S.G.K. Yaralievа – collection and analysis of material, article writing, development of a transformation strategy; T.A. Mametova – scientific supervision and coordination of the study, idea of the practical part, general management, writing of the article, text editing. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию	13.04.2026	The article was submitted	13.04.2026
Одобрена после рецензирования	22.04.2026	Approved after reviewing	22.04.2026
Принята к публикации	19.05.2026	Accepted for publication	19.05.2026

ОБЩЕСТВЕННЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

SOCIAL AND ECONOMIC SCIENCES IN CIVIL ENGINEERING

Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University
of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 222–233.
ISSN 1815-5987

Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University
of Architecture and Civil Engineering. 2026; 29 (3-1): 222–233.
ISSN 1815-5987

Научная статья

УДК 69.05:330.322

DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-222-233

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РЕАЛИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В УСЛОВИЯХ РЕСУРСНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ

**Юлия Борисовна Готовко¹,
Ангелина Олеговна Рыбакова²**

¹Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, Москва, Россия,
Yuliya.gtvk@gmail.com

²Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, Москва, Россия,
angelinaribakova@yandex.ru

Аннотация. В условиях ресурсных ограничений реализация инвестиционно-строительных проектов на основе государственно-частного партнерства требует пересмотра традиционных подходов к организации строительного производства. Основным механизмом реализа-

ции таких проектов выступают контракты жизненного цикла, интегрирующие этапы проектирования, строительства и эксплуатации в единую систему с полной ответственностью частного партнера. В статье обоснована недостаточная эффективность классических методов календарного планирования в условиях высокой неопределенности, характерной для государственно-частного партнерства. Предложена адаптивная организационно-технологическая модель, базирующаяся на принципах инжиниринговых схем и методах распределения ограниченных ресурсов с учетом категории значимости работ. Особое внимание уделено инструментам минимизации рисков, возникающих при совмещении этапов проекта и дефиците материально-технических ресурсов. Представленная модель позволяет повысить надежность календарных планов и обеспечить выполнение долгосрочных обязательств в рамках контрактов жизненного цикла.

Ключевые слова: государственно-частное партнерство, контракт жизненного цикла, организационно-технологические модели, ресурсные ограничения, инжиниринг, календарное планирование, управление рисками, инвестиционно-строительный проект

Для цитирования: Готовко Ю.Б., Рыбакова А.О. Организационно-технологические модели реализации инвестиционно-строительных проектов на основе государственно-частного партнерства в условиях ресурсных ограничений // Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 222–233. DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-222-233.

Original article

ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL MODELS FOR THE IMPLEMENTATION OF INVESTMENT AND CONSTRUCTION PROJECTS BASED ON PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP UNDER RESOURCE CONSTRAINTS

**Yulia Borisovna Gotovko¹,
Angelina Olegovna Rybakova²**

¹Moscow State University of Civil Engineering
(National Research University), Moscow, Russia,
Yuliya.gtvk@gmail.com

Abstract. In the context of contemporary resource constraints, the implementation of investment and construction projects based on public-private partnership requires a revision of traditional approaches to the organization of construction production. The primary mechanism for implementing such projects is life cycle contracts, which integrate the stages of design, construction, and operation into a single system with the full responsibility of the private partner. The article substantiates the insufficient effectiveness of classical scheduling methods under conditions of high uncertainty characteristic of public-private partnership. An adaptive organizational and technological model is proposed, based on the principles of engineering schemes and methods for distributing limited resources, taking into account the category of work significance. Special attention is paid to tools for minimizing risks arising from the overlapping of project stages and the shortage of material and technical resources. The presented model makes it possible to increase the reliability of schedules and ensure the fulfillment of long-term obligations within the framework of the life cycle contracts.

Keywords: public-private partnership, life cycle contract, organizational and technological models, resource constraints, engineering, scheduling, risk management, investment and construction project

For citation: Gotovko Yu.B., Rybakova A.O. Organizational and Technological Models for the Implementation of Investment and Construction Projects Based on Public-Private Partnership under Resource Constraints. *Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2026; 29 (3-1): 222–233. (In Russ.). DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-222-233.

Введение

Современный этап развития инвестиционно-строительной деятельности характеризуется повышением сложности реализуемых проектов и ужесточением внешних условий, среди которых особое место занимают ресурсные ограничения. Дефицит строительных материалов, сбои в логистических цепочках и кадровый голод становятся не временными явлениями, а перманентными факторами, требующими фундаментального пересмотра подходов к организации строительного производства [1].

В указанных условиях механизм государственно-частного партнерства (ГЧП), реализуемый преимущественно через контракты жизненного цикла (КЖЦ), демонстрирует высокий потенциал. Как справедливо отмечает Г.Н. Шинкарева, именно в период кризисных явлений в экономике тема повышения эффективности реализации инвестиционно-строительных проектов на основе современных инжиниринговых схем приобретает особую актуальность [2]. Однако применение КЖЦ сопряжено с рядом специфических проблем. Традиционные методы календарного планирования и поточного строительства, ориентированные на линейную схему «проектирование – тендер – строительство», недостаточно принимают во внимание ключевые особенности ГЧП: высокую неопределенность данных на предынвестиционной стадии, необходимость совмещения проектных и строительных работ, длительный горизонт учета эксплуатационных затрат [3, 4].

Цель исследования – разработка и обоснование адаптивных организационно-технологических моделей реализации инвестиционно-строительных проектов на основе ГЧП, позволяющих эффективно функционировать в условиях ресурсных ограничений.

Основная часть

Теоретической базой исследования послужили работы отечественных и зарубежных ученых в области организации строительного производства, управления проектами и государственно-частного партнерства. В работе использованы методы системного анализа, логико-смыслового моделирования, а также элементы теории рисков и имитационного моделирования производственных процессов [5, 6].

Специфика контрактов жизненного цикла как объекта организационно-технологического проектирования

Ключевое отличие КЖЦ от традиционных подрядных схем заключается в интеграции всех этапов жизненного цикла объекта в единую систему ответственности частного партнера [7, 8].

В таблице показано, что при этом возникает принципиально новые требования к организации строительного производства.

Сравнительный анализ традиционной схемы и модели ГЧП с КЖЦ

Критерий	Традиционная схема	ГЧП + КЖЦ
Этапы	Последовательные: проектирование → тендер → строительство	Параллельные: проектирование + строительство + эксплуатация в одном цикле
Ответственность	Разделена между подрядчиком, проектировщиком, заказчиком	Полная – на одном подрядчике (от идеи до эксплуатации)
Планирование	Жесткий календарный график	Гибкий, с учетом рисков и неопределенности на ранних этапах
Риски	Локальные (например, задержки поставок)	Распределены между сторонами, но основные – на подрядчике
Горизонт учета	Только строительство	Весь жизненный цикл (включая 10–30 лет эксплуатации)
Ресурсные ограничения	Менее критичны (можно перенести сроки)	Критичны – влияют на всю цепочку, включая долгосрочные обязательства

Данный анализ демонстрирует, что в условиях КЖЦ традиционные методы планирования, предполагающие жесткую фиксацию сроков и последовательности работ, уступают место гибким, адаптивным моделям [9]. Это подтверждается и исследованиями С.Н. Костюковой, которая подчеркивает, что длительный срок строительства, высокая стоимость объектов и уникальный характер большинства проектов требуют принципиально иных подходов к управлению затратами и прибылью [10].

Концепция адаптивной организационно-технологической модели для ГЧП-проектов

Анализ современных подходов к организации строительства в рамках КЖЦ позволяет выделить перспективное направление, связанное с разработкой инжиниринговых схем управления. В основе предлагаемой авторами модели лежат следующие принципы:

1. Принцип динамического ресурсного планирования, предполагающий распределение ограниченных материально-технических и трудовых ресурсов в зависимости от категории значимости выполняемых работ. Как показано в работе Ю.В. Коречкова, М.В. Овчинникова, Д.А. Уторов, для каждого вида работ может быть определен коэффициент значимости, учитывающий влияние конкретной операции на конечный результат и долгосрочные эксплуатационные характеристики объекта [11].

2. Принцип совмещенного проектирования и строительства (fast-track). В отличие от традиционной последовательной схемы, модель КЖЦ допускает параллельное выполнение проектных и строительных работ при условии четкой координации информационных потоков и своевременной корректировки решений [12, 13].

3. Принцип учета неопределенности и рисков. Высокая волатильность цен на ресурсы и возможность сбоев поставок требуют включения в календарные планы резервных механизмов. К.Е. Сальников обосновывает эффективность применения инструментов бережливого производства, в частности системы Just in Time («Точно вовремя»), для минимизации рисков, связанных с поставками материалов в течение жизненного цикла проекта [14].

Моделирование ресурсного обеспечения в условиях ограничений

Реализация инвестиционно-строительных проектов на основе ГЧП в условиях ресурсных ограничений требует формализованного описания процессов распределения ресурсов. Предлага-

гаемый в данной статье подход базируется на выделении трех категорий значимости работ:

1. Критическая – работы, задержка которых непосредственно влияет на сроки ввода объекта в эксплуатацию и, как следствие, на начало стадии эксплуатации и возврата инвестиций.

2. Значимая – работы, влияющие на качество и долгосрочную надежность конструкций, но имеющие технологический резерв времени.

3. Второстепенная – работы, которые могут быть выполнены после ввода объекта в эксплуатацию без ущерба для его функциональности.

Распределение дефицитных ресурсов осуществляется в порядке приоритета категорий, что позволяет минимизировать риски срыва критических сроков. При этом для количественной оценки значимости работ целесообразно применение метода усредненных коэффициентов приоритета, основанного на принципах дополнительности и экспертных оценок [15].

Заключение

Проведенное исследование позволяет утверждать, что эффективная реализация инвестиционно-строительных проектов на основе ГЧП в современных условиях невозможна без адаптации организационно-технологических моделей к специфике контрактов жизненного цикла и объективно существующим ресурсным ограничениям.

В ходе исследования обосновано, что ключевыми элементами такой адаптации являются:

- переход от жестких линейных графиков к гибким многовариантным моделям планирования, учитывающим факторы неопределенности;

- внедрение инжиниринговых схем организации строительства, предусматривающих концентрацию управленческих полномочий у единого организатора (частного партнера) и его полную ответственность за результат на всех этапах жизненного цикла;

- применение методов приоритетного распределения ограниченных ресурсов на основе категорий значимости работ;
- использование современных логистических концепций (Just in Time) для снижения риска сбоев поставок материалов.

Научная новизна заключается в обосновании необходимости применения данных элементов в комплексе в рамках единой адаптивной модели для ГЧП-проектов.

Практическая значимость полученных результатов состоит в создании основы для повышения надежности календарных планов, снижения вероятности срыва сроков строительства и обеспечения выполнения долгосрочных обязательств частного партнера перед государством.

Дальнейшие исследования в этом направлении должны быть сосредоточены на разработке количественных методов оценки эффективности адаптивных моделей и их программной реализации в системах календарно-сетевого планирования.

Список источников

1. Опарина Л.А., Барзыгин Е.А., Гриднева Я.А., Касьяненко Н.С. Использование инструмента бережливого производства в управлении поставками материалов в течение жизненного цикла строительного проекта // Вестник МГСУ. 2024. Т. 19, № 5. С. 826–835. DOI 10.22227/1997-0935.2024.5.826-835.
2. Шинкарева Г.Н. Модель инжиниринговой схемы организации строительства для контрактов жизненного цикла // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13, вып. 9. С. 1204–1210. DOI 10.22227/1997-0935.2018.10.1204-1210.
3. Добрецов Г.Б., Вдовина А.Н. Закупка строительных работ в контрактной системе с применением контракта жизненного цикла: обеспечение конкуренции и ответственность за результативность // Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2023. № 2. С. 135–146. DOI 10.36718/2500-1825-2023-2-135-146.
4. Бахман Е.А., Кизим А.В. Разработка единой платформы управления созданием и обслуживанием программных при-

ложений небольшими командами разработчиков // Известия ЮФУ. Технические науки. 2012. № 5 (130). С. 249–254.

5. Черенева А.А., Мишакова А.В., Радаев А.Е. Оптимизация характеристик организационно-технологических решений, направленных на снижение влияния проектных рисков // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18, № 6. С. 935–961. DOI 10.22227/1997-0935.2023.6.935-961.
6. Агагомедова Е.В. Оценка рисков проектов государственно-частного партнерства на основе использования концепции SMART-финансирования // Экономика и управление. 2020. Т. 26, № 8 (178). С. 901–911. DOI 10.35854/1998-1627-2020-8-901-911.
7. Валинский О.С., Маврин А.Н., Посадов И.А., Скобелев П.О., Тришанков В.В., Химич Е.Ю. Системная триада фундаментальных предпосылок к институциональному построению бизнеса в формате контракта жизненного цикла высокотехнологичной продукции // Вопросы инновационной экономики. 2021. Т. 11, № 2. С. 755–770. DOI 10.18334/vines.11.2.112278.
8. Гоосен Е.В. Концепции и подходы проблемы взаимодействия власти и бизнеса на основе государственно-частного партнерства // Государственное и муниципальное управление в XXI веке: теория, методология, практика: сборник науч. трудов. 2016. № 21. С. 13–17.
9. Mamayusupova D. Legal Framework for Development of Touristic Potential Based on Public-Private Partnership // Bulletin of Science and Practice. 2021. Vol. 7, no. 5. P. 356–361. DOI 10.33619/2414-2948/66/35.
10. Костюкова С.Н. Выявление и систематизация особенностей строительного производства // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия D. Экономические и юридические науки. 2011. № 14. С. 39–45.
11. Коречков Ю.В., Овчинникова М.В., Уторов Д.А. Обеспечение экономического роста на основе инновационных методов управления (на примере государственно-частного партнерства) // Финансовая экономика. 2019. № 6. С. 351–355.

12. Жаров Я.В. Использование методов многомерного моделирования при решении задач организационно-технологического проектирования строительства // Нормирование и оплата труда в строительстве. 2019. № 11. С. 15–20.
13. Жаров Я.В. Оценка параметров организационно-технологических решений на основе нейросетевых моделей // Новые технологии в строительстве. 2023. Т. 9, № 1 (43). С. 42–47. <https://doi.org/10.24412/2409-4358-2023-1-42-47>.
14. Сальников К.Е. Сокращение продолжительности строительства в результате роста производительности труда // Финансы и управление. 2021. № 4. С. 38–49. DOI 10.25136/2409-7802.2021.4.34480.
15. Шинкарева Г.Н. Модель инжиниринговой схемы организации строительства в перспективе жизненного цикла объектов // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13, № 9 (120). С. 1090–1105. DOI 10.22227/1997-0935.2018.9.1090-1105.

References

1. Oparina L.A., Barzygin E.A., Gridneva Ya.A., Kasyanenko N.S. Using Lean Manufacturing Tools in Materials Supply Management During the Life Cycle of a Construction Project. *Vestnik MGSU = Vestnik MGSU*. 2024; 19 (5): 826–835. (In Russ.). DOI 10.22227/1997-0935.2024.5.826-835.
2. Shinkareva G.N. Model of Engineering Scheme for the Organisation of Construction Life Cycle Contracts. *Vestnik MGSU = Vestnik MGSU*. 2018; 13 (9): 1204–1210. (In Russ.). DOI 10.22227/1997-0935.2018.10.1204-1210.
3. Dobretsov G.B., Vdovina A.N. Construction Works Procurement in the Contract System with the Life Cycle Contract: Competition Ensurance and Performance Responsibility. *Sotsial'no-ekonomicheskij i gumanitarnyj zhurnal = Socio-Economic and Humanitarian Journal*. 2023; (2): 135–146. (In Russ.). DOI 10.36718/2500-1825-2023-2-135-146.
4. Bakhman E.A., Kizim A.V. Development of a Unified Platform for Managing the Creation and Maintenance of Software Applications by Small Development Teams. *Izvestiya YuFU. Tekhni-*

- cheskie nauki* = *YuFU News. Technical Sciences*. 2012; (5): 249–254. (In Russ.).
5. Chereneva A.A., Mishakova A.V., Radaev A.E. Optimization of the Characteristics of Organizational and Technological Solutions Aimed at Reducing the Impact of Project Risks. *Vestnik MGSU = Vestnik MGSU*. 2023; 18 (6): 935–961. (In Russ.). DOI 10.22227/1997-0935.2023.6.935-961.
 6. Agamagomedova E.V. Risk Assessment of Public-Private Partnership Projects Using SMART Financing. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2020; 26 (8): 901–911. (In Russ.). DOI 10.35854/1998-1627-2020-8-901-911.
 7. Valinsky O.S., Mavrin A.N., Posadov I.A., Skobelev P.O., Trishankov V.V., Khimich E.Yu. A Systematic Triad of Fundamental Prerequisites for the Institutional Construction of a Business in the Norm of a Contract for the Life Cycle of High-Tech Products. *Voprosy innovatsionnoy ekonomiki = Russian Journal of Innovation Economics*. 2021; 11 (2), 755–770. (In Russ.). DOI 10.18334/vinec.11.2.112278.
 8. Goosen E.V. Concepts and approaches to the problem of interaction between government and business based on public-private partnership. *State and Municipal Administration in the 21st Century: Theory, Methodology, Practice: collection of scientific papers*. 2016. № 21. P. 13–17. (In Russ.).
 9. Mamayusupova D. Legal Framework for Development of Touristic Potential Based on Public-Private Partnership. *Bulletin of Science and Practice*. 2021; 7 (5): P. 356–361. DOI 10.33619/2414-2948/66/35.
 10. Kostjukova S.N. Revealing and Ordering of Building Manufacture Features. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya D. Ekonomicheskie i yuridicheskie nauki = Bulletin of Polotsk State University. Series D. Economic and Legal Sciences*. 2011; (14), 39–45. (In Russ.).
 11. Korechkov Yu.V., Ovchinnikova M.V., Utorov D.A. Economic Growth on the Basis of Innovative Management Methods (on the Example of Public-Private Partnership). *Finansovaya ekonomika = Financial Economics*. 2019; (6): 351–355. (In Russ.).

12. Zharov Ya.V. Using multidimensional modeling methods in solving problems of organizational and technological design of construction. *Normirovanie i oplata truda v stroitel'stve = Rationing and Wages in Construction*. 2019; (11): 15–20. (In Russ.).
13. Zharov Ya.V. Assessment of Options for Organizational and Technological Solutions Based on Neural. *Novye tekhnologii v stroitel'stve = New technologies in construction*. 2023; (1): 42–47. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2409-4358-2023-1-42-47>.
14. Sal'nikov K.E. Reduction of Construction Time as a Result of Increase of Labor Efficiency. *Finansy i upravlenie = Finance and Management*. 2021; (4): 38–49. (In Russ.). DOI 10.25136/2409-7802.2021.4.34480.
15. Shinkareva G.N. Model engineering scheme of the organization of construction in the future the life cycle of objects. *Vestnik MGSU = Vestnik MGSU*. 2018; 13 (9): 1090–1105. (In Russ.). DOI 10.22227/1997-0935.2018.9.1090-1105.

Информация об авторах

Ю.Б. Готовко – аспирант

А.О. Рыбакова – канд. техн. наук, доцент

Information about the authors

Yu.B. Gotovko – Postgraduate Student

A.O. Rybakova – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию	12.03.2026	The article was submitted	12.03.2026
Одобрена после рецензирования	22.04.2026	Approved after reviewing	22.04.2026
Принята к публикации	19.05.2026	Accepted for publication	19.05.2026

Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 234–244. ISSN 1815-5987

Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026; 29 (3-1): 234–244. ISSN 1815-5987

Научная статья

УДК 316.7

DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-234-244

ЦИФРОВОЙ ПАТРИОТИЗМ В РОССИИ: МЕМЫ КАК ИНСТРУМЕНТ КОНСТРУИРОВАНИЯ НОВОЙ ПАТРИОТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ И РЕЧЕВОЙ ФЕНОМЕН

**Надежда Александровна Никулина¹,
Лилиана Дмитриевна Островская²**

¹Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия,
nikulinana@tyuiu.ru

²Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия,
liliana.ostrovskaya07@inbox.ru

Аннотация. В статье анализируются наиболее известные мемы, тематически связанные с актуальными проблемами политической жизни России и потому выступающие в роли символических и эмоциональных кодов патриотизма. Авторы статьи подчеркивают двойственную природу патриотических мемов, соединяющих официальную идеологию и народное переосмысление через символ и исторический факт, через юмор и игру, а также отмечают вариативность восприятия некоторых из них, делая акцент на природе используемых знаков и кодов.

Ключевые слова: цифровой патриотизм, интернет-мемы, национальная идентичность, медиадискурс, патриотическое воспитание, идеология, ирония, символика, гибридизация, политическая коммуникация, визуальная культура

Для цитирования: Никулина Н.А., Островская Л.Д. Цифровой патриотизм в России: мемы как инструмент конструирования новой патриотической идентичности и речевой феномен // Труды НГАСУ = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2026. Т. 29, № 3-1 (101). С. 234–244. DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-234-244.

Original article

DIGITAL PATRIOTISM IN RUSSIA: MEMES AS A TOOL FOR CONSTRUCTING A NEW PATRIOTIC IDENTITY AND A SPEECH PHENOMENON

**Nadezhda Alexandrovna Nikulina¹,
Liliana Dmitrievna Ostrovskaya²**

¹Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia,
nikulinana@tyuiu.ru

²Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia,
liliana.ostrovskaya07@inbox.ru

Abstract. The article analyzes the most famous memes, thematically related to the current problems of political life in Russia and therefore acting as symbolic and emotional codes of patriotism. The author of the article emphasizes the dual nature of patriotic memes that combine official ideology and popular reinterpretation through symbol and historical fact, through humor and play, and speaks about the variability of perception of some of them, emphasizing the nature of the signs and codes used.

Keywords: digital patriotism, Internet memes, national identity, media discourse, patriotic education, ideology, irony, symbolism, hybridization, political communication, visual culture

For citation: Nikulina N.A., Ostrovskaya L.D. Digital Patriotism in Russia: Memes as a Tool for Constructing a New Patriotic Identity and a Speech Phenomenon. *Trudy NGASU = Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2026; 29 (3-1): 234–244. (In Russ.). DOI 10.32683/1815-5987-2026-29-101-3-1-234-244.

Введение

Современная политическая коммуникация все чаще обращается к интернет-мемам как инструменту выражения гражданских настроений: именно мемы становятся лаконичными и эмоционально заряженными формами культурной информации, в которых пересекаются официальные и народные интерпретации патриотизма. Мемы востребованы как идеологами, так и аудиторией, что объясняется естественным интересом общества к цифровым форматам гражданской активности и новым способам символической мобилизации аудитории. Так, Е.Ю. Родионова акцентирует внимание на социальных сетях как одном из наиболее эффективных механизмов формирования и трансляции патриотических установок. По ее мнению, цифровые платформы открывают возможности для объединения граждан в сообщества, поддержки национальных достижений, а также для создания и распространения патриотического контента. Однако исследователь указывает и на обратную сторону процесса: «чем активнее граждане пользуются сетью Интернет, тем больше возможность проявления различных деструктивных вызовов и угроз» [1, с. 402]. Иной акцент делают Д.Р. Муртазин и Н.В. Хомич, предлагая рассматривать цифровой патриотизм через призму новых форм онлайн-активности: от участия в интернет-петициях и виртуальных сообществах до цифрового искусства и киберволонтерства. Эти формы они описывают как значимые элементы новой социальной практики, которые могут укреплять национальную идентичность и вовлекать молодежь в конструктивное гражданское участие [2, с. 1]. Эмпирический пласт исследований раскрывают А.А. Гнедаш и В.В. Катермина. Их работа посвящена анализу репрезентаций гражданской идентичности и патриотизма в крупном сообществе «Я РУССКИЙ» во «ВКонтакте», насчитывающем более 240 тыс. участников. Авторы исследовали корпус из 1 тыс. постов и 1936 комментариев, используя лингводискурсивный анализ и нейросетевые инструменты. В результате они пришли к выводу о том, что репрезентации патриотизма в цифровом пространстве отражают «ключевые процессы самоопределения как отдельного индиви-

да, так и общества в целом и являются фундаментом для сохранения культурного, социального и психологического единства в условиях быстрого распространения глобализации и активных социокультурных трансформаций» [3, с. 65]. Кроме того, в научной среде встречается мнение о том, что «цифровой патриотизм и онлайн-патриотизм – это два понятия, которые имеют свои особенности, хотя и могут пересекаться» [4, с. 347].

Научное освоение цифрового патриотизма расширяется за счет включения анализа визуальной и мемной культуры, что позволяет увидеть, как традиционные символы национальной идентичности преобразуются в цифровой среде. Так, А.А. Сорокин рассматривает роль мемов и новых медиа в трансформации патриотического символизма, показывая, что они становятся каналом адаптации истории для молодежи. Исследователь подчеркивает, что мемы могут служить «образом моментального снимка общественного сознания», вовлекая аудиторию в обсуждение исторических тем, но одновременно нести риски искажения памяти и манипуляции [5, с. 101]. В работе Д.В. Сиднева внимание сосредоточено на цифровых акциях и практиках сохранения исторической памяти, таких как «Бессмертный полк онлайн». Автор показывает, что цифровизация позволяет создавать новые форматы патриотического участия [6, с. 204]. Исследователь А.М. Юдина делает объектом научного осмысления молодежные онлайн-сообщества и их формы визуального выражения патриотизма. Через анализ медиаобразов и цифровых символов автор приходит к выводу, что визуальная медиакultura (мемы, инфографика, видеоигры) становится пространством, где национальная идентичность конструируется в смешении традиционных и новых кодов. По мнению исследователя, патриотизм в цифровой культуре предстает гибридным феноменом, объединяющим иронию, игру и сакральность [7, с. 158–159]. В контексте обзора исследований мы можем говорить об актуальности последовательного изучения мемов как инструмента трансляции патриотических ценностей.

Анализ мемов как элемента цифрового патриотизма

Анализ патриотических мемов указал на многообразие приемов и одновременно каналов воздействия в процессах воспитания или агитации, а условная классификация позволила систематизировать картину под углом выбора культурного кода, способствующего актуализации патриотической идеи. Так, например, при создании исторических мемов используется узнаваемый шаблон, отсылающий к конкретным фактам истории. И мы видим, что в медиапространстве часто встречаются мемы с историческими отсылками, которые можно рассматривать как апелляцию к героическому прошлому России – победе в Великой Отечественной войне, фигурам князя Владимира, Александра Невского, Ивана Грозного, Петра I. Например, в известном меме кадр из кинофильма «В бой идут одни старики» напоминает не только об известном российском фильме, но и о героических страницах истории. Ключевые образы – пилоты, военная форма (кадр из советского фильма о войне), диалог внизу, оформленный как шутка. Вербальная составляющая пародирует разговор летчиков: один сообщает слухи о «крещении советских соколов», другой иронично отвечает: «В ставке Гитлера все маляхольные». Смысл – в сатирическом высмеивании противника и создании комичного контраста между серьезной ситуацией (войной) и разговором в простонародной манере. Понимание такого мема требует общего с создателем бэкграунда – базы знаний и способности к сопоставлению (наложению прошлых событий на современные). Примечательно, что тот, кто «узнал» отсылку и понял идею, часто ощущает себя «посвященным». Как правило, восприятие подобных мемов приносит некое удовольствие, поскольку создает чувство общности с теми, кто сходится во взглядах, т.е. с «патриотами».

В не менее известном меме о Ледовом побоище это чувство общности проявляется еще более ярко: аудитория уже в процессе восприятия мема делится на «патриотов» и «непатриотов». Основу мема составляет почти классическая иллюстрация, отображающая столкновение русских войск с тевтонцами, но к иллюстрации добавлены современные «облачка» с репликами.

Шутка основана на игре слов. Один из воинов говорит: «Между нами тает лед...» (Отсылка к популярной песне группы «Грибы».) Другой: «Саша, Невский, добей вон того!» Вербальная составляющая строится на смешении исторического контекста и современной поп-культуры. Исторический кластер служит инструментом сакрализации истории России и утверждения преемственности поколений. Вместе с тем мы наблюдаем процесс дегероизации образа, который входит в число особо почитаемых в России, но именно таким способом осуществляется сближение планов (героического и текущего) и создается комический эффект.

Наиболее простой формой мемов можно считать такие, где агитационная составляющая выходит на первый план, вытесняя юмор и даже не допуская его. Агитационные мемы отличаются от остальных содержанием прямых призывов к действию – поддержке власти, участию в выборах, общественных кампаниях. Самый яркий пример – лозунг #СвоихНеБросаем, который можно сравнить с популярным плакатом советского периода «А ты записался в добровольцы?» и подобными. Содержание мема понятно всем: изображены и государственная символика, и георгиевская лента, изогнутая в форме буквы Z. Через эти элементы выражается благодарность павшим на поле битвы воинам, сражавшимся за родину. Ключевые образы – буква Z и красный цвет как символ победы. Вербальная составляющая – призыв сплоченно бороться «за победу» характеризует максимально лаконичный агитационный лозунг. Примечательно, что именно он выполняет функцию символики в телеграм-каналах и пабликах, связанных с военной тематикой, т.е. это и мем, и символический «логотип».

Близки к лозунгам милитаристские мемы, которые весьма актуальны в современном политическом контексте и могут нравиться патриотам. Эта группа мемов строится на культе силы и военного героизма, их основная цель – сформировать у аудитории чувство гордости за государство и уверенность в его «мощи». Центральными образами становятся современное вооружение, техника, а также фигура солдата, наделенного каче-

ствами героя-защитника, акцент — на военные достижения. В этой группе визуальных образов часто встречаются мемы с изображением танков, самолетов, ракет, сопровождаемые лозунгами вроде «Нас не догонят!» или «Русский солдат — непобедим!». Эти лозунги создают прямую ассоциацию с силой, стойкостью и превосходством России. Мемы подобного рода работают на укрепление имиджа России как великой военной державы, а также способствуют консолидации общества вокруг образа армии.

Большую часть патриотических мемов составляют изображения, отмеченные юмором или иронией. Юмористические (ироничные) мемы зачастую высмеивают оппозицию, западных политиков и их ценности. Эта категория мемов основана на использовании юмора, иронии и сатиры для поддержания официального дискурса. Основная цель таких материалов — не только развлечь аудиторию, но и через смех закрепить нужные политические установки. Как правило, в таких мемах герои смешны, а вербальное оформление только подчеркивает их комизм.

Устойчивым элементом современного патриотического интернет-дискурса стали антизападные мемы, основой сюжета которых, как правило, становится противопоставление «традиционной России» и «разложившегося Запада». Например, известный многим мем с «милашными» котиками (котики с надписями по типу наименований — «самодержавие», «православие», «народность»), которые презентуются как объекты симпатии и любви. Текст мема гласит: «Вот что достойно любви, а не эти ваши свобода, равенство и братство». Знакомые зрителю образы обыгрываются как родные ценности, оспорить притягательность которых он не может. В таком контексте абстрактные лозунги политиков становятся объектом отрицания. Нельзя не отметить двойственного характера этого мема, который может прийти по душе как патриотам, так и критикам государственной идеологии, но именно этот факт определяет одно из важных свойств мема как феномена — возможность неоднозначного толкования. Среди подобных изображений чаще встречаются такие, где российская культура репрезентуется как хранительница духовно-

сти, семейных и моральных ценностей, тогда как западную связывают с моральным упадком.

Заключение

Современные цифровые технологии радикально изменили способы формирования и выражения патриотической идентичности. Если раньше ключевыми площадками патриотического воспитания выступали государственные институты – школа, армия, официальные СМИ, то сегодня эту функцию во многом переняло интернет-пространство. Социальные сети становятся своего рода ареной, где патриотические ценности транслируются быстрее и разнообразнее, чем через традиционные каналы.

Сегодня патриотизм продолжает трансформироваться: он выражается не только в официальной риторике, но и в повседневной цифровой культуре. Таким образом, от государственно-центричного патриотизма общество переходит к более гибридным формам – гражданскому, культурному и цифровому. Патриотические интернет-мемы в рунете – не маргинальное явление, а важный элемент цифрового патриотизма. Они выполняют разнообразные функции, создавая единый дискурс и исключая инакомыслие.

Таким образом, цифровой патриотизм не заменяет официальный, а дополняет его, делая более доступным и привлекательным для молодежи. Мемы становятся инструментом «мягкой мобилизации» и важной частью политической коммуникации в условиях цифровой эпохи.

Патриотические мемы в рунете способствуют формированию единого дискурса, где инакомыслие вытесняется за пределы «нормы». Они выступают инструментом цифрового суверенитета, направляя эмоции и идентичность пользователей в русло, выгодное государственным идеологам. Исследования же в этом направлении формируют представление о том, как мемы могут использоваться в качестве «мягкой силы» в информационной политике государства и какие риски связаны с их переосмыслением в ироническом ключе.

Список источников

1. Родионова Е.Ю. Патриотизм и цифровая среда: новые возможности // Патриотическое воспитание в системе высшего образования: материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Москва – Старый Оскол, 30 нояб. – 5 дек. 2023 г.). – Москва: Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», 2023. С. 400–405.
2. Муртазин Д.Р., Хомич Н.В. Патриотизм в цифровую эпоху // Патриотизм как национальная идея России: материалы IV регион. науч.-практ. конф. студентов и преподавателей с междунар. участием (пос. Молодежный, 17–18 апр. 2025 г.). Пос. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2025. С. 45–48.
3. Гнедаш А.А., Катермина В.В. Репрезентации патриотизма в цифровом пространстве // Возможности и угрозы цифрового общества: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Ярославль, 18–19 апр. 2024 г.). Ярославль: Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, 2024. С. 58–67.
4. Николаева М.В., Шестакова А.А. Цифровой патриотизм в условиях реализации социальной политики государства // Механизм реализации стратегии социально-экономического развития государства: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф. (Махачкала, 25–26 сент. 2024 г.). Махачкала: Дагестанский государственный технический университет, 2024. С. 345–348.
5. Сорокин А.А. Трансформация патриотического символизма в цифровой культуре: роль мемов и новых медиа // Научные исследования и разработки. Современная коммуникативистика. 2025. Т. 14, № 3. С. 99–105. DOI 10.12737/2587-9103-2025-14-3-99-105.
6. Сиднев Д.В. Становление и развитие культуры патриотизма: теоретические подходы и современные интерпретации // Вестник науки. 2025. Т. 5, № 8 (89). С. 197–207.

7. Юдина А.М. Формирование патриотизма у студентов современного вуза в цифровом мире // Мир науки, культуры, образования. 2022. № 4 (95). С. 157–159.

References

1. Rodionova E.Yu. Patriotism and the Digital Environment: New Features. *Patriotic education in the higher education system: materials of the IV All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation (Moscow – Stary Oskol, November 30 – December 5, 2023)*. Moscow: National Research Technological University “MISIS”. 2023. P. 400–405. (In Russ.).
2. Murtazin D.R., Khomich N.V. Patriotism in the Digital Age. *Patriotism as a National Idea of Russia: materials of the IV region. scientific and practical conference of students and teachers with international participation (Molodezhny village, April 17–18, 2025)*. Molodezhny village: Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky, 2025. P. 45–48. (In Russ.).
3. Gnedash A.A., Katermina V.V. Representations of Patriotism in the Digital Space. *Opportunities and Threats of the digital Society: proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference (Yaroslavl, April 18–19, 2024)*. Yaroslavl: Yaroslavl State University named after P.G. Demidov, 2024. P. 58–67. (In Russ.).
4. Nikolaeva M.V., Shestakova A.A. Digital patriotism in the Conditions of Implementing the State Social Policy. *The mechanism of implementation of the strategy of social and economical development of the state: materials of the XVI International Scientific and Practical Conference. (Makhachkala, September 25–26, 2024)*. Makhachkala: Dagestan State Technical University, 2024. P. 345–348. (In Russ.).
5. Sorokin A.A. The Transformation of Patriotic Symbolism in Digital Culture: the Role of Memes and New Media. *Nauchnye issledovaniya i razrabotki. Sovremennaya kommunikativistika = Scientific Research and Development. Modern Communication Studies*. 2025; 14 (3): 99–105. <https://naukaru.ru/ru/storage/>

viewWindow/216565 (Accessed: 02.02.2026). (In Russ.).
DOI 10.12737/2587-9103-2025-14-3-99-105.

6. Sidnev D.V. Formation and Development of Culture of Patriotism: Theoretical Approaches and Modern Interpretations. *Vestnik nauki = Bulletin of Science*. 2025; 5 (8): 197–207. (In Russ.).
7. Yudina A.M. Formation of Patriotism Among Students of a Modern University in the Digital World. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya = The World of Science, Culture and Education*. 2022; (4): 157–159. (In Russ.).

Информация об авторах

Н.А. Никулина – канд. филол. наук, доцент

Л.Д. Островская – студент

Information about the authors

N.A. Nikulina – Candidate of Philological Sciences, Associate Professor

L.D. Ostrovskaya – Student

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию	11.03.2026	The article was submitted	11.03.2026
Одобрена после рецензирования	22.04.2026	Approved after reviewing	22.04.2026
Принята к публикации	19.05.2026	Accepted for publication	19.05.2026