

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Томский государственный
архитектурно-строительный университет

ВЕСТНИК

ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА

TOM 27

№ 2 2025
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с апреля 1999 г.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ляхович Л.С., докт. техн. наук, профессор, академик РААСН, профессор кафедры строительной механики ТГАСУ, г. Томск; lls@tsuab.ru
Акимов П.А., докт. техн. наук, профессор, академик РААСН, ректор МГСУ, г. Москва; pavel.akimov@gmail.com
Белостоцкий А.М., докт. техн. наук, профессор, академик РААСН, ген. директор научно-исследовательского центра СтаДиО, г. Москва; amb@stadyo.ru
Беккер А.Т., докт. техн. наук, профессор, академик РААСН, научный руководитель политехнического института ДВФУ, г. Владивосток; bekker.at@dvfu.ru
Бондаренко И.А., докт. архитектуры, профессор, академик РААСН, директор НИИТИАГ, филиал ЦНИИП Минстроя России, г. Москва; niitag@yandex.ru
Власов В.А., докт. физ.-мат. наук, профессор, советник РААСН, ректор ТГАСУ, г. Томск; rector@tsuab.ru
Волокитин Г.Г., докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой прикладной механики и материаловедения ТГАСУ, г. Томск; vgg-tomsk@mail.ru
Волокитин О.Г., докт. техн. наук, профессор, советник РААСН, проректор по научной работе ТГАСУ, г. Томск; study@tsuab.ru
Галютин З.Р., докт. техн. наук, доцент, зав. кафедрой железобетонных конструкций ТГАСУ, г. Томск; z.galyutdinov@tsuab.ru
Гныря А.И., докт. техн. наук, профессор, советник РААСН, профессор кафедры технологии строительного производства ТГАСУ, г. Томск; tsp_tgasu@mail.ru
Детярев В.В., докт. техн. наук, профессор, советник РААСН, зав. кафедрой гидротехнического строительства, безопасности и экологии НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск; ngasu_gts@mail.ru
Есаулов Г.В., докт. архитектуры, профессор, академик РААСН, проректор по научной работе МАРХИ, г. Москва; gvesaulov@raasn.ru
Ефименко В.Н., докт. техн. наук, профессор кафедры автомобильных дорог ТГАСУ, г. Томск; svefimenko_80@mail.ru
Ефименко С.В., докт. техн. наук, зав. кафедрой автомобильных дорог ТГАСУ, г. Томск; svefimenko@tsuab.ru
Зайченко Н.М., докт. техн. наук, профессор, ректор ДонНАСА, г. Макеевка; mailbox@donnasa.ru
Ильичев В.А., докт. техн. наук, профессор, вице-президент РААСН, академик РААСН, г. Москва; ilyichev@raasn.ru
Каприелов С.С., докт. техн. наук, профессор, академик РААСН, зав. лабораторией НИИЖБ, г. Москва; kaprielov@masterbeton-mb.ru
Копаница Н.О., докт. техн. наук, профессор кафедры строительных материалов и технологий ТГАСУ, г. Томск; kopanitsa@mail.ru
Кудряков А.И., докт. техн. наук, советник РААСН, профессор кафедры строительных материалов и технологий ТГАСУ, г. Томск; kudyakov@tsuab.ru
Кумпьяк О.Г., докт. техн. наук, советник РААСН, профессор кафедры железобетонных конструкций ТГАСУ, г. Томск; kumpyak@yandex.ru
Лотов В.А., докт. техн. наук, профессор кафедры строительных материалов и технологий ТГАСУ, г. Томск; valotov@tpu.ru
Люсия Тсантисис, доцент кафедры охраны окружающей среды, земельных ресурсов и организации инфраструктуры Туринского политехнического университета, г. Турин, Италия; lucia.tsanilis@polito.it
Морозов В.И., докт. техн. наук, профессор, чл.-корр. РААСН, зав. кафедрой строительных конструкций СПбГАСУ, г. Санкт-Петербург; morozov@spbgasu.ru
Овсянников С.Н., докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой архитектуры гражданских и промышленных зданий ТГАСУ, советник РААСН, г. Томск; ovssn@tsuab.ru
Орозбеков М.О., докт. техн. наук, профессор ОмГУ, г. Омск, Кыргызская Республика; oshsu@mail.ru
Поляков Е.Н., докт. искусствоведения, канд. архитектуры, профессор кафедры теории и истории архитектуры ТГАСУ, член Союза архитекторов России, г. Томск; polyakov-en@ya.ru
Ситникова Е.В., канд. архитектуры, доцент кафедры реставрации и реконструкции архитектурного наследия ТГАСУ, г. Томск; elensi@vtomsk.ru
Сколубович Ю.Л., докт. техн. наук, профессор, чл.-корр. РААСН, ректор НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск; sjl1964@mail.ru
Телтаев Б.Б., докт. техн. наук, профессор, академик Национальной инженерной академии РК и Международной академии транспорта, г. Алматы, Республика Казахстан; bagdatbt@yahoo.com
Травуш В.И., докт. техн. наук, профессор, академик РААСН, вице-президент РААСН, г. Москва; travush@mail.ru
Цветков Н.А., докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой теплогазоснабжения ТГАСУ, г. Томск; nac.tsuab@yandex.ru
Шубенков М.В., докт. архитектуры, профессор, вице-президент РААСН, зав. кафедрой градостроительства МАРХИ, г. Москва; shubenkov@gmail.com
Шубин И.Л., докт. техн. наук, чл.-корр. РААСН, директор НИИСФ РААСН, г. Москва; niisf@niisf.ru
Чупин В.Р., докт. техн. наук, профессор, советник РААСН, зав. кафедрой городского строительства и хозяйства ИНИТУ, г. Иркутск; chupinvr@existu.edu

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ И ЧИТАТЕЛЕЙ

Журнал «Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета» (подписной индекс 20424) включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по строительству и архитектуре, утвержденный решением Высшей аттестационной комиссии Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Решение Президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России от 17.06.2011 г.

Электронные версии журнала «Вестник ТГАСУ» представлены на сайтах «Научная электронная библиотека»: www.elibrary.ru; «Российская книжная палата»: <https://online.bookchamber.ru/book/ru/>; «Российская государственная библиотека»: <https://www.rsl.ru/>; «Томская областная универсальная научная библиотека имени А.С. Пушкина»: <https://www.lib.tomsk.ru>; «EBSCO»: <https://www.ebsco.com>; «КиберЛенинка»: <https://cyberleninka.ru>; «IPRbooks»: www.iprbookshop.ru, а также на сайте «Вестник ТГАСУ»: <https://vestnik.tsuab.ru>

Научное издание

ВЕСТНИК ТГАСУ № 2 – 2025

ISSN 1607-1859 (для печатной версии) ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)
ПИ № ФС77-81849 от 24 сентября 2021 г.

Учредитель: ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет»

Редакторы Т.С. Володина, В.Н. Коршунова, Е.А. Кулешова. Переводчик М.В. Воробьева. Дизайн Е.И. Кардаш.

Технический редактор Н.В. Удлер.

Подписано в печать 21.04.2025. Формат 70×108/16. Гарнитура Таймс.

Уч.-изд. л. 19,01. Усл. печ. л. 22,58. Тираж 200 экз. Заказ № 12.

Дата выхода: 28.04.2025.

Цена: свободная.

Адрес редакции/издателя: 634003, Томск, пл. Соляная, 2, тел. (3822) 65-37-61, e-mail: vestnik_tgasu@tsuab.ru

Отпечатано в ООП ТГАСУ, Томск, ул. Партизанская, 15

16+

© Томский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2025

The Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

VESTNIK
TOMSKOGO GOSUDARSTVENNOGO
ARKHITEKTURNO-STROITEL'NOGO UNIVERSITETA

JOURNAL
OF CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Volume 27

№ 2 2025
SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

Published since April 1999

[illegible]

EDITORIAL STAFF

Lyakhovich L.S., DSc, Professor, RAACS Academician, Structural Mechanics Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; lls@tsuab.ru
Akimov P.A., DSc, Professor, RAACS Academician, RAACS, Rector, MGSU, Moscow, Russia; pavel.akimov@gmail.com
Belostotskii A.M., DSc, Professor, RAACS Academician, Director General Research Center StaDiO, Moscow, Russia; amb@stadyo.ru
Bekker A.T., DSc, Professor, RAACS Academician, Academic Adviser, Polytechnic Institute of Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia; becker.at@dvfu.ru
Bondarenko I.A., DSc, Professor, RAACS Academician, Director Scientific Research Institute of Theory and History of Architecture and Urban Planning, Branch of the Central Institute for Research and Design of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation, Moscow, Russia; niitag@yandex.ru
Chupin V.R., DSc, Professor, Head of Urban Planning and Economy Dept., National Research Irkutsk State Technical University, Irkutsk, Russia; chupinvr@ex.istu.edu
Degtyarev V.V., DSc, Professor, RAACS Adviser, Head of Hydraulic Engineering, Safety and Ecology Dept., Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, Novosibirsk, Russia; ngasu_gts@mail.ru
Efimenko V.N., DSc, Professor, Automobile Roads Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; svefimenko_80@mail.ru
Efimenko S.V., DSc, Head of Automobile Roads Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; svefimenko@tsuab.ru
Esaulov G.V., DSc, Professor, RAACS Academician, Vice-Rector for Research of Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow, Russia; esaulovgv@raasn.ru
Galyautdinov Z.R., DSc, A/Professor, Head of Reinforced Concrete Construction Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; z.galyautdinov@tsuab.ru
Gnyrya A.I., DSc, Professor, RAACS Adviser, Construction Engineering Technology Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; tsp_tgasu@mail.ru
Il'ichev V.A., DSc, Professor, RAACS Academician, RAACS Vice President, Moscow, Russia; ilyichev@raasn.ru
Kaprielov S.S., DSc, Professor, RAACS Corresponding Member, Head of Laboratory at Gvozdev Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete, Moscow, Russia; kaprielov@masterbeton-mb.ru
Kopanitsa N.O., DSc, Professor, Building Materials and Technologies, TSUAB, Tomsk, Russia; kopanitsa@mail.ru
Kudryakov A.I., DSc, Professor, RAACS Adviser, Head of Construction Engineering Technology Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; kudryakov@tsuab.ru
Kumpyak O.G., DSc, Professor, RAACS Adviser, Reinforced Concrete and Masonry Structures Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; kumpyak@yandex.ru
Lotov V.A., DSc, Professor, Construction Engineering Technology Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; valotov@tpu.ru
Morozov V.I., DSc, Professor, RAACS Corresponding Member, Head of Engineering Constructions Dept., SPSUACE, Saint-Petersburg, Russia; morozov@spbgasu.ru
Orozbekov M.O., DSc, Professor, Rector, Osh State University, Osh, Kyrgyz Republic; oshsu@mail.ru
Ovsyannikov S.N., DSc, Professor, RAACS Adviser, Head of Architecture of Civil and Industrial Buildings Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; ovssn@tsuab.ru
Polyakov E.N., DArts, Professor, Member of the Union of Architects of Russia; Theory and History of Architecture Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; polyakov-en@ya.ru
Skolubovich Yu.L., DSc, Professor, RAACS Correspondent Member, Rector, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, Novosibirsk, Russia; sjl1964@mail.ru
Sitnikova E.V., DArts, A/Professor, Restoration and Renovation of Architectural Heritage Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; elensi@vtomske.ru
Shubenkov M.V., DArts, Professor, Head of Urban Planning Dept., Moscow Architectural Institute (State Academy), RAACS Vice President, Moscow, Russia; shubenkov@gmail.com
Shubin I.L., DSc, RAACS Corresponding Member, Director Structural Physics Research Institute, RAACS, Moscow, Russia; niisf@niisf.ru
Teltaev B.B., DSc, Professor, Academician, National Academy of Engineering of Kazakhstan and International Academy of Transport, Almaty, Kazakhstan; bagdatbi@yahoo.com
Travush V.I., DSc, Professor, RAACS Vice President, RAACS Academician, Moscow, Russia; travush@mail.ru
Tsantilis L., A/Professor, Environment, Land and Infrastructure Engineering Dept., Polytechnic University of Turin, Turin, Italy; lucia.tsantilis@polito.it
Tsvetkov N.A., DSc, Professor, Head of Heat and Gas Supply Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; nac.tsuab@yandex.ru
Vlasov V.A., DSc, Professor, RAACS Adviser, Rector, TSUAB, Tomsk, Russia; rector@tsuab.ru
Volokitin G.G., DSc, Professor, Head of Applied Mechanics and Materials Science Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; vgg-tomsk@mail.ru
Volokitin O.G., DSc, Professor, RAACS Adviser, Vice-Rector for Research, TSUAB, Tomsk, Russia; study@tsuab.ru
Zaichenko N.M., DSc, Professor, Rector, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Makeevka, Russia; mailbox@donnasa.ru

INFORMATION FOR AUTHORS AND READERS

Journal «Journal of Construction and Architecture» is included in the list of the peer reviewed scientific journals and editions published in the Russian Federation. The main results of PhD and DSc theses obtained in construction and architectural field studies should be published in this journal. The journal was approved by the decision of the Supreme Attestation Commission of the Ministry of Science and Higher Education.

Decision of the Supreme Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of Russia,
17 June, 2011

The electronic version of the journal is available at www.elibrary.ru; <https://online.bookchamber.ru/book/ru/>; <https://www.rsl.ru>; <https://www.lib.tomsk.ru>; <https://www.ebsco.com>; <https://cyberleninka.ru>; www.iprbookshop.ru; <https://vestnik.tsuab.ru>

Scientific Edition
VESTNIK TOMSKOGO GOSUDARSTVENNOGO ARKHITEKTURNO-STROITEL'NOGO UNIVERSITETA
JOURNAL OF CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE No 2 – 2025
Print ISSN 1607-1859 Online ISSN 2310-0044

The journal is re-registered by the Federal Supervision Service for Communication, Information Technology and Mass Media (Roskomnadzor)
PI N FS77-81849, September 24, 2021.

Founder: Tomsk State University of Architecture and Building

Editors T.S. Volodina, V.N. Korshunova, E.A. Kuleshova. Translator M.V. Vorob'eva. Design: E.I. Kardash. Technical editor N.V. Udler
Passed for printing: 21.04.2025. Paper size: 70×108/16. Typeface: Times New Roman Issue date: 28.04.2025.
Published sheets: 19,01. Conventional printed sheets: 22,58. Print run: 200 copies Price: free.
Order N 12.

Editorial address: 2, Solyanaya Sq., Tomsk, 634003
Phone: +7 (3822) 653-761; E-mail: vestnik_tgasu@tsuab.ru
TSUAB Printing House, 15, Partizanskaya Str., Tomsk, 634003



© Tomsk State University
of Architecture and Building, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

Каталевская Е.С. Деревянная усадебная застройка Томской губернии в конце XIX – начале XX века.....	9
Лисовская Н.А. Сохранение групповых зон деревянного зодчества через комплексное развитие территорий исторического поселения (на примере города Томска).....	22
Байрамов М.А. Этапы исторического развития культовой архитектуры Нахчывана	38
Свешникова О.Б. Социокультурная среда и городское пространство (на примере Новосибирского Академгородка)	51
Мицаева Х.В., Поляков Е.Н. Проектирование зооморфных детских игровых площадок	63
Глушкина И.К. Особенности архитектурных решений арктических портов Северного морского пути.....	79
Алексеева А.Ю. Архитектурно-стилистический анализ культовых объектов малого исторического города Юрьевца рубежа XVIII–XIX вв. Часть 1	95
Васютин В.В., Астахова Е.С. Архитектурные особенности проектирования высотных зданий.....	115
Филимонова В.В. Внедрение AR и VR в существующую архитектуру города Мурманска. Анализ возможностей	129

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Саркисов Д.Ю. Обследование технического состояния оригинальных конструкций монолитных железобетонных перекрытий.....	138
---	-----

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Ющубе С.В., Подшивалов И.И. Моделирование напряженно-деформированного состояния разноуровневого основания плитного фундамента массивного железобетонного здания	151
--	-----

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Кривошеин Ю.О., Цветков Н.А., Толстых А.В., Мирошниченко Т.А., Кузнецова К.А. Энергосберегающий аппаратно-программный комплекс для гибридных солнечных систем горячего водоснабжения.....	161
--	-----

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Иванова О.А., Семеновых М.А., Скрипникова Н.К. Исследование свойств клинкерной керамики на основе легкоплавкого и тугоплавкого сырья Сибирского региона.....	174
Халикин И.А., Рожков И.М., Ван Линьфан, Ключников И.А., Лушников Н.А., Небрatenко Д.Ю. Исследование термостабильности смесевых пластификаторов – остаточных продуктов лесохимии	185
Апкарьян А.С., Куликов Д.Е. Исследование физико-технических свойств композиционного высокотемпературного теплоизоляционного материала на основе беложгущейся глины Корниловского месторождения Томской области ..	198

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Рубанов А.В., Саркисов Д.Ю., Бычков О.А., Чернышова Н.А., Горленко Н.П., Саркисов Ю.С. О некоторых путях использования вскрышных пород угледобычи в строительных технологиях	206
---	-----

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ

Картопольцев А.В., Алексеев А.А. К вопросу воздействия динамической нагрузки на проезжую часть с учетом неровностей асфальтобетонного покрытия ...	215
Ефимов С.В., Чаплин И.В., Кокоева Е.С. Проблемы внедрения технологий информационного моделирования в России на примере разработки проекта реконструкции путепровода	226
Исаков Я.В., Карелин Д.В. Хронология развития транспортной системы города Новосибирска.....	238

ЮБИЛЯРЫ

Лукашевич О.Д. Ученый, наставник, организатор науки и образования, патриот Сибири. К 95-летию со дня рождения Геннадия Маркеловича Рогова.....	253
Поздравляем с юбилеем академика РААСН Владилена Васильевича Петрова	258

C O N T E N T S

ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING

Katalevskaya E.S. Wooden Estate Housing Development in Tomsk Late in the 19th and Early 20th Centuries	9
Lisovskaya N.A. Preservation of Wooden Architecture Zones through Integrated Territory Development of Historical Settlement (the Tomsk Case Study)	22
Bairamov M.A. Historical Development Stages of Religious Architecture in Nakhchivan.....	38
Sveshnikova O.B. Socio-Cultural Environment and Urban Space (the Novosibirsk Akademgorodok Case Study)	51
Mitsaeva Kh.V., Polyakov E.N. Design of Zoomorphic Playgrounds for Children	63
Glushkina I.K. Architecture Design of Arctic Ports of Northern Sea Route.....	79
Alekseeva A.Yu. Architectural and Stylistic Analysis of Cult Sites in Small Historical Town Yuryevets at the Turn of the 18–19th Centuries. Part 1	95
Vasyutina V.V., Astakhova E.S. Design Architecture of High-Rise Buildings	115
Filimonova V.V. Implementation of Augmented and Virtual Realities in Murmansk Architecture. Exploratory Study	129

BUILDING AND CONSTRUCTION

Sarkisov D.Yu. Full Survey of Monolithic Reinforced Concrete Floors.....	138
---	-----

BASES, FOUNDATIONS AND SUBSTRUCTURES

Podshivalov I.I., Yushchube S. V. Modeling of Stress-Strain State of Raft Foundation Split-Level Base of Massive Concrete-Steel Building	151
---	-----

WATER SUPPLY, SEWERAGE, BUILDING SYSTEMS OF WATER RESOURCE PROTECTION

Krivoshein Yu.O., Tsvetkov N.A., Tolstykh A.V., Miroschnichenko T.A., Kuznetsova K.A. Energy-Saving Hardware-Software Complex for Hybrid Solar Hot Water Supply Systems	161
--	-----

CONSTRUCTION MATERIALS AND PRODUCTS

Ivanova O.A., Semenovych M.A., Skripnikova N.K. Properties of Clinker Ceramics based on Low- and High-Melting Raw Materials from the Siberian Region.....	174
Khalikin I.A., Rozhkov I.M., Van Lin'fan, Klyuchnikov I.A., Lushnikov N.A., Nebratenko D.Yu. Thermal Stability of Mixed Plasticizers, Residual Products of Forest Chemistry	185
Apkar'yan A.S., Kulikov D.E. Physical and Technical Properties of Composite High-Temperature Thermal Insulation Material based on White-Burning Clay from Kornilovsky Deposit in the Tomsk Region	198

CONSTRUCTION TECHNOLOGY AND MANAGEMENT

Rubanov A.V., Sarkisov D.Yu., Bychkov O.A., Chernyshova N.A., Gorlenko N.P., Sarkisov Yu.S. About Ways of Utilizing Coal Mining Overburden Rocks in Construction Technologies	206
--	-----

ENGINEERING AND CONSTRUCTION OF ROADS, SUBWAYS, AIRDROMES, AND TUNNELS

Kartopol'tsev A.V., Alekseev A.A. On the Dynamic Load Impact on the Roadway with Respect to Surface Irregularities	215
Efimov S.V., Chaplin I.V., Kokoeva E.S. Building Information Modeling Implementation in Russia on the Example of Overpass Reconstruction Project Development.....	226
Isakov Ya.V., Karelin D.V. Chronology of Development of Novosibirsk Transport System	238

WE HONOR JUBILARIANS

Lukashevich O.D. Scientist, Mentor, Organizer of Science and Education, Patriot of Siberia. The 95th Anniversary of the Birth of Gennady Markelovich Rogov	253
Congratulations on Anniversary of Vladilen Vasilievich Petrov.....	258

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 2. С. 9–21.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (2): 9–21.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 72.025.4:719(571.16)

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-9-21

EDN: ATEZDO

ДЕРЕВЯННАЯ УСАДЕБНАЯ ЗАСТРОЙКА ТОМСКОЙ ГУБЕРНИИ В КОНЦЕ XIX – НАЧАЛЕ XX ВЕКА

Екатерина Сергеевна Каталевская

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Томск, Россия*

Аннотация. Исследование посвящено изучению планировочной структуры городских усадеб крестьян г. Томска конца XIX – начала XX столетия, особое внимание уделено хозяйственным постройкам, входившим в состав усадеб.

Цель: выявление крестьянской усадебной застройки в г. Томске и определение ее роли в формировании архитектурного облика исторического города.

Источниковой базой исследования стали архивные документы, включая исторические фотографии, зарисовки и результаты натурного обследования деревянной усадебной застройки. Важную роль сыграли материалы фондов Государственного архива Томской области, Томского областного краеведческого музея и фотоархивы краеведов П.Н. Коханенко и Р. Петрушина. Эти источники позволили установить наличие утраченных элементов усадебной застройки крестьян и осуществить их систематизацию.

Работа выполнена по результатам историко-архивных исследований, проведенных Е.С. Каталевской за период 2021–2023 гг. в процессе выполнения диссертации «Деревянная усадебная застройка Томска конца XIX – начала XX века». Автор статьи провел анализ документов, хранящихся в Государственном архиве Томской области.

Актуальность работы обусловлена малой изученностью рядовой деревянной усадебной застройки г. Томска и проблемами ее сохранения.

Новизна исследования заключается в проведении комплексного научного анализа по изучению усадебной крестьянской застройки г. Томска, ранее не изученной и не освещенной.

Результаты выполненного исследования подтверждают ценность крестьянских усадеб в сохранении уникального историко-архитектурного облика г. Томска и могут быть полезны при изучении деревянной усадебной застройки городов Сибири, а также в разработке проектов регенерации исторической застройки г. Томска.

Ключевые слова: Томск, деревянная усадебная застройка, крестьянская усадьба, состав усадебной застройки, исторические хозяйственные постройки, сохранение историко-культурного наследия

Для цитирования: Каталевская Е.С. Деревянная усадебная застройка Томской губернии в конце XIX – начале XX века // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 2. С. 9–21. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-9-21. EDN: ATEZDO

ORIGINAL ARTICLE

WOODEN ESTATE HOUSING DEVELOPMENT IN TOMSK LATE IN THE 19th AND EARLY 20th CENTURIES

Ekaterina S. Katalevskaya

Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

Abstract. Purpose: The paper studies the planning structure of the urban estate of Tomsk peasants late in the 19th and early 20th centuries. Special attention is paid to household buildings. The relevance of the study is due to the low level of knowledge of the estate housing development in Tomsk and its preservation.

Methodology: Historical and archival materials and field survey.

Research findings: It is shown how important it is to preserve individual historical and cultural development of peasant estate housing in the of the historical city of Tomsk. The obtained results can be used to study the wooden manor buildings in Siberian cities and develop projects for restoration of historical buildings in Tomsk.

Value: Comprehensive research presented in this work had not been previously conducted in this field.

Keywords: Tomsk, wooden estate housing, peasant, composition estate houses, household buildings, cultural heritage

For citation: Katalevskaya E.S. Wooden Estate Housing Development in Tomsk Late in the 19th and Early 20th Centuries. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (2): 9–21. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-9-21. EDN: ATEZDO

Томск – город исторический, в его планировке в конце XIX – начале XX в. преобладала усадебная застройка, являющаяся основным пространственным и планировочным модулем. В 2010 г. Томску был присвоен статус исторического поселения федерального значения¹ во многом благодаря сохранившимся массивам деревянной застройки, которая по праву является уникальным наследием мирового масштаба [1]. В настоящее время сохранились целостные участки исторической застройки в разных естественно-исторических районах города.

Изучению деревянной архитектуры Томска посвящены труды многих исследователей: Е.А. Ащепкова, В.Г. Залесова, И.В. Куликовой, В.А. Липинской,

¹ Российская Федерация. Приказы. Об утверждении перечня исторических поселений: приказ Министерства культуры РФ, Министерства регионального развития РФ от 29 июля 2010 г. № 418/339 г. Москва.

М.В. Мякишевой, А.М. Прибытковой-Фроловой, Л.С. Романовой, М.В. Савельева, Е.В. Ситниковой, Н.В. Шагова и др.

Вопросы сохранения деревянной архитектуры г. Томска неоднократно рассматривались архитекторами Н.В. Шаговым, Л.С. Романовой, Е.В. Ситниковой и другими авторами.

В предыдущих исследованиях, результаты которых отражены в публикациях, автором были рассмотрены купеческие усадьбы – «Купеческие усадьбы в планировочной структуре г. Томска конца XIX – начала XX века» [2], мещанские усадьбы – «Деревянная усадебная застройка мещан города Томска в конце XIX – начале XX века» [3] и усадьба служащего – «Комплексное исследование городской усадьбы на ул. Дзержинского, 12, в г. Томске» [4].

Настоящая работа посвящена выявлению и изучению крестьянских усадеб г. Томска конца XIX – начала XX в., представляющих малочисленный и менее выразительный в архитектурно-художественном отношении пласт деревянной застройки, который подвергся массовому уничтожению.

Томская губерния являлась основным регионом крестьянской колонизации в конце XIX – начале XX в. На ее территории в разные годы оседало от трети до половины ходоков и переселенцев, пришедших из-за Урала [5]. Сибирские переселенцы, желая обосноваться на новом месте, могли выбрать один из двух путей, указанных во «Временных правилах о добровольном переселении сельских обывателей и мещан-земледельцев» от 6 июня 1904 г. Во-первых, зачислиться на свободные земли и, соблюдая требования, образовать собственное селение (переселенческий поселок) и отдельное сельское общество (при условии, что поселок состоит не менее чем из десяти дворов); во-вторых, поселиться в уже существующем населенном пункте и причислиться к старожильческому крестьянскому обществу, но только после получения согласия от последнего [6].

В результате проведенных историко-архивных исследований в Государственном архиве Томской области (ГАТО) выявлено 10 дел с чертежами крестьянских усадеб (таблица).

В ходе анализа деревянной усадебной застройки г. Томска, проведенного по архивным материалам (таблица), выявлено два типа планировочной структуры крестьянской усадьбы: линейный и периметральный. Обозначенные планировочные типы крестьянской усадьбы встречались в равном процентном соотношении. Крестьянские наделы варьировались от 384 до 1693 м², преобладали средние по размеру участки. В состав крестьянской усадьбы традиционно входили следующие деревянные постройки: главный дом, флигели, холодные службы, амбары, навесы, реже встречались каменные строения, такие как мастерские и кузницы. Главный жилой дом в крестьянской усадьбе в основном был одноэтажный, но встречались и двухэтажные постройки.

В результате работы в архиве ГАТО выявлено десять крестьянских усадеб, не сохранившихся до настоящего времени. В связи с малой выразительностью архитектуры и небольшими размерами построек, в советское время они подверглись массовому сносу, как не представлявшие архитектурной ценности.

Рассмотрим четыре крестьянские усадьбы г. Томска, в которых основные жилые постройки и ряд хозяйственных служб выполнены из дерева, специальные – из кирпича.

Вестник ТГАСУ. 2025. Т. 27. № 2

Сводная таблица крестьянских усадеб по материалам ГАТО
Summary table of peasant estate housing based on archival materials

№ п/п	Адрес исторический (современный)	Владелец	Тип планировочной структуры усадьбы, размер усадьбы	Перечень построек на территории усадьбы	Архивное дело
1	Усадьба по ул. Преображенской (ул. Дзержинского)	Крестьянин Тульской губернии Зиновий Иванович Иванов	Линейный, размер усадьбы 692,25 м²	Деревянный одноэтажный дом , проектируемая одноэтажная двухчастная служба с навесом	Ф. 233. Оп. 2. Д. 2417. 1898 г.
2	Усадьба по ул. Никитинской (ул. Никитина)	Крестьянка Томской губернии Дарья Захаровна Муховозова	Периметральный, размер усадьбы 1693,35 м²	Двухэтажный деревянный дом , одноэтажный флигель, проектируемая одноэтажная двухчастная служба с навесом, одноэтажная завозная с под-навесом, одноэтажная конюшня	Ф. 233. Оп. 2. Д. 1992. 1895 г.
3	Усадьба по ул. Жандармской (ул. Гоголя)	Крестьянин Томской губернии Иван Андреевич Енулович	Линейный, размер усадьбы 426,8 м²	Деревянный одноэтажный дом , каменный одноэтажный флигель с сенями, проектируемая одноэтажная трехчастная служба без навеса	Ф. 233. Оп. 2. Д. 1953. 1895 г.
4	Усадьба по ул. Большой-Садовой (пр. Ленина)	Крестьянин Тобольской губернии Николай Николаевич Валабуев	Линейный, размер усадьбы 747 м²	Деревянный одноэтажный дом , деревянный одноэтажный флигель, проектируемая одноэтажная трехчастная служба без навеса	Ф. 233. Оп. 2. Д. 2116. 1896 г.
5	Усадьба по ул. Миллионной (пр. Ленина)	Крестьянин деревни Белобородовой Нелюбинской волости Платон Петрович Яковлев	Линейный, размер усадьбы 427 м²	Деревянный одноэтажный дом , проектируемая одноэтажная трехчастная служба без навеса	Ф. 233. Оп. 2. Д. 2165. 1896 г.
6	Усадьба по пер. Прасоловскому (пер. Красный)	Крестьянка Томской губернии Евдокия Павловна Гостишина	Периметральный, размер усадьбы 811 м²	Двухэтажный деревянный дом , проектируемая одноэтажная четырехчастная служба без навеса, деревянный навес, деревянные службы, погреба	Ф. 233. Оп. 2. Д. 1762. 1895 г.

Окончание таблицы
End of table

№ п/п	Адрес исторический (современный)	Владелец	Тип планировочной структуры усадьбы, размер усадьбы	Перечень построек на территории усадьбы	Архивное дело
7	Усадьба по ул. Источной, 7 (ул. Татарская)	Крестьянка Нижегородской губернии Матрёна Петровна Татурина	Периметральный , размер усадьбы 410 м²	Двухэтажный деревянный дом , предполагаемый к перестройке из амбара деревянный флигель, проектируемый навес на столбах с брандмауэром	Ф. 233. Оп. 2. Д. 2023. 1895 г.
8	Усадьба по ул. Казанской (пр. Комсомольский)	Крестьянин Богородской губернии Василий Алексеевич Проваркин	Линейный , размер усадьбы 634 м²	Деревянный одноэтажный дом , навес на столбах	Ф. 233. Оп. 2. Д. 2289. 1897 г.
9	Усадьба по ул. Петровской (ул. Яковлева)	Крестьянин Вятской губернии Сидор Родионович Липовцев	Периметральный , размер усадьбы 907 м²	Деревянный одноэтажный дом , деревянный флигель, проектируемая одноэтажная каменная мастерская, деревянная служба, мастерская, деревянный навес	Ф. 233. Оп. 2. Д. 1981. 1895 г.
10	Усадьба по ул. Духовской, 37 (ул. Карла Маркса)	Крестьянин Андрей Ефимович Осташев	Периметральный , размер усадьбы 480 м²	Двухэтажный деревянный дом , двухэтажный флигель, одноэтажный деревянный флигель, проектируемая одноэтажная кузница, деревянные службы	Ф. 233. Оп. 2. Д. 2425. 1898 г.

Усадьба крестьянки Д.З. Муховозовой (рис. 1) по ул. Никитинской (совр. ул. Никитина) в плане имеет г-образную форму, считается одной из самых крупных, найденных в архиве ГАТО, размер участка – 1693,35 м². В состав усадьбы крестьянки Дарьи Захаровны входили следующие деревянные строения: двухэтажный дом в шесть осей окон, одноэтажный флигель в шесть осей окон, одноэтажная служба, одноэтажная завозня с поднавесом, одноэтажная конюшня. Большая часть усадьбы была не застроена, возможно, там располагался огород или был устроен скотный двор.

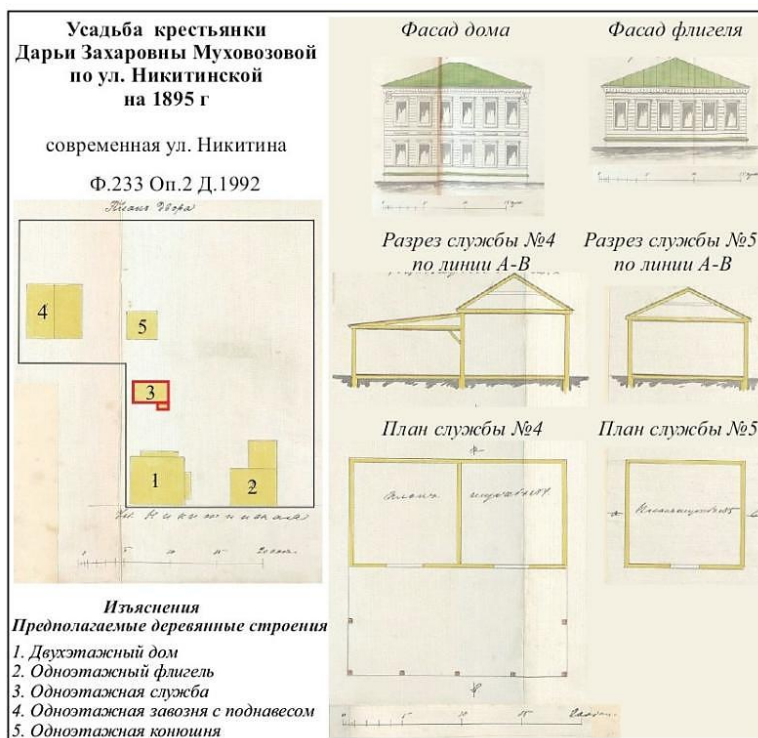


Рис. 1. Усадьба крестьянки Дарьи Захаровны Муховозовой на 1895 г. по ул. Никитинской (совр. ул. Никитина). План усадьбы, фасады дома и флигеля, разрез и планы службы (ГАТО. Ф. 233. Оп. 2. Д. 1992)

Fig. 1. Plan of manor, facades and household buildings of peasant Darya Z. Mukhovozova in 1895 on Nikitinskaya Street (today Nikitin Street). (State Archive. Form 233, list 2, record 1992)

Усадьба крестьянки Е.П. Гостюшиной (рис. 2) по пер. Прасоловскому (совр. пер. Красный) квадратная в плане, довольно плотно застроена по периметру строениями, размер участка – 811 м². В состав усадьбы Евдокии Павловны входили двухэтажный деревянный дом, высота 1-го этажа которого сравнительно ниже, чем 2-го этажа, деревянный навес, деревянные службы, погреб, строения, предназначенные к слому; на освобожденном от лишних объектов месте предполагалось возвести довольно крупную одноэтажную четырехчастную службу.



Рис. 2. Усадьба крестьянки Евдокии Павловны Гостюшиной на 1895 г. по пер. Прасоловскому (совр. пер. Красный). План усадьбы, разрезы и план службы (ГАТО. Ф. 233. Оп. 2. Д. 1762)

Fig. 2. Plan of the manor house of peasant Evdokia P. Gostyushina in 1895 on Prasolovsky Lane (today Krasny Lane). (State Archive. Form 233, list 2, record 1762)

Усадьба крестьянина А.Е. Осташева (рис. 3) по ул. Духовской, 37 (совр. ул. Карла Маркса), квадратная в плане, застроена по периметру строениями, размер участка – 480 м². На территории усадьбы Андрея Ефимовича располагались: двухэтажный деревянный дом, двухэтажный флигель, одноэтажный флигель, кузница, деревянные службы. Наличие в составе усадьбы Осташева каменного строения – кузницы – говорит о роде деятельности владельца усадьбы.

Усадьба крестьянина В.А. Проваркина (рис. 4) по ул. Казанской (совр. пр. Комсомольский) вытянутой неправильной геометрической формы, размер участка – 634 м². Строения на территории усадьбы Василия Алексеевича размещены в одну линию. Усадьба Проваркина представлена одноэтажным деревянным домом в четыре оси окон и навесом.

Усадьбы крестьян отличались от усадеб остальных групп населения однородностью по составу элементов и, по сравнению с купеческими, мещанскими и служащими, значительной скромностью по размерам. Деревянные постройки в наделах крестьян были размещены весьма плотно.

Постройки для хранения хозяйственного инвентаря – амбары, кладовые, погреба, завозни, навесы – располагались вблизи дома. Нередко хозяйственные постройки соединялись между собой навесами под плоской или двухскатной крышей, которые примыкали к ограде усадьбы, создавая крытый проход. Под

навесами выполняли различные хозяйственные работы, там складывали дрова, иногда размещались бани, погреба, колодцы; здесь же могли находиться телеги и различная хозяйственная утварь.

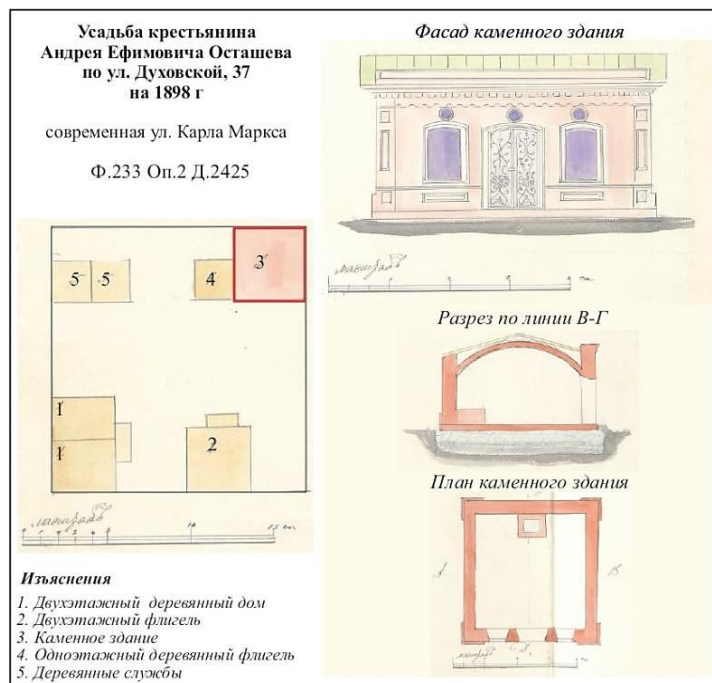


Рис. 3. Усадьба крестьянина Андрея Ефимовича Осташева на 1898 г. по ул. Духовской, 37 (совр. ул. Карла Маркса). План усадьбы, фасад, разрез и план каменного здания, службы (ГАО. Ф. 233. Оп. 2. Д. 2425)

Fig. 3. Plan of the manor, facade of peasant Andrei E. Ostashev in 1898 on Dukhovskaya Street (today Karl Marx Street). (State Archive. Form 233, list 2, record 2425)

Хозяйственные постройки, как и дом, выполнялись в виде сруба, имели двухскатную крышу, а иногда и полы. Однако в отличие от жилого дома они не отапливались и не утеплялись; световые проемы в них были очень малы или совсем отсутствовали. Это были однокамерные помещения для хранения имущества семьи [7].

Надворные хозяйственные постройки, так называемые службы, могли выполнять разнообразные функции и включали: амбар, погреб, ледник, завозню, кладовую, сарай и пр. Амбары и кладовые располагали чаще всего на виду для лучшей сохранности и удобной доступности. Тогда как помещения для скота, бани, прачечные располагали на отдаленных от дома участках рядом с огородом или скотным двором, которые могли отгораживать дополнительно забором [4].

Объемно-планировочные решения служб зависели от функционального назначения, связанного с родом деятельности владельца усадьбы, и были обусловлены размерами земельного участка (рис. 3).

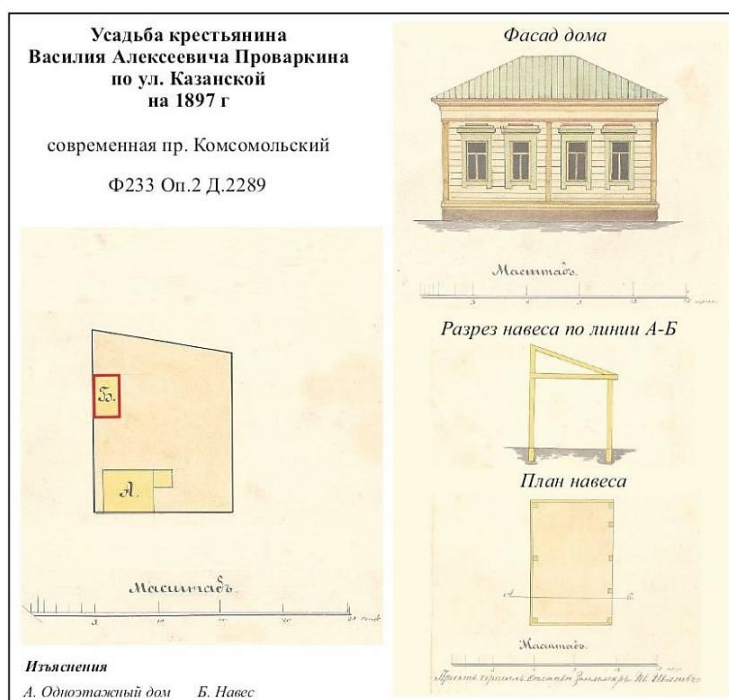


Рис. 4. Усадьба крестьянина Василия Алексеевича Проваркина на 1897 г. по ул. Казанской (совр. пр. Комсомольский). План усадьбы, фасад дома, разрез и план навеса (ГАТО. Ф. 233. Оп. 2. Д. 2289)

Fig. 4. Plan of the manor, facade of peasant Vasily A. Provarkin in 1897 on Kazanskaya Street (today Komsomolsky Ave.). (State Archive. Form 233, list 2, record 2289)

Службы могли выполнять несколько функций, часто совмещались, например, амбары, кладовые, погреба и конюшни. Самой распространенной постройкой на территории усадеб был навес [8]. В планировочной организации усадеб часто выделяют чистый двор, хозяйственный двор, скотный двор, огород [9].

Анализ архивных документов ГАТО позволил установить, что усадьбы крестьян представляли в основном рядовую застройку. Из сохранившихся до нашего времени можно выделить усадьбу крестьянки Тобольской губернии Тюкалинского уезда Еленской волости деревни Нижние Ушки Матрены Васильевны Хлыновой. Усадьба включает небольшой деревянный одноэтажный дом на углу ул. Солдатской и Никитинской (совр. ул. Красноармейская, 25), построенный в 1896 г. (рис. 5).

Часто крестьянские дома возводились по «образцовым» проектам, например, усадьба крестьянки Тобольской губернии Тюкалинского округа Успенской волости села Перевалова Феклы Ивановны Крапивиной по ул. Большой Кирпичной (совр. ул. Октябрьская, 66). Главный дом усадебного комплекса выполнен полуторазэтажным с мезонином (рис. 6).

Довольно редко встречаются усадьбы, обладающие большой архитектурно-художественной выразительностью, например, усадьба крестьянина Каинского уезда с. Покровского Григория Никитича Белова по ул. Преображен-

ской (совр. ул. Дзержинского, 5), которая отличается значительными размерами. В её состав на 1930 г. входили два деревянных дома (одноэтажный и двухэтажный) и надворные постройки (рис. 7).



Рис. 5. Бывшая усадьба крестьянки Матрены Васильевны Хлыновой на 1896 г. по ул. Солдатской и Никитинской (совр. ул. Красноармейская, 25). Фото Е.С. Каталевской, октябрь 2024 г.

Fig. 5. Former manor house of peasant Matrena V. Khlynova on Soldierskaya and Nikitinskaya Streets in 1896 (today 25, Krasnoarmeyskaya Street). Photo by E.S. Katalevskaya, October 2024



Рис. 6. Бывшая усадьба крестьянки Феклы Ивановны Крапивиной на 1887 г. по ул. Большой Кирпичной (совр. ул. Октябрьская, 66). Фото Е.С. Каталевской, октябрь 2024 г.

Fig. 6. Former manor house of peasant Fekla I. Krapivina on Bolshaya Kirpichnaya Street (in 1887) (today 66, Oktyabrskaya Street). Photo by E.S. Katalevskaya, October 2024



Рис. 7. Бывшая усадьба крестьянина Григория Никитича Белова на 1906 г. по ул. Преображенской (совр. ул. Дзержинского, 5). Фото Е.С. Каталевской, октябрь 2024 г.

Fig. 7. Former estate house of peasant Grigory N. Belov on Preobrazhenskaya Street (in 1906) (today 5, Dzerzhinskogo Street). Photo by E.S. Katalevskaya, October 2024

В настоящее время усадьба из двух жилых домов по ул. Дзержинского, 5, 5/1, не сохранилась в полном объеме. Одноэтажный дом утрачен в 2010-х гг. Двухэтажный дом около 2010 г. пережил реставрацию (реконструкцию) и в настоящее время продолжает использоваться для жилья.

Деревянный двухэтажный дом по ул. Дзержинского, 5, выполнен в эклектике, в традиционной для Томска манере. Жилой дом расположен продольным фасадом в семь осей окон вдоль ул. Дзержинского с парадным двойным входом с улицы и еще одним входом, через прируб (рис. 7). Акцентом на главном фасаде является треугольный фронтоныч. Окна дома с резными, традиционными для Томска наличниками. Карниз дополнен подзорами с пропиленной резьбой. Со стороны главного фасада имеется крыльцо с навесом треугольной формы.

Крестьяне, переезжая из деревень, чаще всего покупали дома у мещан и неоднократно могли перепродавать усадьбы, владея ими в течение 1–2 лет. В материалах ГАТО довольно редко встречаются документы, содержащие заявления крестьян с просьбой о строительстве дома, флигеля или служб. Это объясняется тем, что, переезжая в город, крестьяне со временем меняли свой социальный статус, становясь мещанами.

Выводы

В результате проведенного анализа установлено, что участки крестьян, как правило, имели вытянутую форму и застраивались довольно плотно в одну линию или же по периметру участка деревянными постройками. Помимо главного дома, на участке располагались одноэтажные флигели, деревянные холодные службы, амбары, навесы, реже каменные, такие как мастерские и кузницы. Площадь участков варьировалась от 410 до 1693,35 м², наиболее рас-

просторными были усадьбы средних размеров, крупные участки для крестьян были редкостью.

Основной дом в усадьбе крестьянина был деревянный, преимущественно одноэтажный, реже двухэтажный. **Жилой дом в усадьбах продольным фасадом в три, четыре или семь осей окон располагался вдоль главной улицы. Архитектурный стиль домов, входящих в состав крестьянской усадьбы, – классицизм и эклектика с несложным декором.**

Проведенный анализ планировочной структуры крестьянских усадеб позволил систематизировать их по типу хозяйственных построек – служб, которые представлены как простыми прямоугольными формами (одноэтажные, двухчастные, трехчастные и четырехчастные, с навесами или без, причем наиболее распространены двухчастные и трехчастные службы с навесом), так и навесами на столбах, кузницами, мастерскими правильной геометрической формы. Наличие мастерских и кузниц в крестьянских усадьбах отражает род занятий хозяина участка. Представленные в архиве крестьянские усадьбы в большинстве своем не сохранились до настоящего времени, поэтому изучать данный вид усадебной застройки г. Томска можно только по архивным материалам ГАТО.

Из выявленных и сохранившихся до настоящего времени усадеб крестьян к. XIX – н. XX в. в большей степени уцелели жилые дома, представляющие собой в основном фоновую историческую застройку, которая является значимой градостроительной составляющей в формировании историко-культурной среды города.

Крестьянские усадьбы дополняют историческую застройку, на фоне которой удачно выделяются зажиточные мещанские и купеческие усадьбы, украшенные богатым резным декором и имеющие широкий набор хозяйственных построек. Таким образом, сохранение малочисленной группы крестьянских усадеб необходимо как для отражения отдельной социальной принадлежности этой прослойки населения, так и для поддержания фоновой деревянной застройки, играющей важную роль в формировании облика исторического города.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Каталевская Е.С., Ситникова Е.В. Формирование жилой усадебной застройки г. Томска в конце XIX – начале XX века на примере квартала № 304 // Инвестиции, градостроительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения. В 2 частях. Часть 1 : материалы XIII Международной научно-практической конференции, Томск, 28 февраля – 2 марта 2023 г. Томск : Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. С. 219–224. EDN: YDSFDE
2. Каталевская Е.С., Ситникова Е.В. Купеческие усадьбы в планировочной структуре г. Томска конца XIX – начала XX века // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 1. С. 7–23. DOI 10.31675/1607-1859-2023-25-1-7-23. EDN: IQGEOQ
3. Каталевская Е.С., Ситникова Е.В. Деревянная усадебная застройка мещан города Томска в конце XIX – начале XX века // Инвестиции, градостроительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения. В 2 частях. Часть 1 : материалы XIV Международной научно-практической конференции, Томск, 12 марта 2024 г. Томск : Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2024. С. 219–224. EDN: YDSFDE
4. Каталевская Е.С., Ситникова Е.В. Комплексные исследования городской усадьбы на ул. Дзержинского, 12, в г. Томске // Вестник Томского государственного архитектурно-

- строительного университета. 2022. Т. 24. № 1. С. 22–32. DOI 10.31675/1607-1859-2022-24-1-22-32. EDN: NSUDAL
5. *Сибирская жизнь*. 1907. 23 июня // РГИА. Ф. 391. Оп. 3. Д. 759. Л. 21 и др.
6. Алишина Г.Н. В поисках «Своего места»: Крестьянская колонизация в Томской губернии.
7. Липинская В.А. Типы застройки усадьбы русского населения Западной Сибири (конец XIX – начало XX вв.) // Сов. этнография. 1975. № 5. С. 31–41. EDN: YPCCYR
8. Шагов Н.В., Савельев М.В., Крюкова Ю.Е. Особенности развития городской усадьбы в Сибири XVII – начала XX в. // Вестник Томского государственного университета. 2012. № 362. С. 61–64. EDN: PDCLSF
9. Мякишева М.В., Ситникова Е.В. Хозяйственные постройки в структуре усадьбы в городе Томске второй половины XIX – начала XX века (по архивным материалам) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2009. № 1. С. 64. EDN: KXDSDH

REFERENCES

1. Katalievskaya E.S., Sitnikova E.V. Residential Estate Development in Tomsk Late in the 19th and early 20th Centuries on the Example of Quarter No. 304. In: *Proc. 13th Int. Sci. Conf. 'Investments, Construction, Real Estate as Drivers of Socio-Economic Development and Life Quality of Population'*. Tomsk, February 28 – March 2, 2023. Pp. 219–224. EDN: YDSFDE (In Russian)
2. Katalievskaya E.S., Sitnikova E.V. Merchant Estates in Tomsk Planning Structure Late in the 19th and Early 20th Centuries. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2023; 25 (1): 7–23. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-1-7-23. EDN: IQGEOQ (In Russian)
3. Katalievskaya E.S., Sitnikova E.V. Wooden Manor Buildings of the Burghers of Tomsk at the End of the 19 and Beginning of the XX Centuries. In: *Proc. 14th Int. Sci. Conf. 'Investments, Construction, Real Estate as Drivers of Socio-Economic Development and Life Quality of Population'*. Tomsk, March 12, 2024. Pp. 219–224. EDN: YDSFDE (In Russian)
4. Katalievskaya E.S., Sitnikova E.V. Overall Study of Mansion at Dzerzhinskii Street in Tomsk. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2022; 24 (1): 22–32. DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-1-22-32. EDN: NSUDAL (In Russian)
5. *Siberian Life*. 1907. June 23. Regional State Archive. Form 391 list 3, record 759, p. 21. (In Russian)
6. Alishina G.N. Searching for My place: Peasant Colonization in the Tomsk Province. (In Russian)
7. Lipinskaya V.A. Types of Estate Development of the Russian Population of Western Siberia (19–20th centuries). *Sovetskaya entografiya*. 1975; (5): 31–41. EDN: YPCCYR (In Russian)
8. Shagov N.V., Savelyev M.V., Kryukova Yu.E. Urban Estate Development in Siberia of the 17th and Early 20th Centuries. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2012; (362): 61–64. EDN: PDCLSF (In Russian)
9. Myakisheva, M.V., Sitnikova E.V. Farm Estate Buildings in Tomsk in the 19th and Early 20th Centuries (archival materials). *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2009; (1): 64. EDN: KXDSDH (In Russian)

Сведения об авторе

Каталевская Екатерина Сергеевна, аспирант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, ezhuzeeva@mail.ru

Author Details

Ekaterina S. Katalievskaya, Research Assistant, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, ezhuzeeva@mail.ru

Статья поступила в редакцию 19.01.2025
Одобрена после рецензирования 06.02.2025
Принята к публикации 17.02.2025

Submitted for publication 19.01.2025
Approved after review 06.02.2025
Accepted for publication 17.02.2025

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 2. С. 22–37.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (2): 22–37.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 719

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-22-37

EDN: BIFCEN

СОХРАНЕНИЕ ГРУППОВЫХ ЗОН ДЕРЕВЯННОГО ЗОДЧЕСТВА ЧЕРЕЗ КОМПЛЕКСНОЕ РАЗВИТИЕ ТЕРРИТОРИЙ ИСТОРИЧЕСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ТОМСКА)

Наталья Александровна Лисовская

*Областное государственное автономное учреждение культуры
«Центр татарской культуры», г. Томск, Россия*

Аннотация. Статья посвящена актуальной проблеме – сохранению уникального деревянного зодчества г. Томска.

Целью исследования является поиск решения сохранения групповых зон деревянного зодчества через комплексное развитие территорий в утвержденных границах исторического поселения.

В работе применены *методы* нормативного подхода и сравнительного анализа положительных практик последних пяти лет при сохранении культурного наследия в исторических поселениях России. Методологической основой исследования являются теоретические труды в области комплексного подхода к решению всех проблемных направлений обозначенной темы и натурные исследования состояния групповых зон деревянного зодчества Томска.

Научная новизна заключается в сочетании анализа теоретических наработок исследователей, современных нормативных документов и новейших реализуемых российских практик в области культурного наследия для выстраивания методического алгоритма сохранения групповых зон деревянного зодчества с учетом комплексного развития территорий г. Томска.

В результате в качестве самого эффективного метода сохранения групповых зон деревянного зодчества выделен Модельный стандарт, который позволит провести регенерацию центральной части города в границах исторического поселения Томска. При этом не только сохранится уникальное деревянное зодчество, но и будут комплексно решены задачи комфортной городской среды, развития малого и среднего бизнеса, стимулирования общественного движения на участие в общественно-культурных проектах сохранения историко-культурного наследия Томска.

Ключевые слова: групповые зоны деревянного зодчества, историческое поселение, комплексное развитие территорий, Модельный стандарт

Для цитирования: Лисовская Н.А. Сохранение групповых зон деревянного зодчества через комплексное развитие территорий исторического поселения (на примере города Томска) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 2. С. 22–37. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-22-37. EDN: BIFCEN

ORIGINAL ARTICLE

PRESERVATION OF WOODEN ARCHITECTURE ZONES THROUGH INTEGRATED TERRITORY DEVELOPMENT OF HISTORICAL SETTLEMENT (THE TOMSK CASE STUDY)**Natalia A. Lisovskaya***Tatar Culture Center, Tomsk, Russia*

Abstract. Purpose: The aim of the work is to find a solution to preserve the unique wooden architecture of Tomsk through the integrated territory development within the approved boundaries of the historical settlement.

Methodology: A normative approach and comparative analysis of positive experience of the last five years in preserving cultural heritage in historical settlements in Russia. The methodological basis of research is works on the integrated approach to solving all the problems and field studies of the condition of wooden architecture zones in Tomsk.

Research findings: The model standard is identified as the most effective method of preserving wooden architecture zones, which allows reconstructing of the central part of the city within the boundaries of the historical settlement. At the same time, not only the unique wooden architecture is preserved, but also the tasks of a comfortable urban environment are solved, small and medium-sized businesses are developing, and the public movement facilitates the participation in socio-cultural projects to preserve the historical and cultural heritage of Tomsk.

Value/originality: A combination of the theoretical analysis of research developments, modern regulatory documents and the latest Russian experience in the field of cultural heritage to build a methodological algorithm for the preservation of wooden architecture zones, taking into account the integrated territory development in Tomsk.

Keywords: wooden architecture zones, historical settlement, integrated development, standard model

For citation: Lisovskaya N.A. Preservation of Wooden Architecture Zones through Integrated Territory Development of Historical Settlement (the Tomsk Case Study). *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2025; 27 (2): 22–37. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-22-37. EDN: BIFCEN

Город Томск является историческим поселением федерального статуса благодаря сохранившемуся планировочному каркасу исторического центра (1355 га), первым сибирским университетам и, конечно же, целым пластам деревянной застройки. В Томске автором выделяются 11 групповых зон деревянного зодчества¹ общей площадью 270 га, включающих 749 объектов деревянного зодчества. Из всех этих компонентов самым уязвимым в плане исторической сохранности и современной трансформации является деревянное зодчество. Поэтому именно ему уделено первоочередное внимание.

Первоначально автором было выделено 8 групповых зон деревянного зодчества (рис. 1) в рамках разработки муниципальной программы «Сохранение и возрождение деревянного зодчества г. Томска». Программа была разработана автором в 2004 г. и реализована под руководством губернатора

¹ Лисовская Н.А. Сохранение и возрождение деревянного зодчества г. Томска: муниципальная программа. Томск, 2004. 170 с.

В.М. Кресса в 2005–2011 гг. Она была утверждена решением Думы г. Томска № 1016 от 07.10.2008 г. Восемь групповых зон деревянного зодчества включены в генеральный план г. Томска 2007 г., разработанный НПИ ПП «ЭНКО», г. С.-Петербург, а также в проект «Зоны охраны памятников истории и культуры г. Томска» 2012 г., выполненный Сибирским институтом «Сибспецпроектреставрация» (г. Томск).

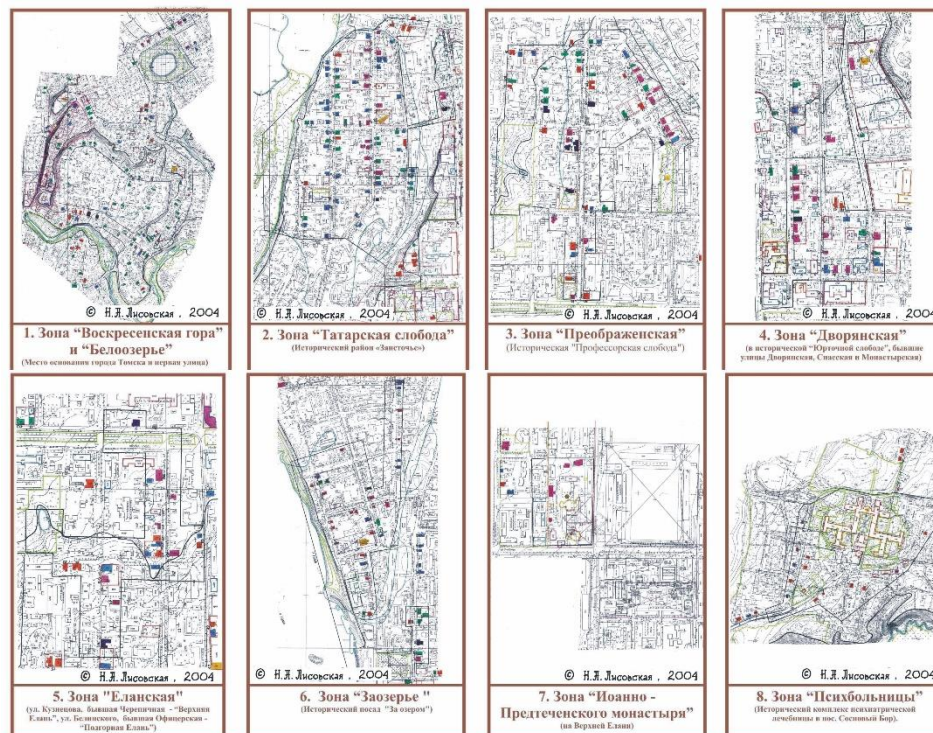


Рис. 1. Программа «Сохранение деревянного зодчества г. Томска» (2004 г., автор Н. Лисовская). Восемь групповых зон деревянного зодчества

Fig. 1. Preservation of Wooden Architecture in Tomsk Program, 2004. Author N. Lisovskaya. 8 wooden architecture zones

После включения левобережья в состав территории г. Томска и применения автором метода математического моделирования – тренд-анализа (рис. 2) для уточнения регламента реконструктивных мероприятий – количество групповых зон возросло с 8 до 11. Были добавлены зоны: «Профессорский городок» (ул. Октябрьская в п. Тимирязевском), «Магистратская» (ул. Р. Люксембург и ул. Б. Подгорная), «Уржатка» (пер. Кононова – пер. Комсомольский – пер. Аптекарский – ул. Батенькова – ул. Алтайская – ул. Заливная). В результате число объектов деревянного зодчества увеличилось с 701 (по данным программы 2004 г.) до 749 (рис. 3).

Цель научного исследования заключается в поиске оптимального механизма сохранения и адаптации деревянного зодчества в современных условиях. Однако достижение этой цели невозможно без комплексного развития

всей исторической территории г. Томска. Согласно гл. 10, ст. 64 Градостроительного кодекса РФ, одной из задач комплексного развития территории является соблюдение российского законодательства в сфере охраны объектов культурного наследия.

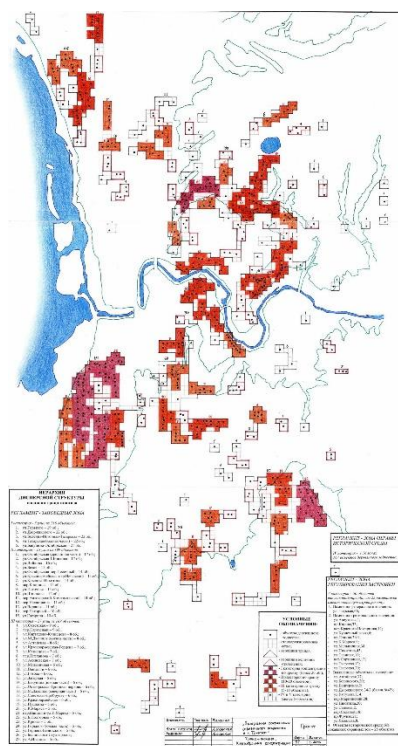


Рис. 2. Метод тренд-анализа (2008 г., Н. Лисовская)
Fig. 2. Trend analysis method (2008, N. Lisovskaya)

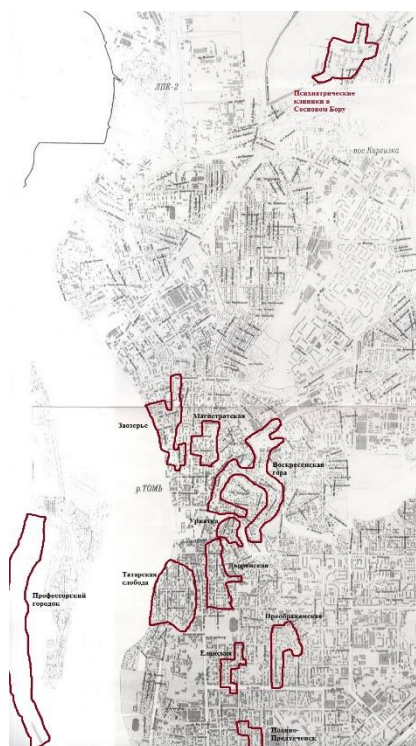


Рис. 3. Дислокация 11 групповых зон деревянного зодчества
Fig. 3. Location of 11 wooden architecture zones

Методологическую основу данного исследования составляет системно-комплексный подход к сохранению деревянного зодчества, при котором можно использовать труды Института реконструкции исторических городов (зам. директора по науке В.Р. Крогиус) по пяти проблемным направлениям:

- *ревалоризация* – изучение и охрана наследия, архитектурно-планировочная организация исторических зон;
- *ревитализация* – изучение социально-функциональных процессов и создание благоприятной среды для жизнедеятельности;
- *репривизация* – развитие инженерно-транспортной инфраструктуры, благоустройства и технического оснащения;
- *реконтракция* – совершенствование и развитие проектно-изыскательских и производственно-строительных работ;
- *ременеджеризация* – создание системы управления разработкой и реализацией мероприятий комплексной реконструкции.

Направления ревалоризации, репровизации, ревитализации – взаимосвязанные элементы комплексного развития территории (КРТ). Пропуск даже одного направления ведет к потере целостности подхода. Например, сосредоточение только на ревалоризации исторического поселения позволяет на какое-то время сохранить отдельные анклавы объектов культурного наследия (ОКН). Однако нельзя исторический центр города, составляющий 4,6 % общей площади г. Томска, превратить в музей под открытым небом. Столица субъекта должна развиваться во времени и в пространстве, в конкурентной среде с соседними территориями за человеческие ресурсы. Повышение качества городской среды возможно путем развития всех пяти направлений КРТ исторического поселения.

Комплексному подходу к решению проблем развития исторических поселений посвящены исследования академика РААСН, доктора архитектуры А.Л. Гельфонд. В своих работах она вводит понятие «потенциальный пространственный каркас исторического поселения», основанное на интеграции историко-культурного, природно-экологического, социально-экономического компонентов городского пространства [1]. Эти исследования затрагивают направления ревалоризации, репровизации, ревитализации.

Для анализа теоретических разработок в области сохранения историко-культурного наследия значительную ценность представляют труды Научно-исследовательского института теории и истории архитектуры и градостроительства (в.н.с. Э.А. Шевченко). В этих исследованиях вопросы градостроительного сохранения и реставрации территорий городов со сложившейся исторической застройкой предлагается решать по методике капитализации культурного наследия. Для установления инвестиционной привлекательности ОКН в методических рекомендациях применяются затратный, сравнительный и доходный подходы, что позволяет обосновать итоговую стоимость объекта [2]. Методика работает в направлении ревалоризации и ременеджеризации в области культурного наследия.

Поскольку вопросы ременеджеризации для сохранения деревянного зодчества являются наиболее сложными для Томска, важно привлечь инвесторов к сохранению ОКН. Целесообразно для этого проанализировать труды в области экономики культурного наследия. Среди зарубежных работ значимы исследования Донована Рипкема (США) [3], среди отечественных ученых – исследования Н.Е. Прянишникова, О.В. Карповой, А. Лобановой, Ю. Рыбаковой, Т.В. Абанкиной, П.В. Деркачева [4].

Ревитализация имеет социологическую основу исследования. Полезны будут теоретические и практические наработки социолога из Санкт-Петербурга Е.Б. Черновой [5].

Натурные исследования в области ревитализации по всем одиннадцати групповым зонам деревянного зодчества в Томске² выявили его отличие от среднестатистических российских показателей. Так, по России показатель жилья в ОКН составляет порядка 30 %. В Томске КРТ жилой застройки осуществ-

² Лисовская Н.А. Сохранение и возрождение деревянного зодчества г. Томска: муниципальная программа. Томск, 2004. 170 с.

ляется преимущественно в отношении многоквартирных домов, составляющих 95 % объектов деревянного зодчества (ОДЗ). Таким образом, в Томске необходим ремонт жилья, обладающего культурной ценностью, что подчеркивает важность социологической основы КРТ. Результаты анкетирования жителей групповых зон деревянного зодчества г. Томска «Еланская» и «Воскресенская гора» показали следующие тенденции³:

- 91,7 % респондентам нравится район проживания;
- 55,5 % отрицательно относятся к новой застройке в их заповедном районе;
- 66 % отрицательно относятся к сносу своего района и строительству на его месте нового;
- 70,7 % положительно оценивают опыт восстановления деревянных домов;
- 83,3 % поддерживают восстановление своего района по программе сохранения деревянного зодчества;
- 79,5 % согласны с постановкой своего дома на капитальный ремонт;
- 56,7 % готовы взять на себя внутренние отделочные работы при ремонте.

Томск – вернакулярный город, характеризующийся разнообразием ритмов и временных пластов. Целостность городской культуры достигается, когда удастся удержать и интегрировать все временные слои. Интегральный каркас КРТ исторического поселения включает в себя историко-культурный, ландшафтно-экологический, социально-экономический, инженерно-транспортный компоненты. При сохранении групповых зон деревянного зодчества г. Томска процессы ревитализации и репривизации находятся во взаимодействии.

Ландшафтный код – основа градостроительного кода города (градостроительная емкость территории). В Томске зоны охраны исторического ландшафта составляют всего 80 га. Ландшафтные анклавы ОДЗ сохранились в пределах природных границ вдоль русел рек и бровок террас. Среди них выделяются пять ключевых групповых зон деревянного зодчества⁴: «Воскресенская гора», «Татарская слобода», «Заозерье», «Уржатка», «Дворянская». Даже визуально спокойные зоны, такие как «Еланская», «Преображенская», «Иоанно-Предтеченский монастырь», «Магистратская», скрывают под собой подземные родниковые поля. Групповые зоны ОДЗ «Психиатрические клиники» и «Профессорский городок» расположены в ценных сосновых борах. Все одиннадцать групповых зон деревянного зодчества занимают участки с ослабленными грунтами и повышенной гидроактивностью. Сохранение этих зон ОДЗ позволит предотвратить возникновение барражного эффекта, пывунов и оползней. Зимой в групповых зонах деревянного зодчества происходит нейтрализация линз холода, а летом – термическое (за счет разного отражения материалов) и динамическое (за счет разности высот объектов) проветривание в историческом центре. Эта особенность характерна для всех исторических «деревянных» городов России, выстроенных по канонам древнерусского градостроения. Наши предки обладали глубокими знаниями о выборе мест для строительства, обходясь без различных теорий вроде фэн-шуй.

³ Лисовская Н.А. Творческие кластеры как модель организации социокультурного пространства в городе Томске: выпускная квалификационная работа (специалитет). Томск: НИ ТПУ, 2012. 99 с.

⁴ Лисовская Н.А. Сохранение и возрождение деревянного зодчества г. Томска: муниципальная программа. Томск, 2004. 170 с.

Реконструкция призвана обеспечить преемственность развития исторического поселения. Исторический центр Томска должен продолжать свое развитие, поэтому крайне важно гармонично вписывать новые архитектурные объекты по морфотипам исторической среды. Здесь значимы аналитические работы Т.А. Черемхиной [6]. В групповых зонах деревянного зодчества необходима реконструктивная работа, включающая «протезирование» улиц на месте утраченных и неценных объектов. В Томске остается нерассмотренным вопрос современного деревянного домостроения. Так, ровесник Томска Нью-Йорк (1624 г.) имеет 1/6 часть своих строений из дерева. В Ватикане 1/4 часть объектов выполнена из дерева. Деревянное строительство, вне зависимости от его разновидности, имеет ряд преимуществ:

- долговечность, безопасность, энергоэффективность;
- при серьезных пожарах металл теряет несущую способность, плавится через 20 мин, а древесина способна выдерживать огонь более 30 мин;
- быстрота возведения деревянных конструкций делает этот вид строительства привлекательным.

Согласно опросу, проведенному Общественным ТВ России в 2018 г., 86 % населения хотели бы жить в деревянном доме. Россия занимает первое место в мире по запасам лесных ресурсов – 815 млн га – это около 20 % от мировых запасов. В ряде стран древесина используется в качестве основного конструкционного материала в жилищном строительстве: в США – 95 % новых домов, в Финляндии – 90 %, в Канаде – 83 %, в Швеции – 78 %. Даже в Японии 43 % нового строительства выполняется с применением древесины. Томская область, имея запасы строительной древесины в сибирской тайге, обладает огромным потенциалом для развития деревянного домостроения. Именно здесь необходима преемственность от традиционного деревянного сруба до современного деревянного дома с использованием исторических традиций. С точки зрения культуры деревянное строительство – это неотъемлемая часть национального самосознания.

Развитие деревянного домостроения требует взаимодействия таких отраслей, как энергетика, транспорт и жилищно-коммунальное хозяйство, что создает мультипликативный экономический эффект. Мобилизация экономического ресурса культурного наследия – основа городской регенерации, КРТ, фактор социально-экономического развития. В этом контексте ключевое значение приобретает ременеджеризация, которая предусматривает иерархию управления зонами деревянного зодчества⁵:

Нижний уровень – технологический (модернизация строительно-реставрационной базы, создание плотницкого центра, организация службы «Скорая помощь зодчеству», создание фонда реставрационных материалов и магазина запчастей для ремонта деревянных домов, организация испытательного полигона тестирования новых реконструктивных и реставрационных технологий).

Средний уровень – проектно-управленческий (консорциум-проектирование (прибыльно-договорное проектирование) [7], «социально управляемое

⁵ Лисовская Н.А. Сохранение и возрождение деревянного зодчества г. Томска: муниципальная программа. Томск, 2004. 170 с.

проектирование», «проект участия пользователей», создание профессиональных групп социального проектирования).

Верхний уровень – идеологический (формирование единого информационного поля для сохранения деревянного зодчества; особое внимание к роли СМИ в формировании позитивного отношения к культуре, включая лингвистическое программирование; семь ступеней научно-образовательного комплекса по воспитанию бережного отношения к национальной культуре).

*Формирование бюджетного фонда сохранения наследия в групповых зонах деревянного зодчества*⁶. Это программы: сохранения деревянного зодчества, комплексного благоустройства городских территорий, реформирования ЖКХ, расселения ветхого и аварийного жилья, капитального ремонта жилого фонда, текущего ремонта объектов деревянного зодчества, социального и доступного жилья, развития городского транспорта, молодежная жилищная программа на объектах деревянного зодчества, программы МЧС (противодействие пожарам на объектах деревянного зодчества, развитию оползневых процессов, подтоплению) и др.

Проведение подпрограмм тематического характера: по восстановлению дренажной системы в групповых зонах деревянного зодчества, мероприятия по гидроизоляции оснований зданий, программа «Цоколь» – восстановление почти полностью разрушенных оснований исторических зданий, «Водосточные трубы» – восстановление организованного водостока с крыш исторических зданий, «Наличники» – замена изношенных и восстановление утраченных наличников, «Малые архитектурные формы» в стилевом соответствии с исторической застройкой, восстановление исторической колористики деревянных зданий, подсветка ценных исторических объектов деревянного зодчества и др.

Поскольку в решение о комплексном развитии территории включается перечень объектов культурного наследия (в 11 групповых зонах деревянного зодчества Томска насчитывается 183 ОКН федерального значения, 270 – муниципального и 296 объектов деревянной исторической среды), подлежащих сохранению в соответствии с ФЗ-73, необходима программа экономического стимулирования сохранения ОКН⁷. Эта программа должна предусматривать: рост объемов реставрационных работ – увеличение числа заказов на проведение реставрации и восстановление ОКН; активный поиск новых видов использования старых ОДЗ; всемерное поощрение реставрации ОДЗ; разработку гибких механизмов путем налоговых льгот для поддержания частных инициатив по реставрации деревянного зодчества; ремонт и реставрацию ОДЗ за счет низкопроцентных ссуд, грантов, налоговых льгот и оборотных средств, безвозвратных субсидий для реставрации и возвратных субсидий для восстановления и реконструкции, когда возникает дополнительная стоимость здания; создание системы благотворительных фондов, некоммерческих оборотных фондов под контролем, которым предоставляется право выкупа исторических зданий ОДЗ с целью восстановления, перепродажи и реинвестиции

⁶ Лисовская Н.А. Разработка проекта «Создание системы туристских кластеров в общественном пространстве города Томска»: выпускная квалификационная работа (магистерская диссертация). Томск: ТГПУ, 2018. 121 с.

⁷ Там же.

полученных прибылей в реставрацию; реализацию инвестиционных проектов с отсроченным правом собственности по выполнению инвестором обязательств; стимулирование повторных инвестиций прибыли в новые операции по сохранению наследия.

Политика экономического стимулирования реставрационных программ должна поддерживаться до тех пор, пока инвестиции недостаточны и непродуктивны, налоговые послабления должны зависеть от природы реставрируемого ОДЗ (цель использования, количество прибыли), обязательным должно стать информационное сопровождение реализации программы сохранения деревянного зодчества, демонстрация разницы между очевидной и реальной стоимостью сохранения ОКН, а также преимущества прямых и косвенных выгод от реставрации, продуктивность и престижность инвестиций в ОДЗ.

Последней инновацией по сохранению ОДЗ стал Модельный стандарт по сохранению культурного наследия, разработанный по инициативе ООО малого и среднего предпринимательства «ОПОРА РОССИИ» [8]. В силу новизны проекта научная литература по этой теме пока отсутствует. Основу модели составляют передовые практики сохранения культурного наследия субъектов РФ. Модель формировалась с учетом положительных примеров, накопленных в последнее время в ряде регионов России.

Старт был дан в 2022 г., когда в Астрахани представители 15 регионов России обменялись опытом в области сохранения ОКН и был разработан проект Модельного стандарта. Первый проект появился также в Астрахани в 2019 г. (создан проектный офис по модулю «Белый город») [9]. В 2020 г. к этому движению присоединилась Ульяновская область (АНО «Кластер творческих индустрий» по историко-культурному конструированию исторического центра) и Вологодская область (проектное бюро «Сохраняя будущее – деревянная Вологда» с проектом «Деревянные кружева»). В 2022 г. движение пополнилось еще двумя участниками: Самарской областью (благотворительный фонд «Том Сойер Фест – Наследие⁸» для сохранения 645 ОКН на площади 600 га) и Нижегородской областью (Агентство по сохранению и развитию объектов исторической среды АНО «АСИРИС» – единый центр компетенций по проекту «Заповедные кварталы»⁹). Естественным было присоединение к этому движению Иркутской области, где еще в 2015 г. было создано АНО «Агентство развития памятников Иркутска» по реализации проекта «Иркутские кварталы», охватывающего 719 ОДЗ. Проект стал реализовываться по аналогии с томской программой 2004 г. «Сохранение объектов деревянного зодчества»¹⁰ (701 ОДЗ). К юбилею Иркутска было выполнено комплексное развитие территории 130-го квартала (авторы концепции – архитекторы Е. Григорьева и М. Меерович). В 130-м квартале было отреставриро-

⁸ Том Сойер Фест: методическое пособие / под ред. А.В. Кочеткова. Самара, 2017. 84 с. URL: <https://rosrest.com/portfolio/tom-sojer-fest-metodicheskoe-posobie/> (дата обращения: 25.02.2025).

⁹ Модельный стандарт по сохранению культурного наследия в Нижегородской области / Комиссия «ОПОРЫ РОССИИ» // Агентство по сохранению и развитию объектов исторической среды Нижегородской области (АСИРИС). Нижний Новгород, 2023. 78 с. URL: https://opora.ru/site/assets/files/55455/modelnyy_regionalnyy_standart_proekt.pdf

¹⁰ Лисовская Н.А. Сохранение и возрождение деревянного зодчества г. Томска: муниципальная программа. Томск, 2004. 170 с.

вано 9 ОКН, восстановлено 16 и перенесено из других районов 8 исторических зданий. Инвестиции бизнеса составили 2,5 млрд руб., что явилось прорывом на федеральном уровне. Теоретические предложения, выдвинутые в экономической части томской программы, в Иркутске были реализованы на практике. Это стало своего рода прообразом Модельного стандарта, который был принят в 2020-х гг. в России.

В 2021 г. Минэкономразвития был разработан новый Региональный инвестиционный стандарт для России. В 2022–2023 гг. группой общественных деятелей и экспертов (более 50 человек из 15 регионов) был подготовлен проект федерального стандарта сохранения и комплексного развития исторической среды – Модельный региональный стандарт по сохранению и приумножению культурно-исторического наследия России. В декабре 2023 г. от имени ООО «ОПОРА РОССИИ» было направлено обращение в Аппарат Правительства РФ с предложением поддержать данную общественную инициативу для придания ей статуса государственного проекта. В свою очередь, Федеральное агентство стратегических инициатив начало разрабатывать Стандарт по сохранению и вовлечению в экономический оборот ОКН – сборник лучших практик. В 2024 г. началось внедрение Модельного регионального стандарта в пяти пилотных регионах: Астраханской, Ульяновской, Нижегородской, Ярославской и Рязанской областях. С учетом специфики регионов один и тот же инвестиционный механизм может иметь разные результаты, в зависимости от конкретных условий.

Основная цель Модельного регионального стандарта – сближение интересов органов региональной власти, муниципалитетов и представителей бизнеса по сохранению ОКН. Малый и средний бизнес, ориентированный на высокую социальную ответственность, готов применить на практике формулу преобразования меценатства в доходный бизнес, привлекать предпринимателей и НКО к восстановлению ОКН для развития туризма и дальнейшего вовлечения ОКН в экономическую деятельность через государственно-частное и муниципально-частное партнерство (ГЧП и МЧП). Этот стандарт предусматривает создание и внедрение системной и комплексной модели сохранения и развития исторических территорий, использование современных механизмов сохранения ОКН, находящихся в неудовлетворительном состоянии и требующих реставрации с учетом специфики регионов.

Модельный стандарт – это набор социально-экономических и организационно-правовых методик КРТ исторического поселения на основе ГЧП и МЧП, направленный на привлечение малого и среднего бизнеса для сохранения историко-культурного наследия¹¹. Каждый из пилотных регионов утверждает свой Региональный стандарт с учетом своей специфики для формирования системной модели управления сферой сохранения историко-архитектурного наследия.

Региональный Модельный стандарт Томской области должен быть направлен на создание условий для опережающего инвестиционного развития

¹¹ Российская Федерация. Приказы. О системе поддержки новых инвестиционных проектов в субъектах РФ («Региональный инвестиционный стандарт»): Приказ Минэкономразвития РФ от 30.09.21 г. № 591. URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/65365f9988201b0a87661ddc6c5c9f49/591_30092021.pdf

в сфере сохранения ОКН, закладывать правовые основы реализации инвестиционной политики региона, а также обеспечивать эффективное взаимодействие между органами государственной власти и местного самоуправления Томской области с инвесторами при реализации инвестиционных проектов в сфере сохранения деревянного зодчества Томска.

Модельный стандарт должен быть разработан в соответствии с положением приказа Минэкономразвития РФ от 30.09.21 г. № 591 «О системе поддержки новых инвестпроектов в субъектах РФ».

Блоки модельного стандарта¹²:

1. Единый центр компетенций по КРТ исторического поселения.
2. Имущественно-инвестиционный блок (система комплексного стимулирования, многоканальное финансирование).
3. Нефинансовые меры поддержки (разработка инвесткаталога, инвестпаспортов, поиск партнеров).
4. Нормативно-градостроительный блок (методические рекомендации по ревалоризации территории исторического поселения).
5. Ремонтно-реставрационный блок (реставрационная школа, лицензирование, база стройматериалов).
6. Научно-образовательный блок (подготовка кадров).
7. Социальный блок (общественно-культурные проекты, популяризация ОКН).

Модельный стандарт сохранения культурного наследия включает следующие ключевые элементы¹³: создание и функционирование фонда по сохранению ОКН; проведение капремонта многоквартирных домов, являющихся ОКН, за счет средств регионального бюджета; восстановление ОКН на основе соглашения о ГЧП, МЧП; льготную аренду ОКН («Дом за рубль», «Рубль за метр» и т. д.) и земельного участка под ОКН (уменьшение затрат); безвозмездное пользование ОКН некоммерческими организациями; наличие и регулярное обновление перечня ОКН для передачи инвесторам и создание единой информационной базы; методические рекомендации по установлению предметов охраны ОКН и системы подготовки инвестиционного паспорта ОКН, включающего смету (льготная ставка кредитования, затратная и доходная часть для формирования бизнес-плана с экономическими показателями привлекательности – прибыль, рентабельность, точки безубыточности, срок окупаемости, конъюнктурный анализ, технические условия подключения к инженерным сетям и исторические справки); меры поддержки для инвестиционных проектов, включая создание зон экономического благоприятствования инвестиционной деятельности; нормативные правовые акты, регламентирующие механизмы предоставления мер поддержки инвестиций и свод инвестправил и инвестдеклараций по сохранению ОКН; функционирование инвестиционной комиссии по ОКН и инвесткарты ОКН, ценных градоформирующих объектов; практиче-

¹² Российская Федерация. Приказы. О системе поддержки новых инвестиционных проектов в субъектах РФ («Региональный инвестиционный стандарт»); приказ Минэкономразвития РФ от 30.09.21 г. № 591. URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/65365f9988201b0a87661ddcbc5c9f49/591_30092021.pdf

¹³ Там же.

ские образовательные программы в сфере сохранения ОКН (например, возрождение реставрационных мастерских); развитие и поддержка волонтерской деятельности по сохранению ОКН, создание Клуба владельцев исторической недвижимости; функционирование службы «единого окна» по сохранению ОКН (например, Агентство или Управляющая компания по сохранению и развитию ОКН, работающая с историческими кластерами).

Способы сохранения и эффективного использования ОКН: музеефикация ОКН с расселением жилого фонда; выделение земельного участка инвестору под новое строительство с обязательным сохранением ОКН на участке застройки; заключение договоров аренды с условием финансирования вложений в капремонт ОКН с последующей передачей арендатору доли собственности в объекте финансовых вложений; перемещение ОКН за счет инвестора с целью предотвращения его утраты; при расчете арендной платы за ОКН арендатору предоставляется корректирующий коэффициент за ремонт; мониторинг состояния и использования ОКН; формирование инвестпредложения по приспособлению ОКН; приведение формы собственности ОКН в соответствие с его целевым назначением.

Экономическое стимулирование развития исторического поселения: заказы на реставрационные работы (от власти и инвесторов), всемерное поощрение реставрации и реконструкции, новое приспособление ОКН, сохранение социального равновесия в групповых зонах деревянного зодчества, разработка гибких механизмов поддержки частных инициатив, систематическое разъяснение ценности частных инициатив (разница между прямыми и косвенными выгодами).

Мобилизация экономического ресурса культурного наследия – основа городской регенерации. Статус исторического поселения может стать важным фактором социально-экономического развития Томска. КРТ позволяет капитализировать историко-культурный каркас через реализацию инвестиционных проектов, которые адаптируют групповые зоны ОДЗ к новым потребностям городского сообщества. Кроме того, возможно восстановление утраченных функций и их приспособление под нужды туризма. Примером такого подхода может стать воссоздание ремесленных цехов, существовавших в XIX в. (в 1864 г. в Томске было 5 ремесленных цехов):

1. Часовщики, серебряники, медяки, кузнецы.
2. Столяры, тележники, колесники, живописцы.
3. Сапожники, руковишники, войлошники.
4. Портные, пошивочные, кожевники, скорняжники.
5. Пекари, булочники, кондитеры, молочники.

Эти функции и традиционные профессии не только будут интересны туристам, но и при интеграции в современную экономику создадут дополнительные рабочие места для малого бизнеса и, главное, вдохнут новую жизнь в исторические деревянные здания групповых зон.

Концепция развития исторического поселения Томск:

1. Статус исторического поселения как фактор социально-экономического развития Томска.

2. Интегральный каркас [1] Томска – историко-культурный, ландшафтно-экологический, социально-экономический, инженерно-транспортный.

3. Предмет охраны исторического поселения: памятники истории, архитектуры и археологии федерального, регионального и муниципального значения, выявленные ОКН, ценные градоформирующие объекты, местоположение существующих архитектурных доминант и архитектурных комплексов, планировочная структура и ее элементы, морфотипы исторической среды, композиция и силуэт застройки, соотношение между различными городскими пространствами, композиционно-видовые связи (панорамы), соотношение природного и созданного человеком.

4. Градостроительный аспект сохранения историко-культурного наследия должен включать возможность нового строительства – метод «лакун»¹⁴ (локальные зоны регулирования застройки на местах утраченных строений в границах исторического поселения).

5. Регенерация и реновация – методы для новой архитектуры, позволяющие выявить внутренние закономерности исторической среды, архитектуру художественных образов.

6. Мастер-план развития территории, где у каждого квартала в 11 групповых зонах деревянного зодчества должен быть инвестпаспорт.

7. Система управления моделью исторического поселения интегрируется с системой управления госорганов и местного самоуправления с бизнесом и некоммерческими структурами.

8. Модельный подход по сохранению историко-культурного наследия повышает жизнеспособность городской системы.

9. Системность и комплексность в развитии исторического поселения дают учет городской циклической и вернакулярности.

Комплекс задач развития исторического поселения Томск:

1. Комплексное решение вопросов сохранения историко-культурного наследия через Модельный стандарт (ревалоризация).

2. Возрождение деревянного зодчества в качестве деревянного (возобновляемого материала!) домостроения с учетом региональных особенностей, изменения климата, деградации вечной мерзлоты (бревенчатые срубы, клееный брус, модульные, каркасные дома, в т. ч. 3–5-этажные, многоэтажные – с набором стилевых характеристик) – реконтракция.

3. Решение социальных задач (жилищная программа, культурная, социальная и транспортная доступность, комфортная среда и экология, молодежная демография, образование) – ревитализация.

4. Закрепление молодежи в Томской области (программа МЖК, предоставление рабочих мест, пакет социокультурных и спортивных программ).

5. Реформирование ЖКХ за счет инновационных технологий в области инженерного обеспечения, в т. ч. цифровизация – репривизация.

¹⁴ Модельный стандарт по сохранению культурного наследия в Нижегородской области / Комиссия «ОПОРЫ РОССИИ» // Агентство по сохранению и развитию объектов исторической среды Нижегородской области (АСИРИС). Нижний Новгород, 2023. 78 с. URL: https://opora.ru/site/assets/files/55455/modelnyy_regionalnyy_standart_proekt.pdf

6. Развитие инноваций в материаловедении (био-пожарозащита деревянных конструкций, традиционные и инновационные утеплители, натуральные и экологичные стройматериалы).

7. Развитие сырьевой и технической базы на инновационной основе (лесопромышленный кластер в Томской области – лес, лесопереработка и лесохимия, расширение базы строительной техники, новые ее модели) – реконтракция.

8. Разработка организационно-правовых и социально-экономических моделей управления в урбанистике, учет прогнозной и вариантной стратегии (консорциум-проектирование, социально управляемое проектирование, проект участия пользователей) – ременеджеризация.

9. Формирование идеологии комфортного исторического города (градостроительная экология, эниология, видеоэкология).

10. Подготовка кадров для реализации программ комплексного развития территорий исторического поселения и групповых зон деревянного зодчества г. Томска.

11. Большой университет – интеллектуальная платформа реализации программ КРТ в групповых зонах деревянного зодчества:

- ТГАСУ – базовый вуз (задачи – 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10);
- НИ ТГУ (1, 3, 4, 7, 8, 9, 10);
- НИ ТПУ (3, 4, 5, 6, 7, 10);
- ТУСУР (4, 5, 7, 10);
- ТГПУ (1, 3, 4, 10);
- СГМУ (3, 4, 9, 10).

Выводы

Сохранение групповых зон деревянного зодчества возможно через комплексное развитие территории исторического поселения по пяти проблемным направлениям на основе Модельного стандарта, внедренного на федеральном уровне с 2024 г.

Положительный опыт Иркутска в этом направлении (на примере 130-го квартала) и принятие Регионального модельного стандарта на федеральном уровне создают предпосылки для сохранения групповых зон деревянного зодчества в Томске через КРТ. Это послужит реализации на новом уровне нашей муниципальной программы «Сохранение и возрождение деревянного зодчества г. Томска». Групповые зоны были выделены автором, и в период с 2005 по 2011 г. было отреставрировано 96 ОДЗ.

Двадцать лет назад Томск стал местом притяжения специалистов из других городов России, стремящихся перенять успешный опыт по сохранению историко-культурного наследия. Сегодня Томск может присоединиться к подобной эстафете. Город обладает уникальной исторической базой национального культурного наследия – деревянным зодчеством, что открывает для него широкие перспективы.

«Меня покорила Томск. Это совершенно отличное от того, что я видел в других городах» (Грэм Грин).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гельфонд А.Л. Концепция формирования потенциальных пространственных каркасов исторических поселений // *Архитектура*. 2019. № 1. С. 26–34. DOI: 10.22337/2077-9038-2019-1-26-34. EDN: PBVNPJ
2. *Методические рекомендации* оценки историко-культурной ценности поселения. Применение критериев историко-культурной ценности поселения в оценке недвижимости, расположенной в границах исторического поселения / сост. Э.А. Шевченко [и др.] ; под ред. Э.А. Шевченко ; М-во культуры Рос. Федерации [и др.]. Санкт-Петербург : Зодчий, 2014. 263 с. ISBN 978-5-904560-24-9.
3. Рипкема Д. Экономика исторического наследия. Практическое пособие для руководителей. Москва : ЗАО «Билдинг Медиа Групп», 2006. ISBN: 5-903312-01-2. EDN: QSLDMT
4. Абанкина Т.В., Деркачев П.В. Стратегия повышения эффективности использования объектов культурного наследия // *Вопросы государственного и муниципального управления*. 2016. № 4. С. 45–74. EDN: XEDGWL
5. Чернова Е.Б. От «населения» к «человеку»: дорожная карта развития технологии планирования // *Управление развитием территории*. 2013. № 1. С. 39–42.
6. Черемхина Т.А. Моделирование целостной композиции разновременной городской среды // *Региональные проблемы планировки, застройки и благоустройства населенных мест Урала : Межвузовский сборник*. Свердловск : Изд-во Свердловского архитектурного ин-та, 1990. 177 с.
7. Птичникова Г.А. Градостроительство и архитектура Швеции. 1980–2000. Санкт-Петербург : Наука, 1999. 200 с. ISBN: 5-02-026802-X. EDN: ZUOESN
8. Синичих М.В. Сегодня – время быстрых действий / Департамент комплексного развития территорий Минстроя РФ // *Охраняется государством*. 2024. № 2. С. 52–59. URL: https://aupik.ru/upload/iblock/e3a/kmklmfedmujdy2768p7i47321nt8vvip/OG_2024_2_web-_1_.pdf
9. Романова А.П. Белый город как модуль культурного ландшафта Астрахани // *Культурное наследие полиэтничного региона. Астрахань : Астраханский госуниверситет*, 2023. С. 236–242. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/belyy-gorod-kak-modul-kulturnogo-landshafta-astrahani/viewer>

REFERENCES

1. Gelfond A.L. The Concept of Potential Spatial Frameworks of Historical Settlements. *Arkhitectura*. 2019; (1): 26–34. DOI: 10.22337/2077-9038-2019-1-26-34. EDN: PBVNPJ (In Russian)
2. Shevchenko E.A. (Ed.) Methodological Recommendations for Assessing the Historical and Cultural Value of Settlement. Application of historical and cultural value criteria of settlement in assessment of real estate within the boundaries of historical settlement. Saint-Petersburg: Zodchii, 2014. ISBN 978-5-904560-24-9. (In Russian)
3. Ripkema D. Economics of Historical Heritage. A Practical Guide for Managers. Moscow: ZAO "Building Media Group", 2006. ISBN: 5-903312-01-2. EDN: QSLDMT
4. Abankina T.V., Derkachev P.V. Efficiency Improvement of Cultural Heritage. *Voprosy gosudarstvennogo i munitsipal'nogo upravleniya*. 2016; (4): 45–74. EDN: XEDGWL (In Russian)
5. Chernova E.B. From Population to Man: Development Roadmap of Planning Technology. *Upravlenie razvitiem territorii*. 2013; (1): 39–42 (In Russian)
6. Cheremkhina T.A. Modeling of Holistic Composition of Multi-Temporal Urban Environment. Coll. Papers 'Regional Problems of Planning, building and Landscaping of Populated Areas in the Urals'. Sverdlovsk, 1990. 177 p. (In Russian)
7. Ptichnikova G.A. Urban Planning and Architecture in Sweden. 1980–2000. Saint-Petersburg: Nauka, 1999. 200 p. ISBN: 5-02-026802-X. EDN: ZUOESN (In Russian)
8. Sinichich M.V. Today is the time for quick actions. *Okhranyaetsya gosudarstvom*. 2024; (2): 52–59. Available: chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/https://aupik.ru/upload/iblock/e3a/kmklmfedmujdy2768p7i47321nt8vvip/OG_2024_2_web-_1_.pdf (In Russian)
9. Romanova A.P. White Town as a Module of the Astrakhan Cultural Landscape. 2024. Pp. 236–242. Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/belyy-gorod-kak-modul-kulturnogo-landshafta-astrahani/viewer> (In Russian)

Сведения об авторе

Лисовская Наталья Александровна, методист-архитектор, член Союза архитекторов России, ОГАУК «Центр татарской культуры», 634050, г. Томск, ул. Горького, 35. Nata.al.lis@mail.ru

Authors Details

Natalia A. Lisovskaya, Architect Supervisor, member of the Union of Architects of Russia, Tatar Culture Center, 35, Gorky Str., Tomsk, 634050, Russia, Nata.al.lis@mail.ru

Статья поступила в редакцию 14.08.2024
Одобрена после рецензирования 30.01.2025
Принята к публикации 04.03.2025

Submitted for publication 14.08.2024
Approved after review 30.01.2025
Accepted for publication 04.03.2025

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 2. С. 38–50.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (2): 38–50.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 72.6401.01

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-38-50

EDN: CXVRGJ

ЭТАПЫ ИСТОРИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ КУЛЬТОВОЙ АРХИТЕКТУРЫ НАХЧЫВАНА

Махаммад Асеф Байрамов

*Нахчыванский государственный университет,
г. Нахчыван, Азербайджан*

Аннотация. Исследование посвящено изучению и периодизации архитектурных памятников Нахчывана. Изучены особенности памятников культового зодчества и осуществлена их датировка на основе эпиграфических источников, архитектурных деталей и элементов.

Актуальность. Религиозные памятники архитектуры, которые важны для изучения средневековой азербайджанской культуры, не получили должного внимания исследователей. Наличие средневековых архитектурных элементов и эпиграфики, относящихся к дате постройки многих памятников, позволяет изучить эволюционные этапы средневекового зодчества Азербайджана. Исследования показывают, что культовая архитектура Нахчывана являлась неотъемлемой частью культуры Азербайджана. Она развивалась во взаимодействии с соседними странами Ближнего Востока. Однако недостаточная изученность традиций и изменений в развитии памятников культового зодчества не всегда позволяла правильно их датировать.

Методика исследования. Для выявления традиционности и сходства архитектурных элементов, применявшихся в средневековых культовых архитектурных памятниках Нахчывана, и отличий от предыдущих архитектурных стилей на разных этапах истории были использованы методы сравнительного анализа. Особое внимание уделялось изучению надписей, объемно-планировочной структуре и конструктивным элементам зданий. Основная задача заключалась в корректной датировке памятников архитектуры и привлечении внимания к проблемам их реставрации.

Цель исследования – изучение сохранившихся памятников культовой архитектуры, выявление особенностей их архитектурных решений и корректная датировка на основании эпиграфического материала.

Результаты. На основе исследований религиозные архитектурные памятники Нахчывана были разделены на два периода. Первый период охватывает XI–XV вв., второй – XVI–XVIII вв. В результате проведенного анализа были выявлены последовательность и смена архитектурных элементов в развитии религиозных памятников.

Ключевые слова: Нахчыван, средневековый период, новое время, культовая архитектура, мавзолей, святилища, мечети

Для цитирования: Байрамов М.А. Этапы исторического развития культовой архитектуры Нахчывана // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 2. С. 38–50. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-38-50. EDN: CXVRGJ

ORIGINAL ARTICLE

HISTORICAL DEVELOPMENT STAGES OF RELIGIOUS ARCHITECTURE IN NAKHCHIVAN

Makhammad A. Bairamov*Nakhchivan State University, Nakhchivan, Azerbaijan*

Abstract. The article studies religious architectural monuments of Nakhchivan dated on the basis of inscriptions and architectural elements. Religious architectural monuments, which are important for the study of medieval Azerbaijani architecture, are not properly involved in the study. However, since many of these monuments have medieval architectural elements, and some have inscriptions relating to the date of construction, these monuments make it possible to study the development stages of medieval architectural history. It is shown that the religious architecture in Nakhchivan is an integral part of Azerbaijan architecture and develops in interaction with neighboring countries of the Middle East. However, traditionalists and changes in the development of monuments of religious architecture have not been sufficiently studied, which sometimes does not allow to correctly date architectural monuments.

Purpose: The study of religious architectural monuments to trace the sequence in their architecture and correctly date them using information given in the inscriptions.

Methodology: Comparative and analytical analyses are used to determine the traditionalism and similarity between architectural elements of medieval religious architectural monuments in Nakhchivan. Special attention is paid to inscriptions, three-dimensional structure and structural elements.

Research findings: Religious architectural monuments in Nakhchivan are divided according to two periods. The first period dates back to the 11–15th centuries and the second period includes the 16–18th centuries. Based on the results, the sequence and change of architectural elements in the development of religious monuments is traced.

Keywords: Nakhchivan, religious architecture, mausoleum, sanctuary, mosques, medieval age

For citation: Bairamov M.A. Historical Development Stages of Religious Architecture in Nakhchivan. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (2): 38–50. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-38-50. EDN: CXVRGJ

Введение

Несмотря на то что религиозные архитектурные памятники Нахчывана давно привлекают внимание исследователей, сведения об этих памятниках в научной литературе весьма ограничены. Религиозные памятники архитектуры, которые важны для изучения средневековой культуры Азербайджана, все еще не стали объектом глубокого научного анализа со стороны исследователей. Хотя некоторые из этих памятников отличаются упрощенным композиционным решением, они очень важны для изучения истории азербайджанской архитектуры. Фасады и интерьеры некоторых из них в ходе ремонтно-восстановительных работ претерпели определенные изменения.

Наличие средневековых архитектурных элементов и эпиграфики позволяет изучить эволюционные этапы развития азербайджанского зодчества. Важно подчеркнуть, что религиозная архитектура Нахчывана являлась частью средневековой архитектуры Азербайджана и имела схожие характеристики

с другими архитектурными школами, особенно в плане объемно-планировочных решений, включая святилища. Многие памятники архитектуры, построенные на местах захоронений святых, имеют схожие черты с мавзолеями, широко распространенными в средневековом Азербайджане. Целая группа архитектурных памятников Нахчывана, ставших святилищами, была построена в форме мавзолеев. В связи с этим некоторые исследователи называли местные святилища мавзолеями, а иногда и мечетями. На основе исследований религиозные архитектурные памятники Нахчывана можно разделить на два периода.

Памятники архитектуры XI–XV вв.

Первый этап развития религиозной архитектуры Нахчывана можно отнести к XI–XV вв., т. е. к периоду развитого Средневековья. Одним из характерных памятников этого периода является мавзолей Ноя.

Мавзолей Ноя (пророка Нуха). Этот мавзолей расположен на юге архитектурного комплекса Нахчывангала в г. Нахчыване (рис. 1). В настоящее время местное население использует его как святилище. Необходимо отметить, что средневековая крепость Нахчывангала до недавнего времени называлась Старым замком и состояла из двух частей – большой и малой крепостей. Мавзолей Ноя находится на территории Кёхня-гала (Старой крепости). Местоположение мавзолея, долгое время находившегося под руинами крепости, было трудно определить. Большую роль в его идентификации сыграл Лятиф Гусейнов, видный просветитель Нахчывана. Остатки мавзолея были обнаружены им в ходе археологических раскопок.



Рис. 1. Мавзолей Ноя. Фото М.А. Байрамова
Fig. 1. Mausoleum of Noah. Photo by M.A. Bayramov

В ходе археологических раскопок был обнаружен лишь склеп мавзолея (рис. 1). План склепа имеет форму восьмигранной призмы. Внутри он был оштукатурен гязом. Дверь находится на северной стороне. Перед дверью был построен прямоугольный коридор. Коридор и стены склепа сложены из квадратных обожженных кирпичей. Размеры кирпичей – $20 \times 20 \times 5$ см и $18 \times 18 \times 5$ см. Оштукатуренные стены имеют толщину 75 см. Строительные блоки, обнаруженные вокруг склепа и в коридоре, указывают на то, что фасады мавзолея в свое время были облицованы квадратными блоками из обожженного кирпича (рис. 2). Блоки этого типа также использовались при облицовке мавзолея Момине Хатун. Длина стен гробницы составляла 2,3 м, а не 2,5 м, как отмечает В.М. Сысоев [7, с. 101–105].



Рис. 2. Блоки обожженных кирпичей. Фото М.А. Байрамова

Fig. 2. Blocks of baked bricks. Photo by M.A. Bayramov

В ходе исследования было установлено, что мавзолей имеет два входа, расположенных противоположно друг другу. Использование кирпичей XIX в. при строительстве второго входа подтверждает, что он был добавлен позже. В некоторых частях мавзолея были обнаружены остатки пола, изготовленные в более поздний период из обожженного кирпича. Это свидетельствует о неоднократных ремонтных работах. Согласно В.М. Сысоеву, изначально мавзолей Ноя имел покрытие куполообразной формы. В настоящее время отреставрированное покрытие мавзолея на внутренней части имеет куполообразную форму, а на внешней – пирамидальную. Структура мавзолея и орнаментальные мотивы кирпичных блоков позволяют предположить, что это здание было построено в XII–XIII вв. в традициях архитектуры сельджукского периода.

Отметим, что памятники архитектуры сельджукского периода в определенной степени отличаются от памятников архитектуры периода Эльханидов. В сельджукской архитектуре склепы чаще всего возводились под землей, а переход от склепа к надземной части решался посредством арок, отделенных от единственной колонны, расположенной в ее центре. Примером таких сооружений могут служить мавзолей Исифа ибн Кусейира и Момине Хатун в Нахчыване. В архитектуре Эльханидов склепы обычно располагались под землей

лишь частично и были крестообразными в плане. Крестообразный склеп был дополнен арочной конструкцией и имел переход в надземную часть. Примером этого типа построек является мавзолей в с. Карабахлар в Нахчыване. Минареты, входящие в этот комплекс, по своим архитектурным особенностям типичны для XIII в. (рис. 3). Надпись на портале минаретов на арабском языке гласит: «Строительство этого здания было заказано Джаханом Гути Хатун» [3, с. 140]. Гути Хатун, или Гутуй Хатун, была женой правителя Эльханидов Хулаку-хана (1217–1265).



Рис. 3. Мавзолей в с. Карабахлар. Фото М.А. Байрамова
Fig. 3. Mausoleum in the village of Karabakhlar. Photo by M.A. Bayramov

В рассматриваемом периоде иногда склеп находился над землей, как, например, в мечети Кирна и в мавзолее Гюлистан. Эти особенности характерны и для памятников культовой архитектуры. Так, хотя мавзолей Ноя, ставший святилищем, сохраняет черты сельджукской архитектуры, другие объекты, такие как мавзолей, ставший святилищем в комплексе Ханега, мавзолей Амирхана в Джульфинском районе (в народе известный как «Такья») и святилище Малики Ибрагима в Ордубадском районе, существенно отличаются от мавзолея Ноя своей объемно-конструктивной структурой.

Конструктивные особенности святилищ эльханидского периода нашли продолжение в XV в. Однако следует отметить, что в архитектурном оформлении памятников в периоды Сельджуков и Эльханидов использовались аналогичные архитектурные элементы и мотивы узоров. Известно, что сталактиты широко использовались при решении внешних граней мавзолея Момине Хатун. Этот архитектурный элемент также встречается в средневековых святилищах Нахчывана, особенно в памятниках двухэтажной архитектуры. Характерными примерами таких сооружений этого периода являются мечеть Ханега и мавзолей Амирхана.

Мечеть Ханега. Мечеть находится на западе с. Ханега Джульфинского района, у подножия горы, где расположена крепость Алинджакала. По своей структуре мечеть одноэтажная. Молитвенный зал мечети, прямоугольный

в плане, разделен на две части квадратными в сечении колоннами, расположенными в один ряд (рис. 4). Колонны соединяются между собой и с боковыми стенами заостренными арками, образуя переход к куполообразной крыше мечети. На некоторых участках боковых стен сохранились следы штукатурки. С одной стороны мечети, в верхней части, устроено специальное пространство для молящихся женщин, расположенное на опорах. Восточный фасад мечети оборудован дверью для входа женщин. Тот факт, что женская часть размещена на металлических столбах, указывает на ее более позднее происхождение. Главный вход в мечеть расположен с южной стороны. Поскольку здание мечети довольно высокое, для освещения молитвенного зала использовались окна, расположенные друг над другом. Нижние окна имеют прямоугольную форму, а верхние – аркообразную. Деревянные окна были спроектированы соответствующим образом и украшены орнаментом шебеке.



Рис. 4. Внутренний вид мечети Ханага. Фото М.А. Байрамова
Fig. 4. Interior view of the Khanaga Mosque. Photo by M.A. Bayramov

Внутреннее устройство мечети позволяет предположить, что она имела шесть куполов, однако сейчас они скрыты под современным пирамидальным покрытием. Внешняя стена мечети облицована грубо отесанными квадратными камнями. На западной стороне мечети сохранились руины здания, верхняя часть которого была разрушена. По строительным остаткам можно судить, что верхняя часть здания была завершена кирпичной кладкой арочной формы. Вероятно, это сооружение выполняло ту же функцию, что и богадельни, построенные рядом с мечетями г. Ордубада. Такие богадельни служили местом хранения воды, которую раздавали местным жителям для питья и для омовений.

С восточной стороны мечети находятся дополнительные конструкции, уходящие глубоко в землю. Об этих сооружениях, использующихся в качестве вспомогательных построек, ходят различные легенды, в том числе связывающие их с дорогой из крепости Алинджа-кала.

Внешний вид мечети, отреставрированной в XX в., полностью изменился, а некоторые внутренние поверхности оштукатурены. Эпиграфический материал на здании мечети отсутствует. Решение объемно-пространственной структуры, а также конструкции, использованные при решении перехода от четырехугольного объема к куполам, геометрическое решение фронтонов и наличие штукатурки на стенах аналогичны решениям в мавзолее Амирхана и в мечети в Алинччай-Ханаге (рис. 5).



Рис. 5. Мавзолей и мечеть в Алинччай-Ханаге. Фото М.А. Байрамова
 Fig. 5. Mausoleum and mosque in Alinjachai-Khanaga. Photo by M.A. Bayramov

Исследователи, сравнившие узоры вокруг входной двери гробницы Алинччай-Ханага с узорами мавзолея Момине Хатун, предположили, что она была построена в XII в., до пристроенной к мавзолею мечети, и что она является продуктом Нахчыванской школы архитектуры [1, с. 120]. Однако следует отметить, что архитектурный стиль этого мавзолея отличается от Момине Хатун. В частности, в нем отсутствует подземный склеп, что типично для периода Эльханидов. По мнению исследователей, гробницы квадратной формы и построенные вокруг них архитектурные памятники, предназначенные для последователей тариката, появились после прихода к власти монголов на Ближнем Востоке. Считается, что этот тип строений мог получить развитие в переходный период от XIII к XIV в. или в XIV–XV вв. [9, с. 145]. Исходя из этого, можно утверждать, что мечеть была построена в XIV–XV вв.

Мавзолей Амирхана. Это культовое здание расположено недалеко от мечети Ханега в с. Ханега Джульфинского района. В настоящее время оно используется как святилище, и здесь проводятся религиозные церемонии. Нижняя часть святилища квадратная в плане (рис. 6).



Рис. 6. Внешний и внутренний вид мавзолея Амирхана. Фото М.А. Байрамова
 Fig. 6. External and internal views of the Amirkhan mausoleum. Photo by M.A. Bayramov

Мавзолей построен из грубо отесанных квадратных камней. В качестве укрепляющего материала использован раствор гяжа. Его фундамент частично погружен в землю. Вероятно, это было сделано для повышения сейсмостойкости здания. Переход от четырехугольного основания здания к сферическому куполу был решен с помощью арочных конструкций, а также ромбовидных кирпичных тропов, размещенных в основании купола и между арками. Вход в здание предусмотрен с южной стороны. Над входной дверью расположено окно квадратной формы с арочным навершием. В западной стене устроена ниша квадратной формы, а над нею – аркообразное окно. На северной и восточной стенах здания устроены еще две ниши, которые по форме похожи на окно западной стены.

Из содержания надписи на этом здании (рис. 7) ясно, что мавзолей был построен в XV в. для увековечения памяти Амирхана, внука амира Сейида Ахмеда Огулшами, начальника крепости Алинджагала. Строительство происходило во время правления Джаханшаха (1435–1467), одного из государей династии Гарагоюнлу, по инициативе его сына Сахиба аль-Азама Хаджи Мухаммада, занимавшего пост министра государства Гарагоюнлу [5, с. 37–38].



Рис. 7. Надпись на мавзолее Амирхана
Fig. 7. Inscription on the Amirkhan mausoleum

Как упоминалось выше, для обеспечения перехода от первой части ко второй в мавзолее Амирхана и святилище Ханега использовались тропы-стактиты. Следует также отметить, что лишь немногие мечети и святилища этого периода выдержали испытание временем. Уцелевшие сооружения частично утратили свой исторический облик из-за недостаточного или некачественного ремонта.

Памятники архитектуры XVI–XVIII вв.

Второй этап развития культовой архитектуры в Нахчыване можно отнести к XVI–XVIII вв. Памятники архитектуры этого периода претерпели изменения в результате неоднократных ремонтов и реставраций, однако многие из них сохранили средневековые архитектурные элементы.

На территории Нахчывана расположено большое количество религиозных архитектурных памятников этого периода. Среди них есть и мечети. В композиционных деталях мечетей и святынь этого времени можно обнаружить архитектурные особенности построек предыдущего периода. Наиболее ярко эти особенности проявляются в архитектуре святынь. Это позволяет сделать вывод, что религиозная архитектура Нахчывана в основном развивалась на основе местных традиций.

Памятники архитектуры того времени обычно имеют прямоугольный план. Молитвенные залы мечетей увеличились в размерах по сравнению с залами прежних времен. Молитвенные залы обычно разделяются колоннами на несколько частей. При строительстве мечетей и святынь этого периода использовались тагбанды (узорные «пояса») и сталактиты (мукарны, мукарнасы) – декоративные детали в виде призматических фигур, расположенных выступающими один над другим рядами. Сталактиты в основном использовались в решении михрабной части мечетей. Лучший пример этого – мечеть Верхний Айлис в Ордубадском районе.

Мечеть Верхний Айлис. Эта мечеть расположена на пересечении двух улиц в центре с. Юхари Айлис. В народе ее часто называют мечетью Шаха Аббаса. Фундамент мечети построен из камня, верхняя часть стены – из квадратного сырцового кирпича. Молитвенный зал имеет прямоугольную форму (рис. 8). Вход предусмотрен с севера. В северной стене вместо окон устроены ниши. Плоский потолок поддерживают восемь деревянных колонн. Однако квадратные столбы на северной стороне мечети позволяют заключить, что изначально столбы были построены из кирпича. Позднее их заменили деревянными столбами. Михраб мечети представляет собой аркообразную нишу, расположенную на южной стене. Ниша украшена сталактитами и изразцами.



Рис. 8. Внешний вид михраба мечети Верхний Айлис. Фото М.А. Байрамова
Fig. 8. Exterior view and mihrab of the Upper Ailis mosque. Photo by M.A. Bayramov

Для женщин часть внутреннего пространства мечети была отделена стеной. Здесь были использованы колонны квадратного сечения, объединенные арками. На южной и западной стенах предусмотрено по четыре окна. Окна распо-

ложены в два ряда друг над другом. Нижние окна прямоугольные, а верхние – аркообразные. Интересные сведения об этой мечети дал В.М. Сысоев, побывавший в с. Верхний Айлис в начале XX в. Он отмечал, что михраб и соединенная с ним часть стен украшены черной, зеленой и синей изразцовой плиткой. Часть изразцов имеет прямоугольную, а часть – шестиугольную форму. Прямоугольные изразцы имеют размер 17,5×5 см, а шестиугольные – 8,5 см с каждой стороны. Высота мечети составляла 5 м изнутри и 8 м снаружи. В.М. Сысоев писал, что для украшения михраба было использовано 500 прямоугольных и 30 шестиугольных изразцов. Вокруг мечети есть небольшой двор, окруженный стеной. Исследователь описывает небольшую галерею на северо-западной стороне мечети, окруженную тремя арками, своды которой украшены черными, зелено-синими и темно-сиреневыми изразцами [8, с. 161]. Фасад мечети сохранился в том виде, каким его описал В.М. Сысоев. Однако большая часть изразцового убранства стен была утрачена. Также не сохранились до наших дней надписи на мечети Юхари Айлис. По мнению исследователей, подобные архитектурные стили сформировались в XVII в. [2, с. 20–32], что позволяет отнести данную мечеть к периоду правления шаха Аббаса I [6, с. 37–39].

Одним из выдающихся памятников архитектуры XVII в. является Джума-мечеть в Ордубаде (рис. 9). На этой мечети имеется надпись о ее строительстве сефевидским правителем шахом Аббасом I (1579–1629). Хотя внешний облик мечети в ходе реставрационных работ несколько изменился, ее михраб (рис. 10) отличается оригинальным архитектурным стилем и позволяет проследить преемственность архитектурных традиций.



Рис. 9. Джума-мечеть в Ордубаде. Фото М.А. Байрамова
Fig. 9. Juma mosque in Ordubad. Photo by M.A. Bayramov

К сожалению, реконструкция мечети в последние годы (2020–2022 гг.) привела к значительным искажениям ее внешнего и внутреннего архитектурного убранства. В частности, пострадал украшенный сталактитами михраб, утративший свою первоначальную целостность. Тем не менее более простая и видоизмененная форма этого типа архитектурных элементов встречается в других мечетях (рис. 10).



Рис. 10. Михраб мечети Ордубад. Фото М.А. Байрамова
Fig. 10. Mihrab of the Ordubad mosque. Photo by M.A. Bayramov

В мечетях и святынях рассматриваемого периода широко распространено украшение окон с использованием особого орнамента шебеке (рис. 11). Такой элемент декора стал характерной чертой архитектурного стиля этого периода [4, с. 56].



Рис. 11. Орнамент шебеке, использованный в украшении окон мечетей. Фото М.А. Байрамова
Fig. 11. Shebeke ornament in decoration of mosque windows. Photo by M.A. Bayramov

Несмотря на наличие сведений в источниках XIX–XX вв. об украшении изразцами некоторых мечетей и святыниц XVI–XVIII вв. [8, с. 161], эти декоративные элементы, к сожалению, не сохранились до наших дней. Одной из основных причин утраты исторического облика мечетей и святыниц стало их восстановление силами местного населения, а не профессиональными мастерами. Однако следует также отметить, что в последние годы в реставрации архитектурных памятников Нахчывана также было выявлено много недостатков. Это также обусловлено привлечением к реставрационным работам неопытных специалистов.

Заключение

В результате проведенного исследования были определены основные этапы развития памятников культовой архитектуры Нахчывана. Несмотря на произошедшие изменения в объемно-планировочной структуре средневековых мечетей и святыниц Нахчывана, традиционные архитектурные приемы сохранялись. Исследование показало, что на формирование архитектурных традиций в Нахчыване также повлияли отношения с ближневосточными странами. Хотя внешний облик отдельных памятников архитектуры в определенной степени видоизменялся, религиозные архитектурные памятники Нахчывана имеют большое значение для изучения азербайджанской культовой архитектуры и основных этапов ее развития.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бретаницкий Л.С. Зодчество Азербайджана XII–XV вв. и его место в архитектуре Переднего Востока. Москва : Наука, 1966. 556 с.
2. Саламзаде А.В. Архитектура Азербайджана XVI–XIX вв. Баку : Изд-во АН Азербайджана, 1964. 256 с.
3. Саламзаде А.В., Мамедзаде К.М. Памятники Нахичеванской школы азербайджанского зодчества / АН АЗССР, Ин-т архитектуры и искусства, Ин-т истории. Баку : Элм, 1985. 267 с.
4. Салаева Р.Дж. Ордубад – истоки и формирование / АН АССР, Ин-т архитектуры и искусства. Баку : Элм, 1989. 114 с.

5. Сафарли Г.Ф. Социально-политические и идеологические центры в Нахчыване. Баку : Элм, 2003. 392 с.
6. Сафарли Г.Ф. Эпиграфические памятники Нахчывана. Нахчыван : ИПО «Аджеми», 2017. 200 с.
7. Сысоев В.М. Нахичевань на Араксе и древности Нах. ССР (отчет о поездке летом 1926 г.) // Известия Азкомстариса. 1929. Вып. 4. Тетрадь 2. С. 87–121.
8. Сысоев В.М. Нахичеванский край Нах. ССР (отчет о поездке летом 1927 г.) // Известия Азкомстариса. 1929. Вып. 4. Тетрадь 2. С. 123–215.
9. Улку У.В. Влияние монгольского нашествия на турецкую архитектуру // Журнал факультета теологии Университета Улудуг. 2014. 23. С. 141–154.

REFERENCES

1. Bretansky L.S. Architecture of Azerbaijan of the 12–15th Centuries and its Place in Architecture of the Near East. Moscow: Nauka, 1966. 560 p. (In Russian)
2. Salamzade A.V. Architecture of Azerbaijan 16–19th centuries. Baku: Publishing House of the Academy of Sciences of Azerbaijan, 1964. 256 p.
3. Salamzade A., Mammadzade K. Monuments of the Nakhchivan School of Azerbaijani Architecture. Baku: Elm, 1985. 266 p.
4. Salaeva R.J. Ordubad – Origins and Formation. Baku: Elm, 1989. 114 p.
5. Safarli G.F. Socio-Political and Ideological Centers in Nakhchivan. Baku: Elm, 2003. 392 p.
6. Safarli G.F. Turkic-Islamic Monuments of Nakhchivan. Nakhchivan: Ajami, 2017. 216 p.
7. Sysoev V.M. Nakhchivan on the Araks and the Antiquity of Nakh. Report on a trip in the summer of 1926. *Izvestiya Azkomstarisa*. 1929; (4): 87–121.
8. Sysoev V.M. Nakhchivan Region Nakh. Report on a trip in the summer of 1926. *Izvestiya Azkomstarisa*. 1929; (4): 123–215.
9. Ulku U.B. Influence of the Mongol Invasion on Turkish Architecture. *Zhurnal fakul'teta teologii Universiteta Uludag*. 2014; 23: 141–154.

Сведения об авторе

Байрамов Махаммад Асеф, Нахчыванский государственный университет, AZ7012, Университетский городок, Нахчыван, Азербайджан, mehemmedbayramli996@gmail.com

Author Details

Makhammad A. Bairamov, Nakhchivan State University, University Campus, AZ7012, Nakhchivan, Azerbaijan, mehemmedbayramli996@gmail.com

Статья поступила в редакцию 27.01.2025
Одобрена после рецензирования 18.02.2025
Принята к публикации 05.03.2025

Submitted for publication 27.01.2025
Approved after review 18.02.2025
Accepted for publication 05.03.2025

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 2. С. 51–62.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (2): 51–62.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК [711.036 + 316.334](571.14)

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-51-62

EDN: GZPVLR

СОЦИОКУЛЬТУРНАЯ СРЕДА И ГОРОДСКОЕ ПРОСТРАНСТВО (НА ПРИМЕРЕ НОВОСИБИРСКОГО АКАДЕМГОРОДКА)

Ольга Борисовна Свешникова

*Новосибирский государственный университет архитектуры,
дизайна и искусств им. А.Д. Крычкова, г. Новосибирск, Россия*

Аннотация. Рассматривается городское пространство Новосибирского Академгородка – уникального градостроительного образования, возникшего в 60-х гг. прошлого века. Его самобытность и органичность определяются природным ландшафтом, неразрывно связанным с планировочной структурой и архитектурно-предметной средой, а также социокультурными условиями формирования городка.

Цель работы: анализ последующего развития Академгородка в иных культурных, социально-экономических условиях, позволяющий выявить ключевые этапы его формирования и определить основные взаимосвязи социокультурной, природной и антропогенной среды.

Методологическая основа исследования базируется на историческом и системном подходах, включая историко-ретроспективный, натурный и сравнительный анализ характера застройки городского пространства. Используются как научные, так и литературные источники.

В результате выявлены основные этапы формирования Академгородка и особенности взаимодействия природной, планировочной, архитектурной, социальной среды.

Ключевые слова: научный городок, городское пространство, ландшафт, архитектурно-предметная среда, архитектурно-планировочная структура, социокультурная среда

Для цитирования: Свешникова О.Б. Социокультурная среда и городское пространство (на примере Новосибирского Академгородка) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 2. С. 51–62. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-51-62. EDN: GZPVLR

ORIGINAL ARTICLE

SOCIO-CULTURAL ENVIRONMENT AND URBAN SPACE (THE NOVOSIBIRSK AKADEMGORODOK CASE STUDY)

Ol'ga B. Sveshnikova

*Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts,
Novosibirsk, Russia*

Abstract. The Akademgorodok is characterized by natural landscape inextricably linked with the planning structure, architectural environment, and socio-cultural conditions of its formation.

Purpose: The aim is to examine the urban space of Akademgorodok in Novosibirsk, a unique urban planning formation of the 1960s.

Methodology: Historical and systematic approach, including literary sources, scientific works, historical and retrospective analysis of the nature of the building, full-scale and comparative analysis.

Research findings: The main formation stages and interaction between the natural, planning, architectural, and social environments is analyzed, and the main formation stages are identified for the Akademgorodok.

Keywords: scientific town, urban space, landscape, architectural environment, planning structure, socio-cultural environment

For citation: Sveshnikova O.B. Socio-Cultural Environment and Urban Space (the Novosibirsk Akademgorodok Case Study). Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (2): 51–62. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-51-62. EDN: GZPVLR

Введение

Среда Новосибирского Академгородка представляет собой наиболее ценный срез архитектурно-градостроительной культуры советского периода. Развитие города часто входит в конфликт с сохранением архитектурно-природных ансамблей, сложившихся композиционных и пространственных соотношений. Необходимость сохранения гуманистического начала в вопросах градостроительства и архитектуры предполагает преемственность градостроительных решений, бережное отношение к окружающей природе и природным элементам в пространстве города.

Теоретическая база исследования связана с анализом структурной организации города, проведенным в трудах А.Э. Гутнова, В.Л. Глазычева, З.Н. Яргиной, А.В. Иконникова и других авторов. Существенный вклад внесли исследования сибирских ученых: С.Н. Баландина, Б.И. Оглы, Г.Н. Туманика, М.В. Колпаковой, Л.Н. Вольской и др. Вопросами взаимосвязи сибирского города и ландшафта занимались В.М. Пивкин, Л.Н. Чиндяева, М.В. Скуднева и др. Архитектура Новосибирска 50–80-х гг. прошлого века, в том числе архитектурная среда новосибирских научных городков, затрагивается в работах С.Н. Баландина, Б.И. Оглы, Л.Н. Вольской и Е.В. Косиновой, С.С. Духанова, М.В. Скудневой.

Основные принципы формирования наукоградов Новосибирской агломерации, а также анализ интеграции природной экосистемы с архитектурной средой наукоградов приведены в работах Л.Н. Вольской и Е.В. Косиновой.

Новосибирский Академгородок обладает гармоничной архитектурно-предметной средой, связанной с ландшафтными условиями. Наиболее ценные фрагменты этой среды были созданы в 60-е гг. XX в. Необходимость развития и сохранения основных принципов, заложенных при создании наиболее ценных фрагментов архитектурной среды, представляется актуальной для любого поселения.

С целью выявления основных особенностей взаимодействия социокультурной и архитектурно-планировочной среды рассматриваются важные срезы времени – середина, конец XX и начало XXI в. Анализируются природная и планировочная основы, размещение функциональных зон, определение роли

ландшафтных элементов в размещении научного городка, в его планировочной системе в различные социокультурные периоды.

Методы исследования основаны на историческом и системном подходах, включая исторический, натурный и сравнительный анализ состояния городской среды Новосибирского Академгородка, неразрывно связанной с природным ландшафтом, с учетом меняющихся социокультурных условий. Исследование динамики изменений во времени позволяет оценить эволюцию городской среды и возможности ее развития.

Результаты и обсуждение

Культурно-историческая среда, общественные настроения оказали непосредственное влияние на формирование предметной среды Новосибирского Академгородка и ее последующее развитие.

Научное поселение было образовано благодаря правительственным постановлениям, его создание и формирование проводились при участии руководителей высшего звена и соответствующего финансирования. Для осуществления нового города науки создавались специальные строительные и проектные подразделения.

Общий подъем, переустройство общества середины 50-х гг. XX в., «оттепель» в культурно-политической жизни страны, успешная реализация масштабных промышленных, военных, научных проектов, имевших международный резонанс, оказали воздействие на все стороны жизни. Энтузиазм, надежда на обновление общественной жизни стали питательной средой для развития стилевого направления, созвучного по духу архитектуре 1920-х гг.

Наиболее полное выражение новые архитектурные идеи получили в Новосибирском Академгородке, который гармонично отразил общий оптимизм, а также влияние научно-технической революции, ощущение которой в этом поселении было особенно острым. Место для города науки было определено на берегу Обского водохранилища, где заканчивалось строительство ГЭС. По берегам Оби и водохранилища существовал пойменный бор, выше по рельефу, где началось строительство города, – смешанный лес. Основной архитектурно-градостроительный эффект был достигнут благодаря включенности в существующий природный лесной ландшафт с максимальным сохранением его элементов. Особым объединяющим началом, придающим всему градостроительному образованию необходимую целостность, непрерывность, особенность и узнаваемость, стала сохраненная природная среда, подчинившая систему застройки [1, с. 63–73; 2, с. 154–156; 3, с. 76–80; 4–6]. Кажущаяся простота архитектурно-планировочных решений была результатом сложных инженерных подходов. Несмотря на существенные вырубки деревьев, значительная их часть сохранялась, что осложняло процесс строительства – деревья оборачивали специальными матами. Недаром одна из первых магистралей при въезде в городок получила название «проспект Строителей».

Топонимика тех лет отражает общим настрой: пр. Науки, Университетский пр., ул. Химиков, ул. Физиков, ул. Академическая, ул. Солнечногорская, ул. Смены, бульвар Молодежи.

Зонирование поселения учитывало особенности ландшафта. Зона научно-исследовательских институтов разместилась в северо-восточной и восточной ча-

стях поселения, на территории, свободной от леса. Комплекс университета, куда входит и физико-математическая школа, образует собственную зону. Центр имеет линейную композицию, расположен на стыке микрорайонов верхней зоны. Главное здание – Дом ученых – расположилось на магистральной улице, на него сориентирована ул. Ильича, вдоль ее юго-западной стороны размещены основные объекты общественного центра. Замыкает линейный центр комплекс университета. Символичны и неслучайны эти смысловые и градостроительные ориентиры: наука – образование – культура [7].

Проектирование Новосибирского Академгородка шло параллельно со строительством и широко обсуждалось всеми участниками – архитекторами, строителями, учеными, руководителями: «Нигде дискуссии и разногласия не принимали столь ожесточенной формы, как это имело место вокруг принципов свободной планировки. Сегодня все могут видеть, что часть зданий в микрорайонах А, Б, Д поставлена под разными углами друг к другу и к улицам; часть, напротив, размещена в классическом стиле. Существовало опасение, что свободная планировка, обычная для пересеченной местности, вряд ли украсит городок. Но тогда в архитектурной среде существовало немало исступленных сторонников свободной планировки. Лишь вмешательство А.Н. Комаровского (заместитель министра по строительству) положило конец этому увлечению» [8].

Пространственное обустройство мест свободного междисциплинарного общения на всех уровнях является главным мотивом архитектурного решения научного центра. «Общение, коммуникация образуют непереносимое условие функционирования науки... Исследования в области науковедения показывают, что все более важной становится коммуникация ученых в процессе непосредственного, личного общения. Возрастает роль т. н. “неформальных” контактов между учеными, основанных на вневедомственных связях» [9, с. 131]. «Академгородок породил особую социальную среду, определенный образ жизни населения, объединенного общностью интеллектуального труда и досуга» [3, с. 79]. Включение природных объектов в планировочную структуру усиливало эффект продуктивной изоляции и непрерывности, комплексности процессов, протекавших в ее условиях. Производственная зона скорее объединялась, чем разъединялась с жилыми микрорайонами непрерывным природным окружением. Озелененные общественные пространства, по сути, стали «производственными площадками» главного продукта научного центра – новых идей, подходов, новых связей.

В Новосибирском Академгородке природный ландшафт стал главным элементом градостроительной композиции. Лесозащитная опытная станция проводила большие работы по сохранению и возобновлению лесных участков. В городскую среду было введено большое количество декоративных древесных и кустарниковых растений [10, 11]. Искусственные посадки вдоль магистральных улиц, возле общественных и производственных зданий органично дополняют естественную растительность, облагораживают ее. Природные элементы пронизывают городскую ткань, придают ей дополнительную устойчивость, связывают в единое целое различные функциональные и планировочные части города. Идея общего, перетекающего пространства в архитектуре зданий воплощалась большими витражами, активными козырьками, «выносом» верх-

него этажа, внутренними дворами (что наблюдается в зданиях общественного центра). Планировочно эта идея отразилось связанностью всех функциональных частей озеленением (рис. 1, 2).



Рис. 1. Общественный центр Новосибирского Академгородка. Музей истории архитектуры Сибири им. С.Н. Баландина

Fig. 1. Akademgorodok Community Center in Novosibirsk. S. N. Balandin Museum of the History of Architecture of Siberia



Рис. 2. Дом ученых со стороны парковой зоны. Фото автора

Fig. 2. The House of Scientists. Photo by the author

Проектирование и строительство первой очереди шло менее восьми лет: декабрь 1957 г. – август 1964 г. [12, с. 300]. Академгородок представляет собой две зоны: верхнюю, где размещаются научные институты, университет, жилая застройка для научных сотрудников, и нижнюю, изначально предназначенную для размещения коммунально-складской зоны и ее жителей. Название этих зон отражает специфику топографии: разница высотных отметок явна и при пешеходном, и при транспортном движении. При достижении своих расчетных показателей в нижней зоне продолжилось территориальное развитие городка. В 1960-е гг. в застройке жилой части нижней зоны сохранялись идеи слитности с природой: жилые дома (2-, 5- и 9-этажные) перемежаются лесной растительностью (рис. 3). Далее освоение территории велось на участках, свободных от леса, в том числе на месте исторического поселения Чербусы.



Рис. 3. Нижняя зона Новосибирского Академгородка. Фото автора
Fig. 3. The lower zone of Novosibirsk Akademgorodok. Photo by the author

В 1970-е гг. меняется культурное поле социума. Несколько сгладился острый жилищный кризис, существовавший повсеместно в 1950-х гг., чему способствовал переход на типовое проектирование и индустриализацию строительных работ.

Несмотря на бережное отношение к деревьям в Академгородке, антропогенная нагрузка негативно сказывалась на естественной растительности. Лесные участки постепенно деградировали [11]. Изменилась идея «города в лесу». Изменилось отношение к пространству.

В 1980-е гг. кризисные явления в социальной сфере обозначались достаточно четко. «Не труд, не деятельность, а потребление выступило... на первый план» [13, с. 328]. Стремление к новизне, устремленность в будущее сменилось предпочтением традиционного, проверенного, хорошо известного. Происходит осознание ценности существующей среды, выявленной традиции.

Перетекающему, всепроникающему пространству, не имеющему материальной преграды между внутренним и внешним, противопоставляется осязаемая, сложно организованная среда.

Основная часть жилой застройки нижней зоны образована 5- и 9-этажными домами, замкнутыми группами. Со второй половины 1970-х гг. строятся исключительно 9-этажные здания, как панельные, так и кирпичные. Угловые секции используются редко, поворотное сопряжение выполняется кирпичными вставками. Объекты соцкультбыта размещаются, как правило, в отдельно стоящих зданиях, редко встроены в нижний этаж (ул. Российская, Арбузова). Сохранность природной среды ниже, однако озеленение все еще играет большую роль, занимает значительную площадь, сформированы ландшафтные группы с высокодекоративными деревьями и кустарниками. Озеленение выступает самостоятельным элементом, формирующим придомовую территорию и общественные пространства (рис. 4).

Системный кризис 1990-х гг., политические и экономические изменения оказывают влияние на смену культурного поля страны и болезненно пережива-

ются социумом. Меняется занятость населения, значительно уменьшается количество людей, занятых научным трудом. Идеи общественного служения, имевшие большое значение при создании Академгородка, уступают место потребительскому поведению.



Рис. 4. Озеленение в застройке Академгородка. Фото Gelio/Слава Степанов¹
Fig. 4. Greening in the Akademgorodok development. Photo by Gelio/Slava Stepanov

Оживление строительства происходит в новом тысячелетии. Единичные случаи возведения жилых домов средней этажности отмечаются в 2002–2004 гг. как в верхней зоне (по ул. Золотошинской), так и в нижней (ул. Демакова, ул. Иванова). К 2010 г. происходит значительное увеличение этажности застройки: до 12 этажей в верхней зоне и до 17 – в нижней.

В верхней зоне Академгородка, в лесном массиве, появляется крупный жилой комплекс с подземной стоянкой и встроенными помещениями социально-культурного назначения. Благодаря активной позиции жителей наиболее ценная и цельная в стилевом отношении часть городка получает статус «достопримечательного места». Устанавливаются четкие границы территории и строгие регламенты хозяйственной деятельности, направленные на защиту от неконтролируемой застройки. Строятся только необходимые объекты образовательной инфраструктуры – новые школы, корпус университета, постепенно обновляется студенческий городок. При этом этажность зданий повышается. В новом строительстве не учитывается сохранность крупномерных сосен. Для частичной компенсации на прилегающей территории высаживаются новые деревья на регулярной основе (рис. 5).

¹ URL: <https://zen.ru/a/X6tHAZGrimX3z67o> (дата обращения: 08.03.2025).



Рис. 5. НГУ. Новое (слева) и старое (справа) здания²
 Fig. 5. New (left) and old (right) buildings of Novosibirsk State University

Вне достопримечательного места, на территории, свободной от ценной растительности, появляется технопарк с объектами необычной архитектуры (рис. 6, 7), но стиливого единства в зоне технопарка не складывается.



Рис. 6. Здания технопарка. Фото автора
 Fig. 6. Buildings of the technology park. Photo by the author

Новые объекты – корпус университета, здания технопарка – создают ориентиры, возвышаясь над лесом, однако «разбивают» единое пространство. В нижней зоне городка разворачивается новое строительство высотных зданий

² URL: <https://dzen.ru/a/X6tHAZGrimX3z67o> (дата обращения: 08.03.2025).

без учета общей градостроительной композиции. В новом тысячелетии значительно уменьшается количество жителей, занятых в научных организациях, растет уровень автомобилизации. Новое жилое строительство ведется с использованием зданий высотой 18–25 этажей, территория каждой жилой единицы огораживается. Это нарушает проницаемость – важное качество города.



Рис. 7. Здание на сопредельной с технопарком территории. Фото автора
Fig. 7. Building on the territory adjacent to the technology park. Photo by the author

Рост новой застройки, этажности, численности населения и изменение его занятости, увеличение автотранспортного движения одновременно с уменьшением пешеходного, нарушение системы озеленения, появление автостоянок как значимых элементов городского пространства характеризуют новый этап развития.

Выводы

Подводя итог, отметим, что архитектура – часть истории развития общества. Подвижное культурное поле второй половины XX – начала XXI в. отразилось в формировании и развитии архитектурно-планировочной среды научного городка. Определяются следующие этапы, характеризующиеся особенностями взаимодействия социокультурной среды и городского пространства Академгородка:

1. 60-е гг. XX в. Новосибирский Академгородок – уникальный и удачный научный и градостроительный эксперимент. Начало его формирования (середина 1950-х – 60-е гг.) совпало с социальным подъемом и ожиданием будущего. Природный ландшафт как основа при создании поселения определил планировочную структуру и размещение основных функциональных зон. Приемы застройки обсуждались и менялись [14, 15]. Транспортное движение организовано в основном по городку. Пешеходное движение активное, преобладает над транспортным. Это реализация идеи «города в лесу», пониженная плотность застройки и единое объединяющее озелененное пространство.

2. Начало 70 – конец 80-х гг. XX в. Изменение социокультурной ситуации повлияло на формирование городской среды и культурный ландшафт. В 1970-е гг. меняется отношение к времени и пространству. На смену единому

всепроницающему пространству приходит сложно организованная городская среда. Жилая застройка ведется замкнутыми группами. Ландшафтные группы являются самостоятельными элементами, формирующими среду уличного и дворового пространства. Пешеходное движение достаточно активное. Транспортное движение организовано в основном по городку. Появляются транспортные связи с другими научными поселениями (Краснообск, Кольцово).

3. Начало 90-х гг. XX в. – настоящее время. Изменения 1970-х гг. не были враждебны предыдущему периоду, сохранялись лучшие традиции по формированию архитектурно-планировочной среды разных градостроительных уровней. Кризисные явления 1990-х гг. отрицали идеи и устремления недавнего прошлого.

Новая застройка не создает композиционного единства, высокий уровень автомобилизации привел к ошутимому росту открытых стоянок, влияющих на городское пространство. Транспортное движение активное, как с Новосибирском, так и с другими научными поселениями. Появляется транзитное движение. Новая застройка не учитывает ценности естественно растущих деревьев, приобъектные посадки ведутся на регулярной основе. Новые объекты интересны своими архитектурными решениями, однако общей композиции не создают.

Общественные настроения отразились в стиле, планировочных приемах, повлияли на интеграцию искусственной среды в природное окружение.

В настоящее время вопросы строительства и архитектуры регулируются градостроительным кодексом, однако многие решения в значительной мере принимаются механически, основываясь на требованиях заказчика. Необходим тщательный учет и анализ не только участка застройки, но и прилегающей территории, с привлечением широкого круга специалистов, с прогнозом потребностей и возможностей дальнейшего развития. В градостроительные отношения необходимо вернуть принципы комплексности архитектурно-планировочных решений и композиции формирования городских пространств с учетом сложившихся традиций и общепринятых градостроительных принципов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Баландин С.Н. Новосибирск. История градостроительства 1945–1985 гг. Новосибирск : Новосибирское книжное изд-во, 1986. 160 с.
2. Оглы Б.И. Строительство городов Сибири. Ленинград : Стройиздат, 1980. 272 с.
3. Оглы Б.И. Новосибирск: от прошлого к будущему. Новосибирск : Книжное изд-во, 1991. 119 с.
4. Пивкин В.М., Чиндяева Л.Н. Экологическая инфраструктура сибирского города. Новосибирск : Сибпринт, 2002. 183 с.
5. Вольская Л.Н., Косинова Е.В. Наукограды как новый тип градообразования Новосибирской агломерации // Известия вузов. Строительство. 2019. № 10. С. 109–119. DOI: 10.32683/0536-1052-2019-730-10-74-81. EDN: GHTQGS
6. Вольская Л.Н., Косинова Е.В. Архитектурная среда наукоградов в Сибири // Известия вузов. Строительство. 2021. № 5. С. 80–86. DOI: 10.32683/0536-1052-2021-749-5-80-86. EDN: NBAAP
7. Свешникова О.Б. Об архитектуре общественного центра Новосибирского Академгородка // Октябрь 1917 в истории архитектуры и изобразительного искусства Сибири : избранные тезисы Всероссийской научной конференции, приуроченной к столетию Октябрьской революции 1917 года. Новосибирск : Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств, 2017. С. 151.
8. Чемоданов М.П. Становление (заметки о первых годах строительства новосибирского Академгородка) // За науку в Сибири. 1978. 6 апреля ; фонд музея им. С.Н. Баландина.

9. *Социально-культурные функции города и пространственная среда* / под общ. ред. Л.Б. Когана. Москва : Стройиздат, 1982. 176 с.
10. *Свешникова О.Б.* Природный ландшафт как главный элемент градостроительной композиции Новосибирского Академгородка // Проблемы развития региональных архитектурных школ : материалы научно-практической конференции. Новосибирск : РПГ «Хайвей», 2004. С. 31, 32.
11. *Скуднева М.В., Чиндяева Л.Н.* Роль природно-экологического каркаса в формировании планировочной структуры академических городков // Известия вузов. Строительство. 2020. № 1. С. 109–119. DOI: 10.32683/0536-1052-2020-733-1-109-119 EDN: DZPUUC
12. *Новосибирск. 100 лет. События. Люди* / под ред. Л.М. Горюшкина. Новосибирск : ВО «Наука», 1993. 472 с.
13. *Эстетические ценности предметно-пространственной среды* / А.В. Иконников [и др.] ; отв. ред. А.В. Иконников. ВНИИТЭ. Москва : Стройиздат, 1990. 334 с.
14. *Духанов С.С.* Проблемы формирования благоприятной архитектурно-планировочной среды в городах Западной Сибири в конце 1950–60-х гг. // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. № 1. С. 101–113. DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-1-101-113. EDN: YXEMRV
15. *Свешникова О.Б.* Архитектурно-градостроительная культура Новосибирска середины 50-х – конца 80-х гг. XX в. : специальность 18.00.01 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата архитектуры. Новосибирск, 2007. EDN: QDXOQH

REFERENCES

1. *Balandin S.N.* Novosibirsk. The History of Urban Planning in 1945–1985. Novosibirsk, 1986. 160 p. (In Russian)
2. *Ogly B.I.* Construction of Siberian Cities. Leningrad: Stroyizdat, 1980. 272 p. (In Russian)
3. *Ogly B.I.* Novosibirsk: From the Past to the Future. Novosibirsk, 1991. 119 p. (In Russian)
4. *Pivkin V.M., Chindyaeva L.N.* Ecological Infrastructure of the Siberian City. Novosibirsk: Sibprint, 2002. 183 p. (In Russian)
5. *Volskaya L.N., Kosinova E.V.* Science Towns as a New Type of Urban Formation in the Novosibirsk Agglomeration. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2019; (10): 109–119. (In Russian)
6. *Volskaya L.N., Kosinova E.V.* Architectural Environment of Science Towns in Siberia. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2021; (5): 80–86. (In Russian)
7. *Sveshnikova O.B.* Public Center Architecture in Novosibirsk Akademgorodok. In: *Selected Papers of All-Russ. Sci. Conf. devoted to centenary of October Revolution 1917*. Novosibirsk, 2017. 151 p. (In Russian)
8. *Shemodanov M.P.* Formation (Notes on the First Years of Construction of Novosibirsk Akademgorodok). In: *For Science in Siberia*, 1978. (In Russian)
9. *Kogan L.B. (Ed.)* Socio-Cultural Functions of the City and Spatial Environment. Moscow: Stroyizdat, 1982. 176 p. (In Russian)
10. *Sveshnikova O.B.* Natural Landscape as the Main Element of Urban Composition in Novosibirsk Akademgorodok. In: *Proc. Sci. Conf. 'Problems of Development of Regional Architectural Schools'*. Novosibirsk: Highway, 2004. Pp. 31, 32. (In Russian)
11. *Skudneva M.V., Chindyaeva L.N.* The Role of Natural and Ecological Framework in Planning Structure Formation of Academic Towns. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2020; (1): 109–119. (In Russian)
12. *Goryushkin L.M. (Ed.)* 100 Years Old Novosibirsk. Events. People. Novosibirsk: Nauka, 1993. 472 p. (In Russian)
13. *Ikonnikov A.V. (Ed.), et al.* Aesthetic Values of Subject-Spatial Environment. Moscow: Stroyizdat, 1990. 334 p. (In Russian)
14. *Dukhanov S.S.* Formation of Favorable Architectural Planning Environment in West Siberia Cities in the 1950–1960s. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2019; 21 (1): 101–113. (In Russian)
15. *Sveshnikova O.B.* Architectural and Urban Planning Culture of Novosibirsk in the 1950–1980s. PhD Abstract. Novosibirsk, 2007. EDN: QDXOQH (In Russian)

Сведения об авторе

Свешникова Ольга Борисовна, канд. архитектуры, доцент, Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств имени А.Д. Крячкова, 6300099, г. Новосибирск, Красный проспект, 38, obsveshnikova@nsuada.ru

Author Details

Ol'ga B. Sveshnikova, PhD, A/Professor, Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts, 38, Krasnyi Ave., 630099, Novosibirsk, Russia, obsveshnikova@nsuada.ru

Статья поступила в редакцию 28.12.2024
Одобрена после рецензирования 18.01.2025
Принята к публикации 20.01.2025

Submitted for publication 28.12.2024
Approved after review 18.01.2025
Accepted for publication 20.01.2025

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 2. С. 63–78.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (2): 63–78.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 712.256

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-63-78

EDN: JCDBRX

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗООМОРФНЫХ ДЕТСКИХ ИГРОВЫХ ПЛОЩАДОК

Хава Виситаевна Мицаева, Евгений Николаевич Поляков

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Томск, Россия*

Аннотация. *Актуальность.* В статье рассматриваются принципы проектирования зооморфных игровых площадок, анализируются аспекты безопасности и развивающего потенциала таких пространств, а также подчеркивается важность интеграции биологически вдохновленного дизайна для создания привлекательной и стимулирующей среды.

Актуальность темы обусловлена растущей потребностью в качественных развивающих пространствах, влиянием среды на развитие ребенка, необходимостью инклюзивного подхода и развитием биомиметики в дизайне.

Цель исследования – анализ существующих подходов и концепций проектирования зооморфных игровых площадок.

Методика исследования основывается на комплексном анализе существующих зооморфных игровых площадок, включая визуальный анализ и оценку функциональности и безопасности.

В результате исследования выявлены ключевые факторы и аспекты, которые требуются для создания зооморфных игровых площадок.

Ключевые слова: зооморфные игровые площадки, универсальный дизайн, безопасность, доступность, зооморфизм, стимулирование воображения, биологически вдохновленный дизайн, адаптивность

Для цитирования: Мицаева Х.В., Поляков Е.Н. Проектирование зооморфных детских игровых площадок // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 2. С. 63–78. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-63-78. EDN: JCDBRX

ORIGINAL ARTICLE

DESIGN OF ZOOMORPHIC PLAYGROUNDS FOR CHILDREN

Khava V. Mitsaeva, Evgeny N. Polyakov

Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

Abstract. This article studies the principles of zoomorphic playground design, analyzes their safety aspects and development potential, and highlights the importance of integrating biologically inspired design to create an attractive and stimulating environment.

Purpose: The aim is to analyze existing approaches and concepts for design of zoomorphic playgrounds.

Methodology: A comprehensive analysis of existing zoomorphic playgrounds, including visual analysis and assessment of functionality and safety.

Research findings: The key factors and aspects required for the creation of zoomorphic playgrounds are identified.

Keywords: zoomorphic playground, universal design, safety, accessibility, zoomorphism, imagination, biologically inspired design, adaptability

For citation: Mitsaeva Kh.V., Polyakov E.N. Design of Zoomorphic Playgrounds for Children. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (2): 63–78. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-63-78. EDN: JCDBRX

Введение

Игровая деятельность, являясь неотъемлемой частью развития ребенка, имеет решающее значение в формировании его когнитивных, социальных, эмоциональных и физических навыков. Традиционные игровые площадки, несмотря на свою важность, часто ограничивают возможности для стимуляции воображения и творческого потенциала детей. В ответ на это зооморфные игровые площадки предлагают инновационный подход, используя образы животных для создания более привлекательной и развивающей среды.

Актуальность интеграции биологически вдохновленного дизайна в детские игровые пространства обусловлена стремлением усилить их образовательный и развивающий потенциал. Современное проектирование все чаще обращается к зооморфным формам, которые, благоприятно воздействуя на психику ребенка, придают игровому пространству художественный образ. Такие формы, выполненные из различных материалов, таких как дерево, пластмасса и бетон, создают уникальные и интерактивные игровые пространства, вдохновленные природой и ее обитателями. Зооморфные формы игровых элементов воссоздают образы различных животных, способствуют более близкому знакомству детей с представителями мировой фауны, существенно расширяют их кругозор.

В настоящей статье рассматриваются ключевые аспекты проектирования детских игровых площадок с зооморфными элементами, особое внимание уделяется созданию игровой среды, которая должна быть не только безопасной и доступной для каждого ребенка, но и способствовать его всестороннему развитию. Зооморфные игровые площадки, при создании которых черпается вдохновение в природе и животном мире, должны обеспечивать удобство и комфорт для всех детей, поощряя их активное участие в играх и взаимодействии. При проектировании таких пространств особое значение имеет выбор безопасных материалов, а также эргономика и доступность конструкций. Необходимо учитывать рекомендации специалистов в области детской психологии, физиотерапии и эргономики, чтобы игровые зоны способствовали развитию моторики, когнитивных навыков и социального взаимодействия у детей. Применение зооморфных форм, в свою очередь, делает игровую среду более привлекательной, стимулирует воображение и творческое мышление.

Целью данного исследования является изучение концепции проектирования зооморфных игровых площадок для детей с учетом аспектов безопасности, доступности и развивающего потенциала.

Задачи исследования включают анализ существующих подходов к проектированию зооморфных игровых пространств, изучение стандартов безопасности и эргономики для зооморфного игрового оборудования, оценку эффективности зооморфных форм в развитии детей.

Эстетика и дизайн детской среды

Игра имеет большое значение для развития ребенка во многих отношениях: оказывает влияние на его физическое и эмоциональное развитие, развитие интеллекта и когнитивных функций, способность к общению и социализации [1]. Эстетика и дизайн детской среды играют ключевую роль в формировании опыта ребенка, влияя на его восприятие окружающего мира, эмоциональное состояние и готовность к взаимодействию. Психология восприятия определяет, как дети интерпретируют визуальные и тактильные стимулы, и, соответственно, проектирование детской игровой среды должно учитывать эти особенности. Цвет, форма, текстура и масштаб – все эти элементы оказывают непосредственное воздействие на детей. Яркие и насыщенные цвета могут привлекать внимание и создавать ощущение игривости, в то время как мягкие и пастельные оттенки способствуют успокоению и расслаблению.

Использование зооморфных форм, воплощенных в игровых элементах, добавляет привлекательности и стимулирует воображение, позволяя детям устанавливать эмоциональную связь с окружающей средой. Применение различных текстур, таких как гладкий мягкий текстиль или шероховатый бетон, способствует развитию тактильных ощущений и расширению сенсорного опыта детей. Масштаб объектов и пространств также играет немаловажную роль, создавая ощущение комфорта и безопасности, а также предоставляя возможности для разных видов активности. *Включение материалов, разных на ощупь, позволяет развивать чувство осязания. Материалы могут быть гладкими или шершавыми, твёрдыми и мягкими, зернистыми [2].*

В основе проектирования детской игровой среды должны лежать принципы дизайна, ориентированного на интересы и потребности детей. Это требует глубокого понимания физических, когнитивных и культурных особенностей детей разного возраста, а также их желаний и предпочтений. Такой подход предполагает использование эмпирических методов исследования, включая наблюдение за детьми в процессе игры, а также проведение опросов, чтобы получить обратную связь и выявить наиболее эффективные решения. Процесс проектирования должен быть итеративным, с постоянным тестированием и улучшением, чтобы создать пространство, которое будет максимально комфортным, привлекательным и развивающим.

Эстетические качества игрового пространства непосредственно влияют на эмоциональное состояние детей, вызывая положительные эмоции и радость, а также стимулируя их готовность к взаимодействию и исследованию. Гармоничное сочетание цветов, форм и текстур может создать атмосферу комфорта и безопасности, поощряя детей к активной и творческой игре. Не менее важной является и концепция аффордансов в дизайне. Аффордансы – это возможности действия, которые предоставляет среда, и их наличие влияет на то, как дети воспринимают и взаимодействуют с окружающим миром. *Игровые объекты*

стимулируют ребенка к определенным физическим действиям, они также выступают как метафоры [3]. Зооморфные формы, в свою очередь, могут стимулировать различные виды активности, такие как лазание, прятки, ролевые игры и социальное взаимодействие. Например, горка в форме слона, благодаря своим внушительным размерам, заставит детей больше двигаться, увеличит их общую физическую нагрузку. А песочница в форме черепахи, на панцире которой может разместиться большая группа малышей, будет способствовать их дружескому общению и совместным играм. Использование принципа аффордансов помогает создать среду, которая не только красива, но и функциональна.

Зооморфизм в проектировании игровых площадок

Зооморфизм в проектировании игровых площадок представляет собой мощный инструмент, способный усилить эмоциональный отклик детей. Этот подход, основанный на использовании форм, образов и характеристик животных, обогащает игровую среду, делая ее более привлекательной, захватывающей и образовательной. Зооморфный дизайн не ограничивается буквальным воспроизведением животных, а подразумевает создание стилизованных элементов, вдохновленных их формами, текстурами, цветами и повадками. Такой подход позволяет детям устанавливать эмоциональную связь с окружающей средой, развивать воображение и творческие способности.

Особенности зооморфного дизайна в контексте игровых площадок заключаются в его способности вызывать у детей определенные ассоциации и чувства. Например, мягкие, округлые формы могут создавать ощущение уюта и безопасности (рис. 1), тогда как более динамичные и острые формы могут стимулировать общую активность детей и заставить их изобретать новые варианты приключенческих игр (рис. 2).



Рис. 1. Парк Zámeček Petrovice, Чехия¹
Fig. 1. Zámeček Petrovice Park, Czech Republic

¹ URL: <https://www.booking.com/hotel/cz/za-meak-petrovice.ru.html>



Рис. 2. Детская площадка:

a – «Гигантская цапля», Франция²; *б* – игровой комплекс «Дракон»³

Fig. 2. Children's playground:

a – Giant Heron, France; *b* – “Dragon” game complex

Использование характерных черт животных, таких как уши, хвосты, лапы или клювы, может помочь детям идентифицировать и распознавать различные виды животных, расширяя их знания о мире природы. Кроме того, зооморфные элементы могут способствовать развитию ролевых игр, когда дети начинают подражать животным, придумывать свои истории и сценарии, что стимулирует развитие социального и эмоционального интеллекта.

Возможности зооморфного дизайна для усиления эмоционального отклика детей обусловлены тем, что животные часто вызывают сильные эмоции, такие как радость, удивление, восхищение и интерес. Игровые элементы, выполненные в виде животных, могут стать своеобразными «друзьями» для детей, с которыми они могут общаться, играть и взаимодействовать. Это может помочь детям преодолеть страх или тревогу, особенно если они испытывают сложности в общении со сверстниками. Кроме того, зооморфные образы создают ощущение сказки и волшебства, делая игровую площадку более привлекательной и запоминающейся.

Когнитивное развитие также может быть стимулировано за счет использования зооморфных элементов в игровой среде. Дети, взаимодействуя с та-

² URL: <https://www.magcentre.fr/181895-le-grand-heron-futur-heros-de-lile-charlemagne-dorleans/>

³ URL: <https://kidyclub.ru/product/neobychnye-detskie-ploshadki-masterskaja-monstrum-drakon/>

кими элементами, не только получают сенсорный опыт, но и учатся наблюдать, анализировать, сравнивать и классифицировать различные виды животных. Например, площадка, разделенная на зоны, представляющие разные места обитания животных (джунгли, саванна, полярная зона), может способствовать развитию пространственного мышления и пониманию взаимосвязей в природе. Игровые элементы, имитирующие среду обитания животных, могут также стать основой для обучения через игру, формируя естественнонаучные знания.

Экологические аспекты

Экологические аспекты в проектировании детских игровых площадок играют всё более важную роль в современном обществе, отражая растущее понимание необходимости устойчивого развития и защиты окружающей среды. Принципиальным моментом является использование экологически чистых материалов и энергоэффективных решений, которые не только минимизируют негативное воздействие на природу, но и создают более здоровую и безопасную среду для детей. Выбор материалов для строительства и оборудования игровых площадок должен основываться на принципах устойчивости и возобновляемости. Вместо традиционных пластиковых и синтетических материалов предпочтение следует отдавать натуральным, переработанным и биоразлагаемым аналогам. Древесина, полученная из лесных хозяйств, переработанные полимеры и металлы, а также природные камни и песок – все это может быть использовано для создания привлекательных и прочных игровых элементов.

Кроме того, в дизайне игровых площадок следует уделять внимание энергоэффективности. Это включает в себя максимально эффективное использование естественного освещения, что снижает потребность в искусственном освещении в дневное время. Размещение площадок на открытых, хорошо проветриваемых местах будет способствовать естественной вентиляции и охлаждению, уменьшая необходимость в использовании кондиционеров и других энергозатратных систем. Применение солнечных панелей для обеспечения освещения и питания интерактивных элементов сделает площадку более автономной и экологически чистой.

Влияние проекта на биоразнообразие – это еще один важный аспект, который необходимо учитывать при проектировании детских игровых площадок. Размещение площадок должно быть проведено таким образом, чтобы минимизировать воздействие на существующие экосистемы. Идеальная игровая площадка должна быть спроектирована в гармонии с окружающей природой, с использованием местных видов растений для озеленения и создания естественных зон для отдыха. Интеграция элементов, поддерживающих биоразнообразие, таких как скворечники, поилки для птиц и сады для бабочек, может обогатить игровой опыт детей, позволяя им наблюдать за живой природой и активно познавать ее законы.

Принципы проектирования зооморфных игровых площадок

Центральным элементом является создание прочных ассоциативных связей с фигурами животных, которые должны быть хорошо знакомы и понятны детям. Ключевым моментом является не просто воспроизведение животного,

а создание четких, узнаваемых образов, которые стимулируют детское воображение. Это достигается путем тщательного выбора животных, соответствующих возрасту и опыту детей, а также использованием характерных форм, цветов и текстур, ассоциирующихся с конкретным животным. Важно не просто отобразить форму животного, но и передать его характерные особенности. Например, когти тигра или хобот слона могут быть представлены в виде элементов лазания, а горизонтальная проекция фигуры слона – в качестве площадки для игр. Использование таких деталей способствует более глубокой связи с животным миром и стимулирует детскую фантазию.

Однако важно перейти за рамки простой визуальной идентификации. Проектирование должно включать в себя создание контекста, историй и приключений, связанных с выбранными животными. Например, на площадке, посвященной львам, могут быть организованы зоны «охоты» и «отдыха», которые позволят детям разыгрывать сценки из жизни львиных прайдов. Использование разнообразных игровых элементов, таких как лабиринты, горки, качели, и других игровых комплексов, оформленных в соответствующей тематике, помогает детям погрузиться в мир животных и развивать творческое мышление и художественное воображение.

Функциональность и безопасность

Функциональность и безопасность зооморфных игровых площадок являются фундаментальными принципами, определяющими их эффективность и пользу для детей. Прежде всего, проектирование должно основываться на строгом соответствии возрастным потребностям. Это подразумевает тщательную разработку игрового оборудования, которое учитывает физические и когнитивные особенности детей различных возрастных групп. Малышам, например, потребуются простые, безопасные и легкодоступные элементы, тогда как детям более старшего возраста будут интересны более сложные, динамичные конструкции.

Не менее важным аспектом является безопасность материалов и конструкций. *Правильный выбор конструкций и материалов обуславливает не только экономичность и долговечность игровых элементов, но и устойчивость, гигиеничность, тектоничность* [4]. Применение натуральных материалов, таких как древесина (рис. 3), прошедшая специальную обработку, а также переработанных материалов, которые не содержат вредных химических веществ, не только защищает детей от воздействия токсинов, но и способствует формированию экологического сознания. Кроме того, соблюдение всех необходимых требований безопасности, включая стандарты прочности, надежности и отсутствия острых углов и опасных элементов, гарантирует, что площадка будет местом для безопасной игры. Конструкции должны быть прочными, устойчивыми и спроектированными таким образом, чтобы минимизировать риск травм.

Другой, не менее важный элемент – эргономика. Она играет ключевую роль в обеспечении удобства и комфорта при использовании игровых элементов. Это подразумевает, что элементы должны быть спроектированы таким образом, чтобы они соответствовали пропорциям детского тела, были удобны для захвата, лазания, сидения и других видов активности. Удобные размеры, плавные пере-

ходы и отсутствие неудобных углов и выступов – все это является неотъемлемой частью эргономичного дизайна. Все элементы должны быть легкодоступны, интуитивно понятны и удобны для детей разного роста и комплекции.



Рис. 3. Игровая площадка «Ручьевая форель», Tasca Park в Кинг-Сити, США⁴

Fig. 3. Brook Trout Playground at Tusk Park in King City, USA

Игровые пространства, спроектированные с учетом принципов эргономики, создают позитивный опыт и поощряют детей к активному и продолжительному взаимодействию.

Доступность

Ключевую роль в обеспечении доступности играет концепция универсального дизайна, которая предполагает создание среды, пригодной для использования максимально широким кругом людей, в данном случае – детей. Это означает, что зооморфные игровые площадки следует проектировать с учетом потребностей и предпочтений детей. Универсальный дизайн подразумевает, что игровая среда должна быть интуитивно понятной, безопасной, удобной и привлекательной для каждого ребенка.

Физическая доступность является основой для инклюзивности. Это требует проектирования площадок с плавными пандусами и широкими проходами. Использование нескользящих материалов для покрытия поверхностей также важно для обеспечения безопасности. Высота игровых элементов должна быть тщательно продумана, чтобы обеспечить их доступность для детей разного роста и телосложения, а также для тех, кто использует коляски или другие вспомогательные средства. Все детали антуража и стаффажа должны учитывать соразмерность всех компонентов игрового пространства, главным мериллом которого является ребенок [5]. Разнообразие игрового оборудования, которое можно использовать как сидя, так и стоя, также является важным аспектом физической доступности.

⁴ URL: <https://www.earthscapeplay.com/project/custom-play-structure/>

Анализ и оценка существующих зооморфных игровых площадок

Проектирование зооморфных детских игровых площадок требует сбалансированного сочетания безопасности, функциональности и эстетической привлекательности. При этом использование качественных материалов и инновационных технологий является ключевым для обеспечения долговечности и устойчивости этих пространств к воздействию различных погодных условий. Рассмотрим несколько примеров зооморфных игровых площадок, которые демонстрируют различные подходы к проектированию.

Например, детская игровая площадка в г. Мяньян (Китай) (рис. 4) представляет собой вдохновляющее пространство, спроектированное для детей всех возрастов. Эта современная интерактивная площадка, объединенная в несколько взаимосвязанных игровых зон, основана на естественной экологической концепции. Дизайн площадки использует принцип «одна ось, одно кольцо и пять садов», создавая атмосферу спокойной городской жизни и активизируя экологическое сознание. Пространственные элементы и природная атмосфера переносятся в это место, формируя яркое и светлое городское художественное пространство. Главными «жителями» площадки стали «слоны-вожаки», вокруг которых разворачивается игровая деятельность. Оранжевая «планета», где люди и слоны живут в гармонии, и жизнерадостная цветовая гамма создают динамичный и привлекательный игровой рай.

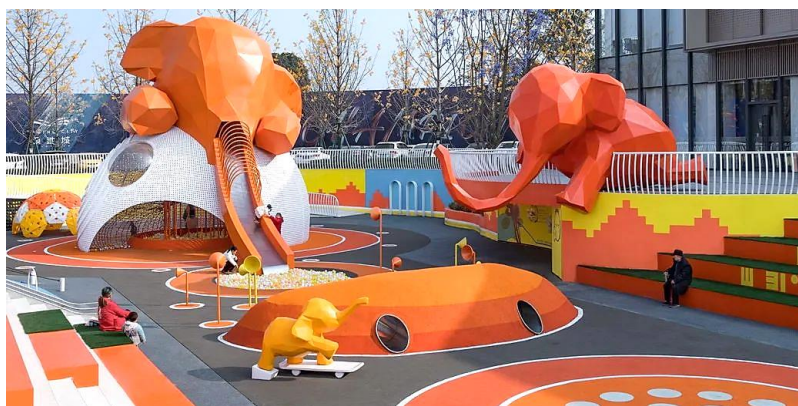


Рис. 4. Детская площадка в г. Мяньян (Китай)⁵
Fig. 4. Children's playground in Mianyang (China)

Другим примером является игровая площадка Сосооп в Китае (рис. 5), дизайн которой выполнен в форме бабочки. Эта площадка была разработана с учетом потребностей как маленьких детей, так и детей среднего и старшего возраста. Игровое пространство включает в себя машинки для малышей, зоны для ползания, интерактивные зоны с электронными экранами, парковку для колясок, места для отдыха родителей и зону с горячей водой. Площадка спроектирована в приятных ярких оттенках, радующих глаз, ее символом является

⁵ URL:<https://mp.weixin.qq.com/s/ZAPZkQSs6cWpu7brMptn3Q>

многоуровневая конструкция в виде бабочки, стимулирующая детское любопытство и желание исследовать. Взаимодействуя с игровыми элементами, дети знакомятся со стадиями роста бабочек и их образом жизни, благодаря использованию голографического освещения и специального оборудования с текстом. Таким образом, дети не только играют, но и узнают больше об истории возникновения бабочек и их детенышей, строя свои «секретные базы» вокруг «детенышей шелкопряда». Основная зона активности разделена на две области (для детей младшего и старшего возраста), обеспечивая комфортное и безопасное игровое пространство для всех.



Рис. 5. Игровая площадка «Открытый детский образовательный рай для бабочек», Китай⁶
 Fig. 5. Playground “Outdoor children's educational paradise for butterflies”, China

Еще один пример – детская площадка Octopus kingdom, расположенная на крыше торгового центра Gateway One в районе Наньшань, Шэньчжэнь, Китай. Это красочное пространство привлекает внимание всех детей и посетителей торгового центра и выделяется из городской среды (рис. 6).

⁶ URL: <https://moool.com/sinic%C2%B7turn-cocoon-into-butterfly-outdoor-educational-paradise-by-mbdi.html#pid=17>



Рис. 6. Детская площадка Octopus Kingdom в Шэньчжэнь, Китай⁷
Fig. 6. “Octopus Kingdom” playground in Shenzhen, China

Основным элементом площадки является огромный осьминог, установленный на крыше торгового центра. Он выполнен в ярких цветах и имеет несколько плавных, изогнутых щупалец, расположенных на разных уровнях. Каждое щупальце представляет собой отдельную игровую зону с разнообразными элементами для развития моторики и развлечений. Голова осьминога высотой 7 м служит основным объектом игровой площадки, видимой со всех окружающих зданий. Восемь волнистых и извилистых щупалец осьминога представляют собой игровые горки с препятствиями на уровне земли, которые помогают детям развивать физические способности и когнитивные навыки через игру. Девять разноцветных замков, расположенных как бы на песке, фор-

⁷ URL: <https://100architects.com/project/octopus-kingdom/>

мируют «игровой маршрут», по которому дети могут путешествовать, переходя от замка к замку и открывая новые возможности для игр. Красочный пол выполнен из специального материала, смягчающего удары во время игры и при падении игроков. Желтым цветом различных оттенков обозначен песчаный пляж, синим и голубым – поверхность моря.

Помимо осьминога и замков, на игровой площадке есть различные функциональные элементы для сидения, такие как амфитеатр для собраний, табулеты и столы под морскими навесами для взрослых, чтобы они могли отдохнуть, пока дети развлекаются.

Стратегия декоративного освещения направлена на создание впечатляющего ночного эффекта. Особое освещение выделяет контуры головы осьминога, края замков и края амфитеатра. Сверкающие точки света встроены в пол, чтобы создать волшебную атмосферу окружающей среды, а специально изготовленные лампы в форме водорослей установлены по периметру для создания полного и захватывающего морского вида.

Детская площадка Dinosaur themed playground (Olympus Park, Розвилл, Калифорния) – это уникальное место, где дети могут погрузиться в захватывающий мир динозавров (рис. 7). Расположенная в живописном парке, площадка предлагает увлекательные игровые возможности, вдохновленные доисторическими временами.



Рис. 7. Детская площадка Dinosaur Themed Playground, Olympus Park, Розвилл, Калифорния⁸
Fig. 7. Dinosaur Themed Playground in Olympus Park, Roseville, California

Площадка выполнена в стиле динозавров и окружена декоративными элементами, создающими атмосферу Древнего мира. При входе на площадку дети встречаются с огромными фигурами динозавров, которые представлены в натуральных размерах. Здесь они могут увидеть «трофеи», как будто оставленные самими динозаврами, и познакомиться с их разнообразными видами.

На площадке имеются различные игровые зоны и элементы, которые вдохновлены жизнью динозавров: дети могут исследовать гигантские скелеты, спускаться по горкам в форме хвостов динозавров, преодолевать лабиринты, имитирующие пещеры, и прыгать по тропам, расчерченным на земле как следы динозавров. Здесь также размещены игровые структуры, выполненные в форме

⁸ URL: <https://littletikescommercial.com/project/dinosaur-themed-playground/?lang=can>

динозавров. Дети могут взбираться на их огромные скелеты, карабкаться по лестницам, спускаться по веревочным переправам и преодолевать препятствия, представляющие из себя передние и задние конечности динозавров. Размещенные вокруг площадки информационные стенды, плакаты и таблички позволяют узнать больше о разных видах динозавров, их образе жизни и исчезновении. Это способствует развитию у детей любознательности и интереса к науке.

Детская площадка в форме жирафа, расположенная в одном из парков Мельбурна (Австралия), является впечатляющим местом, где дети могут весело провести время, окунувшись в мир животных (рис. 8). Здесь можно ощутить себя частью дикой природы. Высокая шея и изящные ноги жирафа передают величественный вид животного и дают детям широкий выбор для тренировки и развлечений. Малыши могут карабкаться по жирафу, прыгать с одного места на другое, используя его высокую шею в качестве опоры. Горка, расположенная на спине жирафа, предлагает увлекательный спуск, который придает дополнительное волнение и радость игровому опыту.



Рис. 8. Детская площадка в форме жирафа в Мельбурне, Австралия⁹

Fig. 8. Giraffe-shaped playground in Melbourne, Australia

Игровая площадка «Пчелы» в Национальном зоопарке Вашингтона (США) представляет собой интересное место, обладающее рядом достоинств (рис. 9). Здесь дети могут наслаждаться игрой и приключениями. Площадка создает атмосферу дикой природы и веселья благодаря ярким цветам, интересным фигурам пчел и живописному окружению, что позволяет детям сразу же почувствовать себя частью игрового мира. Разнообразие игровых элементов, включая пружинные площадки, лестницы, горки, тоннели и укрытия, предлагает широкий спектр активностей, стимулирующих физическое развитие и воображение. Кроме того, площадка имеет образовательный аспект, предоставляя детям возможность ознакомиться с различными видами растений, узнать о пчелах и их роли в экосистеме, что способствует развитию экологического сознания и любви к природе. Интеграция площадки с природным окружением, а также её яркое оформление и позитивная эмоциональная атмосфера создают благоприятные условия для всестороннего развития детей, способствуя созданию хорошего настроения и общей удовлетворенности от проведенного на площадке времени.

⁹ URL: <https://natureworks.com.au/project/playground-sculptures-zoo/>



Рис. 9. Площадка «Пчелы» в Национальном зоопарке, Вашингтон, США¹⁰
 Fig. 9. Bees at the National Zoo, Washington, USA

В целом, эта игровая площадка является примером успешного сочетания игровых, образовательных и эстетических элементов, создавая вдохновляющее и развивающее пространство для детей.

Приведенные примеры демонстрируют, как зооморфные мотивы могут быть использованы для создания не только привлекательных, но и функциональных, познавательных и инклюзивных игровых площадок, отвечающих потребностям детей разных возрастов и способностей.

Заключение

Зооморфные игровые площадки представляют собой инновационный подход к созданию детских пространств, который выходит за рамки традиционных представлений, предлагая вместо простого функционала развивающую и стимулирующую среду. Такие площадки направлены на вовлечение детей в игру, развитие их воображения и повышение познавательного интереса. Ключевыми аспектами успешного проектирования зооморфных площадок являются:

- эмоциональное вовлечение, достигаемое через использование зооморфных форм, образов и характеристик животных, что создает увлекательную атмосферу и вызывает положительные эмоции, при этом выбор животных и повествовательных элементов должен учитывать особенности восприятия разных возрастных групп;
- развитие воображения и творческих навыков, обеспечиваемое зооморфными элементами, которые способствуют развитию детской фантазии и созданию условий для ролевых игр, предоставляя возможность для создания собственных игровых историй и воплощения различных ролей;
- интеграция с окружающей средой, предполагающая органичное включение зооморфного дизайна в местный ландшафт и условия, что создает естественную и приятную атмосферу, стимулируя интерес к природе;
- безопасность и функциональность, подразумевающие строгое соответствие стандартам безопасности, учет специфических потребностей детей разных возрастов, а также обеспечение функциональности всех элементов;

¹⁰ URL: <https://nationalzoo.si.edu/visit/attractions/me-and-bee-playground>

– экологическая ответственность, заключающаяся в использовании экологически чистых материалов и минимизации воздействия на окружающую среду.

В заключение отметим: зооморфные игровые площадки, спроектированные с учетом вышеперечисленных принципов, являются не только местами развлечения, но и ценными инструментами развития, способствующими познанию мира, развитию творческого мышления и укреплению связей с природой.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мигулько Е.Н., Мещерякова О.Н. Нестандартный дизайн школьных игровых площадок // *Austrian Journal of Humanities and Social Sciences*. 2014. № 3–4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nestandartnyy-dizayn-shkolnyh-igrovyyh-ploschadok/viewer> (дата обращения: 09.01.2025).
2. Шнейдер Э.В., Ходжиков А.В. Особенности формирования инклюзивной детской предметно-пространственной среды в Казахстане (на примере города Алматы) // *Central Asian Journal of Art Studies*. 2022. № 7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-formirovaniya-inklyuzivnoy-detskoj-predmetno-prostranstvennoy-sredy-v-kazahstane-na-primere-goroda-almaty> (дата обращения: 09.01.2025).
3. Корепанова-Котляр И.А., Соколова М.В. Детская площадка как феномен детской субкультуры // *Вопросы образования*. 2017. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/detskaya-ploschadka-kak-fenomen-detskoj-subkultury/viewer> (дата обращения: 15.01.2025).
4. *Архитектурное проектирование*. Часть 1. Детская игровая площадка / сост. Т.Ю. Дубенкова, Т.О. Тырышкина. Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012 // StudFiles. URL: <https://studfile.net/preview/5484180/> (дата обращения: 16.12.2025).
5. *Проектирование элементов благоустройства*. Детские площадки. Площадки отдыха. Малые сады / сост. В.О. Сотникова. Ульяновск : УлГТУ, 2008. 113 с. ISBN 978-5-9795-0338-7. URL: <https://zzapomni.com/sotnikova-proektirovanie-lementov-2008-15722/1> (дата обращения: 16.01.2025).

REFERENCES

1. Migulko E.N., Meshcheryakova O.N. Non-Standard Design of School Playgrounds. *Austrian Journal of Humanities and Social Sciences*. 2014; (3–4). Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/nestandartnyy-dizayn-shkolnyh-igrovyyh-ploschadok/viewer> (accessed January 1, 2025). (In Russian)
2. Schneider E., Khodzhikov A. Formation of Integrative Children's Subject-Spatial Environment in Kazakhstan (on the example of the city of Almaty). *Central Asian Journal of Art Studies*. 2022; (7). Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-formirovaniya-inklyuzivnoy-detskoj-predmetno-prostranstvennoy-sredy-v-kazahstane-na-primere-goroda-almaty> (accessed January 9, 2025). (In Russian)
3. Korepanova-Kotlyar I.A., Sokolova M.V. Playground as a Phenomenon of Children's Subculture. *Voprosy obrazovaniya*. 2017; (2). Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/detskaya-ploschadka-kak-fenomen-detskoj-subkultury/viewer> (accessed January 15, 2025). (In Russian)
4. Dubenkova T.Yu., Tyryshkina T.O. Architectural design. Part 1. Children's playground: an educational and methodological guide to practical exercises and independent work. Krasnoyarsk, 2012. StudFiles. Available: <https://studfile.net/preview/5484180/> (accessed January 16, 2025). (In Russian)
5. Sotnikova V.O. Design of Landscaping Elements. Playgrounds. Recreation Areas. Small Gardens. Ulyanovsk, 2008. 113 p. ISBN 978-5-9795-0338-7. Available: <https://zzapomni.com/sotnikova-proektirovanie-lementov-2008-15722/1> (accessed January 16, 2025). (In Russian)

Сведения об авторах

Мицаева Хава Виситаевна, аспирант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, khava.mitsaeva@mail.ru

Поляков Евгений Николаевич, докт. искусствоведения, канд. архитектуры, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, polyakov.en@yandex.ru

Authors Details

Khava V. Mitsaeva, Research Assistant, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, khava.mitsaeva@mail.ru

Evgeny N. Polyakov, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, polyakov.en@yandex.ru

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

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

Статья поступила в редакцию 10.02.2025
Одобрена после рецензирования 18.02.2025
Принята к публикации 19.02.2025

Submitted for publication 10.02.2025
Approved after review 18.02.2025
Accepted for publication 19.02.2025

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 2. С. 79–94.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (2): 79–94.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 725.34

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-79-94

EDN: JEOZWX

ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ АРКТИЧЕСКИХ ПОРТОВ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ

Инга Константиновна Глушкина

*Центральный научно-исследовательский и проектный институт
Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации («ЦНИИП Минстроя России»), г. Москва, Россия*

Аннотация. Актуальность исследования. Стратегические государственные задачи по дальнейшему освоению Арктики предполагают новый этап арктического строительства и реконструкции портов и городов Северного морского пути. Архитектурная задача состоит в консолидации новых и традиционных подходов, совершенствовании методов проектирования для создания комфортных условий для человека и минимизации антропогенного воздействия на окружающую среду.

В настоящей статье рассматриваются архитектурные аспекты, способствующие формированию комфортных и безопасных условий в проектируемых зданиях и сооружениях портовой инфраструктуры Северного морского пути, а также перспективные формы арктической портовой архитектуры. Изложена специфика создания архитектурных объектов в Арктике и рассмотрены следующие принципы арктической архитектуры: устойчивость, компактность, связи, инновации, модульность, адаптивность, а также применение архитектурных инструментов: свет, цвет, текстура, форма. Рассмотрен фактор строительства на вечной мерзлоте, формирующий требования к несущим структурам и фундаментам.

Цели исследования. Проведение оценочного и сравнительного анализа арктических условий и архитектурных факторов, определение ключевых проектировочных принципов и эффективных методов.

Материалы и методы. Исследование базируется на изучении природно-климатических условий Арктики, формирующих требования к архитектурным решениям портовых зданий и сооружений для арктических портов Северного морского пути. Применен метод анализа архитектурных принципов и инструментов для решения возникающего комплекса задач. Проведен сравнительный оценочный анализ зарубежного опыта.

Результаты. Комплексное рассмотрение архитектурных аспектов арктических портов с учетом инженерных, экологических и психофизиологических факторов с целью формирования единого подхода к архитектурному проектированию комфортной и безопасной среды для человека в Арктике.

Ключевые слова: архитектурное проектирование арктических портов, Северный морской путь, устойчивое развитие, среда обитания, планировка зданий и сооружений в Арктике, арктическая архитектура

Для цитирования: Глушкина И.К. Особенности архитектурных решений арктических портов Северного морского пути // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 2. С. 79–94. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-79-94. EDN: JEOZWX

ORIGINAL ARTICLE

**ARCHITECTURE DESIGN OF ARCTIC PORTS
OF NORTHERN SEA ROUTE****Inga K. Glushkina***Central Research and Design Institute of the Ministry of Ministry
of Construction, Housing and Utilities of the Russian Federation,
Moscow, Russia*

Abstract. This article examines architectural aspects that contribute to the formation of comfortable and safe conditions of buildings of the port infrastructure of the Northern Sea Route as well as promising Arctic port architecture. The article describes architectural objects in the Arctic and considers the following principles of Arctic architecture: sustainability, compactness, connections, innovations, modularity, adaptability; and the use of architectural tools: light, color, texture, shape. Construction in permafrost conditions is also considered, which forms the requirements for load-bearing structures and foundations. In addition, the paper studies the foreign experience in and approaches to Arctic port architecture.

Purpose: To study the Arctic conditions and architecture, determining key design principles and effective methods.

Research findings: The study is based on the natural and climatic conditions of the Arctic, which form the requirements for architectural solutions of Arctic port buildings of the Northern Sea Route.

Methodology: The analysis of architectural principles and tools for solving the emerging set of problems. A comparative analysis of foreign experience. A comprehensive review of architectural aspects of Arctic ports, taking into account engineering, environmental and psychophysiological factors in order to form a unified approach to the architectural design of a comfortable and safe environment in the Arctic.

Value: Strategic state tasks for further development of the Arctic imply a new stage of Arctic construction and reconstruction of ports and cities. The architectural task is to consolidate new and traditional approaches and improve design methods to create comfortable conditions for people and minimize anthropogenic impact on the environment.

Keywords: architectural design, Arctic ports, Northern Sea Route, sustainable development, living environment, Arctic architecture

For citation: Glushkina I.K. Architecture Design of Arctic Ports of Northern Sea Route. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (2): 79–94. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-79-94. EDN: JEOZWX

Введение

Форма определяется функцией – архитектурная парадигма, предложенная Л. Салливаном в конце XIX в., в условиях Арктики дополняется необходимостью соответствовать суровому климату, ограниченным ресурсам и отсутствию регулярного снабжения. В настоящей статье анализируются архитектурные аспекты, способствующие формированию комфортных и безопасных условий в проектируемых зданиях и сооружениях портовой инфраструктуры Северного морского пути (Севморпуть, СМП), а также перспективные формы арктической портовой архитектуры. Изложена специфика создания архитектурных объектов в Арктике и рассмотрены следующие принципы арктической архитектуры: устойчивость, компактность, связи, инновации, модульность, адаптивность, а также применение архитектурных инструментов: свет, цвет,

текстура, форма. Рассмотрен фактор строительства на вечной мерзлоте, формирующий требования к несущим структурам и фундаментам.

Порты Северного морского пути

Развитие национального приоритета в Арктической зоне в условиях обостряющейся глобальной конкуренции приобретает важнейшее экономическое, логистическое, транспортное значение¹. Северный морской путь в настоящее время играет значимую роль в условиях прямых экономических выгод эксплуатации коммерческого транспортного коридора для перевалки грузов и осуществления международного грузового транзита [1].

Не меньшее, а даже большее значение СМП имеет для развития отечественной Арктики, освоения ресурсного потенциала и обеспечения экономической стабильности и безопасности региона в целом. В данном контексте арктические порты Севморпути выступают не только опорными точками транспортного коридора, но и играют важнейшую роль в пространственном развитии арктических территорий. Отправные точки СМП: Мурманск, Кандалакша, Архангельск, Находка и Владивосток – включены в разветвленную железнодорожную транспортную сеть страны, остальные порты выполняют либо локальную функцию, либо соединены с глубинными территориями посредством меридионально текущих великих сибирских рек. При этом вопрос развития арктических территорий, обеспечения поставок и снабжения приобрел новую актуальность во внешнеполитических условиях последних лет, что зафиксировано в Транспортной стратегии России до 2030 года². Наработки по использованию комбинированной транспортной модели [2] претворяются в реальность, и важность развития железнодорожного сообщения в северной и приполярной зонах в сочетании с потенциалом СМП подтверждается на самом высоком уровне³. Расширение присутствия в Арктическом регионе, в том числе через активизацию производительных сил и наращивание экономического потенциала, зафиксировано в ключевых стратегических документах: Стратегии развития Арктической зоны до 2035 года⁴, Программе социально-экономического развития Арктики⁵ и Морской доктрине⁶.

¹ Из выступления Президента Российской Федерации В.В. Путина на церемонии спуска на воду атомного подводного крейсера «Пермь». 27 марта 2025 г., г. Мурманск. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/76556>

² Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 года № 3363-р. URL: <http://government.ru/docs/43948> (дата обращения: 18.02.2025).

³ Поручение Президента Российской Федерации по итогам совещания с членами правительства 16.08.2023 ускорить рассмотрение вопроса о строительстве Северо-Сибирской железнодорожной магистрали.

⁴ Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 20.10.2020 г. № 645. URL: http://www.scrf.gov.ru/security/economic/Arctic_strategy (дата обращения: 18.02.2025).

⁵ Государственная программа Российской Федерации «Социально-экономическое Развитие Арктической зоны Российской Федерации». Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 30 марта 2021 г. № 484. URL: <http://government.ru/docs/all/133682> (дата обращения: 18.02.2025).

⁶ Морская доктрина Российской Федерации. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 31.07.2022 г. № 512. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/48215> (дата обращения: 18.02.2025).

Карта Севморпути охватывает более 70 портов и перевалочных баз, большинство из которых находится в арктической и приполярной зонах. В Западную Арктику Росморречфлота⁷ входят морские порты: Архангельск, Варандей, Витино, Диксон, Дудинка, Кандалакша, Мезень, Мурманск, Нарьян-Мар, Онега, Сабетта, Хатанга; в восточную – порты: Анадырь, Беринговский, Владивосток, Восточный, Зарубино, Находка, Ольга, Певек, Посыет, Провидения, Тикси, Эгвекинот (рис. 1).



Рис. 1. Порты СМП Восточной и Западной Арктической зоны⁸

Fig. 1. NSR ports of the Eastern and Western Arctic zone

Порты Западной Арктической зоны, за исключением Дудинки, Нарьян-Мара и Хатанги, имеют круглогодичную навигацию и осуществляют ее поддержку, а также обеспечивают вывоз добываемых минеральных ископаемых и углеводородов. При этом, за исключением Мурманска и Кандалакши, порты имеют значительные ограничения по заходу и обслуживанию крупнотоннажных судов.

Порты Восточной Арктической зоны большей частью расположены в отдаленных районах, не имеющих сухопутных транспортных коммуникаций с основными транспортными артериями страны, и выполняют функцию снабжения близлежащих территорий и перевалку грузов. Основное развитие эти порты получили в 1940–50-е гг. для решения военно-стратегических задач. За исключением приморских портов, они не имеют круглогодичной навигации. Для данной зоны также характерны круглогодичные низкие температуры, ледовая обстановка, необходимость ледокольного обеспечения. В целях обслуживания СМП эти порты нуждаются в проведении мероприятий по реконструкции и модернизации [3]. На передний план выходят: возможность круглогодичной эксплуатации, ледовое обеспечение, организация аварийно-спасательного обеспечения в радиусе до 200 морских миль. Кроме того, представляется перспективным обеспечить возможности портов по обработке и хранению международных транзитных грузов, включая аварийное хранение, а также по бункеровке, снабжению и обслуживанию судов. Порты Приморья, специализировавшиеся в советское время на накоплении и обработке грузов для «северного завоза», а также выпол-

⁷ Федеральное агентство морского и речного транспорта Министерства транспорта Российской Федерации (Росморречфлот), <https://morflot.gov.ru> (дата обращения: 18.02.2025).

⁸ URL: https://morflot.gov.ru/ob_agentstve/rukovodstvo/podvedomstvennyie_organizatsii/administratsii_morskih_portov/fgbu-administratsiya-morskikh-portov-zapadnoi-arktiki; https://morflot.gov.ru/ob_agentstve/rukovodstvo/podvedomstvennyie_organizatsii/administratsii_morskih_portov/fgbu-administratsiya-morskikh-portov-primorskogo-kraya-i-vostochnoi-arktiki (дата обращения: 18.02.2025).

нявшие мультимодальную логистическую функцию обработки всех типов грузов, в полной мере могут выполнять роль ключевых опорных хабов для обеспечения каботажных и международных грузоперевозок по СМП.

С 2010 г. в эксплуатацию введено 5 новых портов: Ванино, Варандей, Мыс Каменный («Ворота Арктики»), Пригородное и Сабетта. В ближайшие несколько лет планируется ввести в строй еще семь портов: Аврора, Индига, Лавна, Бухта Ура, Тулома, Ударник и Утренний (рис. 2).

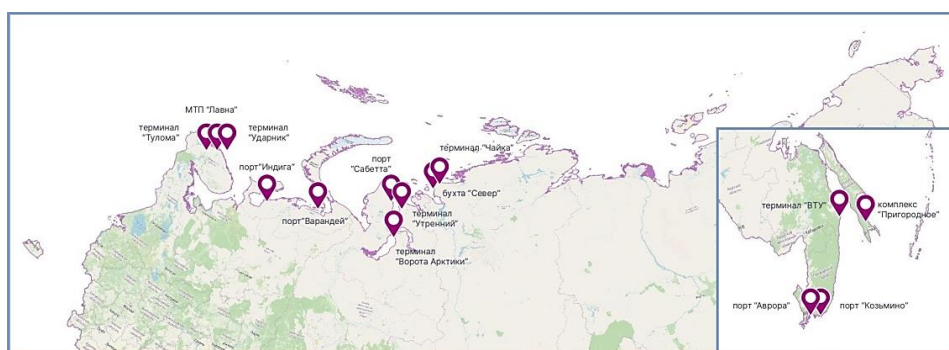


Рис. 2. Новые порты СМП⁹

Fig. 2. NSR new ports

Высокие (для Арктического региона) темпы строительства портовой инфраструктуры и имеющийся потенциал восстановления и модернизации существующих портов [4] создают новые возможности для архитектурного проектирования портовых и складских комплексов в арктических условиях с учетом использования наилучшего опыта, многолетних наработок и инновационных подходов.

За полярным кругом¹⁰ находятся следующие порты транспортного каркаса СМП: Варандей, Витино, Дудинка, Кандалакша, Мурманск, Нарьян-Мар, Певек, Сабетта, Тикси, Хатанга и Эгвекинот. Высокая широтность положения предъявляет определенные требования к архитектуре зданий и сооружений. Для Заполярья характерны суровые климатические условия: низкая температура в течение большей части года, сильный ветер, значительный снеговой покров. Необходимо также учитывать, что подавляющее большинство северных портов СМП расположены в криолитозоне (т. н. зоне вечной мерзлоты), а порты Мурманск, Кандалакша и Архангельск – в зоне островного распространения многолетнемерзлых пород и грунтов (ММП, ММГ). Строительство в условиях ММП предъявляет целый комплекс требований к архитектурному проектированию зданий и сооружений.

Архитектура портовых сооружений, особые условия Арктики

Тематика арктического строительства и приполярной архитектуры хорошо изучена отечественными исследователями. Вопросы комплексной портовой архитектуры рассматриваются в работах Н.Е. Зайцева, Н.С. Березы,

⁹ URL: <http://geonovosti.terratech.ru> (дата обращения: 18.02.2025).

¹⁰ Выше 66°33'44" северной широты.

С.Н. Масленникова, Е.С. Жендаревой, А.Г. Татевосяна, К.В. Селецкой, С.В. Навикова, С.Г. Прохорова-Малясова, Т.О. Сарвута и Ф.В. Перова. Вопросы строительства в Арктической зоне, специальных технологий и материалов освещаются в работах Е.А. Федотовой, Л.А. Дюбановой, Д.К. Таранова, А.Т. Беккера, К.С. Иванова, А.А. Мельниковой, Д.О. Скобелева, Е.Н. Потаповой, Д.Х. Михайлиди, В.В. Рудомазина и А.Г. Алексеева. Наибольший интерес представляет выделение инновационных подходов и методик в целях группировки влияющих факторов и формирования общих требований к портовой архитектуре новых и реконструируемых портов СМП.

При проектировании и строительстве в Арктической зоне необходимо учитывать комплекс факторов, связанный с удаленностью от основных освоенных территорий страны. Транспортная удаленность и сезонность поставок грузов и оборудования, короткий период проведения строительно-монтажных работ в суровых природно-климатических условиях, отсутствие развитой инфраструктуры, необходимость использования специализированного оборудования и технологий – все это требует от архитекторов применения определенных принципов и инструментов и их сочетаний [5], которые будут рассмотрены далее.

На свободу выбора архитектурных форм в арктическом строительстве существенное влияние оказывает и необходимость использования специальных фундаментных структур для многолетнемерзлых грунтов¹¹. Свайные фундаменты в текущем моменте представляются оптимальными с точки зрения обеспечения устойчивости конструкций и снижения деформационных нагрузок при колебаниях грунтовой основы [6]. Для зданий и сооружений большой площади возможно использование пространственных несущих ферм с опорой на свайный фундамент (рис. 3).

При проектировании на ММГ толщиной свыше 10 м подполье выполняется свободно продуваемым, а строение поднимается на опорах на высоту снежного покрова в целях предотвращения нагрева (оттаивания) грунта от теплотерьер строений. Для ММГ толщиной менее 10 м (слабомерзлые грунты) и зон деградации ММП¹² требуется проведение оттаивания и укрепления грунтов под котлован. Для временных и мобильных сооружений и конструкций могут использоваться насыпные подушки в качестве основания. Среди предлагаемых инновационных решений также можно отметить фундаментные конструкции с функцией теплового насоса [7], которые в отдельных случаях могут успешно конкурировать с вентилируемыми свайными конструкциями. Внедрение инновационных решений и материалов в арктическом проектировании и строительстве направлено на реализацию «устойчивых» проектов и расширение горизонтов освоения арктических территорий [8].

¹¹ Нормативные требования: СП 25.13330.2020 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах» – правила проектирования; СП 497.1325800.2020 «Основания и фундаменты зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах. Правила эксплуатации»; СП 498.1325800.2020 «Основания и фундаменты зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах. Требования к инженерной подготовке территории»; СП 496.1325800.2020 «Основания и фундаменты зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах. Правила производства работ».

¹² Вопросам, связанным с таянием вечной мерзлоты, была посвящена отдельная секция «Как строить и эксплуатировать на многолетней мерзлоте» в рамках II Форума «Арктика – Регионы».



Рис. 3. Свайный фундамент на Ямале¹³ (а); жилой дом на забивных бетонных сваях¹⁴ (б); пространственный несущий свайный каркас базы «Арктический трилистник»¹⁵ (в)

Fig. 3. Pile foundation on Yamal (a); residential building on driven concrete piles (b); spatial load-bearing pile frame of the Arctic Trefoil base (c)

Принцип устойчивости ставится Н. Зайцевым в основу перспективных архитектурных концепций арктических портов в западной формуле «устойчивого развития» (англ. sustainability) [9]. Данное направление очень часто связано с подменой понятий в сторону т. н. «зеленых технологий» и снижения выбросов (carbon footprints). В классическом понимании модель «устойчивого развития» предполагает минимизацию используемых при строительстве дефицитных ресурсов, а также максимальное снижение эксплуатационного потребления энергоресурсов и материалов, в том числе за счет применения технологий замкнутого цикла. Режим **ресурсоэкономии** на всех стадиях жизненного цикла зданий и архитектурных сооружений полностью отвечает суровым условиям арктического расположения портов СМП с учетом ограниченных логистических возможностей. Применение **возобновляемых и замкнутых технологий** в арктической архитектуре также рекомендуется в рассматриваемых Н.Е. Зайцевым наработках Королевского архитектурного института Канады (RAIC) и в применяемой рейтинговой системе «устойчивости» LEED¹⁶ с балльной оценкой по шести критериям: а) устойчивое планирование территории; б) охрана водных ресурсов и водосбережение; в) энергоэффективность и применение альтернативной энергетики; г) сохранение материалов; д) качество создаваемой среды; е) внедрение инноваций в архитектуре и проектировании. Ключевым принципом «устойчивости» в экологическом преломлении должен стать подход нанесения минимального вреда хрупким и уязвимым арктическим экосистемам.

При проектировании портовых зданий и сооружений для арктических условий представляется важным рассмотреть все имеющиеся возможности внедрения технологий самообеспечения на основе местных ресурсных возможностей. При этом, учитывая критические параметры окружающей среды в зим-

¹³ URL: <https://rcmm.ru/ekonomika-i-biznes/51902-vechnaja-merzlota-taet-ustoit-li-severnoy-zhiloy-fond-pered-globalnym-potepnieniem.html>

¹⁴ URL: https://yandex.ru/maps/10940/vorkuta/geo/privokzalnaya_ulitsa/1493629880/?l=stv%2Csta&ll=64.025131%2C67.471777&panorama%5Bdirection%5D=277.665542%2C-5.494253&panorama%5Bfull%5D=true&panorama%5Bpoint%5D=64.024128%2C67.469722&panorama%5Bspan%5D=98.390661%2C60.000000&z=14.28

¹⁵ URL: <https://structure.mil.ru/structure/forces/air/media/photo/gallery.htm?id=25668@cmsPhotoGallery>

¹⁶ Leadership in Energy and Environmental Design – добровольная система сертификации зданий для оценки энергоэффективности и экологичности проектов устойчивого развития.

ний период, любые применяемые «возобновляемые» экологичные энергоисточники должны иметь дублирующие резервные системы на основе наиболее надежных и отработанных, хотя и не столь «зеленых» решений.

Принцип компактности: оценивая перспективы архитектурного проектирования в Арктике, А. Татевосян акцентирует внимание на консолидированном планировочном подходе к проектированию зданий и сооружений в составе функциональных групп [10]. Комплексная планировка обитаемой среды и рабочей функции способствует рациональному распределению и зонированию функциональных элементов среды. Согласно такому подходу, в случае невозможности размещения функциональных зон и элементов в составе одного строения, локализация уплотненных групп строений в Арктической зоне снижает воздействие негативных факторов внешней среды, таких как ветер и снег. Компактное размещение групп строений позволяет повысить безопасность перемещения между ними обслуживающего персонала в экстремальных условиях, таких как снежный буран. При компактном размещении строений требуется меньше тепловых и энергетических коммуникаций, что в свою очередь способствует ресурсосбережению.

Принцип связей: предложенной концепции «устойчивого развития» в целом соответствуют наработки ЛенЗНИИЭП¹⁷ в области **крипто-климатических комплексов** [11], выполненные еще в СССР. Речь идет о создании архитектурных систем **замкнутого микроклимата**, совмещающих общественные, жилые, производственные и вспомогательные помещения, объединяемые в единый комплекс или соединяемые закрытыми переходами. В полной мере концепция крипто-климатического комплекса реализована в «Арктическом трилистнике» [12] (база на острове Земля Александры, архипелаг Земля Франца-Иосифа) и новом комплексе российской антарктической научной станции «Восток». Применительно к портовой архитектуре, где не всегда имеется возможность обеспечения консолидированного расположения всего комплекса зданий и строений, целесообразно проведение их группировки и соединения крытыми изолированными от внешней среды переходами. В отечественной практике в масштабах городского квартала такое решение отработано с конца 1970-х гг. на примере г. Удачный в Якутии (рис. 4). Практика подтвердила обоснованность таких решений в суровых условиях якутского Приполярья, в то же время необходимо отметить их высокую ресурсоемкость, что ограничило их распространение в северной градостроительной практике в течение последних 40 лет. Однако объединение жилых и административных зданий и социальных объектов крытыми отапливаемыми общественными зонами в рамках квартала планируется к внедрению в новой комплексной застройке г. Якутска в ближайшие 3–5 лет¹⁸.

Принцип инноваций в высокой степени востребован для решения двух ключевых проблем арктической архитектуры – теплопотерь и энергозатрат. Применение современных теплоизоляционных материалов в сочетании с архитек-

¹⁷ Ленинградский зональный научно-исследовательский институт типового и экспериментального проектирования.

¹⁸ Презентовано в рамках Российской строительной недели 2025, 11–14 марта 2025 г., Москва, секция «Основные аспекты совершенствования практик градостроительной деятельности в регионах», доклад «Структурные компоненты национального проекта "Инфраструктура для жизни"».

турными решениями позволяет достичь повышения теплоэффективности на новом уровне. В качестве примера решения такой задачи через архитектурную форму можно привести концепцию отказа от прямого «холодного угла» в планировке здания. Отход от прямоугольных форм в сторону полигональных или замещение углов радиусными формами позволяет отказаться от холодных, температурно нагруженных стыков и улучшить равномерность теплораспределения внутри помещений. Использование экструзионных самонесущих теплоизоляционных материалов, а также наносимых вспененных изоляций дает архитекторам большую свободу в проектировании и работе с формами. Оптимизация внешних форм зданий и сооружений с учетом негативных факторов внешней среды также может способствовать повышению качества проектов, снижению влияния ветровых нагрузок и связанных с ними теплопотерь. Рациональному сохранению тепловой энергии способствует устройство входных групп «шлюзового типа». Сокращению энергопотребления и поддержанию благоприятного микроклимата способствует также обязательное применение систем приточно-вытяжной вентиляции с теплоконвекторами.



Рис. 4. Станция «Арктический трилистник»¹⁹ (а); объединение крытыми переходами в масштабе городского квартала, г. Удачный²⁰ (б)

Fig. 4. Arctic Trefoil station (a); unification by covered passages on the scale of a city block in Udachny (b)

Принцип модульности: реализация смелых и современных архитектурных проектов и изготовление всех элементов конструкций «на местах» не представляется возможным ввиду ограниченности местной ресурсной базы и крайней ограниченности технологического обеспечения и производительных сил. Задачу решает использование технологий модульного и крупноузлового строительства. Изготовление основных модулей и сооружений производится на «большой земле», а в местах назначения – в Арктической зоне – осуществляется сборка и монтаж. При этом, применительно к арктическим портам СМП, в условиях, когда не требуется доставка таких конструкций вглубь материковой зоны, размеры и форма готовых модулей ограничиваются только возможностями средств разгрузки непосредственно в портах [13]. Для складских и технических сооружений применяются сборные стальные конструкции с тепло-

¹⁹ URL: <https://mil.ru/files/files/arctic/Arctic.html>

²⁰ URL: <https://gorodarus.ru/udachnyj.html>

изоляционной обшивкой из сэндвич-панелей, набирает обороты использование технологии ЛСТК²¹ (рис. 5).

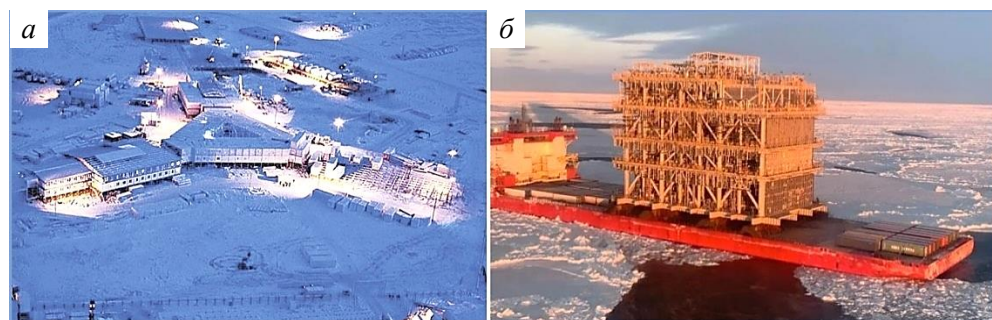


Рис. 5. Сборка станции «Северный клевер» из блок-контейнеров²² (а); доставка технологического модуля по СМП²³ (б)

Fig. 5. Assembly of the Northern Clover station from block-containers (a); delivery of the process module via NSR (b)

Принцип адаптивности: еще одной особенностью арктических природно-климатических условий, оказывающей значительное влияние на нарушение биоритмов человека, является наличие полярного дня и полярной ночи в высоких широтах. В зависимости от местоположения, продолжительность непрерывных периодов темного и светлого времени может составлять от 30 до 45 сут каждый. Полярная ночь способна вызвать депрессивное состояние и психологическую усталость. Полярный день нарушает циклы сна, вызывает бессонницу и повышенную утомляемость. Это дополняется выраженными гравитационными и магнитными возмущениями, резкими скачками атмосферного давления, температуры и влажности воздуха. В совокупности с однообразным пейзажным окружением, дефицитом социально-культурного досугового обеспечения и неблагоприятными погодными условиями полярные день и ночь оказывают негативное влияние на психоэмоциональное состояние людей. Именно решению вопросов психологического и эмоционального спектра посвящено целое направление – **адаптивная архитектура**.

В своих исследованиях Т. Сарвут [14] определяет целью архитектуры создание комфортной среды обитания и жизнедеятельности людей. Условия Крайнего Севера диктуют необходимость превалирования факторов безопасности и защищенности над舒适ностью среды. В предыдущие периоды основной архитектурный вектор в Арктическом регионе был направлен на проектирование стандартных, максимально дешевых и унифицированных «коробок», обеспечивающих базовые потребности условий обитания и безопасности. Современные требования уровня комфорта городской среды центральных регионов страны значительно превосходят имеющиеся «на северах», при этом действующие нормы проектирования не учитывают психофи-

²¹ Легкие стальные тонкостенные конструкции

²² URL: <https://topwar.ru/107989-v-2017-godu-v-arktike-vozvedut-bolee-100-kapitalnyh-obektov.html>

²³ URL: https://www.novatek.ru/en/press/releases/index.php?id_4=4885&mode_4=all&id_4=166&from_4=9

зическую составляющую или медико-психологические рекомендации. В распоряжении архитекторов имеется целый набор инструментов для формирования среды, направленной на создание комфорта: **свет, цвет, текстура** (материал) и **форма**. К.В. Селецкая, С.В. Новиков и Г.С. Прохоров-Малясов [15] полагают, что эстетическое решение материальных объектов формирует красоту, являющуюся важным фактором создания психологического комфорта и способствующую адаптации к условиям Арктики. Формирование эмоционального архитектурного пространства стимулирует производительную деятельность, воздействуя на сознательном и подсознательном уровнях. Рассмотрим такие инструменты подробнее.

Свет: недостаток ультрафиолетового излучения и световое голодание полярной ночью и в переходное время требуют обеспечения наилучшей инсоляции внутренних пространств, но использование панорамного остекления для Арктики неприемлемо в связи с высокими тепловыми потерями. Полярной ночью требуются дополнительные источники «естественного» спектра света внутри помещений, благоприятное влияние оказывает множественное размещение приборов рассеянного света, имитирующих естественное освещение.

Внешнее световое оформление зданий и сооружений выполняет три важные функции. Во-первых, оно необходимо для безопасности работ в темное время года. В рабочей зоне порта рекомендовано использовать источники бестеневого заливающего света. Во-вторых, внешняя подсветка зданий и сооружений нужна для обеспечения видимости и ориентирования в сложных погодных условиях. В-третьих, освещенность архитектурных объектов в суровой и неблагоприятной окружающей среде повышает ощущение комфорта в рамках реализации принципа адаптивности. Комбинирование цветного освещения также способствует реализации указанных функций. Световой дифференциацией можно разграничивать различные зоны или маркировать отдельные здания. Цветовой подсветкой могут выделяться подвижные части кранов и портовых механизмов. Кроме того, цветосветовое оформление способствует формированию позитивного восприятия и повышению контрастов (рис. 6).



Рис. 6. Световое оформление морского порта, г. Мурманск²⁴ (а); архитектурная подсветка порталных кранов, г. Мурманск²⁵ (б)

Fig. 6. Lighting of the seaport in Murmansk (a); architectural illumination of portal cranes in Murmansk (b)

²⁴ URL: <https://ecoshp.ru/blog/port-murmansk>

²⁵ URL: <https://portnews.ru/news/353591>

Цвет: с учетом превалирования белого цвета снега в окружающем пейзаже большую часть года использование ярких цветов и повышенной цветовой контрастности оправдано необходимостью хорошего обзора объектов в условиях ограниченной видимости. Яркие цвета также способствуют психологическому комфорту, тем самым облегчая работу персонала и рабочих порта. Использование теплых оттенков положительно влияет на комфортное эмоциональное восприятие и повышает психологическую устойчивость. Теплые цвета: жёлтый, оранжевый и красный – ассоциируются с солнцем и теплом, создавая ассоциативные цепочки. Цветовое сочетание синего и белого повышает видимость объектов в короткий летний период и может быть рекомендовано к комбинированию с теплой палитрой в составе архитектурных групп (рис. 7). Контрастное цветовое оформление необходимо для движущихся элементов (краны, кран-балки, кары, погрузчики и т. д.) в соответствии с принятыми нормами промышленной архитектуры.



Рис. 7. Цветовое оформление²⁶:

a – поселок и порт Сабетта; *б* – г. Анадырь

Fig. 7. Color design:

a – Sabetta settlement and port; *b* – Anadyr city

Практика использования цветовых решений распространяется на все типы зданий и сооружений, включая объекты капитального строительства, портовые сооружения и инфраструктуру.

Текстура (материал): принцип ассоциативного восприятия также относится и к текстурам, предпочтительны ассоциации с ощущением надежности и безопасности (сочетание кирпича, штукатурки и натурального дерева), в наименьшей степени рекомендуется применять текстуры, ассоциирующиеся с холодом и льдом (сочетание стекла, металла и необработанного бетона).

Форма: формообразование архитектуры зданий в Арктике определяется функциональным назначением и внешними факторами окружающей среды. Форма арктического здания противостоит сильным ветрам и снегу. Идеальным арктическим строением можно признать иглу с точки зрения экономии строительного материала на внутренний объем, сохранения тепла и противостояния

²⁶ URL: <https://urahttps://ura.news/news/1052315707>; <https://lori.ru/42327285>

негативным факторам среды. Промышленный аналог иглу – геодезический купол. Близкие по форме структуры использованы в упомянутом выше «Арктическом трилистнике» и проекте перспективной арктической станции «Снежинка» (рис. 8). Близкие к сфероидам формы кровли также способствуют снижению снегозадержания и уменьшению снеговых нагрузок. Применительно к функциональным постройкам и складам в северных условиях получили распространение четырехскатные бесфронтоновые кровли. Применение модульного изготовления зданий и современных материалов в перспективе будет способствовать приближению к оптимальным обтекаемым объёмно-пространственным формам и дальнейшему отходу от прямых углов и линейно-плоских поверхностей.



Рис. 8. Формы перспективной арктической станции «Снежинка»²⁷ (а); проект арктического перерабатывающего комплекса²⁸ (б)

Fig. 8. Shapes of prospective Arctic station “Snezhinka” (a); project of the Arctic processing complex (b)

Свобода форм и сочетаний применительно к архитектуре экстремальных сред входит в концепцию «динамической архитектуры». По мнению О. Палкиной [16], применение отработанных технологий и методов строительства в новых контекстах универсальности и адаптивности предусматривает возможности трансформации внешнего облика и внутреннего функционального зонирования или назначения. В современном прочтении «динамическая архитектура» неразрывно связана с концепцией экологичности проективных решений и снижения антропогенного воздействия на внешнюю среду.

Заключение

Освоение Арктики и развитие Севморпути входит в список первоочередных государственных приоритетов и будет осуществляться нарастающими темпами. Задачей архитекторов является в первую очередь обеспечение высокого уровня проработки проектов и концепций. Важно обеспечить не только решение «сегодняшних» проблем массового быстрого строительства «функциональных коробок» (утилитарно-функциональное освоение Арктики выполня-

²⁷ URL: <https://yanao.ru/press-tsentr/press-sluzhba>, размещено <https://yamal1.ru/novosti/2023/03/30/pervyi-v-mire-obrazovatelnyi-kompleks-na-vodorodnom-toplive-postroiat-v-ianao>

²⁸ URL: <https://marhi.ru/kafedra/project/extreme/index.php>

лось в течение последнего столетия), важно создать условия перспективного развития и формирования среды «завтрашнего дня».

Возможность использования модульных и сборных технологий делает свободу арктического архитектурного проектирования в некоторой степени безграничной. Ограниченность ресурсов и высокая затратность доставки заставляют отказываться от излишней футуристичности проектов, делая преждевременной для реализации концепцию купольных городов. Возвращаясь к парадигме Л. Салливана (форма определяется функцией), следует подчеркнуть, что арктические портовые здания и сооружения в первую очередь должны выполнять свою основную производственную функцию, обеспечивать комфортную и безопасную среду для человека в Арктике, а также соответствовать представленным в статье концепциям устойчивого развития и экологичности. В суровых условиях Арктики нет факторов «второго плана» или низкого приоритета, любая, даже самая маленькая ошибка при определенном стечении обстоятельств может стать критичной. При такой постановке задачи, когда каждая выполняемая функция выходит на первый план, комплексное архитектурное решение выступает далеко за пределы «простой квадратной коробки».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Боброва В.А. Роль Северного морского пути в развитии регионов Арктической зоны России // Вектор экономики. 2020. № 6 (48). С. 29. EDN: LOSOSS
2. Кибалов Е.Б. Транспортное обеспечение освоения арктического шельфа России : системный анализ альтернатив // Политранспортные системы : материалы VIII Международной научно-технической конференции в рамках года науки Россия – ЕС «Научные проблемы реализации транспортных проектов в Сибири и на Дальнем Востоке», Новосибирск, 20–21 ноября 2014 г. Новосибирск : Сибирский государственный университет путей сообщения, 2015. С. 8–14. EDN: TYXICX
3. Заостровских Е.А. Морские порты Восточной Арктики и опорные зоны Северного морского пути // Регионалистика. 2018. Т. 5. № 6. С. 92–106. DOI: 10.14530/reg.2018.6.92. EDN: VRJONX
4. Береза Н.С., Масленников С.Н., Жендарева Е.С. Проекты арктических портов // Научный альманах Центрального Черноземья. 2022. № 2–7. С. 85–92. EDN: RUVDOS
5. Порядин В.С. Трудности при реализации проектов строительства в Арктике // Вестник науки. 2023. Т. 3. № 8 (65). С. 140–142. EDN: SFNXBI
6. Алексеев А.Г. Проблемы строительства зданий и сооружений в Арктике // Международный строительный конгресс. Наука. Инновации. Цели. Строительство : сборник тезисов докладов, Москва, 11–13 апреля 2023 г. Москва : АО «НИИЦ «Строительство», 2023. С. 56–57. DOI: 10.37538/2949-219X-2023-56-57. EDN: DEOQUJ
7. Хрусталева Л.Н., Хилимонюк В.З. Новый фундамент для зданий в Арктике // Криосфера Земли. 2018. Т. 22. № 4. С. 25–30. DOI: 10.21782/KZ1560-7496-2018-4(25-30). EDN: XWBOAH
8. Федотова Е.А., Дюбанова Л.А. Инновации в строительстве в условиях Крайнего Севера: переосмысление технологий и материалов для устойчивого развития Арктики // Вестник Северо-Восточного государственного университета. 2024. № 42. С. 71–75. EDN: VFDHK
9. Зайцев Н.Е. Устойчивая архитектура арктических морских портов России // Наука, образование и экспериментальное проектирование. Труды МАРХИ : материалы Международной научно-практической конференции. Москва, 04–08 апреля 2016 г. Москва : Московский архитектурный институт (государственная академия), 2016. С. 158–161. EDN: MAFTGH
10. Татевосян А.Г. Настоящее и будущее архитектуры Арктики // Перспективные исследования в современном мире : сборник статей Международной научной конференции, Во-

- логда, 27 мая 2023 г. Санкт-Петербург : ООО «Международный институт перспективных исследований имени Ломоносова», 2023. С. 6–12. EDN: FELXZV
11. Перов Ф.В. Архитектура крипто-климатических комплексов для городов Арктики // Системные технологии. 2022. № 3 (44). С. 153–160. DOI: 10.55287/22275398_2022_3_153. EDN: ZDMKIZ
 12. Николаева Е.К., Лахтин К.И., Глушкина И.К. Принципы проектирования административно-жилых комплексов в составе военных баз в Арктике Российской Федерации // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического института. 2022. № 27 (70). С. 61–70. EDN: VXEFBT
 13. Таранов Д.К., Беккер А.Т. Перспективы портового гидротехнического строительства в условиях Арктики // Труды Крыловского государственного научного центра. 2024. № S1. С. 147–154. EDN: MDIQDJ
 14. Сарвут Т.О. Адаптивная архитектура Российской Арктики // Перспективы развития науки в современном мире : сборник статей по материалам IV Международной научно-практической конференции. В 5 частях. Часть 1, Санкт-Петербург, 14 декабря 2017 г. Санкт-Петербург : ООО «Дендра», 2017. С. 92–97. EDN: RPLTVА
 15. Селецкая К.В., Новиков С.В., Прохоров-Маясов Г.С. Влияние архитектуры на адаптацию человека к климатическим условиям Арктики // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. № 4 (46). С. 99–105. EDN: MJOYGT
 16. Палкина О.Л. Принципы планирования и проектирования в Арктике на основе динамической архитектуры // Наука, образование и экспериментальное проектирование. 2020. № 1. С. 263–266. DOI: 10.24411/9999-034A-2020-10063

REFERENCES

1. Bobrova V.A. The Role of the Northern Sea Route in the Development of Regions of the Arctic Zone of Russia. *Vektor ekonomiki*. 2020; 6 (48): 29. EDN: LOSOSS (In Russian)
2. Kibalov E.B. Transport Support for the Arctic Shelf Development in Russia: A Systems Analysis of Alternatives. In: *Proc. 8th Int. Sci. Conf. 'Polytransport Systems'*. November 20–21. 2014. Novosibirsk, 2015. 738 p. ISBN 978-5-93461-680-0. EDN: TYXHZV (In Russian)
3. Zaostrovskikh E.A. Seaports of the Eastern Arctic and Support Zones of the Northern Sea Route. *Regionalistika*. 2018; 5 (6): 92–106. DOI: 10.14530/reg.2018.6.92. EDN: VRJOHX (In Russian)
4. Bereza N.S., Maslennikov S.N., Zhendareva E.S. Arctic Port Projects. *Nauchnyi al'manakh Tsentral'nogo Chernozem'ya*. 2022; (2–7): 85–92. EDN: RUVDOS (In Russian)
5. Poryadin V.S. Difficulties in Implementing Construction Projects in the Arctic. *Vestnik nauki*. 2023; 3 (8 (65)): 140–142. EDN: SFNXBI (In Russian)
6. Alekseev A.G. Problems of Construction in the Arctic. In: *Proc. Int. Congr. 'Science. Innovations. Goals. Construction'*. April 11–13, 2023. Moscow, 2023. Pp. 56–57. DOI: 10.37538/2949-219X-2023-56-57. EDN: DEOQUJ (In Russian)
7. Khrustalev L.N., Khilimonyuk V.Z. New Building Foundation in the Arctic. *Kriosfera Zemli*. 2018; 22 (4): 25–30. DOI: 10.21782/KZ1560-7496-2018-4(25-30). EDN: XWBOAH (In Russian)
8. Fedotova E.A., Dyubanova L.A. Innovations in Construction in the Far North: Rethinking Technologies and Materials for Sustainable Development of the Arctic. *Vestnik Severo-Vostochnogo gosudarstvennogo universiteta*. 2024; (42): 71–75. EDN: VFDHK (In Russian)
9. Zaitsev N.E. Sustainable Architecture of Russian Arctic Seaports. In: *Proc. Int. Sci. Conf. 'Science, Education and Experimental Design'*. April 4–8. Moscow, 2016. Pp. 158–161. EDN: MAFTGH (In Russian)
10. Tatevosyan A.G. The Present and Future of Arctic Architecture. In: *Proc. Int. Sci. Conf. 'Advanced Research in the Modern World'*. Vologda, May 27, 2023. Saint-Petersburg, 2023. Pp. 6–12. EDN: FELXZV
11. Perov F.V. Architecture of Crypto-Climate Complexes for Arctic Cities. *Sistemnye tekhnologii*. 2022; 3 (44): 153–160. DOI: 10.55287/22275398_2022_3_153. EDN: ZDMKIZ (In Russian)
12. Nikolaeva E.K., Lakhtin K.I., Glushkina I.K. Principles of Designing Administrative and Residential Complexes as Part of Military Bases in the Arctic of the Russian Federation. In: *Coll. Papers of the Donbass State Technical Institute*. 2022. 27 (70): 61–70. EDN: VXEFBT (In Russian)

13. *Taranov D.K., Bekker A.T.* Prospects for Port Hydraulic Engineering Construction in the Arctic. *Trudy Krylovskogo gosudarstvennogo nauchnogo tsentra*. 2024; (S1): 147–154. EDN: MDIQDJ (In Russian)
14. *Sarvut T.O.* Adaptive Architecture of the Russian Arctic. In: *Proc. 4th Int. Sci. Conf. 'Prospects of Science Development in the Modern World'*. In 5 parts. December 14, 2017. Part 1. Saint-Petersburg, 2017. Pp. 92–97. EDN: RPLTVA (In Russian)
15. *Seletskaya K.V., Novikov S.V., Prokhorov-Malyasov G.S.* The Influence of Architecture on Human Adaptation to the Climatic Conditions of the Arctic. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2018; 4 (46): 99–105. EDN: MJOYGT
16. *Palkina O.L.* Principles of Planning and Design in the Arctic Based on Dynamic Architecture. *Nauka, obrazovanie i eksperimental'noe proektirovanie*. 2020; (1): 263–266. (In Russian)

Сведения об авторе

Глушкина Инга Константиновна, Центральный научно-исследовательский и проектный институт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации («ЦНИИП Минстроя России»), 119331, г. Москва, пр. Вернадского, 29, glushkina_inga@mail.ru

Authors Details

Inga K. Glushkina, Central Research and Design Institute of the Ministry of Ministry of Construction, Housing and Utilities of the Russian Federation, 29, Vernadskii Ave., 119331, Moscow, Russia, glushkina_inga@mail.ru

Статья поступила в редакцию 12.03.2025
Одобрена после рецензирования 17.03.2025
Принята к публикации 19.03.2025

Submitted for publication 12.03.2025
Approved after review 17.03.2025
Accepted for publication 19.03.2025

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 2. С. 95–114.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (2): 95–114.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 72.035.2

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-95-114

EDN: XTLCDU

АРХИТЕКТУРНО-СТИЛИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КУЛЬТОВЫХ ОБЪЕКТОВ МАЛОГО ИСТОРИЧЕСКОГО ГОРОДА ЮРЬЕВЦА РУБЕЖА XVIII–XIX ВВ. ЧАСТЬ 1

Анна Юрьевна Алексеева

*Новосибирский государственный университет архитектуры,
дизайна и искусств им. А.Д. Крычкова, г. Новосибирск, Россия*

Аннотация. *Актуальность.* Изучение архитектуры культовых сооружений исторического малого города Юрьевца становится особенно актуальным в свете угрозы исчезновения существующих ценных объектов и обезличивания исторического фасада поселения. Архитектурно-стилистический анализ культовых построек, созданных на рубеже XVIII–XIX вв., предполагает их классификацию по стилевым признакам. Стилистические признаки исследуемых архитектурных объектов, создававшихся с использованием форм и приемов, свойственных «образцовой» архитектуре, могут иметь местную специфику и складываться в локальные трактовки общих стилевых традиций.

Цель. Основная цель исследования заключается в определении характера и степени влияния «высокой» архитектуры на местные строительные и художественные традиции храмового зодчества Юрьевца.

Результаты. Административное преобразование российского государства в XVIII в. оказало значительное влияние на градостроительные изменения в целом и на архитектуру в частности; новая практика государственного регулирования и централизации архитектурно-градостроительной деятельности в стране в значительной мере изменила местную градостроительную и архитектурную культуру таких русских городов, как Юрьевец. В период XVIII–XIX вв. в Юрьевце велось строительство каменных храмов. Система формирования городских вертикалей началась в 1700 г. со строительства Благовещенской церкви и окончательно сложилась в период до 1840 г.

Выводы. В XVIII в. архитектура Юрьевца демонстрировала сложное взаимодействие древнерусских традиций и новых европейских стилей, что способствовало возникновению уникальных региональных школ.

Ключевые слова: объемно-пространственная композиция, храмовая архитектура, стилевые особенности, провинциальное зодчество

Для цитирования: Алексеева А.Ю. Архитектурно-стилистический анализ культовых объектов малого исторического города Юрьевца рубежа XVIII–XIX вв. Часть 1 // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 2. С. 95–114. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-95-114. EDN: XTLCDU

ORIGINAL ARTICLE

ARCHITECTURAL AND STYLISTIC ANALYSIS OF CULT SITES IN SMALL HISTORICAL TOWN YURIEVETS AT THE TURN OF THE 18–19th CENTURIES. PART 1**Anna Yu. Alekseeva***Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts, Novosibirsk, Russia*

Abstract. Purpose: The purpose is to determine the nature and degree of influence of “high” architecture on the local construction and artistic traditions of the temple architecture in Yuryevets.

Research findings: The administrative transformation of Russia in the 18th century had a significant impact on urban planning in general and on architecture in particular. New practice of governmental regulation and centralization of architectural and urban planning activities in the country significantly changed the local urban planning and architectural culture of Yuryevets. In the 18–19th centuries, stone churches were built in Yuryevets. The formation of urban verticals began in 1700 with the construction of the Annunciation Church and was continued till 1840.

Value: In the 18th century, architecture in Yuryevets demonstrated a complex interaction of old Russian traditions and new European styles, which contributed to the emergence of unique regional schools.

Keywords: volumetric and spatial composition, temple architecture, architectural style, provincial architecture

For citation: Alekseeva A.Yu. Architectural and Stylistic Analysis of Cult Sites in Small Historical Town Yuryevets at the Turn of the 18–19th Centuries. Part 1. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2025; 27 (2): 95–114. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-95-114. EDN: XTLCDU

Введение

Стилистический анализ каменной архитектуры культовых зданий и сооружений в малом историческом городе Юрьевце предполагает классификацию архитектурных произведений рубежа XVIII–XIX вв. по стилевым признакам. Объект исследования содержит отличительные свойства стиля архитектуры данного поселения, связанного с заимствованием деталей и приемов из архитектуры большого города и творчества отдельных зодчих.

Юрьевец – один из древнейших городов России, основанный в 1225 г. великим князем владимирским Юрием (Георгием) II Всеволодовичем. Согласно местным историческим хроникам, князь назвал город в честь своего христианского патрона Георгия Победоносца, который являлся символом воинской доблести в Древней Руси. Так Юрьевец стал городом-воином, форпостом на восточной границе выдвинувшегося в XII в. Владимиро-Суздальского княжества. Исторически город, начиная с момента его основания и вплоть до XVII в., переживал тяжелые времена в борьбе с монголо-татарским нашествием и польско-литовской интервенцией. С начала XVIII в. последовала история административно-территориального деления России. Так, в 1708 г. в результате реформ Петра I Юрьевец был включен в состав Казанской губернии. В 1719 г. он перешел в подчинение Московской губернии. В 1779 г. Юрьевец

вошел состав Нижегородской губернии, а в 1787 г., во времена правления Екатерины II, был передан Костромскому наместничеству. С 1797 г. город стал частью Костромской губернии, которая оставалась неизменной до 1917 г.

Согласно данным Писцовой книги 1676 г., на территории посада располагалось 17 деревянных церквей, которые отличались выразительными объемно-пространственными формами с шатровыми завершениями. В 1661 г. по указу царя Алексея Михайловича закладывается «Белый город» на южной окраине Юрьевца, что знаменовало развитие каменного строительства. Таким образом, Юрьевец, представлявший собой типичный древнерусский город с деревянной застройкой, постепенно переходит к каменной архитектуре.

Предметом исследования являются стилистические особенности каменной архитектуры культовых зданий и сооружений г. Юрьевца, созданных на рубеже XVIII–XIX вв.

Основная цель исследования заключается в анализе влияния «высокой» архитектуры на местные строительные и художественные традиции храмового зодчества Юрьевца, отличающегося устойчивостью и консерватизмом.

Изучение архитектурного стиля культовых сооружений исторического малого города Юрьевца становится особенно актуальным в свете угрозы исчезновения сохранившихся ценных объектов архитектуры и обезличивания исторического фасада поселения. Архитектура не только отражает культурные, духовные и материальные ценности общества, но и служит важным свидетельством его истории. Понимание уникальных архитектурных стилей поможет не только сохранить эти памятники, но и выявить новые подходы к их реставрации и адаптации к современным условиям.

Для исследования архитектурно-стилевого развития русского города XVIII–XIX вв. важны сохранившиеся в значительном количестве документальные материалы. Среди различных источников, которые помогают проследить основные этапы развития архитектурного стиля Юрьевца в указанный период, особое значение имеют немногочисленные материалы, дошедшие до нашего времени в оригинальном виде или в копиях. В своих трудах изучением истории архитектуры г. Юрьевца как интерпретации общих тенденций развития архитектуры в духе местных традиций занимались К.С. Метлин, Е. Кудряшов, Н.А. Мерзлютина, Б.А. Владимиров, И. Антонов и др.

Архитектурно-стилистический анализ представляет собой методическое исследование и оценку архитектурных объектов с целью выявления их уникальных характеристик, относящихся к определенным стилям. Этот процесс включает в себя изучение композиционных, морфологических, стилистических и типологических аспектов, позволяя определить архитектурные особенности конкретного населенного пункта.

Материалы и методы исследования

Исследование включает в себя подробное изучение на местности архитектурных объектов выбранного поселения и анализ научных источников: публикаций, литературных и архивных документов. Применение экспертной оценки и сравнительного анализа в методике исследования обеспечивает достоверность его результатов. Данная методика основана на опыте предшествующих исследований.

Результаты

Административное преобразование Российского государства в XVIII в. оказало значительное влияние на развитие архитектуры и особенностей градостроительства малых поселений. Юрьевецкий уезд был подведомствен приказу Большого дворца. В 1708 г. Юрьевец был в составе Казанской губернии. Административное деление продолжало совершенствоваться. В 1719 г. все правобережье Волги, включая Юрьевец, входило в состав Московской губернии, а с 1779 г. Юрьевец вошел в состав Нижегородской губернии, где спустя восемь лет был включен в Костромское наместничество, преобразованное в 1797 г. в Костромскую губернию. В составе Костромской губернии Юрьевец оставался вплоть до Октябрьской революции [1, с. 53].

В XVIII в. в России наблюдается переход к новым регулярным градообразующим принципам, которые накладывались на традиционную иррегулярную структуру городов. В частности, в период с 1708 г. по 1850-е гг. в Юрьевце были проведены первоначальные работы по градостроительной реконструкции в соответствии с утвержденным регулярным планом [2]. Изменения в системе государственного управления Российской империи затронули реорганизацию «проектного дела». Основная цель заключалась в расширении и улучшении системы нормирования и использования «образцовых» проектов как для строительства, так и для градостроительного планирования.

Архитектура православных храмов сыграла ключевую роль в создании объемно-пространственной структуры русского города благодаря принципам регулярного градостроительства, возникшим в XVIII–XIX вв.

Храмовая архитектура г. Юрьевца вплоть до конца XVII в. оставалась деревянной. В Писцовой книге Юрьевца Поволжского, составленной в 1676 г., в составе посадов упоминается семнадцать деревянных церквей [3]. На протяжении XVIII – первой трети XIX в. большинство деревянных храмов были заменены каменными. Располагаясь вдоль берега Волги на верхнем и нижнем посаде и в нагорной части, каменные церкви с колокольнями являлись основными градостроительными доминантами, формирующими архитектурный облик города.

В период XVIII–XIX вв. в городе шло строительство каменных храмов: церковь Благовещения Пресвятой Богородицы (1700); церковь Богоявления Господня (1702–1719); собор Входа Господня в Иерусалим (1733); церковь Иконы Божией Матери Казанская (1754); церковь Иконы Божией Матери Печерская (1756); церковь Сретения Господня (1757); церковь Преображения Господня (1746–1762); церковь Вознесения Господня (1764); церковь Петра и Павла (1806); церковь Рождества Христова (1815); церковь Троицы Живоначальной (1819); церковь Сошествия Святого Духа (1819–1839); Новый Входаиерусалимский собор (1825–1833); колокольня Георгия Победоносца и Георгия Всеволодовича (1820–1840); церковь Усекновения Главы Иоанна Предтечи (1895).

Система городских вертикалей окончательно сложилась в начале 1840-х гг., когда была сооружена пятиярусная колокольня, поставленная в узловой точке пространственной структуры центра города на переломе Георгиевской улицы. Она завершила перспективу обоих отрезков улицы на всем протяжении от центра до окраины (рис. 1).



Рис. 1. Лист из альбома «Виды городов и деревень Костромской губернии». Худ. А. Корионов. Сост. Таратоев. 1855 г. Бумага, акварель

Fig. 1. Picture from the album "Views of towns and villages of Kostroma province" by A. Koryonov, 1855

Благовещенская церковь. Церковь Благовещения с колокольной, возведенная в 1700 г., является уникальным памятником древнерусского искусства. Храм построен «ижданием гражданина Фомы Климентова Ситникова», служителями и посадскими [4, с. 200]. Благовещенская церковь – одна из самых приметных страниц каменной летописи Юрьевца. В 1676 г. в Стрелецкой слободе и Юрьевце Поволжском зафиксировано упоминание о сооружении деревянного типа в писцовой и межевой книге: «На том же погосте другая церковь деревянная – Благовещение Пресвятыя Богородицы, да в приделах Успения Пресвятыя Богородицы, да Алексея митрополита, рублена с трапезою на четыре угла, главы круглые, обиты чешуею, кресты деревянные, обиты железом белым; у церкви паперть. Покрыта церковь и алтари, и трапеза, и паперть тесом...» [3].

Благовещенская церковь в Юрьевце сочетает в себе черты архитектуры русского узорочья и отдельные детали нарышкинского барокко, что характерно для провинциальной архитектуры рубежа XVII–XVIII вв. Ориентация храма на образцы нижегородской архитектуры объясняется участием в его строительстве митрополита Тихона, уроженца Нижнего Новгорода. Высокий художественный уровень изразцового декора Благовещенской церкви близок достижениям балахнинской изразцовой школы, что свидетельствует о влиянии столичных традиций на провинциальное зодчество [5, с. 52].

Архитектурный декор Благовещенской церкви в Юрьевце отличался богатым убранством. Фасады храма были украшены деталями из наборного тесаного кирпича и изразцами. Изразцовый фриз с орнаментальной композицией из вазонов, растительных мотивов и львиных голов, а также сюжетные изразцы с изображениями птиц на трапезной свидетельствуют о высоком художествен-

ном мастерстве местных мастеров-изразечников (рис. 2). В воспоминаниях русского художника В.В. Верещагина, посетившего Юрьевец, упоминается: «Спустившись снова по Унже (май-июнь 1888 г.), мы остановились в Юрьевце дожидаться парохода, где имели время осмотреть некоторые церкви. Первое место принадлежит Благовещенской... снаружи сохранившей вполне характер времени Алексея Михайловича и чрезвычайно изящно убранной изразцами. Эти последние так хороши, такого смелого, красивого рисунка, что мы просто залюбовались ими...» [6, с. 48].



Рис. 2. Юрьевец. Детали фасада Благовещенской церкви, 1700 г.
Fig. 2. Facade of the Annunciation Church in Yurievets, 1700

Внешний вид храма имел трехчастную композицию, состоящую из основного высокого и стройного четверика, трапезной и колокольни, расположенных по одной оси (рис. 3). Конструкция колокольни имела ярусную структуру, состоящую из высокого четверика и двух последовательно уменьшающихся восьмериков. Главы церкви были оформлены поливной муравленой черепицей, что является отличительной особенностью ряда памятников Поволжья.

Данное архитектурное решение изначально получило широкое распространение в русском деревянном храмовом строительстве. К концу XVII в. оно уверенно вошло в практику московского барокко. Сочетание различных форм придает храму стремление к высоте, что является характерной чертой стиля барокко, отличающейся динамичностью [7]. Церковь Благовещения, являвшаяся первым каменным храмом в Юрьевце, была снесена в 1950-е гг. в процессе возведения дамбы.

Храм Богоявления. На месте Богоявленского Юрьевецкого монастыря существовала деревянная церковь, построенная еще в XVI в. в память об избавлении

города от польских оккупантов. Согласно грамоте протоиерея Павла Алякрицкого, каменная версия Богоявленской церкви была построена в 1719–1720 гг. [8]. Предположительно в 1702 г. Юрьевец посетил митрополит Казанский и Свияжский Тихон (Воинов) для торжественного освящения Благовещенской церкви, который и стал идейным вдохновителем проекта храма. Данное предположение основано на сходстве архитектурных форм Благовещенской и Богоявленской церквей.



Рис. 3. Благовещенская церковь Юрьевца Костромской губернии. Фото 1914 г.

Fig. 3. Annunciation Church in Yurievets. Kostroma region, 1914

Храмовая часть церкви довольно монументальна. Ее композиция включает основной пятиглавый четверик, двустопную асимметричную трапезную с южным выступающим приделом св. Симона Зилота и северным приделом св. Макария Желтоводского. Храм расположен на сложном гористом участке, где четверик основного храма возвышается примерно на две трети высоты горы, а остальные части (притвор, трапезная, приделы) вынесены в сторону.

Согласно статье Н.А. Мерзлютиной, «в интерьере основной четверик перекрыт глухим сомкнутым сводом, апсида – поперечным лотковым сводом с распалубками над оконными проемами, переходящими в конхи на восточной стене. Двухстолпная трапезная перекрыта коробовыми сводами с распалубками...» [9]. Внутреннее пространство храма решено в традициях провинциальной архитектуры конца XVII – начала XVIII в.

Информация, содержащаяся в метрике Богоявленской церкви 1887 г., гласит, что колокольня при этом храме была построена в 1810 г. (рис. 4.). Она имела трехъярусный столб и была выполнена в стиле раннего классицизма с характерными для этого стиля элементами [10, с. 281].



Рис. 4. Богоявленская церковь. Фото 1914 г. Фотоархив ИИМК РАН

Fig. 4. Epiphany Church, 1914

Храм сложен из кирпича стандартных размеров, характерных для петровского времени. Декор фасадов составляли наличники с разорванными и треугольными завершениями, подковообразные кокошники, лопатки на углах четверика, аркатура в местах скруглений апсиды – типичный набор элементов нарышкинского барокко (рис. 5). Сохранившийся изразцовый декор (окна, порталы, фриз в интерьере) указывает на близость нижегородской архитектурной традиции начала XVIII в. В настоящее время памятник является единственной древней постройкой на прибрежных высотах, сохранившей свою роль в панораме города.



Рис. 5. Юрьевец. Богоявленская церковь. Вид с севера. Фотография автора, 2024 г.
Fig. 5. Epiphany Church in Yuriyevets, 2024

Каменное строительство стало активнее развиваться в начале XVIII в. Здания, возведенные до осуществления нового генерального плана, в наибольшей степени повлияли на планировочную структуру города. В этот период были построены значительные сооружения, включая *Входоиерусалимский собор* (рис. 6). Согласно документам, Входоиерусалимский собор в Юрьевце был отстроен в камне в 1733 г. [10]. Собор ранее именовался «холодным», поскольку был выполнен в традициях костромской архитектуры XVII–XVIII вв.

С точки зрения объемно-пространственной композиции архитектура каменного собора восходит к простым величественным формам старинного посадского храма (рис. 6). К высокому двухсветному кубу, увенчанному пятью главами на четырехскатной кровле, примыкает с востока круглая апсида (алтарный выступ), а с запада – невысокая продолговатая трапезная, соединявшаяся прежде с колокольной (ныне не сохранилась). Барабаны глав с узкими световыми проемами отличаются стройностью и изяществом. Четверик с боковыми апсидами и трапезной формирует уравновешенную композицию форм. В конструкции собора можно заметить стремление к симметрии, что является характерной особенностью классицистического направления. Сохранившийся декор выполнен в духе нарышкинского барокко, включая лепные наличники окон, аркатурный фриз, повторяющийся на всех объемах сооружения, вплоть

до барабанов. Одновременно прослеживается тенденция к упрощенному декору и лаконичному оформлению фасада. Внутреннее пространство четверика перекрыто сложными сводами, которые опираются на два столба со скругленными углами, создавая ощущение легкости и гармонии. Внутри храма частично сохранилась роспись.



Рис. 6. Вид Входаиерусалимского собора с юго-востока. Фото 1913 г. ИИМК РАН
Fig. 6. Entrance to Jerusalem Cathedral from the southeast, 1913

В 1806 г. собор был перестроен по проекту губернского архитектора Н.И. Метлина, согласно которому были вновь переложены столбы и своды, окна барабанов глав получили стрельчатые очертания [11]. Архитектор внес изменения в декоративное убранство фасадов, добавив лучковые завершения наличников с небольшими скульптурными головками херувимов, аркатурный пояс под карнизом (рис. 7). Данные элементы сформировали облик раннеклассицистической архитектуры, придав собору более гармоничный и упорядоченный вид (рис. 8).

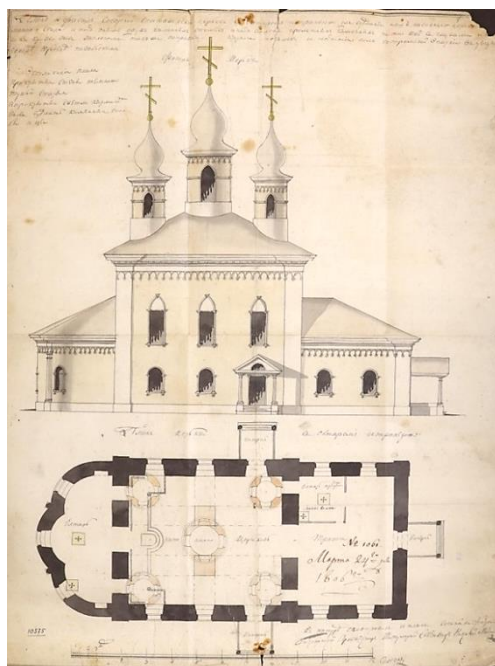


Рис. 7. План и фасад губернского архитектора Н.И. Метлина на перестройку Входуиерусалимского собора. 1806 г. ГАКО

Fig. 7. Plan and facade by N. I. Metlin for the reconstruction of the Jerusalem Cathedral Entrance, 1806



Рис. 8. Юрьевец. Богоявленская церковь. Вид с юго-востока. Фотография автора, 2024 г.

Fig. 8. Epiphany Church in Yurievets, 2024

Старый Входеоерусалимский собор является ярким примером развития храмовой архитектуры в Поволжье, сочетающим традиционные объемно-пространственные решения древнерусского храма с элементами нарышкинского барокко и раннего классицизма.

Преображенский храм. Возведение каменного храма на месте существовавшего ранее деревянного Преображенского монастыря было инициировано местным духовенством и прихожанами в 1746 г. [4, с. 201]. Новый храм был освящен в 1762 г. в честь Воздвижения Животворящего Креста Господня, а позднее переосвящен в честь Преображения Господня с приделом Похвалы Пресвятой Богородицы [12]. По времени строительства это четвертый каменный храм города. До него уже были построены Благовещенская и Богоявленская церкви, Входеоерусалимский летний собор. Преображенская церковь в Юрьевце Поволжском является ярким образцом провинциального храмового зодчества середины XVIII в. (рис. 9). Ее архитектурно-художественные особенности отражают характерные черты церковного строительства этого периода на территории Центральной России.



Рис. 9. Преображенская церковь. Фото 1914 г. Фотоархив ИИМК РАН
Fig. 9. The Transfiguration Church, 1914

Архитектурный облик Преображенской церкви можно реконструировать, опираясь на сохранившиеся изображения середины XIX в., зафиксированные в метрике 1887 г. Композиция церкви состоит из двусветного одноглавого четверика, фланкированного лопатками; с востока примыкает трехчастный алтарь, а с запада – трапезная с южным приделом с полукруглой папертью. Отдельно стоящая трехъярусная колокольня, вероятно, была возведена в конце XVIII в., о чем свидетельствуют ее барочные черты в оформлении верхних ярусов. К этому же времени относятся и другие барочные элементы – полукруглая паперть с колоннами, высокие кровли с главами над трапезной, алтарем и при-

делом, а также двухъярусный барабан над высокой сложной по форме кровлей центрального четверика [13, с. 148].

Преображенская церковь в Юрьевце Поволжском являет собой типичный образец провинциального храмового зодчества середины XVIII в., объединяющий в своем облике типичные черты архитектуры текущего периода с более поздними элементами, демонстрирующими изменения стилистических предпочтений в строительстве храмов на рубеже XVIII–XIX вв.

Преображенская церковь была разобрана в 1931–1933 гг., став одним из первых утраченных памятников архитектуры Юрьевца. Сохранившиеся изображения и описания позволяют оценить архитектурные особенности этого интересного провинциального храма, его облик.

Казанская церковь. Казанская церковь, построенная в 1754 г., является характерным примером провинциального храма середины XVIII в., который сочетает в себе элементы народного зодчества и более высокие архитектурные традиции. Храм отражает переходный период в архитектуре России, когда традиционные формы и стили начали адаптироваться к новым условиям и требованиям времени (рис. 10).



Рис. 10. Казанская церковь. Фотоснимок начала XX в.

Fig. 10. Kazan Church, early 20th century

Храм представляет собой типичную для русской архитектуры середины XVIII в. композицию восьмерика на четверике, что свидетельствует о влиянии нарышкинского стиля. Основной объем церкви завершается трехчастной апсидой с востока и трапезной с двумя симметрично расположенными приделами на западе, что создает гармоничное и сбалансированное пространство. Север-

ный придел изолирован стеной от основного пространства трапезной, что подчеркивает функциональную структуру здания. Колокольня, построенная в том же году, выполнена в стиле классицизм, контрастируя с народными и барочными элементами основного храма. Это подчеркивает разнообразие архитектурных стилей того времени и стремление к гармонии между различными элементами ансамбля. Классицистическая колокольня, вероятно, характеризуется строгими формами, симметрией и использованием колоннад, отражая влияние западноевропейской архитектуры и тенденции к упрощению форм.

Фасады храма украшены кирпичным узорочьем – характерная визитная карточка русской архитектуры. Выразительность и устойчивость конструкции усиливают углы четверика, закрепленные лопатками. Упрощенные детали нарышкинского барокко, проходящий на верхней части четверика и восьмерика фриз с кронштейнами с элементами «пилы» демонстрируют черты провинциальной архитектуры [13, с. 152–153]. Окна декорированы разорванными наличниками, что придает строению уникальный облик, отражающий традиции московского зодчества конца XVII в. Тимпаны оконных наличников были выложены пятицветными изразцами с геометрическим и растительным орнаментом, подчеркивающими декоративное богатство храма и его связь с художественными традициями школ Балахны (рис. 11). Несмотря на возможность сохранения здания после поднятия уровня Горьковского водохранилища, в 1957 г. оно было разрушено.



Рис. 11. Казанская церковь. Фотоснимок из коллекции ГНИМА. Фотография сер. XX в.

Fig. 11. Kazan Church, mid 20th century

Сретенская церковь. В 1757 г. на северной оконечности Юрьевца был сооружен каменный храм Сретенского монастыря, в его облик сказалось вли-

яние архитектуры уже существующих храмов (Благовещения и Богоявления). Церковь была возведена в 1757 г. на месте более раннего деревянного Сретенского храма, упоминаемого в Писцовой книге 1676 г. [3].

Сретенская церковь – типичный образец русского церковного зодчества (рис. 12). Ее план отличается трехчастной апсидой, теплой трапезной и асимметричным южным приделом (рис. 13).



Рис. 12. Сретенская церковь. Фото начала XX в. Областное ГБУ «Музеи г. Юрьевца»

Fig. 12. Candlemas Church, early 20th century. The Regional Museums in Yuryevets

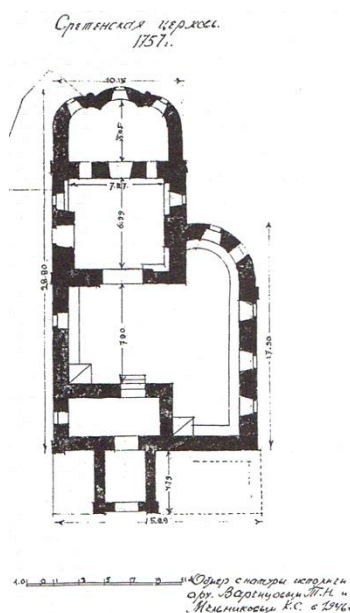


Рис. 13. Сретенская церковь. План, составленный Т.Н. Варенцовым и К.С. Мельниковым. 1946 г. ГНИМА

Fig. 13. Sretenskaya Church plan by T.N. Varentsov and K. S. Melnikov, 1946. Shchusev State Scientific Research Museum of Architecture

Основной объем здания увенчан куполом. Фасады этой церкви отличает композиционная сбалансированность, которая присуща культовой архитектуре XVIII в. В архитектурном облике Сретенской церкви прослеживаются черты нарышкинского барокко, проявляющиеся в декоративном оформлении четверика и апсиды. Верхняя часть четверика украшена антаблементом с фриз-«пилою» и поясом кронштейнов (рис. 14). Колокольня церкви, завершенная шатром, восходит к образцам XVII в. [13, с. 150]. Ее планировочная структура и декоративное убранство отражают региональные особенности верхневолжского зодчества середины XVIII столетия. Сегодня эта церковь является одной из немногих сохранившихся приходских церквей, которые ранее формировали панораму города со стороны Волги.



Рис. 14. Сретенская церковь. 1919 г. Основной объем храма. Вид с северо-запада
Fig. 14. Sretenskaya Church, 1919

Покровская церковь. Покровская (Вознесенская) церковь вместе с Благовещенской находилась на самом людном месте – базарной площади у реки. Была возведена в 1764 г. на месте деревянной церкви. Первые упоминания об этом храме встречаются в Писцовой книге 1676 г.: «Церковь деревянная, во имя Вознесения Господа Бога нашего; в приделе Пресвятыя Богородицы Владимирские (размещен после ликвидации церкви Владимирской Богородицы. – А.Ю. Алексеева), рублена на четыре угла, с трапезою, главы на шатрах круглые, кресты деревянные, обиты железом белым немецким. На трапезе колокольня шатровая, против трапезы паперть, рублена до мосту, а от мосту забрана досками. А покрыта церковь и олтари, и трапеза, и паперть, и колокольня тесом...» [3].

Вознесенская (Покровская) церковь в Юрьевце Поволжском являла собой яркий образец провинциальной церковной архитектуры середины XVIII в. (рис. 15). Данный памятник представлял собой сложную композицию, основанную на традициях православной архитектуры. Высокий четверик с пятью глухими главами создает выразительный силуэт, акцентирующий внимание на вертикальных элементах. Симметрично расположенные пониженные приделы с севера и юга формируют пространственный крест на уровне первого яруса. Крестовая композиция нарушается асимметричной пристройкой (рис. 16). Восьмигранная колокольня на квадратном основании, дополненная контрфорсами, усиливает вертикальную направленность и служит визуальным акцентом, выделяя храм в окружающем ландшафте.



Рис. 15. Вознесенская (Покровская) церковь. Юрьевец. Фото начала XX в., автор Леонид Веснин (из фондов Юрьевецкого краеведческого музея)

Fig. 15. The Ascension Church of St. George

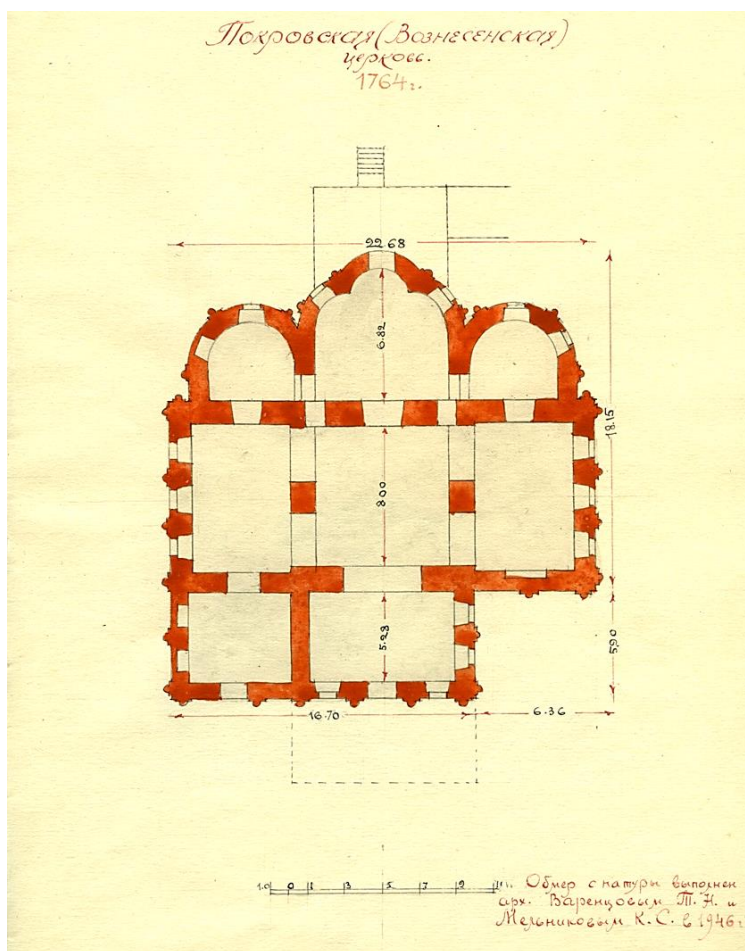


Рис. 16. Покровская церковь. План, составленный в 1946 г. Т.Н. Варенцовым и К.С. Мельниковым. ГНИМА

Fig. 16. Intercession Church plan by T. N. Varentsov and K. S. Melnikov, 1946. Shchusev State Scientific Research Museum of Architecture

В 1920-х гг. церковь была передана в распоряжение механических мастеров Юрьевоцкого совхоза «Маяк». Полностью разрушена она была перед затоплением Горьковским водохранилищем в 1957 г.

Заключение

Подводя итоги исследования объектов церковной архитектуры малого исторического города Юрьевца, созданных на рубеже XVIII–XIX вв., можно отметить значительные изменения, происходившие в архитектурных стилях после Петровских реформ. Традиции древнерусского зодчества продолжали эволюционировать в XVIII в., постепенно впитывая новые европейские формы, особенно в центральной части страны, и в частности в Юрьевце. Единство художественной культуры Юрьевца Поволжского на протяжении XVIII в. способствовало сохранению и трансформации традиционных архитектурных при-

емов, что и привело к формированию уникальных региональных школ, сочтавших в себе элементы средневекового узорочья, раннего барокко и зарождающегося классицизма.

Таким образом, XVIII в. стал периодом сложного взаимодействия древнерусской архитектурной традиции и новых европейских влияний, нашедших отражение в многообразии архитектурных памятников, сохранившихся до наших дней. Церковное зодчество Юрьевца представляет собой ценный источник для понимания особенностей развития региональной архитектурной традиции в условиях ее взаимодействия с новыми европейскими влияниями.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Полякова Л.Л. Юрьевец: Историко-краеведческий очерк. Ярославль : Верх.-Волж. кн. Изд-во, 1984. 144 с.
2. Ивановская область. Часть 3 / под ред. Е.Г. Щёболева // Свод памятников архитектуры и монументального искусства России. Москва : Наука, 2000. 813 с.
3. Виноградов Н.Н. Писцовая и межевая книги по городу Юрьевцу Поволжскому и Стрелецкой слободе 7184 (1676) года // Материалы по истории, археологии, этнографии и статистике Костромской губернии. Вып. 1. Кострома : Костром. губ. тип., 1912. III, 282, II с.
4. Беляев И. Статистическое описание соборов и церквей Костромской епархии, составленное на основании подлинных сведений, имеющихся по духовному ведомству, членом Костромского губернского статистического комитета кафедрального Успенского собора протоиереем Иоанном Беляевым. Санкт-Петербург : Тип. Почт. департамента, 1863. 358. V с.
5. Мерзлютина Н.А. Благовещенская церковь города Юрьевца // Архитектурное наследство. Вып. 44. Москва, 2001. С. 49–54.
6. Антонов И. Юрьевец: прошлое и настоящее города на Волге : альманах. Иваново : Ивановская газета, 2000. 238 с.
7. Виппер Б.Р. Русская архитектура XVII века и ее историческое место // Архитектура русского барокко. Москва : Наука, 1978. С. 298.
8. Алякрицкий П. К делу о прославлении св. блаженного Симона Юрьевецкого // КЕВ. 1906. № 15. С. 603–608.
9. Мерзлютина Н.А. Богоявленская (Симоновская) церковь города Юрьевца // Архитектурное наследство. Вып. 62. Москва, 2015. С. 101–117. EDN: TYCNBF
10. Императорская археологическая комиссия (Петербург) // Известия Императорской археологической комиссии. Вып. 31. Санкт-Петербург : Тип. Гл. упр. уделов, 1909. [321] с.
11. План перестройки собора, подписанный Н.И. Метлиным. Костромская духовная консистория 1758–1919. План и фасад Спасовходской соборной церкви г. Юрьевца. 1806 г. // ГАКО. Ф. 130. Оп. 14. Д. 13.
12. Баженев И.В. Краткие статистические сведения о всех церквях Костромской епархии. Кострома, 1911. С. 233–234.
13. Мерзлютина Н.А. Каменные церкви города Юрьевца 1740–1760-х годов // Архитектурное наследство. Вып. 51. Москва, 2009. EDN: KXXWGP

REFERENCES

1. Polyakova L.L. Yuryevets: A Historical and Local History. Yaroslavl, 1984. 144 p. (In Russian)
2. Shchebolev E.G. (Ed.) The Code of Architectural Monuments and Art in Russia. Part 3. Moscow: Nauka, 2000, 813 p. (In Russian)
3. Vinogradov N.N. Materials on the history, archeology, ethnography and statistics of Kostroma province. Kostroma, 1912–1915. Vol. 1: Scribal and boundary books on the city of Yuryevets of the Volga region and Streletskaya sloboda 7184 (1676). 1912. (In Russian)
4. Belyaev I. A statistical description of the cathedrals and churches of the Kostroma Diocese, compiled on the basis of authentic information available on the spiritual department, by Arch-

- priest Ioann Belyaev, a member of the Kostroma Provincial Statistical Committee of the Cathedral of the Assumption Cathedral. Saint-Petersburg, 1863. 358 p. (In Russian)
5. Merzlyutina N.A. Blagoveshchenskaya Church in Yuryevets. *ArkhitECTurnoe nasledstvo*. 2001; 44: 49–54. (In Russian)
 6. Antonov I. Yuryevets: The Past and Present of the City on the Volga. *Ivanovskaya gazeta*, Ivanovo. (In Russian)
 7. Vipper B.R. Russian Architecture in the 17th Century and its Historical Place. In: *Architecture of the Russian Baroque*. Moscow: Nauka, 1978. 298 p. (In Russian)
 8. Alyakritsky P. To Glorification of St. Simon Yuryevetsky. *KEV*. 1906; (15): 603–608. (In Russian)
 9. Merzlyutina N.A. Bogoyavlenskaya (Simonovskaya) Church in Yuryevets. *ArkhitECTurnoe nasledstvo*. 2015; 62: 101–117. (In Russian)
 10. The Imperial Archaeological Commission (Saint-Petersburg). *Izvestiya Imperatorskoi arkheologicheskoi komissii*. 1909; (31): 321 p. (In Russian)
 11. State Archive. Form 130, list 14, record 13. (In Russian)
 12. Bazhenov I.V. Brief Statistical Information about all Churches of the Kostroma Diocese. Kostroma, 1911. Pp. 233–234. (In Russian)
 13. Merzlyutina N.A. Stone Churches in Yuryevets in the 1740s–1760s. *ArkhitECTurnoe nasledstvo*. 2009; (51). EDN: KXXWGP (In Russian)

Сведения об авторе

Алексеева Анна Юрьевна, аспирант, Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств имени А.Д. Крячкова, 630099, г. Новосибирск, Красный проспект, 38, annpetuhova@mail.ru

Author Details

Anna Yu. Alekseeva, Research Assistant, Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts, 38, Krasnyi Ave., 630099, Novosibirsk, Russia, annpetuhova@mail.ru

Статья поступила в редакцию 14.01.2025
Одобрена после рецензирования 30.01.2025
Принята к публикации 17.02.2025

Submitted for publication 14.01.2025
Approved after review 30.01.2025
Accepted for publication 17.02.2025

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 2. С. 115–128.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (2): 115–128.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 69.032.22

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-115-128

EDN: YOLKLW

АРХИТЕКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Влада Витальевна Васютина, Елена Степановна Астахова

*Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета,
г. Ростов-на-Дону, Россия*

Аннотация. В статье анализируется отечественный и зарубежный опыт проектирования высотных зданий, рассматриваются особенности их архитектурных решений, этапы становления высотных зданий, дается описание и сравнение существующих конструктивных систем и их влияние на архитектурную форму, функциональное зонирование, в частности на организацию внутренних вертикальных общественных пространств, рассматривается итоговая модель высотного здания.

Актуальность темы исследования обусловливается как высокой плотностью населения в крупнейших городах, так и потребностью создания акцентных объектов в композиции городской среды, эффективного использования территории городов.

Цель исследования – выявление архитектурных особенностей высотных зданий и разработка проектного предложения для крупнейших городов, в частности для г. Москвы.

К методам исследования относятся изучение и анализ литературных источников, нормативной литературы, статистических данных и интернет-ресурсов о высотных зданиях; описание и сравнение высотных зданий в крупнейших городах России для выявления общих характеристик и особенностей; классификация и обобщение полученной в ходе анализа информации в виде графоаналитических схем, графиков и моделей. Рассмотрена гипотеза: в условиях повышенной плотности населения крупных городов строительство высотных зданий является эффективным способом оптимизации использования территории и обеспечения комфортной городской среды.

Результатом исследования является анализ формообразующих факторов: градостроительных, архитектурно-планировочных, функциональных, конструктивных, – влияющих на архитектуру высотных зданий, а также классификация высотных зданий по конструктивному решению, высоте, функциональному назначению, материалам и др.

В рамках исследования были проанализированы две конструктивные системы высотных зданий с точки зрения их влияния на организацию общественных пространств. Предложена концепция высотного здания, состоящего из двух взаимосвязанных башен, включающих в себя жилую, общественно-деловую и торгово-развлекательную функции.

Ключевые слова: архитектура, высотные здания, архитектурные особенности, конструкции высотных зданий, вертикальные общественные пространства, классификация высотных зданий

Для цитирования: Васютина В.В., Астахова Е.С. Архитектурные особенности проектирования высотных зданий // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 2. С. 115–128. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-115-128. EDN: YOLKLW

ORIGINAL ARTICLE

DESIGN ARCHITECTURE OF HIGH-RISE BUILDINGS

Vlada V. Vasyutina, Elena S. Astakhova

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Abstract. This article analyzes Russian and foreign experience in high-rise building design, describes formation stages of high-rise buildings, and compares structural systems and their impact on architecture, functional zones, in particular vertical public spaces, and considers the final model of a high-rise building.

The relevance of the research topic is due to both the high population density in the largest cities and the need to create accent objects in the urban environment, the efficient use of urban areas.

Purpose: Identification of architectural styles of high-rise buildings and development of proposals for the largest cities, in particular Moscow.

Methodology: The literature review, normative documents, statistical data and Internet resources on high-rise buildings, description and comparison of high-rise buildings in the largest cities of Russia to identify common characteristics, classification and generalization of information obtained during the analysis in the form of schemes, diagrams and models.

Research findings: The hypothesis of the modern world is considered for large cities. Increased population density is solved by a construction of high-rise buildings. The analysis of formative factors includes urban planning, architectural planning, functional, constructive, affecting the architecture of high-rise buildings and their classification by functional content, height, functional purpose, materials.

Value: The concept is proposed for a high-rise building consisting of two interconnected towers, including residential, social, business and shopping and entertainment functions.

Keywords: architecture, high-rise buildings, architectural style, high-rise building, vertical public spaces, classification

For citation: Vasyutina V.V., Astakhova E.S. Design Architecture of High-Rise Buildings. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (2): 115–128. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-115-128. EDN: YOLKLW

Введение

Высотные здания – это архитектурные сооружения, которые отличаются своей значительной высотой и впечатляющей формой. Они играют важную роль в современном городском ландшафте и стали символами прогресса и современности.

В современном мире, где земля становится все дороже, а население городов растет, высотные здания предлагают интригующее решение использования пространства по вертикали. Во-первых, небоскребы позволяют компактно разместить большое количество людей, освобождая территорию для парков, скверов и других зон отдыха. Транспортная доступность становится максимально эффективной, т. к. в одном месте концентрируются жилые, офисные и торговые площади. Во-вторых, высотные здания становятся яркими акцентами городского пейзажа, подчеркивая его динамичность и современность. Они могут служить ориентирами и символами города, придавая ему уникальный облик [1].

Строительство высотных зданий помогает решить многие архитектурно-строительные, градостроительные и социально-экономические задачи: отсутствие сбалансированной и комплексной застройки, имущественное расслоение

городского населения, несовершенство систем культурно-бытового обслуживания, проблема досуговой занятости детей и молодежи, проблема закрытых внутренних дворов, рост личного транспорта при отсутствии парковочных мест и т. д.

Анализ истории небоскребов с точки зрения международной классификации позволяет выделить 4 этапа их развития, связанных с преодолением 3 ключевых высотных отметок:

1 – строительство первого высотного здания (1885 г., 9-этажный офис в Чикаго);

2 – строительство первого небоскреба высотой 100 м (1894 г.);

3 – преодоление высоты в 300 м (1930 г.);

4 – строительство меганебоскребов высотой более 600 м (2010 г.).

Многовековая история высотного строительства за рубежом контрастирует с относительной новизной этого «феномена» для России. В нашей стране активное развитие небоскребов началось лишь 10–15 лет назад. В настоящее время строительство высотных зданий стало актуальным для крупнейших городов (Москва, Екатеринбург, Санкт-Петербург, Краснодар, Ростов-на-Дону и др.).

Основополагающим принципом при проектировании высотных зданий является применение рациональных объемно-пространственных, архитектурно-планировочных и конструктивных решений, что позволяет снизить энергопотребление, минимизировать негативное воздействие на окружающую среду и повысить уровень комфорта проживания.

Архитектурные особенности высотных зданий

Строительство и проектирование высотных зданий имеет свою специфику [2]:

- большая статическая и динамическая нагрузка на несущие конструкции, основание и фундаменты;

- неравномерное распределение и специфичный характер приложения нагрузок;

- тщательный подбор высококачественных материалов и конструкций с необходимой прочностью и однородностью;

- сложность инженерных решений, требующая создания дополнительных инженерных систем (технических этажей);

- повышенные требования к безопасности;

- проблемы освещения и инсоляции и др.

Анализ отечественного и зарубежного опыта позволяет выявить классификацию высотных зданий по основным признакам: конструктивное решение, высота, функциональное назначение, материалы.

Классификация высотных зданий по конструктивному решению. Существует несколько основных типов конструктивных решений высотных зданий: стеновые, каркасные, ствольные, оболочковые, комбинированные [3] (рис. 1).

Классификация высотных зданий по высоте. Небоскребы классифицируются по высоте, а не по этажности, т. к. высота этажей может отличаться в зависимости от назначения здания и требований национальных норм проектирования.

По высоте, согласно Международному совету по исследованиям и инновациям в строительстве (CIB), небоскребы классифицируются: до 30 м (повы-

шенной этажности), 30–50 м (I категории многоэтажных зданий), 50–75 м (II категории многоэтажных зданий), 75–100 м (III категории), свыше 100 м (высотные здания), выше 300 м (сверхвысокие небоскребы), выше 600 м (мегавысокие небоскребы) [4].

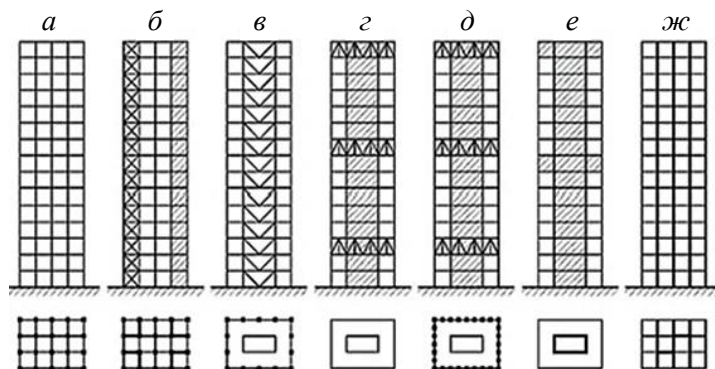


Рис. 1. Конструктивные системы [3]:

а – бескаркасная (стенная); *б* – рамная; *в* – каркасная с диафрагмами жесткости; *г* – ствольная; *д* – каркасно-ствольная; *е* – оболочковая; *ж* – оболочково-ствольная

Fig. 1. Classification according to the design solution [3]:

a – no frame (wall); *b* – frame; *c* – frame with stiffening diaphragms; *d* – barrel; *e* – frame-barrel; *f* – shell; *g* – shell-barrel

Классификация высотных зданий по материалам (рис. 2). Для строительства несущего каркаса используются следующие материалы: сталь, железобетон и комбинированные системы (в конструкции здания используется как сталь, так и железобетон).

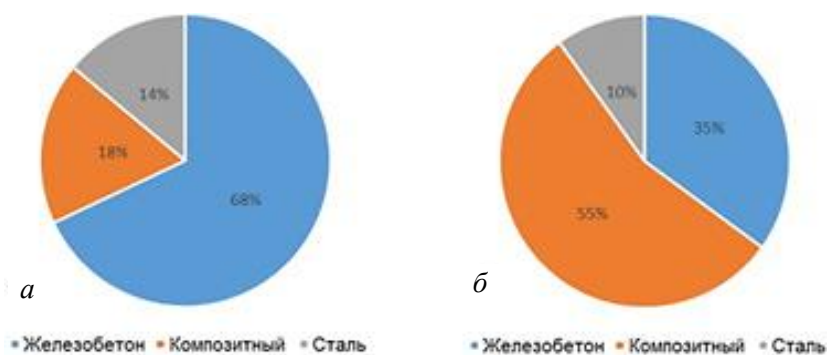


Рис. 2. Использование материалов при строительстве высотных зданий [2]:

а – высотой от 150 м; *б* – высотой более 300 м

Fig. 2. Materials used in the construction of high-rise buildings [2]:

a – 150 m high; *b* – over 300 high

Классификация высотных зданий по функциональному назначению. Высотные здания делятся на две основные категории: специализированные и многофункциональные. Специализированные здания имеют только одну функ-

цию. Примером такого здания является башня Лахта Центра в Санкт-Петербурге, которая используется исключительно как офисное пространство (рис. 3, а).

Многофункциональные здания, напротив, сочетают в себе несколько функций. Башня «Федерация» в Москве является ярким примером, она включает в себя жилую, общественную и рекреационную зоны (рис. 3, б).

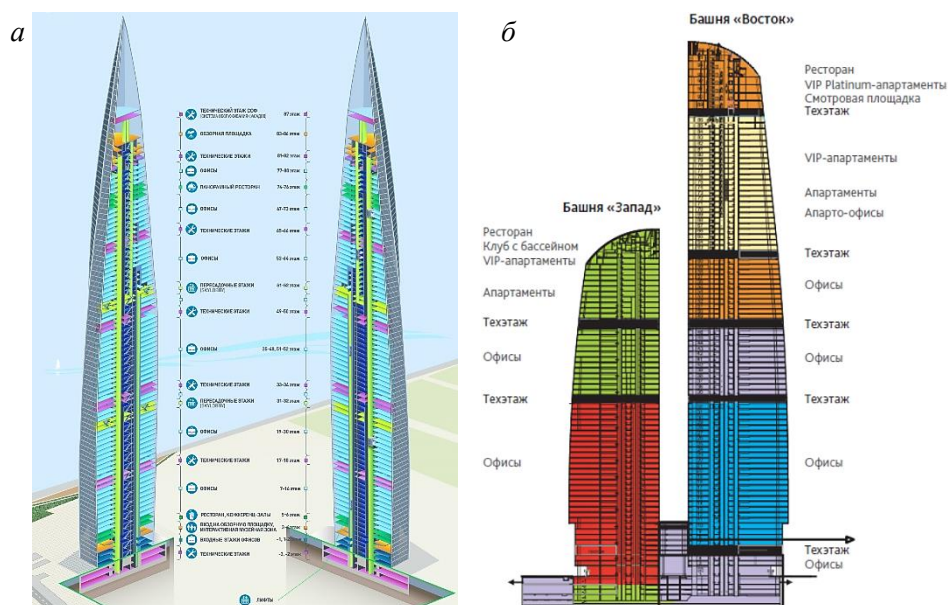


Рис. 3. Примеры функционального решения высотных зданий:

а – Санкт-Петербург, Лахта Центр¹; б – Москва-Сити, башня «Восток» [5]

Fig. 3. Functional solutions for high-rise buildings:

a – Saint-Petersburg, Lakhta Center; b – Moscow-City, East Tower [5]

На проектирование небоскребов влияет множество факторов (функциональных, природно-климатических, градостроительных, архитектурно-планировочных, конструктивных), кроме того, необходимо учитывать особенности инженерных систем и оборудования, мониторинг, безопасность, экономичность и энергоэффективность [6].

На основе градостроительного анализа размещения существующих высотных объектов были выявлены их основные локации: в центре города (зона является естественным выбором для высотных зданий, т. к. она играет ключевую роль в формировании архитектурного облика города и служит доминантой в городской застройке), в деловой части города (что позволяет эффективно использовать пространство и оптимизировать транспортную систему, чтобы люди могли жить и работать в одном месте).

Возведение высотных зданий допустимо исключительно в зонах с максимально развитой инфраструктурой. Это касается транспортной системы (транспортные узлы, пешеходная сеть), инженерной (коммуникации) и социальной

¹ URL: www.pikabu.ru/story/lakhta_tsentr_tsifry_i_faktyi_kotoryie_priyatno_udivlyayut_5257725

(образовательные учреждения, торговые точки, культурные объекты, общественные центры и т. д.) составляющих.

В России небоскребы строятся как *локально* (отдельно друг от друга), так и *комплексами*, которые могут включать в себя жилье, офисные здания, торговые центры и т. д. [7].

Так, в Москве выделяется 3 основных типа размещения высотных зданий: *островной, групповой, массовый*. Приемы размещения высотных зданий: *парковый* (в составе парка или озелененной территории), *террасный* (на сложном рельефе), *береговой* (ориентация на акваторию и восприятие человеком мостов и набережных), *магистральный* (обзор со стороны магистрали). Архитекторы стремятся к равномерному распределению высотных зданий по территории города (на главных видовых точках, формируя панораму города), разнообразию их архитектурных стилей.

Структура высотного здания, как правило, многофункциональна и состоит из различных *функциональных зон* (жилых ячеек, гостиничных номеров, офисных помещений, ресторанов или кафе, зимних садов, спортивных залов, бассейнов, стоянок автомобилей и т. п.), выбор которых зависит от инфраструктуры окружающей территории. В ходе анализа была подтверждена востребованность многофункциональности и, в частности, офисной функции.

Важную роль в многофункциональных высотных зданиях играют внутренние *общественные пространства*, которые являются многоцелевыми, чаще всего не связанными с основным видом деятельности объекта, и предназначены для *коммуникативной функции* – межличностного общения, отдыха, рекреации, получения необходимой информации и др.

Для эффективной организации общественных пространств важно правильное определение наиболее оптимальной конструктивной системы.

В процессе проектирования сравнены две конструктивные системы: ствольно-оболочковая и каркасно-ствольная. Каркасно-ствольная система использует ядро для передачи нагрузки от перекрытий, что повышает жесткость здания. Ствольно-оболочковая система включает в себя внутренний ствол и наружную оболочку, которые совместно переносят нагрузку [8].

Ствольно-оболочковая конструктивная система лучше каркасно-ствольной системы для обеспечения эффективной организации общественных пространств высотных зданий по нескольким причинам.

Во-первых, ствольно-оболочковая система позволяет создать более свободные и открытые планировки, благодаря отсутствию несущих стен и столбов внутри здания. Это позволяет использовать территорию более эффективно и гибко, создавая большие открытые зоны для общественного использования, такие как торговые площади, рестораны, спортивные сооружения и другие общественные пространства.

Во-вторых, ствольно-оболочковая система обеспечивает более высокую прочность и устойчивость здания. Ее основной принцип заключается в применении шестиугольных или круглых элементов, которые образуют жесткую структуру с минимальными точками контакта с окружающей средой. Это позволяет зданию лучше справляться с ветровыми и сейсмическими нагрузками, а также повышает его устойчивость к иным воздействиям.

В-третьих, ствольно-оболочковая система обладает высокой энергоэффективностью. Благодаря использованию специальных материалов и технологий, таких как стекло, сталь и композитные материалы, она обеспечивает хорошую теплоизоляцию и естественную вентиляцию, что позволяет снизить энергопотребление здания и создать комфортные условия для проживания и работы.

В-четвертых, ствольно-оболочковая система позволяет сооружать здания с уникальными и привлекательными архитектурными формами. Ее гибкость и возможность создавать разнообразные формы и оригинальные фасады делают ее предпочтительной для строительства эстетически привлекательных высотных зданий, которые становятся символами города и находятся в центре внимания и туристов, и горожан.

Таким образом, **ствольно-оболочковая конструктивная** система предлагает ряд преимуществ по сравнению с каркасно-ствольной системой для обеспечения эффективной организации общественных пространств высотных зданий. Она позволяет создавать более свободные и открытые планировки, обеспечивает высокую прочность и устойчивость здания, имеет высокую энергоэффективность и позволяет создавать уникальные архитектурные формы.

В процессе проектирования проведено сравнение многоствольных и одноствольных конструкций с точки зрения организации общественных пространств высотных зданий.

Многоствольные конструктивные системы состоят из нескольких башен, соединенных между собой. Многоствольность приводит к созданию *вертикальных и горизонтальных «улиц»*, которые выступают в роли основного коммуникационного каркаса для посетителей и жителей комплекса. Конструкция позволяет организовывать атриумные и зеленые пространства разного плана.

Одноствольные конструкции, напротив, характеризуются наличием одного центрального ствола, около которого организованы общественные пространства. Здесь общественные зоны могут располагаться на разных этажах вокруг ствола, создавая вертикальные объемы и пространственные связи.

Многоствольные системы в высотных зданиях являются наиболее оптимальными относительно одноствольных с точки зрения создания общественных пространств, т. к. они обеспечивают более эффективное их использование, создают разнообразные общественные зоны, атриумные и зеленые пространства и улучшают эстетику здания (рис. 4).

На основе проведенного анализа разработан проект для Москвы, цель которого – создание современного, эстетически гармоничного комплекса, комфортного для жизни и досуга людей.

Проведенные исследования позволили определить место строительства высотного здания – в северо-западной части Москвы (район Хорошёво-Мнёвники). Здесь хорошо развита инфраструктура, район является быстрорастущим и развивающимся, рядом находятся набережные и парки. Участок представляет собой малозастроенный массив, что повлияло на решение использовать огромный потенциал данной территории [10].

Силуэт проектируемого небоскреба органично вписывается в панораму существующих высотных зданий Москвы: ввысь взмывает легкая, плавная форма двух взаимосвязанных башен, окружность которых постепенно уменьшается, создавая впечатление изящных зданий, спиралью поднимающихся к небу.



Рис. 4. Конструктивная система высотных зданий и внутренние общественные пространства: а – многостовбная система [9]; б – внутреннее общественное пространство: вертикальные и горизонтальные «улицы», центральный атриум

Fig. 4. Structural system of high-rise buildings and internal public spaces: а – multi-barrel [9]; б – vertical and horizontal “streets”, central atrium

Выбор функционального назначения высотного здания зависит от различных факторов, включая городскую среду, экономическую потребность, градостроительные правила и ограничения, а также требования и предпочтения потенциальных пользователей. Согласно правилам землепользования и застройки, назначение участка смешанное.

В данном районе предусматривается строительство новых жилых комплексов, бизнес-центров, коммерческих объектов, развитие транспортной и социальной инфраструктуры, создание зеленых зон и общественных пространств. Такой рост может быть связан с реализацией городского плана развития и стратегическими инвестиционными проектами. Он может способствовать экономическому росту района, увеличению численности населения и повышению качества жизни его жителей.

Поскольку на этом участке преобладает жилая и общественная застройка в равной степени, для обеспечения устойчивого развития данной территории было принято решение запроектировать *многофункциональное высотное здание*, в котором предусмотрены как жилая, так и общественная функции (рис. 5). Основная идея проекта – создать многофункциональное высотное здание с гибким внутренним пространством, которое вмещает жилую, общественно-деловую и торгово-развлекательную функции. Здесь запроектировано множество магазинов, офисных помещений, выставочных и конференц-залов, спортивных залов, а также рестораны, торговый центр и квартиры повышенной комфортности.

Объем здания представляет собой две взаимосвязанные и в то же время самостоятельные части. Первая башня имеет высоту 45 этажей, вторая – 53 этажа (170 и 200 м соответственно) и дополнительное навершие, обеспечивающее постепенное сужение зданий кверху. Окружность башен постепенно уменьшается, создавая впечатление двух изящных зданий, спиралью поднимающихся к небу (рис. 6).

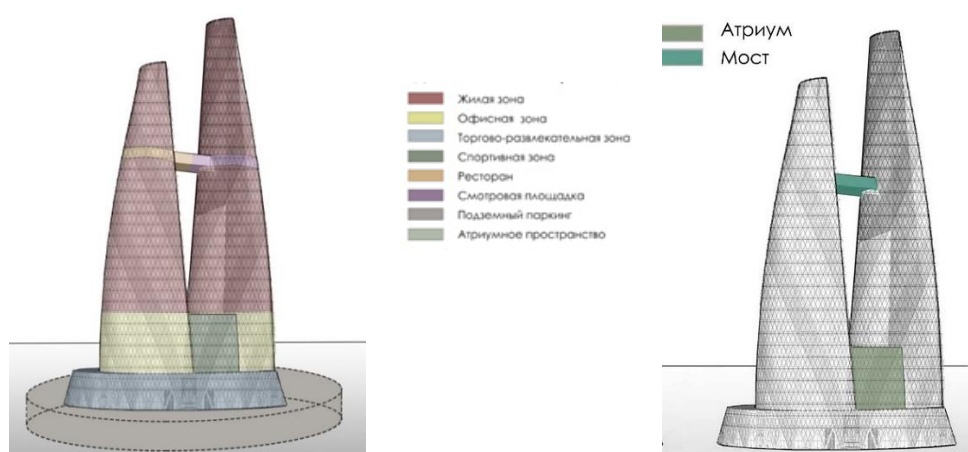


Рис. 5. Схема функционального зонирования проектируемого высотного здания и расположение общественных пространств

Fig. 5. Functional zoning of projected high-rise building and location of public spaces

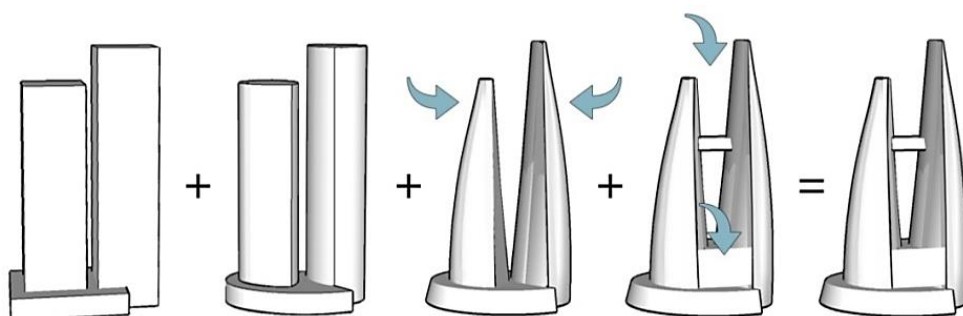


Рис. 6. Схема формообразования проектируемого здания

Fig. 6. Shaping scheme of a building

На уровне 35-го и 36-го этажей небоскребы соединены крытым двухэтажным мостом длиной 25 м. Это необходимо для частичного гашения колебаний башен при ветровых или сейсмических нагрузках, а также служит запасными путями эвакуации в случае пожара. В общественной зоне предусмотрен атриум высотой 7 этажей.

В каждой из высоток запроектировано ядро жесткости, в котором находятся эвакуационные лестницы и лифты.

Оба здания поделены на блоки:

1-й блок: с –1-го по –3-й этаж размещается подземный паркинг;

2-й блок: с 1-го по 3-й этаж – торговый центр;

3-й блок: с 4-го по 10-й этаж – офисные помещения;

4-й блок: с 11-го этажа – квартиры повышенной комфортности.

Конструктивная система ствольно-оболочковая.

Концептуальная модель высотного здания, с учетом аспектов устойчивого развития, выглядит следующим образом: применение экологических мате-

риалов (стекло, бетон, металл); фасады с высокими окнами для максимального естественного освещения; автоматическая система затемнения для энергосбережения; остекление «от пола до потолка» для обеспечения естественного освещения в течение дня; вертикальное озеленение фасадов для улучшения микроклимата; сбор дождевой воды; солнечные панели. Кроме того, в здании используются железобетонные конструкции вместо стальных (рис. 7).



Рис. 7. Схема проектируемого высотного здания на основе принципов устойчивого развития

Fig. 7. Schematic of high-rise building using sustainable development principles

Для создания *устойчивого высотного здания* можно также применять следующие технологии:

- эффективные системы вентиляции с мониторингом подачи свежего воздуха;
- светодиодное освещение, энергосберегающие лифты;
- максимальное использование естественного света;
- климат-контроль с управляемыми системами обогрева и освещения;
- датчики движения;
- водосберегающие сантехнические коммуникации;
- солнечные панели для получения энергии.

При проектировании высотных зданий для достижения *наибольшей жесткости* и устойчивости будут применяться [11]:

- симметричное расположение ядер жесткости и диафрагм;
- коробчатые конструктивные системы с несущими колоннами или стенами по всему контуру;
- регулярное расположение в плане здания несущих конструкций по высоте;
- жесткие диски перекрытий, которые являются горизонтальными диафрагмами жесткости;
- жесткие соединения несущих конструкций в узлах;
- аутригерные конструкции на уровнях технических этажей.

Анализ и сравнение архитектурных моделей показали, что самой эффективной для Москвы будет многофункциональная модель, включающая в себя жилую, общественно-деловую и торгово-развлекательную функции, со ствольной-оболочковой конструктивной системой и двумя ядрами жесткости (рис. 8). К основным ее преимуществам можно отнести: экономия территории; улучшенная инфраструктура; свободные и открытые планировки, обеспечивающие высокую прочность и устойчивость здания, эффективное использование пространства; устройство атриумных и зеленых пространств, которые улучшают эстетику здания; высокая энергоэффективность; возможность создания уникальных архитектурных форм.

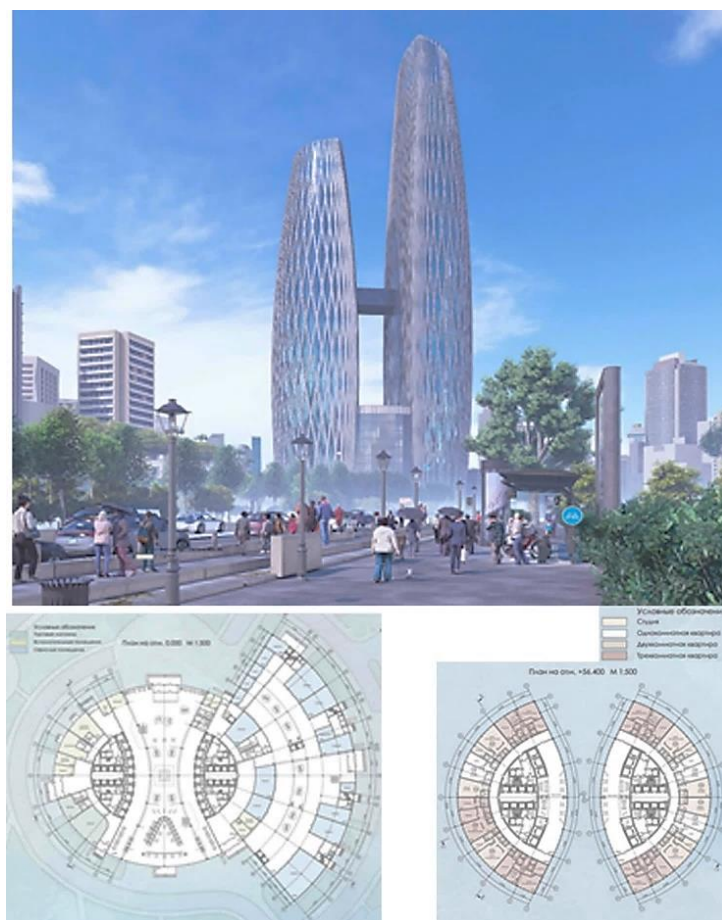


Рис. 8. Модель высотного здания для г. Москвы

Fig. 8. High-rise building model in Moscow

Результаты исследования:

- выявление классификации высотных зданий (по конструктивному решению, высоте, функциональному назначению, материалам);
- определение оптимальных схем размещения небоскребов в структуре города;

- выявление архитектурных особенностей проектирования высотных зданий;
- определение наиболее эффективной конструктивной системы, в частности, для организации общественных пространств;
- разработка архитектурной модели высотного здания.

Предложена концепция высотного здания, состоящего из двух взаимосвязанных башен, включающих в себя жилую, общественно-деловую и торгово-развлекательную функции.

Выводы

Появление новых высотных зданий создает эффективный инструмент решения проблем урбанизации городов, т. к. позволяет оптимизировать использование территории, улучшает транспортную доступность и создает комфортную городскую среду, освобождая территории для благоустройства и открытых общественных пространств. В то же время архитектурная композиция городской среды предполагает использование акцентов и доминант, в качестве которых могут быть высотные здания.

Модель проектируемого высотного комплекса может быть реализована в крупных и крупнейших городах. В проекте проанализированы предложения по его размещению в структуре Москвы, формируя новую архитектурную доминанту северо-западной части города.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Генералова Е.М. Вертикальный урбанизм архитектурной среды города: современное развитие типологии высотных зданий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки. 2018. № 3 (60). С. 28–33. URL: www.cyberleninka.ru/article/n/vertikalnyy-urbanizm-arhitekturnoy-sredy-goroda-sovremennoe-razvitiye-tipologii-vysotnyh-zdaniy (дата обращения: 25.03.2025).
2. Баранов А.О. Конструктивные решения высотных зданий // Alfabuild. 2018. № 3(5). С. 33–51. URL: www.alfabuild.spbstu.ru/userfiles/files/AlfaBuild/AlfaBuild_2018_5/3_5.pdf (дата обращения: 16.03.2025).
3. Генералов В.П. Особенности проектирования высотных зданий. Самара : Самарск. гос. арх.-строит. ун-т, 2009. 296 с.
4. Маклакова Т.Г. Высотные здания. Градостроительные и архитектурно-конструктивные проблемы проектирования. Москва : Изд-во АСВ, 2008. 160 с.
5. Башня Федерация Москва Сити. URL: www.moscow-city.online/build/federation/ (дата обращения: 16.03.2025).
6. Магай А.А., Дубынин Н.В. Архитектурно-художественный облик высотных зданий // Архитектура и строительство России. 2009. № 4. С. 22–29.
7. Варибрус Д.С., Абакумов Р.Г. Целесообразность строительства небоскребов и особенности их строительства // Инновационная наука. 2016. № 11-3. С. 138–140. URL: www.cyberleninka.ru/article/n/tselesoobraznost-stroitelstva-neboskreb-ov-i-osobennosti-ih-stroitelstva (дата обращения: 25.03.2025).
8. Веселова Е.А., Кошкин С.В. Конструктивные системы жилых высотных зданий / Е.А. Веселова. Нижний Новгород : ННГАСУ, 2022. 141 с. ISBN 978-5-528-00495-2. URL: www.bibl.nngasu.ru/electronicresources/uch-metod/architecture/876881.pdf
9. Павликова А. Небоскрёб как альтернативный источник энергии // Архи.ру. URL: www.archi.ru/russia/69178/neboskreb-kak-novyj-alternativnyj-istochnik-energii (дата обращения: 16.03.2025).

10. Семенов Ю.Е., Беломестных С.С. Потенциал объектов культурного наследия в устойчивом развитии городских территорий // Ноэма [Архитектура. Урбанистика. Искусство]. 2020. № 2. С. 23–33. URL: www.cyberleninka.ru/article/n/potentsial-obektov-kulturnogo-naslediya-v-ustoychivom-razviti-gorodskih-territoriy (дата обращения: 25.03.2025).
11. Ауров В.В., Баушева М.Д., Горин С.С., Ульянова Е.В. Методические указания по проектированию высотных зданий. Москва : Изд-во МАРХИ, 2015. 34 с.

REFERENCES

1. Generalova E.M. Vertical Urbanism of Architectural Environment of the City: Modern Development of High-Rise Building Typology. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk. Sotsial'nye, gumanitarnye, mediko-biologicheskie nauki*. 2018; 3 (60): 28–33. Available: www.cyberleninka.ru/article/n/vertikalnyy-urbanizm-arhitekturnoy-sredy-goroda-sovremennoe-razvitiie-tipologii-vysotnyh-zdaniy (accessed March 25, 2025). (In Russian)
2. Baranov A.O. Constructive Solutions of High-Rise Buildings. *Alfabuild*. 2018; 3 (5): 33–51. Available: www.alfabuild.spbstu.ru/userfiles/files/AlfaBuild/AlfaBuild_2018_5/3_5.pdf (accessed March 16, 2024). (In Russian)
3. Generalov V.P. High-Rise Building Design. Samara, 2009. 296 p. (In Russian)
4. Maklakova T.G. High-Rise Buildings. Urban Planning and Architectural and Constructive Problems of Design. Moscow: ASV, 2008. 160 p. (In Russian)
5. Tower of Moscow City Federation. Available: www.moscow-city.online/build/federation/ (accessed March 16, 2025). (In Russian)
6. Magai A.A., Dubynin N.V. Architectural and Artistic Appearance of High-Rise Buildings. *Arkhitektura i stroitel'stvo Rossii*. 2009; (4): 22–29. (In Russian)
7. Varibrus D.S., Abakumov R.G. Feasibility of Building Skyscrapers and Specifics of Their Construction. *Innovatsionnaya nauka*. 2016; (11-3):138–140. Available: www.cyberleninka.ru/article/n/tselesoobraznost-stroitelstva-neboskreb-ov-i-osobennosti-ih-stroitelstva (accessed March 25, 2025). (In Russian)
8. Veselova E.A., Komshin S.V. Structural Systems of High-Rise Residential Buildings. N. Novgorod, 2022. 141 p. ISBN 978-5-528-00495-2 Available: www.bibl.nngasu.ru/electronicresources/uch-metod/architecture/876881.pdf (In Russian)
9. Pavlikova A. Skyscraper as an alternative energy source. Available: www.archi.ru/russia/69178/neboskreb-kak-novyi-alternativnyi-istochnik-energii (accessed March 16, 2024). (In Russian)
10. Semenov J., Belomestnykh S. The potential of cultural heritage sites in sustainable development of urban areas. *Noema [Arkhitektura. Urbanistika. Iskustvo]*. 2020; (2): 22–33. Available: www.cyberleninka.ru/article/n/potentsial-obektov-kulturnogo-naslediya-v-ustoychivom-razviti-gorodskih-territoriy (accessed March 25, 2025). (In Russian)
11. Aurov V.V., Bausheva M.D., Gorin S.S., Ulyanova E.V. Methodological Guidelines for High-Rise Building Design. Moscow: MARKHI, 2015. 34 p. (In Russian)

Сведения об авторах

Васютина Влада Витальевна, магистрант, Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета, 344082, г. Ростов-на-Дону, пр. Буденновский, 39, vlada.vasyutina.ru@gmail.com

Астахова Елена Степановна, канд. архитектуры, доцент, Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета, 344082, г. Ростов-на-Дону, пр. Буденновский, 39, esastahova@sfsu.ru

Authors Details

Vlada V. Vasyutina, Graduate Student, Southern Federal University, 39, Budennovskii Ave., 344082, Rostov-on-Don, Russia, vlada.vasyutina.ru@gmail.com

Elena S. Astakhova, PhD, A/Professor, Southern Federal University, 39, Budennovskii Ave., 344082, Rostov-on-Don, Russia, esastahova@sfsu.ru

Вклад авторов

Васютина В.В. – исследование; написание исходного текста; проект высотного здания; иллюстрации; итоговые выводы.

Астахова Е.С. – научное руководство; концепция исследования; доработка текста; итоговые выводы.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

Vasyutina V.V. investigation; writing–original draft preparation; project administration, illustrations; conclusions.

Astakhova E.S. supervision; conceptualization; writing–review and editing; conclusions.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 28.11.2024
Одобрена после рецензирования 20.02.2025
Принята к публикации 06.03.2025

Submitted for publication 28.11.2024
Approved after review 20.02.2025
Accepted for publication 06.03.2025

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 2. С. 129–137.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (2): 129–137.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 72.01:004.92(470.21)

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-129-137

EDN: YHGXKK

ВНЕДРЕНИЕ AR И VR В СУЩЕСТВУЮЩУЮ АРХИТЕКТУРУ ГОРОДА МУРМАНСКА. АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

Виктория Вадимовна Филимонова

Мурманский арктический университет, г. Мурманск, Россия

Аннотация. *Актуальность.* Стремительный прогресс в науке, технике и развитии нейросетевых технологий определяет актуальность настоящего исследования. Работа посвящена изучению возможности введения технологий AR (дополненная реальность) и VR (виртуальная реальность) в существующую архитектуру г. Мурманска.

Целью исследования является выявление особенностей и перспектив развития внедрения технологий виртуальной и дополненной реальности в городскую среду мегаполиса Мурманска.

Объект исследования – применение технологий AR (дополненная реальность) и VR (виртуальная реальность) в современной архитектуре г. Мурманска, их структурная наполненность.

Предмет исследования – значимость появления технологий AR и VR в процессе развития городской среды Мурманска.

Методологической основой данного исследования стали несколько научных подходов: дедуктивный метод, основанный на построении концептуальных связей, и анализ технологий AR и VR на примере мегаполиса Мурманска, обеспечивающий прикладное понимание исследуемого вопроса.

Результаты. Показано, как соответствующие технологии виртуальной и дополненной реальности позволяют взглянуть на архитектуру и культуру прошлых лет, стать участником уникальной программы на современном этапе развития. AR и VR становятся важнейшими компонентами, обеспечивающими революционный подход к проектированию объектов, помогая на новом уровне взаимодействовать инженерам и архитекторам в проектной деятельности. Технологии виртуальной и дополненной реальности позволяют погрузиться в трехмерную среду, упрощая процесс визуализации объектов. Совместная работа над дизайном и реализацией проектов AR и VR большой командой специалистов помогает расширить границы для разработки эксклюзивных и инновационных пространств.

Ключевые слова: архитектура Мурманска, технологии AR и VR, виртуальная реальность, дополненная реальность

Для цитирования: Филимонова В.В. Внедрение AR и VR в существующую архитектуру города Мурманска. Анализ возможностей // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 2. С. 129–137. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-129-137. EDN: YHGXKK

ORIGINAL ARTICLE

IMPLEMENTATION OF AUGMENTED AND VIRTUAL REALITIES IN MURMANSK ARCHITECTURE. EXPLORATORY STUDY**Victoria V. Filimonova***Murmansk Arctic University, Murmansk, Russia*

Abstract. The rapid progress in science, technology and neural network technologies determines the relevance of this research. The paper studies the AR (augmented reality) and VR (virtual reality) technology implementation in the architecture of Murmansk.

Purpose: The purpose of the work is to identify the future implementation of augmented and reality virtual technologies in the urban environment of the city of Murmansk.

Methodology: Several scientific approaches are used: a deductive method based on building conceptual connections, and the analysis of AR and VR technologies applied in Murmansk, providing the understanding of the issue.

Research findings: It is shown how virtual and augmented reality technologies help to understand the architecture and culture of the past years, participate in the unique program at the current development stage. AR and VR are essential components that provide a revolutionary approach to the object design, helping engineers and architects to interact on a new level in their design activities. Virtual and augmented reality technologies allow immersing in a three-dimensional environment, simplifying the object visualization. Our research team works at design and implementation of AR and VR projects, expanding the boundaries of exclusive and innovative spaces.

Keywords: Murmansk architecture, AR and VR technologies, virtual reality, augmented reality

For citation: Filimonova V.V. Implementation of Augmented and Virtual Realities in Murmansk Architecture. Exploratory Study. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (2): 129–137. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-129-137. EDN: YHXGKK

Введение

В аспекте ускоренного развития науки, техники, нейросетевых технологий тема настоящего исследования является чрезвычайно актуальной. Технологии виртуальной и дополненной реальности представляют собой значительный прорыв в мире архитектуры, поскольку способствуют визуализации архитекторами и инженерами объектов с высокой степенью детализации. С их помощью пользователи могут «пройтись» по виртуальным зданиям, рассмотреть объекты архитектуры с разных углов и систематизировать знания о прошлом и настоящем пространстве.

Объектом исследования является применение технологий AR (дополненная реальность) и VR (виртуальная реальность) в современной архитектуре г. Мурманска, их структурная наполненность.

Предмет исследования – значимость появления технологий AR и VR в процессе развития городской среды Мурманска.

Цель научного исследования заключается в выявлении особенностей, инновационных подходов и перспектив развития технологий виртуальной и дополненной реальности в рамках формирования городской среды мегаполиса Мурманска.

Задачи исследования:

1. Выявить значение технологий AR и VR в современном архитектурном и социокультурном пространстве Мурманска.
2. Изучить и оценить инновационные решения в области AR и VR.
3. Проанализировать перспективы развития технологий AR и VR.

Систематизация этих ключевых задач позволит в полной мере оценить текущую ситуацию в области инновационных технологий в г. Мурманске и определить векторы перспективных направлений и взаимосвязь образного представления об AR и VR.

Методологическая основа данного исследования состоит в использовании нескольких научных подходов. Во-первых, применяется дедуктивный метод, основанный на построении концептуальных связей. Он позволяет увидеть последовательную связь «от общего к частному». Во-вторых – это анализ технологий AR и VR на примере мегаполиса Мурманска, что обеспечивает прикладное понимание исследуемого вопроса.

Производственный процесс в современном мире развивается с ростом цифровых технологий. В сфере архитектуры и дизайна в последние годы произошли инновационные трансформации благодаря появлению технологий виртуальной реальности (VR – Virtual reality) и дополненной реальности (AR – Augmented reality) [1]. Отличие этих технологий заключается в том, что VR создает смоделированный виртуальный мир, в который погружается пользователь, отделяя его от внешнего мира, тогда как AR оставляет пользователя в физическом мире, координирует его через устройство соответствующими смоделированными элементами. С VR-пространством человек взаимодействует с помощью специальных VR-очков. Дальнейшее взаимодействие исключительно с виртуальными объектами происходит при помощи дополнительного оборудования (костюмы, перчатки). Выделим ключевые черты VR-среды:

- интерактивность – возможность пользователя самостоятельно передвигаться внутри виртуального пространства;
- динамичная среда – гибкое изменение позиции наблюдателя, создающее ощущение активного присутствия в виртуальном окружении и обеспечивающее взаимосвязь между виртуальной средой и пользователем.

Заход в мир виртуальной реальности вызвал бурю успеха в различных областях культуры, и в архитектуре в том числе. Первоначально она была задумана в качестве предмета игровой индустрии, но технологии виртуальной и дополненной реальности очень скоро стали популярны не только в гейм-индустрии.

Идеи о AR и VR стали формироваться среди ученых уже относительно давно благодаря известным основателям жанра киберпанк – Н. Стивенсону, У. Гибсону и Б. Стерлингу. Эти писатели предугадали повсеместное распространение глобальной сети Интернет, предсказав ее влияние на различные аспекты человеческой жизни. Их концепции получили практическое воплощение в XXI в., однако изначально они использовались в сфере развлечений. VR-технологии впервые появились в компьютерных играх, оттуда распространились в сферы архитектуры, искусства и проектирования.

Первые устройства внедрения в виртуальную реальность были достаточно ограничены в использовании. Первоначальное восхищение в гейм-инду-

стрии вокруг разработок Oculus Rift и Google Glass быстро утихло, поскольку эти продукты оказались недостаточно универсальными и подходили для узкого круга людей. Долгое время VR использовали только в игровой индустрии, для рекламных акций и в маркетинговых компаниях для привлечения внимания пользователей.

VR и AR имеют колоссальные перспективы в архитектуре для дизайна и проектирования и уже сейчас применяются различными организациями. В настоящей работе мы поэтапно рассмотрим, каким образом VR в архитектуре видоизменяет настоящую реальность, раскроем основные преимущества технологии, а также приведем примеры ее внедрения в г. Мурманске. Продемонстрируем значимость этих инновационных технологий на всех этапах работы архитектора и дизайнера.

Одной из растущих потребностей современной архитектуры является потребность в качественных инновационных проектах для поддержания конкурентной борьбы, и одним из главных достижений технического прогресса становятся VR и AR.

Улучшенная визуализация

Модели трехмерного изображения (3D) на сегодняшний день широко применяются в архитектуре, однако они не способны передать реалистичность и погружение в среду, которые обеспечивают виртуальная и дополненная реальность. В отличие от VR, где создается новая реальность, AR предполагает взаимодействие с дополненным физическим окружением с использованием жестов, маркеров, выбора различных команд на устройстве, голоса и др. [2]. AR создает коммуникативные связи между архитекторами, дизайнерами и клиентами, обеспечивая безопасность и удобство совместной работы (рис. 1).



Рис. 1. VR-технологии в сфере архитектуры ¹

Fig. 1. VR technologies in architecture

¹ URL: <https://design-mate.ru/read/objects/read/an-experience/vr-technologies-in-work-on-architectural-projects>

VR-технологии помогают:

- визуализации задуманного строительного объекта в мельчайших деталях;
- точному определению пространственного расположения и объема;
- проверке соотношения частей архитектуры и дизайна;
- оценке выбора интерьерных решений до начала строительных работ.

Программное обеспечение, например Enscape, позволяет архитекторам в режиме реального времени передвигаться по объекту в виртуальной среде, помогая потенциальным клиентам и проектировщикам ознакомиться с проектом до его фактического возведения. Аналогичным образом работают такие решения, как Autodesk Revit в сочетании с устройствами VR, такими как HTC Vive и Oculus Rift, которые позволяют «прогуляться» по проектируемому объекту, оценивая его масштабы и пропорциональность.

Данный метод особенно полезен при продаже зданий на стадии строительства, а также в случаях, когда покупатель не имеет возможности осмотреть здание или иную постройку лично. Виртуальный «тур» позволяет клиенту всесторонне оценить объект, экономя время и прочие ресурсы обеих сторон.

Технологии AR и VR значительно упрощают процесс внесения изменений в проект. Такие приложения, как IrisVR или ARki, позволяющие архитекторам и дизайнерам вносить, видоизменять и удалять элементы непосредственно в виртуальной среде, способствуют быстрой корректировке проекта. Заказчики получают возможность сразу видеть вносимые изменения и участвовать в процессе доработки [3].

Примером инструмента для визуализации архитектурных объектов в AR является Microsoft HoloLens, который используется непосредственно на строительной площадке для демонстрации проектов в натуральную величину. Это позволяет клиентам сформировать самое точное представление о проекте и активно участвовать в его доработке [4].

Наиболее эффективным способом формирования у заказчика наиболее четкого представления о строящемся объекте является использование VR. Так, платформа Unity Reflect предлагает VR-презентации с детальной проработкой, демонстрирующие планировку, пространство, а также освещение в разное время суток. Это помогает заказчику объективнее оценить проект и принять обдуманное решение [5].

В AR-реальности проектировщики применяют Microsoft HoloLens для демонстрации проекта в реальном масштабе, создавая эффект присутствия на строительной площадке.

Машина времени: прогулка по Мурманску с VR и AR

Что касается внедрения технологий VR и AR в архитектуру г. Мурманска, стоит отметить появление виртуальной экскурсии, позволяющей погрузиться в атмосферу города 1920, 1930, 1960 и 1970-х гг. и ощутить дух прошлого столетия, наслаждаясь архитектурой того времени.

Разработка этой экскурсионной программы заняла более года. Разработчики тщательно изучали архивные материалы, исследовали культурные обычаи, бытовые особенности, моду и фольклор Мурманска разных исторических периодов. Авторы программы выбрали семь наиболее значимых событий из ис-

тории мегаполиса, которые ярко демонстрируют его характер и уникальные черты. Программа включает в себя семидневный цикл, позволяющий глубже понять сложную природу Мурманска. Дополнительно предусмотрен гастрономический сюрприз, соответствующий выбранной тематике (рис. 2–4).

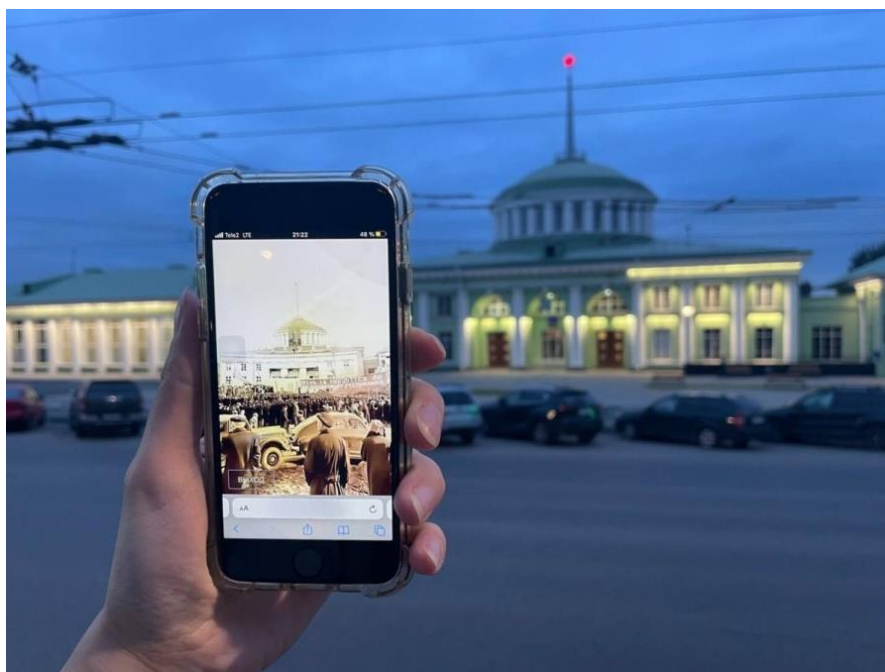


Рис. 2. Виртуальная экскурсия с использованием AR- и VR-технологий²
Fig. 2. Virtual tour based on AR and VR technologies



Рис. 3. Прогулки по Мурманску с использованием AR- и VR-технологий³
Fig. 3. Walking around Murmansk using AR and VR technologies

² URL: <https://experience.tripster.ru/experience/49178/>

³ Там же.



Рис. 4. Гастросюрприз для участников экскурсии по Мурманску с использованием AR- и VR-технологий

Fig. 4. Gastronomic surprise for tour participants around Murmansk using AR and VR technologies

7 дней – 7 окон

За основу проекта была взята коллекция из более чем ста фотографий Мурманска прошлого столетия, на основе которых были созданы уникальные «порталы-окна». Они позволяют участникам экскурсии перенестись в прошлое, оказавшись в центре значимых событий. Путешествуя сквозь разные эпохи, посетители увидят целостную картину городской жизни, которая сложится, как пазл, из отдельных фрагментов. Вместе с этими «порталами-окнами» экскурсантам предлагаются музыкальные композиции, звуковое сопровождение и закадровые истории, что делает путешествие не только зрительным, но и эмоционально насыщенным. Посетители не просто услышат историю Мурманска, а увидят ее, ощущая свое присутствие в тех временах. Эта концепция действительно напоминает работу машины времени.

Во время экскурсии участники:

- станут свидетелями зарождения и становления мегаполиса;
- познакомятся с известными личностями, связанными с историей города;
- погрузятся в атмосферу 1920, 1930, 1960 и 1970-х гг.

Уникальность экскурсии:

– Необычная программа – экскурсия представляет собой уникальный продукт, аналогов которому пока нет в большинстве регионов. Контент программы прошел тщательную проверку профессиональных историков, что гарантирует высокую достоверность представленной информации.

– Использование новейших технологий дополненной (AR) и виртуальной (VR) реальности открывает новый подход к экскурсионной деятельности и систематизации культурного наследия.

– Гастрономическая составляющая. Участники имеют возможность попробовать блюда, популярные в Мурманске в 1970-е гг., идентично воссозданные и изготовленные специально для экскурсионной программы, что усиливает эффект погружения в атмосферу прошлого.

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что технологии виртуальной и дополненной реальности открывают огромные перспективы для развития и модернизации культурных сфер, включая архитектуру. Они позволяют сочетать физические качества объектов с возможностями интерактивного взаимодействия человека с окружающей средой, обеспечивая большую точность и повышение эффективности проектировочных процессов. Выбор соответствующего метода «человек плюс машина» улучшает способы взаимодействия между человеком и цифровыми системами через звуковые воздействия, освещение, цвет и разнообразные взаимодействия с моделированными объектами. В настоящее время данные технологии становятся необходимым инструментом для разработки проектов во всех областях науки и культуры и в области архитектуры. Эти технологии позволяют оценивать виды и результативность проектов и дают возможность вносить изменения на любых этапах их реализации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Milovanovic J., Moreau G., Siret D., Miguet F.* Virtual and Augmented Reality in Architectural Design and Education An Immersive Multimodal Platform to Support Architectural Pedagogy // 17th International Conference, CAAD Futures, Istanbul, 2017. Jul. Turkey. Istanbul, 2017.
2. *Дорохов Д.С., Овчинников И.И.* Взаимодействие технологий информационного моделирования с возможностями виртуальной и дополненной реальности // Вестник Евразийской науки. 2022. Т. 14. № 3. URL: <https://esj.today/PDF/52SAVN322.pdf> (дата обращения: 06.05.2023). EDN: FJTESY
3. *Разяпов Р.В.* Применение методов дополненной реальности в строительстве // Экономика строительства. 2021. № 05 (71). EDN: BWTQCW
4. *Ермаков Н.А.* Применение технологии дополненной реальности в системе организации совместной работы над объектами в реальном мире // Вопросы науки и образования. 2019. № 13 (60). EDN: FPNXGN
5. *Юлбарисова Д.Р., Максимов П.В.* Дополненная реальность – текущее состояние и тенденции развития // МНИЖ. 2014. № 8-1 (27). EDN: SMYZSH

REFERENCES

1. *Milovanovic J., Moreau G., Siret D., Miguet F.* Virtual and Augmented Reality in Architectural Design and Education an Immersive Multimodal Platform to Support Architectural Pedagogy. In: *Proc. 17th Int. Conf., CAAD Futures*, Istanbul, 2017.
2. *Dorokhov D.S., Ovchinnikov I.I.* Interaction of Information Modelling Technologies with Virtual and Augmented Realities. *Vestnik Evraziiskoi nauki*. 2022; 14 (3). Available: <https://esj.today/PDF/52SAVN322.pdf> (accessed June 6, 2023). EDN: FJTESY (In Russian)
3. *Razyapov R.V.* Application of Augmented Reality Methods in Construction. *Ekonomika stroitel'stva*. 2021; 5 (71). EDN: BWTQCW (In Russian)
4. *Ermakov N.A.* Application of Augmented Reality in Joint Work on Objects in the Real World. *Voprosy nauki i obrazovanie*. 2019; 13 (60). EDN: FPNXGN (In Russian)

5. Yulbarisova D.R., Maksimov P.V. Augmented Reality: Current State and Development Trends. *MNIJ*. 2014; 8-1 (27). EDN: SMYZSH (In Russian)

Сведения об авторе

Филимонова Виктория Вадимовна, доцент, Мурманский арктический университет,
г. Мурманск, ул. Капитана Егорова, 15, viktorija_filimonova@bk.ru

Author Details

Victoria V. Filimonova, A/Professor, Murmansk Arctic University, 15, Kapitana Egorova
Str., Murmansk, Russia viktorija_filimonova@bk.ru

Статья поступила в редакцию 21.10.2024
Одобрена после рецензирования 04.03.2025
Принята к публикации 12.03.2025

Submitted for publication 21.10.2024
Approved after review 04.03.2025
Accepted for publication 12.03.2025

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

BUILDING AND CONSTRUCTION

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 2. С. 138–150.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (2): 138–150.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 69.059

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-138-150

EDN: KSNNQB

ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОРИГИНАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

Дмитрий Юрьевич Саркисов

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Томск, Россия*

Аннотация. Актуальность работы обусловлена возникшей практической задачей по капитальному ремонту здания объекта культурного наследия федерального значения. Здание возведено в г. Томске по адресу: пл. Соляная, 4, и является одним из первых объектов в Томске, в котором применены монолитные железобетонные конструкции. Работы осложнялись тем, что обследование проводилось при функционировании здания.

Цель работы: произвести обследование технического состояния оригинальных конструкций монолитных железобетонных перекрытий здания.

Методы исследования: обмерные работы, измерения на основе взаимодействия магнитного поля с металлическими элементами, метод корреляционной зависимости параметров ударного импульса от упругопластических свойств контролируемого материала, метод предельных состояний, метод конечных элементов.

Результаты. Выполнено обследование технического состояния монолитных железобетонных перекрытий здания, определены геометрические размеры, прочностные характеристики, некоторые параметры армирования, оценена возможность дальнейшей эксплуатации конструкций.

Ключевые слова: железобетонные монолитные конструкции, объект культурного наследия, обследование зданий, прочность бетона, армирование

Для цитирования: Саркисов Д.Ю. Обследование технического состояния оригинальных конструкций монолитных железобетонных перекрытий // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 2. С. 138–150. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-138-150. EDN: KSNNQB

ORIGINAL ARTICLE

FULL SURVEY OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE FLOORS

Dmitriy Yu. Sarkisov

Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

Abstract. The relevance of the work is determined by the major renovation of the building belonging to the cultural heritage of the federal significance. The building locates in Tomsk on 4, Solyanaya Sq. and uses some of the first monolithic reinforced concrete floors in Tomsk. The full survey is complicated by the fact that the building is in function.

Purpose: The aim is the full survey of monolithic reinforced concrete floors of the building.

Methodology: Measurements based on the interaction between the magnetic field and structural elements, the method of correlation dependence of shock pulse parameters on the elastoplastic properties of the material, limiting state method, the finite element method.

Research findings: The full survey is performed for monolithic reinforced concrete floors, geometric dimensions, strength analysis, and some reinforcement parameters are determined, and further operation of the building is evaluated.

Keywords: reinforced concrete monolithic floor, cultural heritage, full survey, concrete strength, reinforcement

For citation: Sarkisov D.Yu. Full Survey of Monolithic Reinforced Concrete Floors. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (2): 138–150. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-138-150. EDN: KSNQVB

Актуальность исследования и описание объекта

Необходимость обследования технического состояния строительных конструкций здания была вызвана его планируемым капитальным ремонтом в связи с тем, что многие строительные конструкции получили различные повреждения в ходе длительной эксплуатации. В ходе выполнения обследований технического состояния строительных конструкций часто возникают различные неординарные задачи [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8], для решения которых необходимо произвести комплекс инженерных работ.

В рассматриваемом здании сложности при выполнении работ были обусловлены тем, что здание является объектом культурного наследия федерального значения, построено более 100 лет назад, на здание отсутствует проектная документация, в нем применены оригинальные нетиповые монолитные железобетонные конструкции, практически не имеющие аналогов, имелись различные повреждения строительных конструкций, обследование нужно было провести без остановки эксплуатации здания.

Здание на пл. Соляной, 4, построено в 1911–1912 гг. по проекту архитектора А.Д. Крячкова для «Дома науки» (рис. 1). Строительство осуществлялось главным образом на деньги известного сибирского предпринимателя и мецената П.И. Макушина. При постройке здания были применены монолитные железобетонные конструкции, разработанные первой в Сибири инженерно-строительной фирмой «Ц. Любинский и Э. Векер», зарегистрированной в 1905 г. в Томске. Построенный «Дом науки» располагал 8 аудиториями на 960 мест,

7 кабинетами, комнатами для директора, канцелярии, лекторов и библиотеки; в полуподвальном этаже находились шинельная, столовая с отделением для плиты и 14 комнат для служащих.

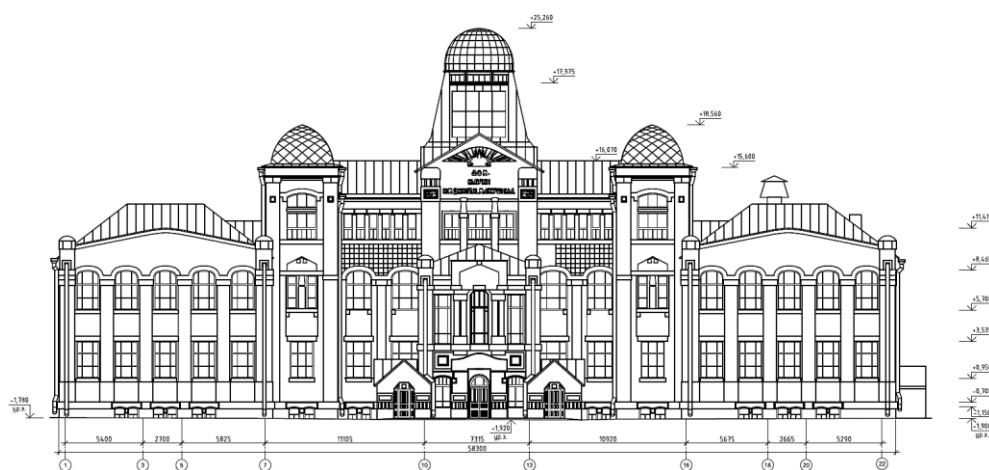


Рис. 1. Здание по пл. Соляной, 4, в г. Томске¹
Fig. 1. The theater building on 4, Solyanaya Square in Tomsk

¹ URL: <http://map.admin.tomsk.ru/>

Здание «Дома науки» разноэтажное (2, 3, 4 этажа), с цокольным этажом и подвалом в отдельных осях, кирпичное на бутовых фундаментах. Объемно-пространственная композиция здания состоит из трех разноэтажных объемов. Основной – центральный объем, увенчанный куполом, имеет планировочное развитие в глубину квартала. Объем прямоугольный в плане с дугообразно выгнутой стеной северного фасада. Центральную часть фасада занимает выступающий 2-этажный объем парадной лестницы. Симметрично с двух сторон от центрального объема расположены, со значительным выступом от плоскости фасада, два прямоугольных в плане 2-этажных объема. В ходе эксплуатации к зданию были выполнены пристройки (в кирпичном исполнении) для входа в здание. Объект имеет сложную форму в плане, с габаритными размерами в осях 37,01×58,82 м. Общая высота от отметки чистого пола первого этажа составляет 25,26 м. Для перемещения между этажами имеются три внутренние лестницы. В настоящее время в здании размещается областное государственное автономное учреждение культуры Томский областной театр куклы и актера «Скоморох» имени Романа Виндермана.

Стропильная система во всех частях здания выполнена деревянной, различной конфигурации. В осях «Г-Ж, 10-13» устроен деревянный шестнадцатигранный купол. На остальных участках устроена скатная крыша. В ходе предшествующих реконструкций часть деревянных элементов стропильной системы была заменена на новые, кровля выполнена из кровельной стали с фальцевыми соединениями. Над кровлей выступают трубы и слуховые окна.

Междуэтажные и чердачные перекрытия здания выполнены с различным конструктивным решением. Имеются каменные цилиндрические своды по металлическим балкам, деревянные перекрытия, монолитные железобетонные – по металлическим балкам (устроены в ходе предшествующих реконструкций взамен деревянных). Наибольший интерес представляют монолитные ребристые железобетонные перекрытия оригинальной конструкции.

Целью настоящей работы является оценка технического состояния конструкций монолитных железобетонных ребристых перекрытий здания и возможности их дальнейшей эксплуатации.

Конструктивное решение монолитных перекрытий

В ходе выполнения работ по определению конструктивного решения всех монолитных перекрытий проводились обмерные работы при помощи рулеток, линеек, лазерных дальномеров. Для оценки диаметров арматуры использовались штангенциркули, характеристики арматуры определялись как минимальные с учетом года постройки здания, имеющихся исторических данных о производстве арматуры в России [9] и действующих норм по железобетонным конструкциям и обследованию зданий и сооружений. На участках, где вскрытия не производились или были невозможны, количество стержней арматуры определялось неразрушающими методами [10, 11], измерениями на основе взаимодействия магнитного поля с металлическими элементами (сканер арматуры Hilti PS 50). Прочностные характеристики бетона также определялись неразрушающими методами [12], а конкретно методом корреляционной зависимости параметров ударного импульса от упругопластических свойств контролируемого материала (прибор Оникс-2.5).

Перекрытие над фойе первого этажа. Над фойе первого этажа в осях «Г-Ж, 8-15» перекрытие выполнено монолитным железобетонным ребристым (рис. 2), имеющим сложную геометрическую форму. Перекрытие разбито на три участка в осях «Г-Ж, 8-10» ($7,13 \times 5,3$ м), «Г-Ж, 10-13» ($7,13 \times 6,3$ м) и «Г-Ж, 13-15» ($7,13 \times 5,3$ м), каждый из которых выполнен в виде железобетонной плиты толщиной 80 мм, которая опирается на систему ребер в виде центрального круга (наружный диаметр 1,75 м) и расходящихся от него восьми лучей. Ширина ребер перекрытия составляет 180 мм, а высота без учета толщины плиты – 200 мм. К опорам ребра изгибаются, и высота их изменяется, высота ребер у опоры составляет около 350 мм. Для определения армирования перекрытия в нижних частях плиты и ребра механическим способом производился локальный скол защитного слоя бетона с оголением арматуры и последующими ее замерами.

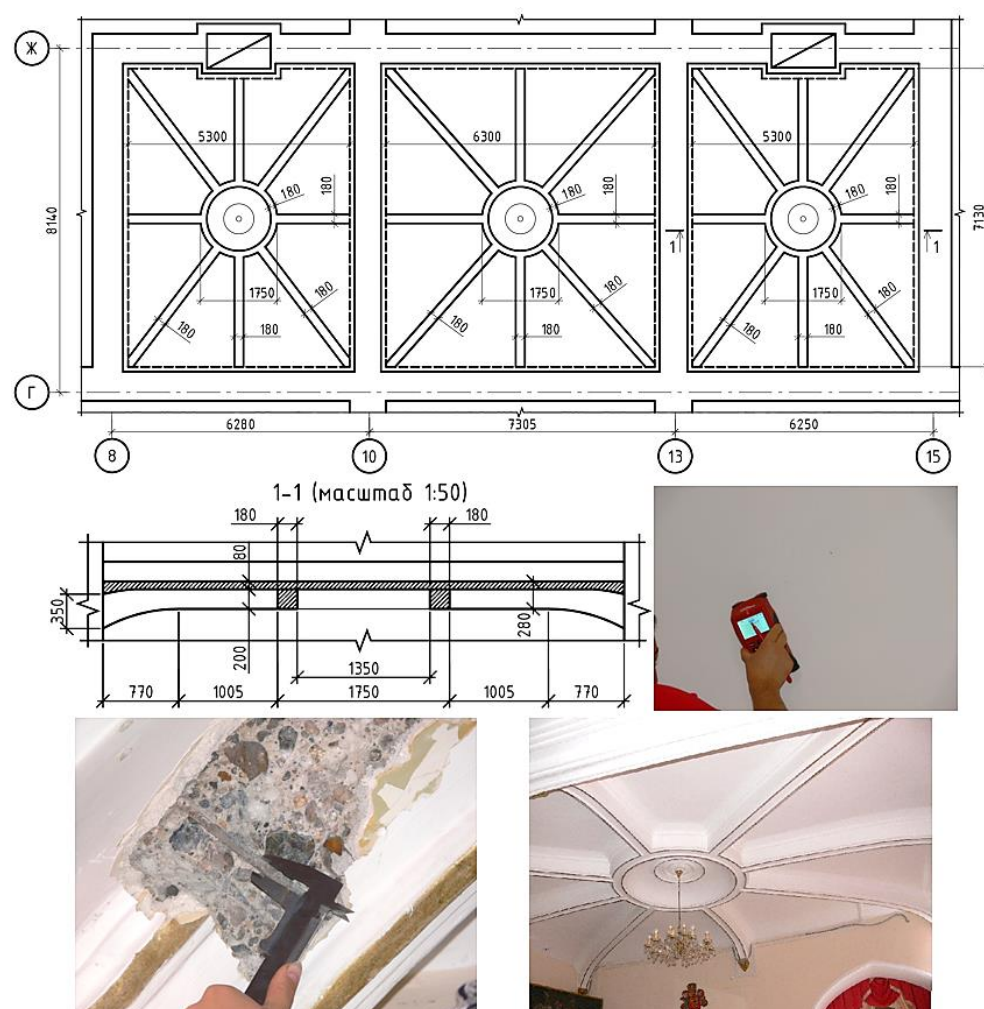


Рис. 2. Определение конструкции перекрытия над фойе первого этажа
Fig. 2. Determination of the floor structure above the foyer on the first floor

Вскрытия ребер и плитной части перекрытия производились в углу в приопорной зоне (в связи с функционированием театра). При вскрытии плиты на глубину до 30 мм (размеры зондажа 220×110 мм) армирование обнаружено не было. В ребрах при вскрытии на глубину до 60 мм были обнаружены лишь хомуты из гладкой арматуры диаметром 8 мм, которые установлены с шагом 200 мм. Дальнейшее механическое повреждение ребер и плиты не производилось в связи с опасностью снижения ее несущей способности, к тому же в указанных конструкциях отсутствовали какие-либо повреждения, свидетельствующие о снижении несущей способности. Для нахождения арматуры в дальнейшем использовали сканер арматуры Hilti, который показал наличие двух стержней арматуры в растянутой зоне в ребрах и наличие сетки в плите с ячейкой 100×100 мм.

Перекрытие над залом первого этажа. Над залом первого этажа в осях «Л-П, 8-15» устроено монолитное железобетонное кессонное перекрытие (рис. 3) с опиранием на монолитные железобетонные балки по осям «10» и «13» и кирпичные стены по осям «8», «15», «П», «Л». Толщина плиты кессонного перекрытия составляет 150 мм, сечение ребер (без учета толщины плиты) – 160×135 мм.

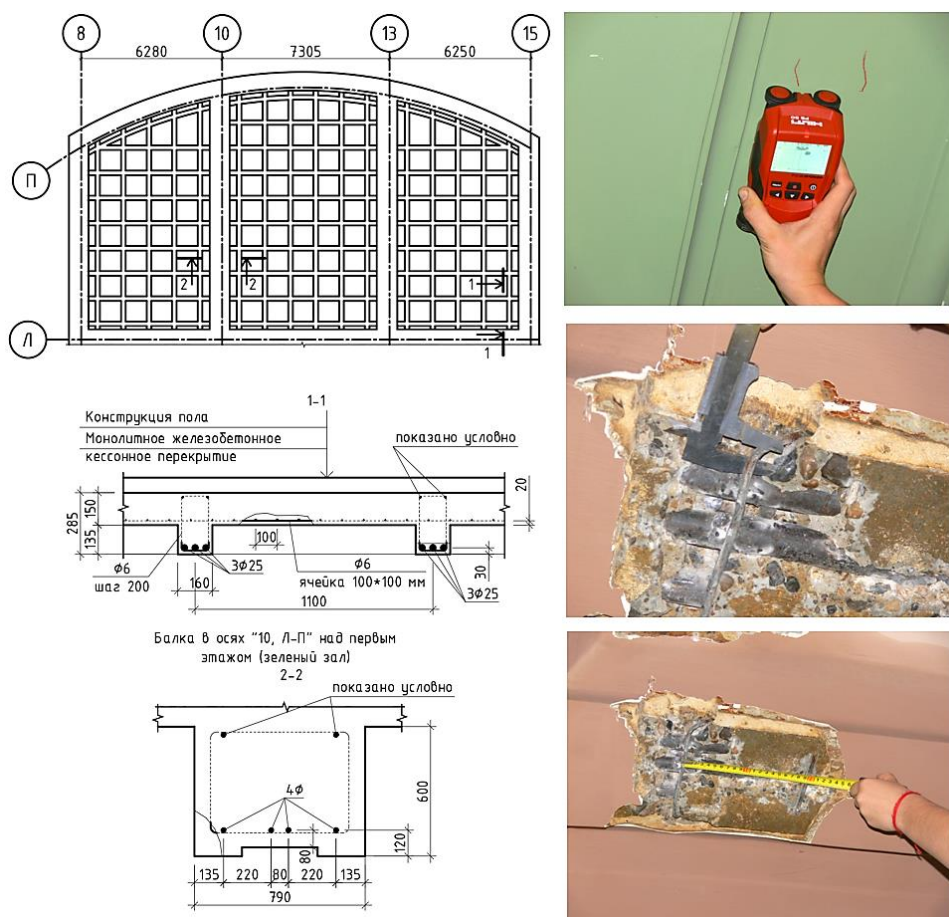


Рис. 3. Определение конструкции перекрытия над залом первого этажа
Fig. 3. Determination of the floor structure above the first floor hall

Общая высота кессонного перекрытия – 285 мм. Толщина плиты кессонного перекрытия определялась путем просверливания отверстия в плитной части. Шаг ребер кессонного перекрытия в обоих направлениях составляет 1100 мм. Для определения армирования кессонного перекрытия в нижних частях плиты и ребра механическим способом производился локальный скол защитного слоя бетона с оголением арматуры и последующими ее замерами. Армирование нижней части плиты выполнено в виде арматурной сетки из гладкой арматуры диаметром 6 мм, с ячейкой 100×100 мм. Армирование ребра в нижней зоне выполнено тремя продольными стержнями гладкой арматуры диаметром 25 мм. Поперечная арматура ребер выполнена в виде хомутов диаметром 6 мм с шагом 200 мм. Ребра кессонного перекрытия по осям «10» и «13» опираются на монолитные железобетонные балки, которые в свою очередь опираются на кирпичные пилястры. Железобетонные балки имеют размеры поперечного сечения 790×600 мм. При механическом вскрытии защитного слоя бетона балки на глубину до 100 мм (с угла балки) продольных стержней обнаружено не было. Дальнейшее механическое повреждение балки не производилось в связи с опасностью снижения ее несущей способности. В указанных балках отсутствовали какие-либо повреждения, свидетельствующие о снижении несущей способности. Для нахождения арматуры балки в дальнейшем использовали сканер арматуры Hilti, который показал наличие четырех стержней арматуры в растянутой зоне на глубине около 120 мм. В ходе механических вскрытий были обнаружены хомуты из гладкой арматуры диаметром 10 мм, шаг которых составляет 270 мм.

Перекрытие над залом второго этажа. Над залом второго этажа в осях «Ж-П, 8-15» также устроено монолитное железобетонное кессонное перекрытие. Ребра перекрытия опираются на монолитные железобетонные фермы по осям «10» и «13» и на каменные стены по осям «Ж», «П», «8», «15». Толщина плиты кессонного перекрытия составляет 230 мм, сечение ребер (без учета толщины плиты) – 250×170 мм. Общая высота кессонного перекрытия – 400 мм. В местах расположения ребер перекрытия, подходящих к стойкам ферм и передающих на них нагрузки, имеется дополнительное утолщение перекрытия на 100 мм шириной 1,0 м. Толщина кессонного перекрытия определялась путем просверливания отверстия в плитной части, замеров рулеткой и дальномером, а также вскрытием зондажа на чердачном перекрытии в зоне расположения нижнего пояса фермы. Шаг ребер кессонного перекрытия в обоих направлениях составляет 1550 мм.

Для определения армирования кессонного перекрытия в нижних частях плиты и ребра механическим способом производился локальный скол защитного слоя бетона с оголением арматуры и последующими ее замерами. Армирование нижней части плиты выполнено в виде арматурной сетки из гладкой арматуры диаметром 6 мм, с ячейкой 150×150 мм. Армирование ребра в нижней зоне выполнено двумя продольными стержнями гладкой арматуры диаметром 10 мм. Поперечная арматура ребер выполнена в виде хомутов диаметром 8 мм с шагом 200 мм. Конструктивное решение и процесс выполнения работ по его определению представлены на рис. 4 и 5.

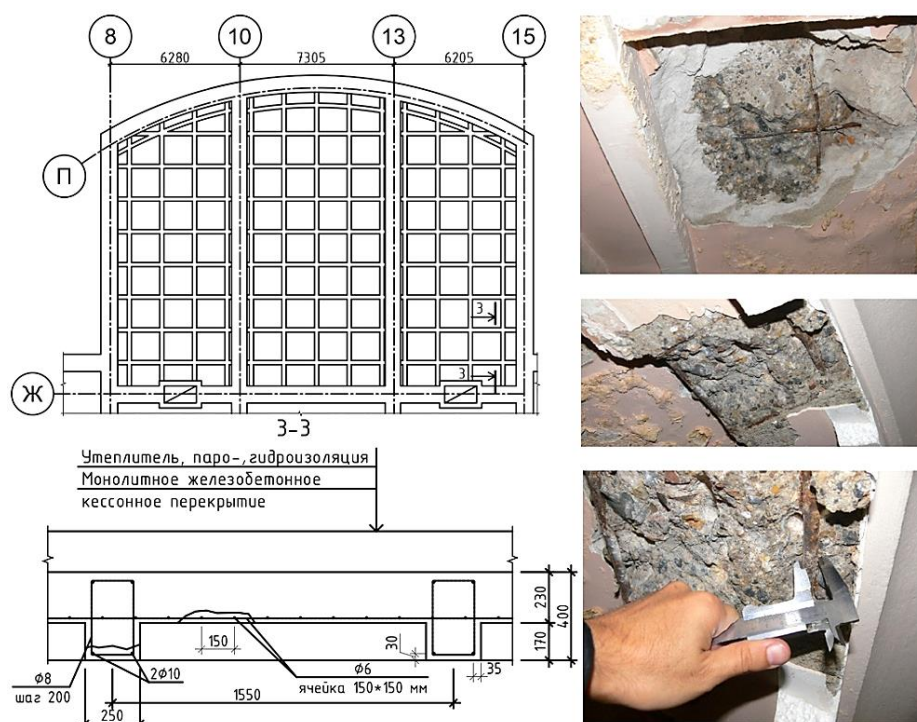


Рис. 4. Определение конструкции перекрытия над залом второго этажа

Fig. 4. Determination of the floor structure above the second floor hall

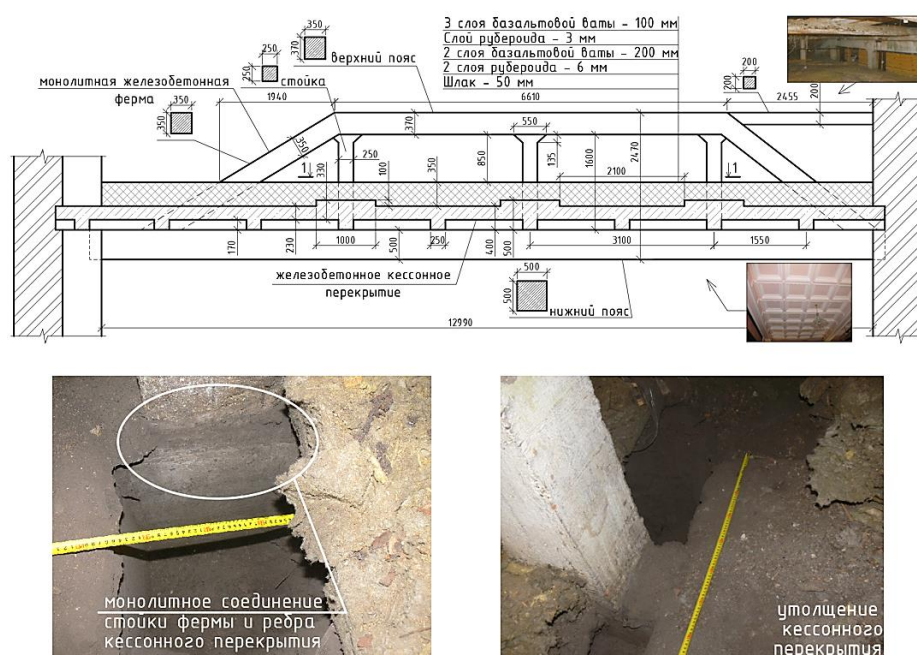


Рис. 5. Разрез по перекрытию над залом второго этажа

Fig. 5. Cross-sectional view of ceiling above the second floor hall

Наибольшую сложность представляло определение конструктивного решения узлов опирания кессонного перекрытия на железобетонные стропильные фермы, т. к. вся поверхность перекрытия сверху была закрыта толстым слоем утеплителя из минераловатных плит. Производились локальные вскрытия, но это не позволяло точно установить конструктивное решение. Решению задачи способствовало изучение и анализ архивных документов и обнаруженной исторической фотографии устройства железобетонного потолка большой аудитории во время строительства (рис. 6).

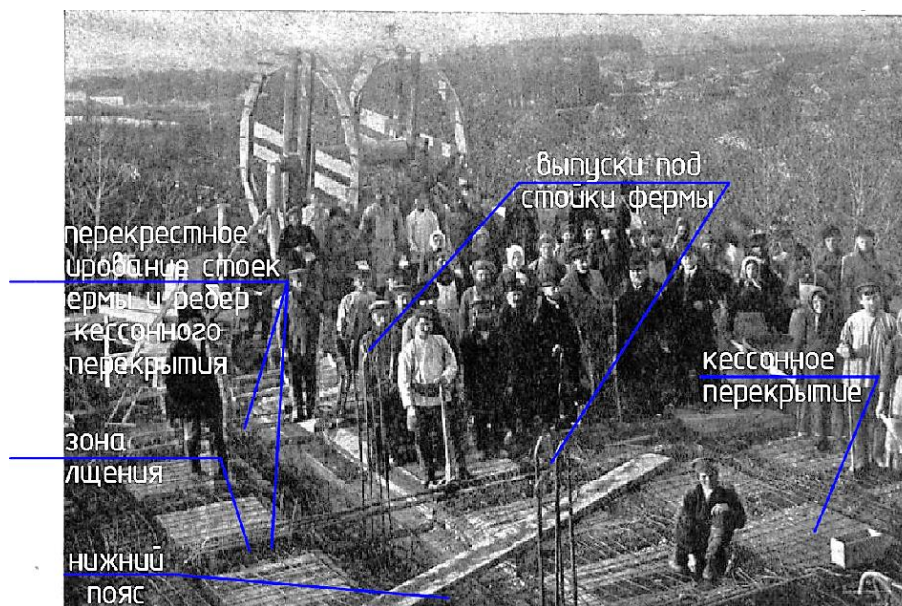


Рис. 6. Железобетонный потолок большой аудитории во время его устройства. Репродукция из книги «Дом Науки имени Петра Ивановича Макушина в г. Томске», Томск, 1912 г.

Fig. 6. Reinforced concrete floor of a large auditorium during its installation. Reproduction from the book "Peter Ivanovich Makushin House of Science in Tomsk", 1912

Оценка возможности дальнейшей эксплуатации перекрытий

Оценка возможности дальнейшей безопасной эксплуатации монолитных перекрытий здания производилась исходя из анализа всех возможных данных. В результате осмотра конструкций перекрытий снизу было установлено, что они не имеют повреждений, значительно снижающих несущую способность. Имелись локальные участки замасливания, небольшие сколы бетона и загрязнения. Сверху перекрытия были недоступны для осмотра т. к. закрыты полами или чердачным утеплителем.

Прямая оценка несущей способности монолитного железобетонного ребристого перекрытия над фойе первого этажа в осях «Г-Ж, 8-15» здания путем проведения расчетов не производилась в связи:

– с функционированием здания театра и невозможностью проведения работ по механическому вскрытию для полного определения параметров армирования;

- отсутствием проектной документации;
- тем, что при попытке локального определения армирования ребра и плиты механическим способом на глубину до 60 и 40 мм соответственно армирование обнаружено не было. Дальнейшее механическое повреждение конструкций не производилось, безопасность таких работ будет обеспечена только после раскрепления конструкций перекрытия, установки подпорок или других разгружающих элементов, что невозможно без закрытия здания на ремонт или реконструкцию;
- невозможностью достоверного прогнозирования влияния механических повреждений при определении армирования на напряженно-деформированное состояние конструкции, которая эксплуатируется более 100 лет;
- тем, что с помощью применения сканирующих приборов невозможно получить полную картину об армировании.

Однако жесткость перекрытия в осях «Г-Ж, 8-15» была оценена на основе созданной пространственной конечно-элементной модели в среде программного комплекса SCAD. Расчетная модель была выполнена для центрального (максимального по размерам) фрагмента перекрытия в осях «Г-Ж, 10-13». Расчетная модель содержала 413 элементов и 289 узлов. Конечно-элементная модель и общие результаты расчета приведены на рис. 7.

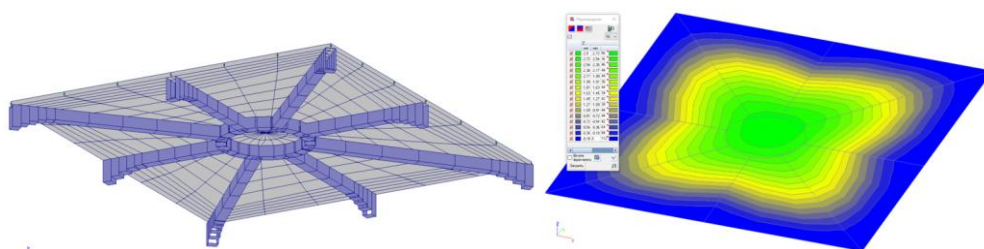


Рис. 7. Конечно-элементная модель и общие результаты расчета
Fig. 7. Finite element model and general calculations

Максимальные вертикальные перемещения (прогибы) в элементах перекрытия составили $f = 2,9$ мм, что меньше предельно допустимого значения $[f] = 31,1$ мм, согласно СП «Нагрузки и воздействия» при меньшем пролете перекрытия, равном 6300 мм ($6300/202,5 = 31,1$ мм).

Оценка несущей способности кессонных перекрытий производилась также при помощи вычислительного комплекса SCAD. С этой целью были созданы пространственные конечно-элементные модели средних частей кессонных перекрытий. В результате расчетов было получено, что максимальные прогибы кессонных перекрытий от действия полных нагрузок составили 2,58 мм, что не превышает предельно допустимого значения прогиба $[f] = 31,52$ мм при меньшем размере пролета фрагмента 6430 мм ($6430/204 = 31,52$ мм).

В результате выполненных расчетов были получены напряжения в плитной части перекрытия и эпюры усилий в стержнях (ребра кессонного перекрытия). В результате выполненной оценки несущей способности было получено, что прочность сечений плитной части перекрытия обеспечена, при этом максималь-

ный коэффициент использования составляет $K_{исп} = 0,86$. Конечно-элементная модель и общие результаты расчета кессонного перекрытия приведены на рис. 8.

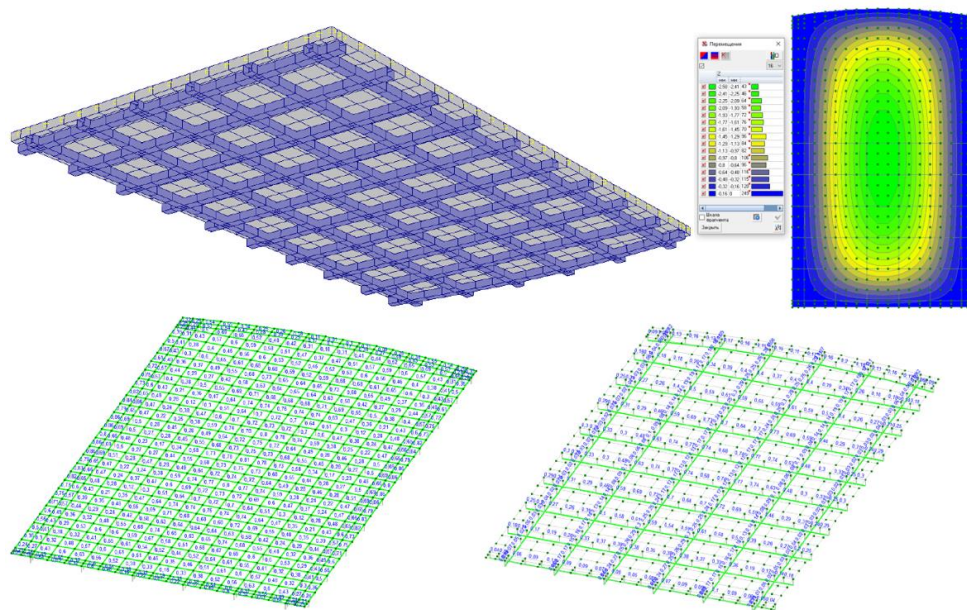


Рис. 8. Конечно-элементная модель и общие результаты расчета кессонного перекрытия
Fig. 8. Finite element model and general calculations of pan floor

Выводы

1. В результате выполненного обследования технического состояния монолитных железобетонных перекрытий здания по адресу: пл. Соляная, 4, в г. Томске, определения прочностных характеристик материалов, сбора фактически действующих нагрузок с учетом требований современных норм проектирования, выполненной оценки жесткости и несущей способности было установлено, что они имеют ряд повреждений и в целом находятся в ограниченно работоспособном состоянии, при этом на момент проведения обследования опасность внезапного обрушения конструкций отсутствует, но за ними необходимо вести наблюдение в связи с длительным сроком эксплуатации. Кроме того, многие части перекрытий были недоступны для осмотра из-за того, что закрыты отделочными материалами, демонтаж которых без остановки функционирования здания театра невозможен.

2. На основании результатов обследования необходимо разработать проект капитального ремонта здания, в процессе которого нужно провести дообследование строительных конструкций перекрытия, которые не были доступны для осмотра.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Плевков В.С., Саркисов Д.Ю., Балдин С.В. Анализ параметров колебательных процессов несущего каркаса производственного здания // Строительство и реконструкция. 2017. № 4 (72). С. 47–56. EDN: ZHNNIP

2. Плевков В.С., Балдин И.В., Саркисов Д.Ю., Фурсов В.В., Тютин Р.В. Особенности оценки технического состояния здания бывшего Томского женского епархиального училища // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 3 (62). С. 69–82.
3. Коробков С.В., Саркисов Д.Ю. Обследование технического состояния несущих конструкций балкона объекта культурного наследия регионального значения // Актуальные научные исследования: от теории к практике : сборник материалов XLIV Международной очно-заочной научно-практической конференции. Москва, 2024. С. 138–141.
4. Римшин В.И., Кецо Е.С., Трунцов П.С., Кузина И.С. Техническое обследование строительных конструкций подземных каналов очистных сооружений // Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения : материалы XI научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2021. С. 82–94. EDN: ZJCPMD
5. Саркисов Д.Ю., Коробков С.В. Причины замачивания строительных конструкций пятого этажа жилого дома // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации (шифр – МКСТР). Москва, 2024. С. 199–204. EDN: FGATLU
6. Sarkisov D.Y., Krylov V.V., Ergeshov E.T., Goussous J.S. Analysis of changes in the survivability of building structures reinforced after an emergency dynamic impact in the context of assessing the security of buildings in the oil and gas industry // International Journal of Advanced and Applied Sciences. 2021. V. 8. № 12. P. 25–35. URL: <https://doi.org/10.21833/ijaas.2021.12.004>
7. Дубровина О.А., Саркисов Д.Ю. Исследование работы железобетонных балок, усиленных обоями // Общество. Наука. Инновации (НПК-2021) : сборник статей XXI Всероссийская научно-практическая конференция. Том 2. Киров : Вятский государственный университет, 2021. С. 415–419. EDN: ZNJFQM
8. Саркисов Д.Ю., Эргешев Э.Т., Дубровина О.Н. Экспериментальные исследования железобетонных балок, усиленных обоями при динамическом нагружении // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения : материалы Международных академических чтений, 18 ноября 2020 г. / под ред. С.И. Меркулова. Курск, 2020. С. 190–196. EDN: VDQAWW
9. Мадатян С.А. Настоящее и будущее арматуры железобетонных конструкций в России // Вестник МГСУ. 2011. № 2-1. С. 33–38. EDN: OUVYKZ
10. Миллер К.А., Легаев В.Р., Ишкин Е.С., Смышляев С.А. Определение фактического армирования при обследовании железобетонных конструкций // Национальная ассоциация ученых. 2015. № 15. С. 102–105.
11. Улыбин А.В. Методы контроля параметров армирования железобетонных конструкций // Magazine of Civil Engineering. 2012. № 1. EDN: ORDEAV
12. Джонс Р., Фэкзоару И. Неразрушающие методы испытаний бетонов / пер. с румынского В.М. Маслобойщикова. Москва : Стройиздат, 1974. 296 с.

REFERENCES

1. Plevkov V.S., Sarkisov D.Yu., Baldin S.V. Analysis of Oscillatory Process Parameters of Bearing Frame of Production Building. *Stroitel'stvo i rekonstrukciya*. 2017; 4 (72): 47–56. (In Russian)
2. Plevkov V.S., Baldin I.V., Sarkisov D.Yu., Fursov V.V., Tytin R.V. Evaluation of Technical Condition of the Former Building of Tomsk Parochial Secondary School for Girls. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2017; 3 (62): 69–82. (In Russian)
3. Korobkov S.V., Sarkisov D.Yu. Full Survey of Load-Bearing Structures of Balcony of the Cultural Heritage of Regional Importance. In: *Proc. 44th Int. Sci. Conf. 'Relevant Research: from theory to Practice'*. Moscow, 2024. Pp. 138–141. (In Russian)
4. Rimshin V.I., Ketsko E.S., Truntov P.S., Kusina I.S. Technical Survey of Underground Channels in Treatment Facilities. In: *Proc. 11th Int. Sci. Conf. 'Full Survey of Buildings: Solutions'*. Saint-Petersburg, 2021. Pp. 82–94. (In Russian)
5. Sarkisov D.Yu., Korobkov S.V. Causes of Apartment Building Soaking at the Fifth Floor. In: *Current Trends in Science Development and Global Community in the Age of Digitalization*. Moscow, 2024. Pp. 199–204. (In Russian)
6. Sarkisov D.Yu., Krylov V.V., Ergeshov E.T., Goussous J.S. Analysis of Changes in the Survivability of Building Structures Reinforced after an Emergency Dynamic Impact in the Context of

- Assessing the Security of Buildings in the Oil and Gas Industry. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*. 2021; 8 (12): 25–35.
7. Dubrovina O.N., Sarkisov D.Yu. Operation of Cage-Reinforced Concrete Beams. In: *Proc. 21st All-Russ. Sci. Conf. 'Society. Science. Innovations'*. Kirov, 2021. Pp. 415–419. (In Russian)
 8. Sarkisov D.Yu., Ergeshev E.T., Dubrovina O.N. Experimental studies of reinforced concrete beams reinforced with clips under dynamic loading. In: *Proc. Int. Sci. Conf. 'Safety of Building Stock in Russia. Problems and Solutions'*. S.I. Merkulov, Ed. 2020. Pp. 190–196. (In Russian)
 9. Madatyan S.A. The Present and the Future of Reinforced Concrete in Russia. *Vestnik MGSU*. 2011; (2-1): 33–38. (In Russian)
 10. Miller K.A., Legaev V.R., Ishkin E.S., Smishlyaev S.A. Determination of Actual Reinforcement in Examination of Reinforced Concrete Structures. *Natsional'naya assotsiatsiya uchenykh*. 2015; (15): 102–105. (In Russian)
 11. Ulibin A.V. Reinforcement Parameter Control of Concrete Structures. *Magazine of Civil Engineering*. 2012; (1). EDN: ORDEAV (In Russian)
 12. Dzhons R., Fekeoaru I. Non-Destructive Testing Methods for Concrete. Moscow: Stroizdat, 1974. 296 p. (Russian translation)

Сведения об авторе

Саркисов Дмитрий Юрьевич, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, Milandd@yandex.ru

Author Details

Dmitrii Yu. Sarkisov, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, Milandd@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 06.02.2025
Одобрена после рецензирования 21.02.2025
Принята к публикации 06.03.2025

Submitted for publication 06.02.2025
Approved after review 21.02.2025
Accepted for publication 06.03.2025

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

BASES, FOUNDATIONS AND SUBSTRUCTURES

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 2. С. 151–160.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (2): 151–160.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 693.22:624.04

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-151-160

EDN: LAZYIQ

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РАЗНОУРОВНЕВОГО ОСНОВАНИЯ ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТА МАССИВНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ЗДАНИЯ

Сергей Васильевич Ющубе, Иван Иванович Подшивалов

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Томск, Россия*

Аннотация. Актуальность моделирования напряженно-деформированного состояния разноразного основания плитного фундамента массивного железобетонного здания в линейной и в конструктивно нелинейной постановке работы грунта.

Целью работы является определение напряженно-деформированного состояния разноразного основания плитного фундамента массивного железобетонного здания в линейно/конструктивно нелинейно деформируемой грунтовой среде с учетом совместной работы грунта как по подошве разноразных фундаментных плит, так и по боковой поверхности подземной части заглубленного блока здания.

Методы. Моделирование напряженно-деформированного состояния разноразного основания, как слоистого материала, в системе «основание – фундамент – здание» выполнено методом конечных элементов с помощью верифицированного программного комплекса Ing+2021 MicroFe.

Результаты. Расчеты показали, что в линейно/конструктивно нелинейно деформируемом разноразном грунтовым основании значения его абсолютных перемещений и относительной разности вертикальных перемещений соответствуют условиям по второй группе предельных состояний.

Ключевые слова: разноразное основание, плитный фундамент, моделирование, расчетная модель, напряженно-деформированное состояние

Для цитирования: Ющубе С.В., Подшивалов И.И. Моделирование напряженно-деформированного состояния разноуровневого основания плитного фундамента массивного железобетонного здания // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 2. С. 151–160. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-151-160. EDN: LAZYIQ

ORIGINAL ARTICLE

MODELING OF STRESS-STRAIN STATE OF RAFT FOUNDATION SPLIT-LEVEL BASE OF MASSIVE CONCRETE-STEEL BUILDING

Sergei V. Yushchube, Ivan I. Podshivalov

Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

Abstract. Purpose: The aim of the work is to determine the stress-strain state of raft foundation split-level base of a massive concrete-steel building in linear and nonlinear formulation of the soil behavior with respect both and on the lateral surface of the at the foundation.

Methodology/approach: The stress-strain state of the split-level base as a layered material in the base–foundation–building system is performed by the finite element method using the verified software package Ing+ 2021 MicroFe.

Research findings: It is shown that in the constructively linearly/nonlinearly deformable earth foundation, its absolute displacements and relative difference in vertical displacements correspond to the service limit state.

Keywords: split-level base, raft foundation, finite element modeling, calculation model, stress-strain state

For citation: Podshivalov I.I., Yushchube S.V. Modeling of Stress-Strain State of Raft Foundation Split-Level Base of Massive Concrete-Steel Building. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (2): 151–160. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-151-160. EDN: LAZYIQ

Учет податливости плитного фундамента на разноуровневом основании при расчете массивного железобетонного здания плитно-стеновой конструктивной схемы весьма актуален [1]. Выбор расчетной модели, которая может наиболее полно отразить конструктивную схему здания, является одним из важнейших факторов при определении напряженно-деформированного состояния строительных конструкций, фундаментов и оснований [2, 3, 4].

Модель линейно деформируемого основания, в которой грунтовая среда представляется упругим материалом, основана на двух допущениях: осадка точки поверхности основания прямо пропорциональна величине нагрузки в этой точке; осадки распространяются за пределы площади нагружения [5, 6].

В соответствии с действующими нормами проектирования в фундаментах на естественном основании допускается появление локальных областей предельного состояния – зон упругопластических деформаций [7]. При этом несущая способность основания в целом по первой группе предельных состояний должна быть обеспечена. В этом случае определяющим является выполнение условий по второй группе предельных состояний по деформациям и перемещениям основания.

Расчетным путем было установлено, что если в основании под фундаментной плитой нагрузка от здания соответствует вертикальным природным напряжениям на уровне подошвы фундаментной плиты, то развитие пластических деформаций в основании может происходить в контурной зоне фундаментной плиты [8, 9].

При появлении упругопластических деформаций в контурной зоне фундаментной плиты рекомендуется применять модели, которые учитывают нелинейную зависимость между напряжениями и деформациями путем использования соответствующих физико-механических характеристик грунтов [10, 11].

ПВК MicroFe позволяет учитывать как упругие, так и неупругие свойства грунта в конечно-элементном моделировании системы «основание – фундамент – здание» [12].

На площадке расположения здания по результатам инженерно-геологических изысканий в пределах изученной толщи грунтов выделено семь основных инженерно-геологических элементов (ИГЭ):

- ИГЭ-7 – супесь песчаная пластичная;
- ИГЭ-8 – песок пылеватый средней плотности и плотный от малой степени водонасыщения до водонасыщенного;
- ИГЭ-11 – суглинок тяжелый пылеватый твердый;
- ИГЭ-12 – суглинок тяжелый пылеватый полутвердый;
- ИГЭ-19 – песок пылеватый плотный средней степени водонасыщения и водонасыщенный;
- ИГЭ-21 – песок средней крупности плотный средней степени водонасыщения и водонасыщенный;
- ИГЭ-23 – глина полутвердая.

Инженерно-геологический разрез площадки с посадкой разноуровневого плитного фундамента здания показан на рис. 1. Расчетные физико-механические характеристики грунтов даны в таблице. Расчетный уровень подземных вод принят на отн. 157.310.

Расчетные физико-механические характеристики грунтов

Calculated physical and mechanical soil properties

№ ИГЭ	Описание грунтов	Природная влажность W , %	Плотность грунта ρ , т/м ³	Угол внутреннего трения φ , град	Сцепление C , кПа	Модуль деформации E , МПа
7	Супесь песчаная пластичная	20,1	2,04	23	15	6
8	Песок пылеватый средней плотности и плотный...	13,6	2,20	34	8	33
11	Суглинок тяжелый пылеватый твердый	22,5	2,03	22	81	44
12	Суглинок тяжелый пылеватый полутвердый	24,0	2,02	23	43	37

Окончание таблицы
End of table

№ ИГЭ	Описание грунтов	Природная влажность W , %	Плотность грунта ρ , т/м ³	Угол внутреннего трения φ , град	Сцепление C , кПа	Модуль деформации E , МПа
19	Песок пылеватый плотный...	19,9	2,06	34	6	59
21	Песок средней крупности плотный...	14,6	2,16	38	3	66
23	Глина полутвердая	23,2	2,02	23	102	34

Примечание. Полное наименование ИГЭ смотри выше.

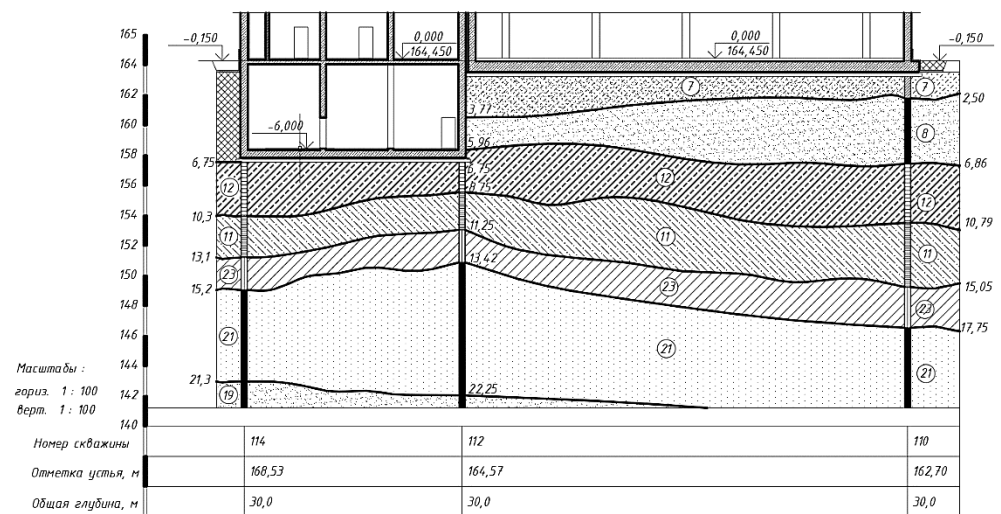


Рис. 1. Инженерно-геологический разрез площадки с посадкой разноуровневого плитного фундамента

Fig. 1. Engineering-geological cross-section of the site with split-level raft foundation

Рассматриваемое здание состоит из двух монолитных железобетонных блоков: блок № 1 – подземная часть с отм. –6.000 до отм. +6.430 с размерами по габаритным осям 20,0×14,0 м и блок № 2 – надземная часть с отм. ±0.000 до отм. +17.560 с размерами по габаритным осям 29,5×21,0 м. Блоки разделены осадочным швом. Толщина монолитных фундаментных плит (МФП) на грунтовом разноуровневом основании составляет 500 мм в блоке № 1 и 800 мм – в блоке № 2. В каждом блоке наружные стены имеют толщину 500 мм, внутренние стены – толщину 200 и 400 мм, перекрытия – 300 мм. В блоке № 2 имеется мостовой кран грузоподъемностью 80/32 тс.

Пространственная жесткость каждого блока здания обеспечивается жестким соединением монолитных конструкций – стен, МФП и перекрытий.

Материал железобетонных конструкций – бетон класса В25 – рассматривался как изотропный.

В расчетной модели железобетонные монолитные стены, перекрытия, МФП моделировались конечным элементом типа «плоский прямоугольный элемент оболочки». Грунтовое основание моделировалось в виде трех слоистых оснований, одно из которых моделировало грунт обратной засыпки пазух, из объемных конечных элементов с послойным заданием модуля деформации и коэффициента Пуассона при использовании линейной модели работы грунтов. Расчетная модель массивного железобетонного здания и ее визуализация приведены на рис. 2.

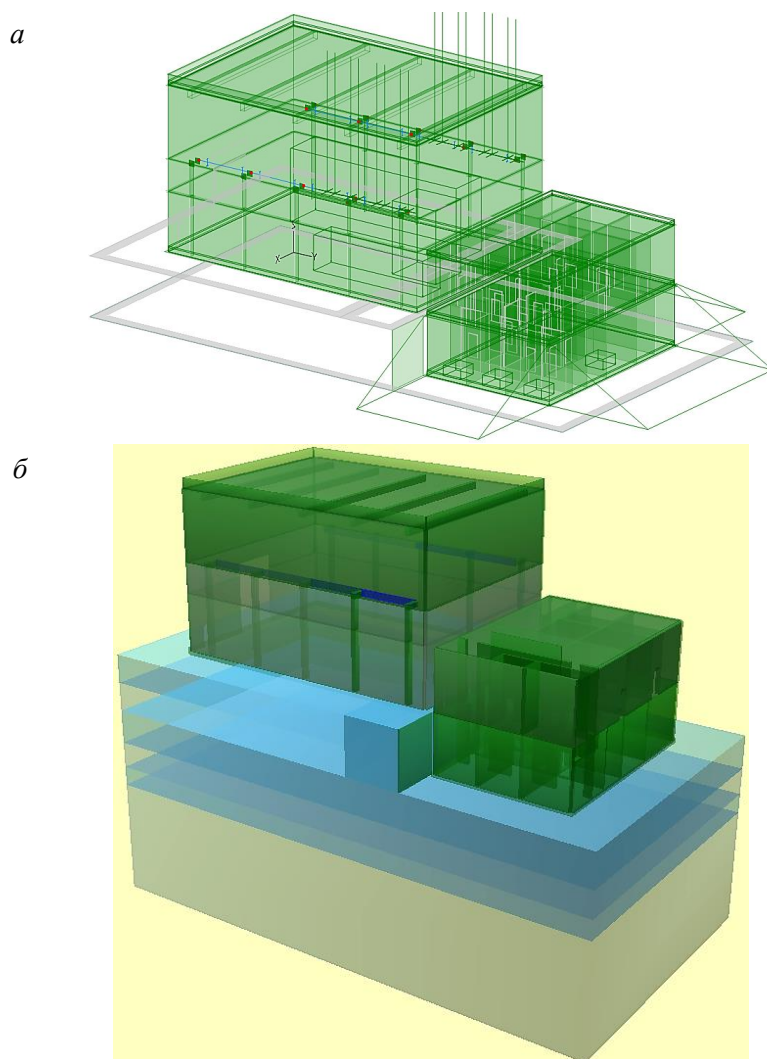


Рис. 2. Расчетная модель здания (а) и ее визуализация (б)
Fig. 2. Computational FEM (a) and visualization (b) of building

Расчет выполнялся с использованием двух расчетных схем:

– расчетная схема № 1 – с плитным фундаментом при линейной работе разнородного грунтового основания;

– расчетная схема № 2 – с плитным фундаментом при конструктивно нелинейной работе разноразногового грунтового основания, когда ограничиваются контактные напряжения по подошве фундаментных плит величиной соответствующего расчетного сопротивления грунта.

Напряженное состояние

Расчетная схема № 1. При линейном деформировании разноразногового грунтового основания получены следующие значения нормальных напряжений (далее – напряжения) в грунте по характерным сечениям (рис. 3):

– в горизонтальном сечении XY на уровне подошвы нижней МФП наибольшие сжимающие вертикальные напряжения возникли в угловых зонах $\sigma_{z \text{ уг}} = -326 \text{ кН/м}^2$ и в контурной зоне $\sigma_{z \text{ кон}} = -186 \text{ кН/м}^2$. Внутри контура в основании нижней МФП сжимающие вертикальные напряжения имеют значительно меньшие значения и составили $\sigma_{z \text{ вн}} = -92 \text{ кН/м}^2$;

– в законтурной области нижней МФП наибольшая величина сжимающих напряжений равна $\sigma_{z \text{ закон}} = -47 \text{ кН/м}^2$ с рассеиванием до значений, близких к нулевым, в направлении от подземной части здания;

– в вертикальном сечении YZ наблюдается перераспределение наибольших сжимающих напряжений в грунте с контурной зоны МФП внутрь грунтового массива сжимаемой толщи основания до величины $\sigma_{z \text{ вн}} = -116 \text{ кН/м}^2$.

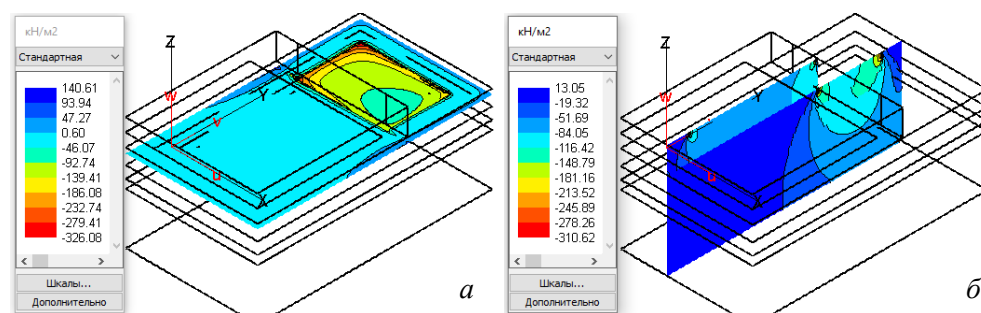


Рис. 3. Изополя вертикальных напряжений в расчетной схеме № 1:

a – в горизонтальном сечении на уровне подошвы нижней МФП; b – в поперечном сечении в осях ZY

Fig. 3. Isofields of vertical stresses in the design diagram 1:

a – horizontal cross-section at the raft foundation bottom; b – longitudinal cross-section along ZY axis

Расчетная схема № 2. При конструктивно нелинейной работе разноразногового грунтового основания контактные напряжения по подошве МФП ограничивались следующей величиной расчетного сопротивления грунта: $R = 250 \text{ кН/м}^2$ – нижняя МФП; $R = 200 \text{ кН/м}^2$ – верхняя МФП; $R = 100 \text{ кН/м}^2$ – пазухи под верхней МФП. В этом случае получены следующие значения нормальных напряжений в грунте по характерным сечениям (рис. 4):

– в горизонтальном сечении XY на уровне подошвы нижней МФП наибольшие сжимающие вертикальные напряжения возникли в контурной зоне $\sigma_{z \text{ кон}} = -218 \text{ кН/м}^2$. Внутри контура в основании нижней МФП сжимающие вер-

тикальные напряжения в грунте снизились практически в два раза до значения $\sigma_{z\text{ вн}} = -105 \text{ кН/м}^2$;

– в законтурной области нижней МФП наибольшая величина сжимающих напряжений равна $\sigma_{z\text{ закон}} = -67 \text{ кН/м}^2$ с рассеиванием до нулевых значений в направлении от подземной части здания;

– в вертикальном сечении YZ наблюдается перераспределение наибольших сжимающих напряжений в грунте с контурной зоны МФП внутрь грунтового массива сжимаемой толщи основания до величины $\sigma_{z\text{ вн}} = -86 \text{ кН/м}^2$.

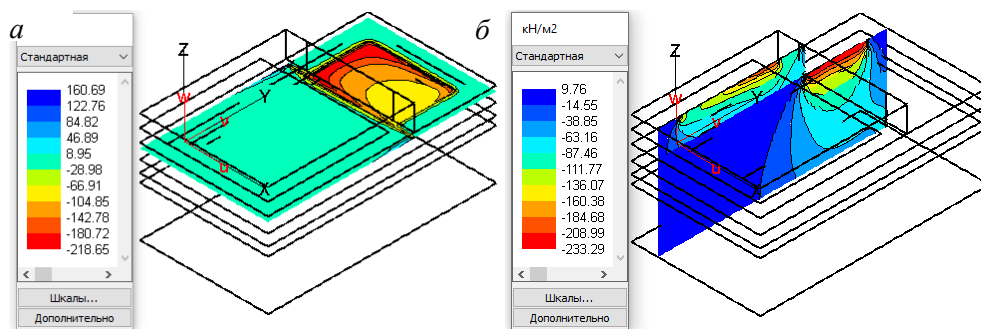


Рис. 4. Изополя вертикальных напряжений в расчетной схеме № 2:

a – в горизонтальном сечении на уровне подошвы нижней МФП; *б* – в поперечном сечении в осях ZY

Fig. 4. Isofields of vertical stresses in the design diagram 2:

a – horizontal cross-section at the raft foundation bottom; *b* – longitudinal cross-section along ZY axis

Таким образом, при ограничении вертикальных напряжений грунта в контактной зоне под подошвами МФП соответствующими расчетными сопротивлениями произошло перераспределение вертикальных напряжений грунта, пиковые значения напряжений в грунте сгладились.

Деформированное состояние

Расчетная схема № 1. При линейном деформировании разноуровневого основания максимальные вертикальные перемещения грунта на уровне подошвы нижней МФП составили $f_{\text{max}} = 35,5 \text{ мм}$ (рис. 5), что значительно меньше предельных значений осадок основания для рассматриваемого типа зданий $S_u^{\text{max}} = 150 \text{ мм}$.

Относительная разность вертикальных перемещений основания составила $(35,5 - 17,2)/20000 = 0,001$ и не превышает предельное значение разности осадок $(\Delta l/L)_u = 0,003$.

Расчетная схема № 2. При конструктивно нелинейной работе разноуровневого основания максимальные вертикальные перемещения грунта на уровне подошвы нижней МФП по сравнению с линейной работой грунта увеличились на 7 % до значения $f_{\text{max}} = 38,2 \text{ мм}$ (рис. 6) и также не превысили предельные значения осадок и относительной разности вертикальных перемещений основания.

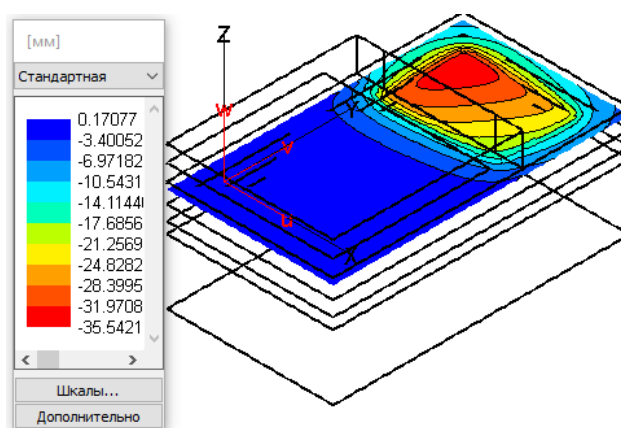


Рис. 5. Изополя вертикальных перемещений на уровне подошвы нижней МФП в расчетной схеме № 1

Fig. 5. Isofields of vertical displacements at the raft foundation bottom in the design diagram 1

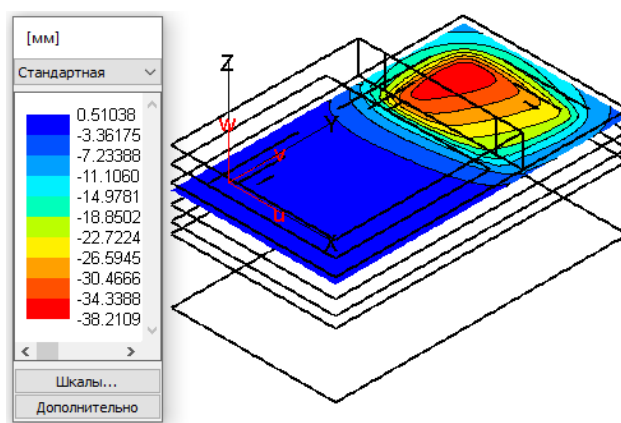


Рис. 6. Изополя вертикальных перемещений на уровне подошвы нижней МФП в расчетной схеме № 2

Fig. 6. Isofields of vertical displacements at the raft foundation bottom in the design diagram 2

Заключение

При использовании плитного фундамента на разноуровневом естественном основании распределение нормальных напряжений в грунте при моделировании линейно/конструктивно нелинейно деформируемого основания в целом показало качественное совпадение результатов, когда в контурных зонах МФП возникли области с упругопластическими деформациями грунта.

При ограничении вертикальных напряжений грунта под подошвой МФП соответствующими расчетными сопротивлениями происходит перераспределение вертикальных напряжений в грунте со сглаживанием пиковых значений напряжений.

Расчеты показали, что в линейно/конструктивно нелинейном деформируемом разноуровневом основании значения абсолютных перемещений и от-

носительной разности вертикальных перемещений удовлетворяют условиям по второй группе предельных состояний.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Шашкин К.Г.* Расчет напряженно-деформированного состояния основания фундаментов и здания с учетом их взаимодействия // Реконструкция городов и геотехническое строительство : интернет-журнал. 2001. № 4. С. 6. URL: <https://georec.narod.ru/mag/2001n4/19/19.htm>
2. *Шулятьев О.А.* Основания и фундаменты высотных зданий. Москва : Изд-во АСВ, 2016. 392 с.
3. *Карпенко Н.И., Карпенко С.Н., Кузнецов Е.Н.* О современных проблемах расчета высотных зданий из монолитного железобетона // Бетон и железобетон – пути развития : научные труды II Всерос. (Междунар.) конф. В пяти книгах. Том 1. Пленарные доклады. Москва, 2005. С. 149–166. EDN: SHURRP
4. *Лушников В.В.* Использование мирового опыта при проектировании и строительстве фундаментов высотных зданий с учетом геологических условий Екатеринбурга // Академический вестник УралНИИПроект РААСН. 2009. № 1. С. 76–82. EDN: KVVVBP
5. *Алексеев С.И., Камаев В.С.* Учет жесткостных параметров зданий при расчетах оснований и фундаментов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2007. № 3. С. 165–172. EDN: JUCZZN
6. *Михайлов В.С., Теплых А.В.* Учет характерных особенностей различных моделей основания при расчете взаимного влияния зданий на больших фундаментных плитах с использованием расчетно-аналитической системы SCAD Office // Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений : VI Международный симпозиум. Владивосток, 2016. С.133–134.
7. *Крыжановский А.Л., Рубцов О.И.* Вопросы надежности проектного решения фундаментных плит высотных зданий // Вестник МГСУ. 2006. № 1. С. 191–198. EDN: MUSPTZ
8. *Орехов В.В., Зарецкий Ю.К., Кельман М.И.* Расчет взаимодействия плитного фундамента с грунтовым основанием с учетом жесткости верхнего строения // Вестник МГСУ. 2008. № 2. С. 15–17.
9. *Зарецкий Ю.К., Карабаев М.И.* Влияние последовательности возведения близко расположенных высотных зданий на осадки и крен фундаментных плит // Вестник МГСУ. 2006. № 1. С. 50–56. EDN: MUSPNB
10. *Шашкин А.Г., Шашкин К.Г.* Расчет фундаментных плит в пространственной постановке с учетом нелинейных деформаций основания // Реконструкция городов и геотехническое строительство : интернет-журнал. 2000. № 3. С. 5. URL: <http://georeconstruction.net/journals/03/20/20.pdf>
11. *Кудрявцев С.А., Склярова К.М.* Натурные наблюдения и численное моделирование строительства высотного здания на плитном фундаменте в г. Хабаровске // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2013. № 2 (38). С. 86–91. EDN: QCLXRZ
12. *Юцубе С.В., Подшивалов И.И.* Моделирование напряженно-деформированного состояния основания кирпичного здания повышенной этажности на монолитной фундаментной плите // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 2. С. 118–132. URL: <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2021-23-2-118-132>

REFERENCES

1. *Shashkin A.G., Shashkin K.G.* Concrete Foundation Analysis in Spatial Formulation with Regard to Nonlinear Foundation Deformations. *Rekonstruktsiya gorodov i geotekhnicheskoe stroitel'stvo*. 2000; (3): 5. (In Russian)
2. *Shulyat'ev O.A.* Bases and Foundations of High-Rise Buildings. Moscow: ASV, 2016. 392 p. (In Russian)
3. *Karpenko N.I., Karpenko S.N., Kuznetsov E.N.* Modern Problems of Structural Analysis of High-Rise Building of In-situ Reinforced Concrete. In: *Proc. 2nd Int. Sci. Conf. 'Concrete and Reinforced Concrete – Glance at Future'*, in 5 vol., Moscow, 2005. V. 1. Pp. 149–166. (In Russian)

4. Lushnikov V.V. International Experience in Foundation Design and Construction of High-Rise Buildings with Regard to Geological Conditions of Ekaterinburg. *Akademicheskii vestnik Ural-NIIProekt RAASN*. 2009; (1): 76–82. (In Russian)
5. Alekseev S.I. Stiffness Parameters of Buildings in Strength Analysis of Foundations. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2007; (3): 165–172. (In Russian)
6. Mikhailov V.S., Teplykh A.V. Allowing for Characteristics of Various Design Models in Calculating Mutual Influence of Buildings on pile-Raft Foundation in SCAD Software. In: *Proc. 6th Int. Sci. Symp. 'Relevant Computer Modeling Problems of Structures'*. Vladivostok, 2016. Pp. 133–134. (In Russian)
7. Kryzhanovskii A.L., Rubtsov O.I. Reliability of Design Solutions for Foundation Slabs of High-Rise Buildings. *Vestnik MGSU*. 2006; (1): 191–198. (In Russian)
8. Orekhov V.V., Zaretskii Yu.K., Kel'man M.I. Analysis of Interaction Between Concrete and Soil Foundations with Regard to Superstructure Stiffness. *Vestnik MGSU*. 2008; (2): 15–17. (In Russian)
9. Zaretskii Yu.K., Karabaev M.I. Influence of the Sequential Arrangement of Closely Spaced High-Rise Buildings on Slab Settlement and Roll. *Vestnik MGSU*. 2006; (1): 50–56. (In Russian)
10. Shashkin A.G., Shashkin K.G. Concrete Foundation Analysis in Spatial Formulation with Regard to Nonlinear Foundation Deformations. *Rekonstruktsiya gorodov i geotekhnicheskoe stroitel'stvo*. 2000; (3): 5. (In Russian)
11. Kudryavtsev S.A., Sklyarova K.M. Field Observations and Numerical Simulation of High-Rise Building Construction on Concrete Foundation in Khabarovsk. *Sovremennye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovanie*. 2013; 2 (38): 86–91. (In Russian)
12. Yushchube S.V., Podshivalov I.I. Stress-Strain State Finite Element Modeling of Concrete Foundation of a Multistory Brick Building. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2021; 23(1): 145–161. (In Russian)

Сведения об авторах

Ющубе Сергей Васильевич, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, sv@tsuab.ru

Подшивалов Иван Иванович, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, ivanpodchivalov@list.ru

Authors Details

Sergei V. Yushchube, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, sv@tsuab.ru

Ivan I. Podshivalov, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, ivanpodchivalov@list.ru

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

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

Статья поступила в редакцию 03.12.2024
Одобрена после рецензирования 20.12.2024
Принята к публикации 19.02.2025

Submitted for publication 03.12.2024
Approved after review 20.12.2024
Accepted for publication 19.02.2025

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

WATER SUPPLY, SEWERAGE, BUILDING SYSTEMS OF WATER RESOURCE PROTECTION

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 2. С. 161–173.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (2): 161–173.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 697.34:621.397:6

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-161-173

EDN: MRSGTH

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ГИБРИДНЫХ СОЛНЕЧНЫХ СИСТЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

**Юрий Олегович Кривошеин, Николай Александрович Цветков,
Александр Витальевич Толстых, Татьяна Анатольевна Мирошниченко,
Кристина Александровна Кузнецова**

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Томск, Россия,*

Аннотация. *Актуальность.* Конечность ископаемых видов топлива, экологический вред от их сжигания и увеличивающиеся расходы на добычу стимулируют ускорение энергетического перехода всех стран к использованию возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и развитие экологически чистых и ресурсосберегающих технологий. Подавляющая часть территории России находится в зонах с многолетнемерзлыми грунтами или с сезоннопромерзающими грунтами. Для таких территорий актуально применение ВИЭ, особенно солнечной энергии как наиболее доступной.

Цель работы – совершенствование аппаратно-программного комплекса, направленное на энергосбережение и безопасную круглогодичную работу гибридной солнечной системы горячего водоснабжения.

Материалы и методы. Использована опытно-промышленная гибридная солнечная система горячего водоснабжения с четырьмя вакуумированными трубчатыми коллекторами и солнечной электростанцией с установленной мощностью 5 кВт, расположенная в с. Кафтанчиково Томской области в производственном цехе «НПО ВЭСТ».

© Кривошеин Ю.О., Цветков Н.А., Толстых А.В., Мирошниченко Т.А.,
Кузнецова К.А., 2025

В результате натурного экспериментального испытания аппаратно-программного комплекса показана возможность обеспечивать безопасную работу системы с энергосберегающим эффектом в ночное время при температурах ниже точки замерзания теплоносителя в гидравлическом контуре коллекторов.

Выводы. Установлено, что использование разработанного аппаратно-программного комплекса для гибридной солнечной системы с четырьмя вакуумированными коллекторами позволяет практически свести к минимуму дополнительные тепловые потери, которые не превышают 55,8 % от тепловых потерь нагреваемой воды через стенки бака-аккумулятора.

Ключевые слова: гибридная солнечная система горячего водоснабжения, гидравлический контур коллекторов, температурные режимы в ночное время, годовая энергоэффективность системы

Финансирование. Работа выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» Министерства науки и высшего образования РФ (грант в форме субсидии: соглашение от 06.06.2024 № 075-15-2024-234).

Для цитирования: Кривошеин Ю.О., Цветков Н.А., Толстых А.В., Мирошниченко Т.А., Кузнецова К.А. Энергосберегающий аппаратно-программный комплекс для гибридных солнечных систем горячего водоснабжения // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 2. С. 161–173. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-161-173. EDN: MRSQTH

ORIGINAL ARTICLE

ENERGY-SAVING HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR HYBRID SOLAR HOT WATER SUPPLY SYSTEMS

Yuri O. Krivoshein, Nikolai A. Tsvetkov, Aleksandr V. Tolstikh, Tatiana A. Miroshnichenko, Kristina A. Kuznetsova
Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

Abstract. The finiteness of fossil fuels, environmental damage from their combustion and increasing production costs promote acceleration of the global energy transfer to renewable energy sources and development of eco-friendly and resource-saving technologies. The vast Russian territory is permafrost or areas with seasonally frozen soils. Renewable energy sources are relevant for such territories, especially solar energy as the most affordable.

Purpose: The aim is to improve the hardware-software complex for energy saving and safe year-round operation of the hybrid solar hot water supply system.

Methodology: An experimental-industrial hybrid solar hot water supply system with four evacuated tubular collectors and a solar power plant with an installed capacity of 5 kW is used in the village Kaftanchikovo, Tomsk region, in the production workshop of NPO VEST.

Research findings: The full-scale experimental test is conducted for the hardware-software complex, the ability to ensure safe operation of the system with an energy-saving effect at night at temperatures below the freezing point of the coolant in the hydraulic circuit of the collectors is shown.

Value: It is shown that the use of the proposed hardware-software complex for a hybrid solar system with four evacuated collectors allows to minimize additional heat losses, which do not exceed 55.8 % of the heat loss of water passing through the walls of the storage tank.

Keywords: hybrid solar hot water supply system, hydraulic circuit of collectors, night temperature, energy efficiency

Funding. The work was carried out under the Strategic Academic Leadership Program “Priority-2030” and financially supported by Grant No. 075-15-2024-234 from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

For citation: Krivoshein Yu.O., Tsvetkov N.A., Tolstykh A.V., Miroshnichenko T.A., Kuznetsova K.A. Energy-Saving Hardware-Software Complex for Hybrid Solar Hot Water Supply Systems. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (2): 161–173. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-161-173. EDN: MRSGETH

Введение

Рост населения Земли и мировой экономики неразрывно связан с повышением уровня жизни людей и с увеличением потребления тепловой и электрической энергии, чистой воды [1, 2, 3], что ставит перед человечеством глобальные задачи по энерго- и ресурсосбережению. При этом снижение потребления ископаемых видов топлива вынужденно ограничивается не только их конечностью в природе, но и опасностью глобального потепления климата, влияние на интенсивность которого частично связано с выбросом CO₂ при их сжигании [4, 5, 6].

Интенсивно развиваются и активно внедряются энергосберегающие технологии и оборудование с использованием возобновляемых источников энергии. Солнечная энергия является самым большим и доступным из возобновляемых источников энергии. Поэтому использование энергии солнца, поступающей на Землю, для отопления, горячего водоснабжения, охлаждения и вентиляции зданий активно расширяется [7].

Солнечные установки для нагревания воды в настоящее время широко применяются и отличаются большим разнообразием комплектующего оборудования. Однако обязательными элементами являются один или несколько (плоских или с вакуумированными трубками) солнечных коллекторов, от которых тепловая энергия передается теплоносителю. Установка имеет один или несколько баков-аккумуляторов, где теплоноситель в дневное время циркулирует через теплообменники, которые передают полученную в коллекторах тепловую энергию нагреваемой воде. Нагретая вода в баке-аккумуляторе далее используется по назначению.

Оборудование солнечных водонагревательных установок непрерывно совершенствуется в плане повышения их эффективности [8, 9, 10, 11], в том числе с учетом архитектурных решений по расположению элементов систем в здании и на крышах [12].

При установке баков аккумуляторов ниже уровня размещения коллекторов в ночное время возможно возникновение свободной конвекции в гидравлических контурах коллекторов, которая может привести к дополнительным потерям энергии из баков-аккумуляторов в ночное время. Известные натурные исследования солнечных водонагревательных установок при круглогодичной эксплуатации [13, 14] посвящены определению выработки тепловой энергии за год. Однако в годовом тепловом балансе учитывались тепловые потери только через стенки баков-аккумуляторов [13], а для условий холодного климата определялось только количество полученной энергии [14].

В результате натурных исследований температурных режимов гибридных солнечных систем горячего водоснабжения в Якутске [15, 16] установлено, что дополнительные потери могут снизить солнечную фракцию (долю солнечной энергии в потребленной горячей воде) более чем на 39 %.

Натурные исследования температурных режимов гидравлического контура коллекторов [17] в гибридной солнечной системе горячего водоснабжения (ГВС) в с. Кафтанчиково Томской области показали, что возникновение естественной конвекции может быть использовано для уменьшения дополнительных тепловых потерь. Это позволило разработать энергоэффективный метод управления системой в ночное время, исключая или максимально снижающий дополнительные тепловые потери в системе [18] с двумя коллекторами при наружной температуре ниже точки замерзания используемого теплоносителя.

Целью настоящего исследования является определение условий, гарантирующих применение энергоэффективного метода управления системой в ночное время в гибридной солнечной системе с четырьмя коллекторами, в том числе при разборе горячей воды, с оценкой энергосберегающего эффекта в декабре и январе для городов Томска и Якутска.

На рис. 1 показано внешнее оборудование, а на рис. 2 – схема исследуемой гибридной солнечной системы горячего водоснабжения.

Внешнее оборудование гибридной солнечной системы ГВС (рис. 1) включает два ветрогенератора и 12 солнечных панелей, обеспечивающих возобновляемой электрической энергией циркуляционные насосы системы. Максимальная мощность солнечной электростанции составляет 2 кВт, а мощность резервного бензинового генератора – 3 кВт. Четыре вакуумированных трубчатых коллектора ориентированы на юг и обеспечивают выработку тепловой энергии для системы горячего водоснабжения.



Рис. 1. Внешнее оборудование гибридной солнечной системы ГВС, построенной в цехе № 1 «НПО ВЭСТ» в с. Кафтанчиково Томской области

Fig. 1. External equipment of hybrid solar hot water supply system built in workshop No. 1 of NPO VEST in Kaftanchikovo village, Tomsk region

В дневное время после восхода солнца и выполнения обязательного условия $T_{cl} - T_{stl} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 2) открывается клапан 8а или 8б и включается цир-

куляционный насос 7 гидравлического контура коллекторов. При этом пропилен-гликолевый теплоноситель при температуре $T_1 = T_{st1}$ из нижней части кольцевого трубчатого теплообменника, расположенного в баке-аккумуляторе 5, поступает через измеритель расхода 6б в манифольды коллекторов 9 (№ 1–4). Манифольды изготовлены из меди и представляют собой трубы с массивными стенками, в которые заделываются при монтаже конденсаторы медных тепловых трубок. Специальная жидкость, заполняющая примерно на 30 % медные герметичные тепловые трубки, частично испаряется при нагревании, и пар движется в конденсаторы, где за счет его конденсации полученная тепловая энергия передается поперечно омываемому теплоносителю в манифольдах коллекторов. Конденсат непрерывно возвращается в нижнюю часть тепловых трубок. Нагретый до температуры T_{c2-out} теплоноситель в манифольдах коллекторов 9 поступает затем в верхнюю часть трубчатого кольцевого теплообменника, расположенного в баке-аккумуляторе 5, при температуре T_{10} . Через стенки этого теплообменника тепловая энергия, полученная от солнца, передается нагреваемой воде в нижней части бака-аккумулятора.

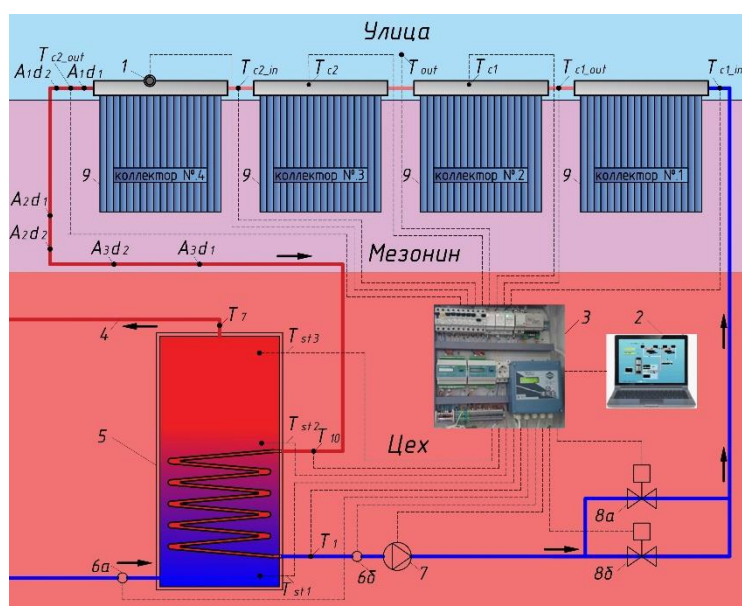


Рис. 2. Схема опытно-промышленной гибридной солнечной системы ГВС с сенсорами контроля
Fig. 2. Circuit of pilot-industrial hybrid solar hot water supply system with control sensors

В ночное время при закрытом клапане 8а или 8б (рис. 2) циркуляция теплоносителя в циркуляционных контурах отсутствует, манифольды коллекторов и тепловые трубки охлаждаются вплоть до температуры окружающей среды T_{out} вместе с трубопроводами, расположенными на улице. Дополнительные тепловые потери тепловой энергии из бака-аккумулятора отсутствуют.

При открытом клапане 8а или 8б и достижении перепада температуры в циркуляционном контуре T_{k2} возникает свободная конвекция теплоносителя (рис. 3), который движется в направлении от коллектора № 4 к коллектору № 1.

Открытие клапана происходит в 18 ч 31 мин (4 апреля 2023 г.) при перепаде температуры $T_{k2} - T_{k1} = 4,2$ °С. Появляются потери тепловой энергии нагретой днем воды в нижней части бака-аккумулятора как дополнительные к основным тепловым потерям через стенки бака-аккумулятора. Охлаждение воды за счет естественной конвекции завершено после восхода солнца в 9 ч 44 мин 5 апреля 2023 г. Длительность процесса дополнительного охлаждения составила 15 ч 14 мин. Как показано в работах [16, 17], дополнительные тепловые потери возникают в любое время года. В зимнее время дополнительные тепловые потери будут больше, чем в летнее.

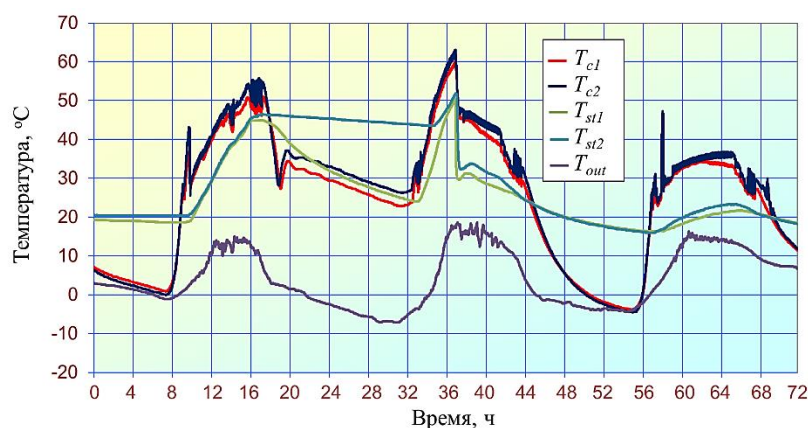


Рис. 3. Тепловые режимы солнечной системы ГВС и коллекторов № 2 (T_{c1}) и № 3 (T_{c2}) за период 4–6 апреля 2023 г. [18]

Fig. 3. Thermal modes of solar hot water supply system and collectors No. 2 (T_{c1}) and No. 3 (T_{c2}) on April 4–6, 2023 [18]

В работе [18] выполнен расчет дополнительных тепловых потерь.

Потери через стенки бака-аккумулятора в верхней и нижней его половине были приняты равными и составили 9,196 МДж. Суммарные тепловые потери составили 24,244 МДж. Дополнительные тепловые потери, обусловленные естественной конвекцией в гидравлическом контуре коллекторов, составили 15,048 МДж. Эти потери составляют 163,64 % в сравнении с тепловыми потерями через стенки бака-аккумулятора.

Для снижения дополнительных тепловых потерь был использован метод, предложенный в работе [17] (рис. 4).

Во время эксперимента наружная температура снижалась с $-3,4$ до $-26,4$ °С. Наблюдался сильный ветер. Температура в помещении, где располагался бак-аккумулятор, снизилась с $22,8$ до $15,6$ °С. Как и следовало ожидать, значительно выросли тепловые потери через стенки бака-аккумулятора и тепловые потери в гидравлическом контуре коллекторов при периодическом его нагревании и охлаждении. Расчеты по методике, изложенной в работе [18], показали, что общие тепловые потери от нагретой воды за ночь составили 53,4 МДж, а через стенки бака-аккумулятора тепловые потери составили 34,3 МДж. Дополнительные тепловые потери составили 19,1 МДж, что соответ-

ствуует 55,8 % от тепловых потерь через стенки бака-накопителя. Эта относительная цифра значительно меньше, чем 163,4 % при открытом клапане (см. рис. 3).

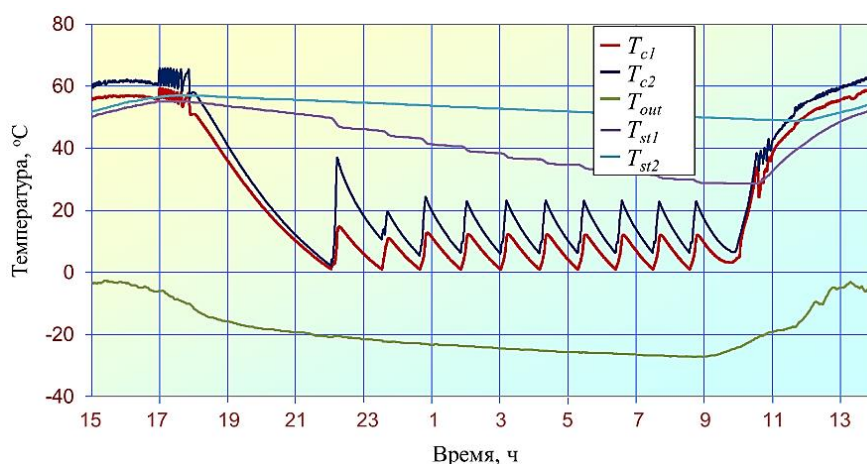


Рис. 4. Температурные режимы солнечной системы горячего водоснабжения с четырьмя коллекторами (15–16 февраля 2023 г.)

Fig. 4. Temperature conditions of solar hot water system with four collectors (February 15–16, 2023)

С учетом того, что тепловые потери от бака-аккумулятора за сутки будут практически в 2 раза больше, чем только за ночь, можно приблизительно оценить эффективность использования предложенного метода за каждые сутки в течение года с учетом температуры замерзания используемого теплоносителя и ограничений изготовителей солнечных коллекторов по допустимой температуре $T_{\min}$ их эксплуатации ($-40\text{ }^{\circ}\text{C}$).

На рис. 5 и 6 представлены графики хода температуры воздуха в Томске в декабре 2023 г. и в январе 2024 г. по архивным данным Томской метеостанции¹. Выполним анализ работы солнечной системы ГВС (см. рис. 1 и 2) при выборе температуры замерзания теплоносителя.

Если использовать теплоноситель с точкой замерзания $T_3 = -30\text{ }^{\circ}\text{C}$, то аппаратно-программный комплекс настроит следующие параметры управления: температура открытия клапана $T_{c1o} = T_{c1} = -25\text{ }^{\circ}\text{C}$, а закрытие управляемого клапана по установленной температуре $T_{c2s} = T_{c2} = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом максимальное снижение дополнительных потерь тепловой энергии из бака-аккумулятора произошло бы 5, 7–14, 17–19 декабря 2023 г. (см. рис. 4) в течение 12 сут. А в январе 2024 г. (рис. 5) соответственно 4, 16 и 22 января (3 сут). За 15 сут дополнительные тепловые потери приблизительно составили бы только $15 \cdot 34,3 \cdot 0,558 = 287,1\text{ МДж}$. Без использования метода управления температурными режимами коллекторов дополнительные потери составили бы $15 \cdot 34,3 \cdot 1,634 = 840,7\text{ МДж}$.

При использовании теплоносителя с температурой точки замерзания $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ дополнительные потери были бы исключены в течение года.

¹ Статистика погоды в Томске. URL: <https://pogoda.vtomske.ru/tomsk/25/01> (дата обращения: 16.01.2025).

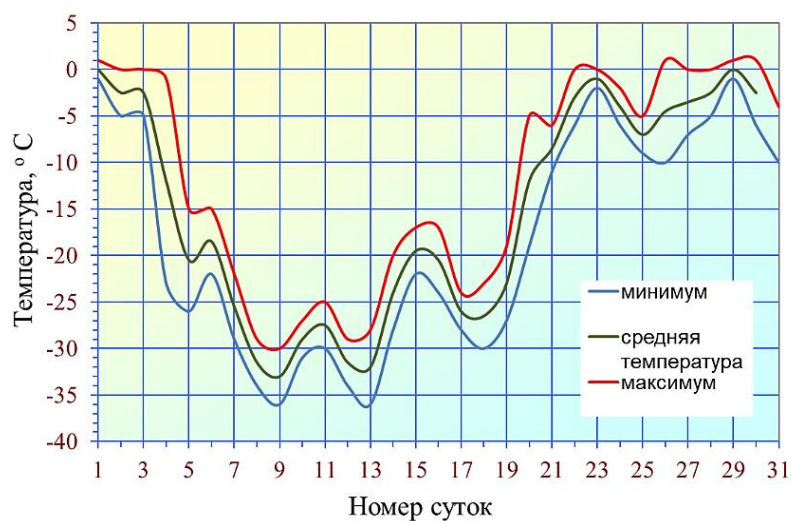


Рис. 5. График хода температуры воздуха в Томске в декабре 2023 г.
Fig. 5. Air temperature chart in Tomsk in December 2023

Анализ данных, приведенных на рис. 6, показал, что минимальные дополнительные тепловые потери были бы только 4, 16 и 19 января (3 сут), при этом потери составили бы $3 \cdot 34,3 \cdot 0,558 = 57,4$ МДж.

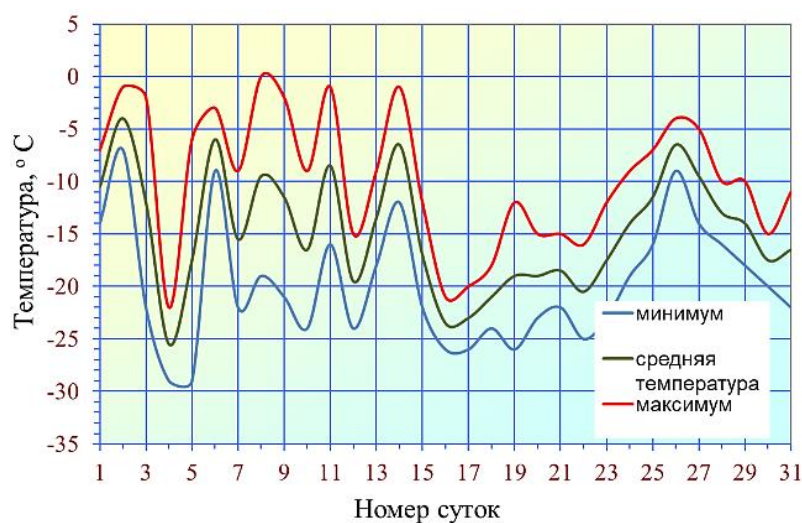


Рис. 6. График хода температуры воздуха в Томске в январе 2024 г.
Fig. 6. Air temperature chart in Tomsk in January 2024

На рис. 7 и 8 приведены графики хода температуры воздуха в Якутске в декабре 2023 г. и в январе 2024 г.

Анализ представленных графиков показал, что при использовании температуры точки замерзания теплоносителя $T_3 = -40$ °C и ограничении темпера-

туры эксплуатации коллекторов (-40°C) метод управления температурными режимами коллекторов был бы применен 57 дней, кроме 1 декабря 2023 г. и 24–27 января 2024 г. (5 сут). При этом минимальные дополнительные потери за 2 месяца приблизительно составят $57 \cdot 34,3 \cdot 0,558 = 1090,9$ МДж. Дополнительные потери тепловой энергии системы в ночное время с открытым клапаном за это время составят приблизительно $57 \cdot 34,3 \cdot 1,634 = 3194,6$ МДж. Эффект энергосбережения при использовании метода за эти месяцы – 2103,7 МДж. За год этот эффект может быть в 6–7 раз выше, поскольку система будет эксплуатироваться с закрытым управляемым клапаном в ночное время.

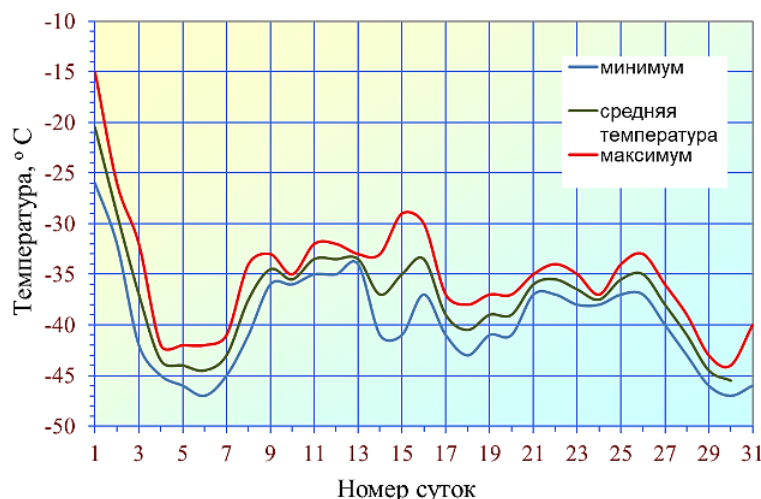


Рис. 7. График хода температуры воздуха в Якутске в декабре 2023 г.
Fig. 7. Air temperature chart in Yakutsk in December 2023



Рис. 8. График хода температуры воздуха в Якутске в январе 2024 г.
Fig. 8. Air temperature chart in Yakutsk in January 2024

Гарантированное максимальное снижение дополнительных тепловых потерь тепловой энергии, как показано выше, обеспечивается тем, что команды на открытие и закрытие управляемого клапана в гидравлическом контуре коллекторов в ночное время выполняются только с поэтапной проверкой выполнения следующих условий:

$$T_{out} < T_3; \quad (1)$$

$$T_3 = T_{\min \varepsilon}; \quad (2)$$

$$T_{st2} - T_{st1} > 4,2 \text{ }^{\circ}\text{C}; \quad (3)$$

$$T_{c10} - T_3 = 5 \text{ }^{\circ}\text{C}; \quad (4)$$

$$T_{c23} - T_3 = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}. \quad (5)$$

Условия (1) – (5) позволяют получить максимальный эффект снижения дополнительных тепловых потерь в ночное время при круглогодичной эксплуатации комбинированных солнечных систем горячего водоснабжения. При этом снижается расход органического топлива для компенсации дополнительных тепловых потерь и уменьшаются вредные выбросы продуктов его сгорания.

При неуправляемом отборе горячей воды в ночное время (см. рис. 3) разность температур в средней и нижней части бака-аккумулятора снижается в пределе до значений $T_{st2} - T_{st1} = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$. При разности этих температур $T_{st2} - T_{st1} < 4,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ свободная конвекция в гидравлическом контуре коллекторов возникнуть не может. В такой ситуации условие (3) будет нарушено. Дополнительные потери уменьшить будет невозможно путем периодического прогревания гидравлического контура коллекторов, как показано на рис. 4. Поэтому за 2 ч до заката солнца и после закрытия управляемого клапана в гидравлическом контуре коллекторов отслеживается выполнение условия (3) путем снижения или прекращения отбора горячей воды при наружных температурах воздуха ниже точки замерзания применяемого теплоносителя.

При использовании более дешевого теплоносителя с точкой замерзания T_3 выше ограничения допустимой минимальной температуры эксплуатации $T_{\min \varepsilon}$ следует оценить получаемый экономический эффект энергосбережения и разницу затрат на такой теплоноситель. Если эффект энергосбережения будет больше, то условие (2) может быть изменено.

Выводы

1. Аппаратно-программный комплекс системы должен обеспечивать открытие управляемого клапана в ночное время при условии $T_{st2} - T_{st1} > 4,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ по установленной температуре T_{c10} коллектора № 2, а закрытие управляемого клапана – по установленной температуре T_{c23} коллектора № 3. Это позволит уменьшить дополнительные тепловые потери за счет снижения влияния тепловой инерции манифольдов коллекторов при управлении системой.

2. Аппаратно-программный комплекс системы должен обеспечивать разность между установленной температурой открытия управляемого клапана T_{c10} и температурой точки замерзания применяемого теплоносителя T_3 , равной $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Это позволит максимально снизить дополнительные тепловые потери системы.

3. С учетом рекомендаций изготовителей солнечных вакуумированных коллекторов по температуре их эксплуатации $T_{\min \varepsilon}$ аппаратно-программный

комплекс системы должен обеспечивать в ночное время открытие управляемого клапана при выполнении условия $T_{c10} - T_{\min \varnothing} = 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

4. Отбор горячей воды из вертикальных напорных баков-аккумуляторов после захода солнца должен прекращаться, если $T_{st2} - T_{st1} < 4,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, для обеспечения безопасной работы системы при температурах наружного воздуха ниже точки замерзания используемого в системе пропилен-гликолевого теплоносителя.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Avtar R., Tripathi S., Aggarwal A.K., et al. Population – urbanization – energy nexus: a review // Resources. 2019. V. 8 (3). 21 p. DOI: 10.3390/resources8030136
2. Balatsky A.V., Balatsky G.I., Borysov S.S. Resource demand growth and sustainability due to increased world consumption // Sustainability. 2015. V. 7 (3). P. 3430–3440. DOI: 10.3390/su7033430
3. Klemeš J.J., Varbanov P.S., Lam H. L., et al. Energy, water and environmental footprint interactions: implications for the major economy sectors of Europe, South East Asia and Worldwide // Procedia Engineering. 2016. V. 148. P. 1199–1205. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.06.630
4. Imasiku K., Ntagwirumugara E. An impact analysis of population growth on energy-water-food-land nexus for ecological sustainable development in Rwanda // Food and Energy Security. 2019. V. 9 (1). 17 p. DOI: 10.1002/fes3.185
5. Sarkar M., Chung B.D. Effect of Renewable Energy to Reduce Carbon Emissions under a Flexible Production System: A Step toward Sustainability // Energies. 2021. V. 14 (1). 215. DOI: 10.3390/en14010215
6. Tsvetkov P. Climate Policy Imbalance in the Energy Sector: Time to Focus on the Value of CO₂ Utilisation // Energies. 2021. V. 14 (2). 411. DOI: 10.3390/en14020411
7. Rahi M.R., Ostadi S., Rahmani A., Dibaj M., Akrami M. Studying the Improvement of Solar Collector Mechanism with Phase Change Materials // Energies 2024. V. 17. 1432. URL: <https://doi.org/10.3390/en17061432>
8. Бубенчиков А.А., Овсянников А.Ю., Николаев М.В. и др. Эффективность преобразования солнечной энергии // Молодой ученый. 2016. № 28.2 (132.2). С. 46–50. URL: <https://moluch.ru/archive/132/36969/>
9. Croitoru C., Bode F., Calotă R., Berville C., Georgescu M. Harnessing Nanomaterials for Enhanced Energy Efficiency in Transpired Solar Collectors: A Review of Their Integration in Phase-Change Materials // Energies. 2024. V. 17. 1239. DOI: 10.3390/en17051239
10. Cao L., Yu J., Liu X., Wang Z. Evaluation Method and Analysis on Performance of Diffuser in Heat Storage Tank // Energies. 2024. V. 17. 618. DOI: 10.3390/en17030618
11. Hamdan M., Abdelhafez E., Ajib S., Sukkariyih M. Improving Thermal Energy Storage in Solar Collectors: A Study of Aluminum Oxide Nanoparticles and Flow Rate Optimization // Energies. 2024. V. 17. 276. DOI: 10.3390/en17020276
12. Shu Yu. Project of Building: Solar Hot Water // Bulletin of Science and Practice. 2023. V. 9. № 6. P. 408–414. DOI: 10.33619/2414-2948/91/48. EDN: VVRRNU
13. Maraj A., Londo A., Gebremedhin A., Firat C. Energy performance analysis of a forced circulation solar water heating system equipped with a heat pipe evacuated tube collector under the Mediterranean climate conditions // Renewable Energy. 2019. V. 140. P. 874–883. DOI: 10.1016/j.renene.2019.03.109
14. Popsueva V., Lopez A.F.O., Kosinska A., Nikolaev O., Balakin B.V. Field Study on the Thermal Performance of Vacuum Tube Solar Collectors in the Climate Conditions of Western Norway // Energies. 2021. V. 14. 2745. DOI: 10.3390/en14102745
15. Tsvetkov N.A., Krivoshein Y.O., Khutornoi A.N., Boldyryev S., Petrova A.V. Development of the Computer-Aided Application for the Use of Solar Energy in the Hot Water Supply System of Russian Permafrost Regions // Chem. Eng. Trans. 2020. V. 81. P. 943–948. DOI: 10.3303/CET2081158
16. Tsvetkov N.A., Krivoshein U.O., Tolstykh A.V., Khutornoi A.N., Boldyryev S. The calculation of solar energy used by hot water systems in permafrost region: An experimental case study for Yakutia // Energy. 2020. V. 210. 118577. DOI: 10.1016/j.energy.2020.118577

17. Tsvetkov N., Boldyryev S., Shilin A., Krivoshein Y., Tolstykh A. Hardware and Software Implementation for Solar Hot Water System in Northern Regions of Russia // *Energies*. 2022. V. 15. 1446. DOI: 10.3390/en15041446
18. Кривошеин Ю.О., Цветков Н.А., Толстых А.В., Кузнецова К.А., Жанатұлы А.В. Энергоэффективность солнечных систем горячего водоснабжения при температурах ниже точки замерзания теплоносителя // Инвестиции, градостроительство, технологии как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения : материалы XIV Международной научно-практической конференции. В 2 частях. Томск, 2024. С. 546–555. EDN: PFVGPS

REFERENCES

1. Avtar R., Tripathi S., Aggarwal A.K., et al. Population–Urbanization–Energy Nexus: A Review. *Resources*. 2019; 8 (3): 136. DOI: 10.3390/resources8030136
2. Balatsky A.V., Balatsky G.I., Borysov S.S. Resource Demand Growth and Sustainability Due to Increased World Consumption. *Sustainability*. 2015; 7 (3): 3430–3440. DOI: 10.3390/su7033430
3. Klemeš J.J., Varbanov P.S., Lam H. L., et al. Energy, Water and Environmental Footprint Interactions: Implications for the Major Economy Sectors of Europe, South East Asia and Worldwide. *Procedia Engineering*. 2016; 148: 1199–1205. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.06.630
4. Imasiku K., Ntagwirumugara E. An Impact Analysis of Population Growth on Energy-Water-Food-Land Nexus for Ecological Sustainable Development in Rwanda. *Food and Energy Security*. 2020; 9 (1): 185. DOI: 10.1002/fes3.185
5. Sarkar M., Chung B.D. Effect of Renewable Energy to Reduce Carbon Emissions under a Flexible Production System: A Step toward Sustainability. *Energies*. 2021; 14 (1): 215. DOI: 10.3390/en14010215
6. Tsvetkov, P. Climate Policy Imbalance in the Energy Sector: Time to Focus on the Value of CO₂ Utilisation. *Energies*. 2021; 14: 411. DOI: 10.3390/en14020411
7. Rahi M. R., Ostadi S., Rahmani A., Dibaj M., Akrami M. Studying the Improvement of Solar Collector Mechanism with Phase Change Materials. *Energies*. 2024; 17: 1432. DOI: 10.3390/en17061432
8. Bubenchikov A.A., Ovsyannikov A.Yu., Nikolaev M.V., et al. The Effectiveness of Converting Solar Energy. *Molodoi uchenyi*. 2016; 28.2 (132.2): 46–50. <https://moluch.ru/archive/132/36969/> (In Russian)
9. Croitoru C., Bode F., Calotă, R., Berville C., Georgescu M. Harnessing Nanomaterials for Enhanced Energy Efficiency in Transpired Solar Collectors: A Review of Their Integration in Phase-Change Materials. *Energies*. 2024; 17: 1239. DOI: 10.3390/en17051239
10. Cao L., Yu J., Liu X., Wang Z. Evaluation Method and Analysis on Performance of Diffuser in Heat Storage Tank. *Energies*. 2024; 17: 618. DOI: 10.3390/en17030618
11. Hamdan M., Abdelhafez E., Ajib S., Sukkariy M. Improving Thermal Energy Storage in Solar Collectors: A Study of Aluminum Oxide Nanoparticles and Flow Rate Optimization. *Energies*. 2024; 17: 276. DOI: 10.3390/en17020276
12. Shu Yu. Project of Building: Solar Hot Water. *Bulletin of Science and Practice*. 2023; 9 (6): 408–414. DOI: 10.33619/2414-2948/91/48. EDN: VVRRNU
13. Maraj A., Londo A., Gebremedhin A., Firat C. Energy Performance Analysis of a Forced Circulation Solar Water Heating System Equipped with a Heat Pipe Evacuated Tube Collector under the Mediterranean Climate Conditions. *Renewable Energy*. 2019; 140: 874–883. DOI: 10.1016/j.renene.2019.03.109
14. Popsueva V., Lopez A.F.O., Kosinska A., Nikolaev O., Balakin B.V. Field Study on the Thermal Performance of Vacuum Tube Solar Collectors in the Climate Conditions of Western Norway. *Energies*. 2021; 14: 2745. DOI: 10.3390/en14102745
15. Tsvetkov N.A., Krivoshein Y.O., Khutornoi A.N., Boldyryev S., Petrova A.V. Development of the Computer-Aided Application for the Use of Solar Energy in the Hot Water Supply System of Russian Permafrost Regions. *Chemical Engineering Transactions*. 2020; 81: 943–948. DOI: 10.3303/CET2081158
16. Tsvetkov N.A., Krivoshein Y.O., Tolstykh, A.V., Khutornoi A.N., Boldyryev, S. Hardware and Software Implementation for Solar Hot Water System in Northern Regions of Russia. *Energies*. 2022; 15: 1446. DOI: 10.3390/en15041446

17. Tsvetkov N., Boldyryev S., Shilin A., Krivoshein Y., Tolstykh A. Hardware and Software Implementation for Solar Hot Water System in Northern Regions of Russia. *Energies*. 2022; 15: 1446. DOI: 10.3390/en15041446
18. Krivoshein Yu.O., Tsvetkov N.A., Tolstykh A.V., Kuznetsova K.A., Zhanatula A.V. Energy Efficiency of Hot Water Supply Systems at Temperatures below the Freezing Point of Coolant. In: *Prov. 14th Int. Sci. Conf. 'Investments, Construction, Real Estate as Drivers of Socio-Economic Development and Life Quality of Population'*. Tomsk, 2024. Pp. 546–555. (In Russian)

Сведения об авторах

Кривошеин Юрий Олегович, ст. преподаватель, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, krivoshein@npowest.ru

Цветков Николай Александрович, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, nac.tsuab@yandex.ru

Толстых Александр Витальевич, канд. физ.-мат. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, tolstbu@yandex.ru

Мирошниченко Татьяна Анатольевна, канд. физ.-мат. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, miroshka_78@mail.ru

Кузнецова Кристина Александровна, ст. преподаватель, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, ka-kuznetsova@bk.ru

Authors Details

Yuriy O. Krivoshein, Senior Lecturer, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, krivoshein@npowest.ru

Nikolai A. Tsvetkov, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, nac.tsuab@yandex.ru

Aleksandr V. Tolstykh, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, sinvintie@rambler.ru

Tatiana A. Miroshnichenko, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, miroshka_78@mail.ru

Kristina A. Kuznetsova, Senior Lecturer, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, ka-kuznetsova@bk.ru

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

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

Статья поступила в редакцию 19.02.2025
Одобрена после рецензирования 12.03.2025
Принята к публикации 13.03.2025

Submitted for publication 19.02.2025
Approved after review 12.03.2025
Accepted for publication 13.03.2025

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

CONSTRUCTION MATERIALS AND PRODUCTS

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 2. С. 174–184.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (2): 174–184.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 666.3

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-174-184

EDN: OGKAOC

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КЛИНКЕРНОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ЛЕГКОПЛАВКОГО И ТУГОПЛАВКОГО СЫРЬЯ СИБИРСКОГО РЕГИОНА

**Ольга Александровна Иванова, Марк Андреевич Семеновых,
Нелли Карповна Скрипникова**

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Томск, Россия*

Аннотация. *Актуальность.* В производстве керамических материалов и изделий клинкерная керамика превосходит традиционную керамику по механическим показателям, долговечности и устойчивости к внешним воздействиям. Однако себестоимость продукции играет решающую роль в целесообразности производства клинкерной керамики, поэтому ключевой задачей в производственной цепочке становится подбор доступного местного сырья.

Целью работы является исследование сырья Сибирского региона и апробация его для получения клинкерной керамики.

В работе описан опыт использования сырья Сибирского региона в виде легкоплавкой красножгущейся глины Воронинского месторождения, тугоплавкой светложгущейся глины Кайлинского месторождения и минеральной добавки альбитофир для получения клинкерной керамики.

Результаты. Исследованы свойства сырьевых материалов. Обоснованы и представлены компонентные составы для получения на их основе клинкерной керамики. Определены технологические свойства компонентой шихты и обожженных образцов, полученных на их основе. Установлено, что обжиг шихты состава: воронинская глина – 45 %, кайлинская глина – 40 %, альбитофир – 15 % при температуре 1100 °С с выдержкой 8 ч позволяет получить клинкерную керамическую продукцию, черепок которой имеет величину водопоглощения 2,70–2,98 %.

Ключевые слова: керамика, сырье, керамический кирпич, клинкерный кирпич, отощитель, альбитофир

Для цитирования: Иванова О.А., Семеновых М.А., Скрипникова Н.К. Исследование свойств клинкерной керамики на основе легкоплавкого и тугоплавкого сырья Сибирского региона // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 2. С. 174–184. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-174-184. EDN: OGKAOC

ORIGINAL ARTICLE

PROPERTIES OF CLINKER CERAMICS BASED ON LOW- AND HIGH-MELTING RAW MATERIALS FROM THE SIBERIAN REGION

Olga A. Ivanova, Mark A. Semenovych, Nelly K. Skripnikova
Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

Abstract. In the production of ceramic materials and products, clinker ceramics leaves behind traditional ceramics in mechanical properties, durability and resistance to external influences. However, the production cost plays a crucial role in feasibility of clinker ceramics production, so the key task in the production chain is a selection of available local raw materials.

Purpose: The aim of this work is to study raw materials from the Siberian region and their testing to produce clinker ceramics. The paper describes the experience of using raw materials in the form of low-melting red-burning clay from the Voroninsky deposit, refractory light-burning clay from the Kailinsky deposit and mineral additive albitophyre for the clinker ceramics production.

Research findings: Raw materials properties are studied to obtain clinker ceramics with specific composition. Technological properties of mixture components and calcinated ceramics are determined. It is shown that calcination of mixture components (45 % of clay from Voroninsky deposit, 40 % of clay from Kailinsky deposit, 15 % of albitophyre) at 1100 °C for 8 hours, allows to produce clinker ceramic products with the ceramic body water absorption of 2.70 to 2.98 %.

Keywords: ceramics, raw materials, ceramic brick, clinker, nonplastic material, albitophyre

For citation: Ivanova O.A., Semenovych M.A., Skripnikova N.K. Properties of Clinker Ceramics based on Low- and High-Melting Raw Materials from the Siberian Region. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (2): 174–184. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-174-184. EDN: OGKAOC

Керамика – это изделия и материалы, получаемые спеканием глин и их смесей с минеральными добавками, а также оксидов и других неорганических соединений. Существует несколько видов керамики: грубая керамика, фарфор, фаянс, майолика, огнеупорная керамика, художественная керамика и один из подвидов грубой керамики – клинкерная.

В клинкерной керамике, в отличие от обычной, используются определенные виды сырья, которые позволяют получить плотный, спечённый черепок с минимальным количеством пор и максимальными физико-механическими показателями. К клинкерному сырью относят различные глины, спекающие добавки – полевые шпаты, фельзиты, диориты, гранодиориты и т. д. Необходимо также учесть, что производство клинкерной керамики всегда происходит при вы-

соких температурах, существенно превышающих температурные режимы производства обычной керамики. Так, обжиг строительного кирпича осуществляется в диапазоне от 980 до 1020 °С, а клинкерной керамики – от 1080 до 1200 °С.

Клинкер – это керамические изделия, обожженные до высокой степени спекания черепка без остеклования поверхности и без признаков деформации.

В настоящее время керамику можно определить как совокупность изделий, обладающих общими признаками. Керамические изделия изготавливают из одного либо нескольких природных или техногенных неорганических неметаллических материалов путем их предварительного дробления, измельчения и перемешивания с добавлением при необходимости связующих и иных компонентов. Далее следует формование полуфабриката из полученных масс (порошкообразных, тестообразных или жидкотекучих) и завершающая термическая обработка, обеспечивающая получение готовых изделий с заданной структурой, фазовым составом и свойствами. Свойства керамики определяются ее составом, структурой и пористостью. К примеру, основные свойства традиционно получаемых керамических материалов, относящихся к грубой керамике [1]:

- средняя плотность – 1600–1900 кг/м³;
- водопоглощение – для пористой керамики в диапазоне 8–12 % по массе;
- теплопроводность в зависимости от пористости и химического состава – 0,9–0,2 Вт/(м·К);
- прочность при сжатии – 125–200 МПа.

В отличие от грубой керамики, клинкерная керамика имеет следующие свойства [2]:

- средняя плотность – 2200–2400 кг/м³;
- водопоглощение – 0,5–6 % по массе;
- теплопроводность в зависимости от пористости и химического состава – 1,5–1,0 Вт/(м·К);
- прочность при сжатии – 200–300 МПа.

Такие различия в свойствах объясняются разной структурой технической и клинкерной керамики, что обуславливает их область применения. Клинкерную керамику применяют в агрессивных средах. В строительной отрасли это места повышенного воздействия окружающей среды: тротуары, устройство полов, парапеты, примыкания к фундаментам, заборы и т. д. В металлургии изготавливают элементы футеровки плавильных печей. В ландшафтном дизайне клинкерная керамика – материал для воплощения любых идей: от облицовки бассейнов до изготовления парковых декоративных конструкций.

Согласно нормативным документам, клинкерные виды продукции бывают следующих видов: 1) кирпич клинкерный: согласно ГОСТ 530–2012, это изделие, имеющее высокую прочность и низкое водопоглощение, обеспечивающее эксплуатационные характеристики кладки в сильно агрессивной среде и выполняющее функции декоративного материала; 2) клинкерная плитка – это керамогранит, согласно ГОСТ 13996–2019; 3) клинкерный кирпич для мощения: согласно ГОСТ 32311–2012, это изделие определенной формы и размера, применяемое для мощения и изготавливаемое из глины или глинистых материалов со спекающимися добавками (полевые шпаты, фельзиты, диориты, гранодиориты) или без них.

Целью работы является исследование сырья Сибирского региона и апробация его для получения клинкерной керамики.

Для подбора составов клинкерной керамики в рамках работы использовались следующие виды глинистого сырья: легкоплавкая красножгущаяся глина Воронинского месторождения и тугоплавкая светложгущаяся глина Кайлинского месторождения, а также минеральная добавка альбитофир, являющаяся отходом щебеночного производства ОАО «Каменский карьер» (Новосибирская обл.) [3], и кварцевый песок Кудровского месторождения. Перед началом работы над клинкерными составами было проведено исследование свойств глин, а именно гранулометрического, химического и минералогического составов. Результаты исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Гранулометрический состав глинистого сырья,
приведенный к тройной диаграмме распределения частиц**

Table 1

Clay particle size reduced to the triangular diagram

Вид сырья	Содержание, % фракции размером, мм			Классификация по Охотину
	Песчаные (1–0,06 мм)	Пылеватые (1–0,06 мм)	Глинистые (менее 0,005 мм)	
Глина Кайлинского месторождения	9,09	27,25	63,66	Глина пылеватая
Глина Воронинского месторождения	16,29	45,37	38,34	Глина пылеватая

Из данных табл. 1 следует, что глина Кайлинского месторождения более пластичная и менее запесоченная, чем воронинская.

При нанесении на тройную диаграмму Охотина (рис. 1) глинистое сырье Кайлинского месторождения относится к глинам (т. 1), Воронинского месторождения – к пылевато-глинистым суглинкам (т. 2), что характеризует их как сырье, пригодное для производства керамического кирпича, керамзита и керамической плитки.

Химический состав глинистого сырья характеризуется содержанием оксидов, выраженных в процентах по массе (табл. 2).

По данным табл. 2 химический состав глины Кайлинского месторождения по содержанию Al_2O_3 классифицируется как полукислосое глинистое сырье (21,75 %), по суммарному содержанию оксида кальция и магния – с низким содержанием карбонатных примесей (0,94 %), по содержанию оксида TiO_2 – с высоким содержанием красящих оксидов (3,51 %).

Глина Воронинского месторождения по содержанию оксида алюминия близка к полукислым и кислым глинистым породам (14,53 %), по содержанию красящего оксида Fe_2O_3 также является глиной с высоким содержанием (4,27 %) красящих оксидов. Однако из-за преобладания оксида железа над оксидом титана в пробе Воронинской глины можно сделать вывод, что она является красножгущейся. В отличие от глины Кайлинского месторождения, глина Воронинского месторождения по суммарному содержанию $CaO+MgO$ является глиной с высоким содержанием карбонатов.

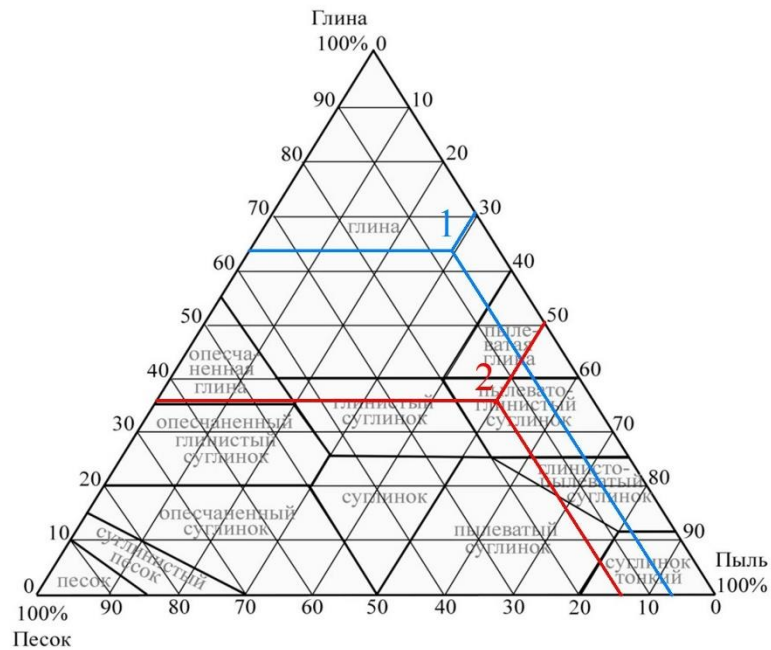


Рис. 1. Положение точек гранулометрического состава глинистого сырья Кайлинского (1) и Воронинского (2) месторождений

Fig. 1. Triangular diagram of clay particle size from Kailinsky (1) and Voroninsky (2) deposits

Таблица 2

Химический состав проб глинистого сырья Кайлинского и Воронинского месторождений

Table 2

Chemical composition of clay samples from Kailinsky and Voroninsky deposits

Вид сырья	Содержание оксидов, масс. %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Δm _{прк}
Глина Кайлинского месторождения	61,87	21,75	3,51	0,86	0,01	0,64	0,30	0,81	0,75	9,50
Глина Воронинского месторождения	66,57	14,53	0,84	4,27	0,09	2,48	0,53	2,07	1,65	6,97

Минеральный состав глины Кайлинского месторождения состоит из каолинита ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) и гидрослюда типа иллита ($0,2 \text{ K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$).

В глине Воронинского месторождения основным глинообразующим минералом является монтмориллонит, также присутствует минерал каолинит. Особенностью глины является присутствие натриевых и калиевых полевых шпатов (альбит и ортоклаз).

Для клинкерных составов использовалось несколько видов отощителя: кварцевый песок Кудровского месторождения и минеральная добавка альбитофир.

Кварцевый песок Кудровского месторождения, согласно ГОСТ 8736–2014 «Песок для строительных работ. Технические условия», по модулю крупности относится к группе мелких или очень мелких песков ($M_k = 1,47–1,60$), по остатку на сите № 063 – к группе очень мелких песков. Насыпная плотность данного песка – $1,3–1,5 \text{ г/см}^3$, влажность – от 5 до 8 % [4].

Альбитофир – отход камнедробления горных пород, полученный из систем путем пылеулавливания. Данный вид сырья относится к группе алюмосиликатов с высоким содержанием щелочных оксидов. Химический состав, выраженный в масс. %: SiO_2 – 77,68; $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ – 11,51; Fe_2O_3 – 1,62; CaO – 1,68; MgO – 0,24; Na_2O – 5,4; K_2O – 0,48. Минеральная добавка сложена в основном альбитом, кварцем и нефелином [3].

Для подбора шихт для клинкерной керамики были выбраны следующие составы, приведённые в табл. 3.

Таблица 3

Экспериментальные составы шихт для получения клинкерной керамики

Table 3

Experimental compositions of mixtures for clinker ceramics production

№ состава	Маркировка	Сырьевые материалы, %				$T_{\text{обж}}, ^\circ\text{C}$
		Глина Воронинского месторождения	Глина Кайлинского месторождения	Альбитофир (фр. менее 0,5 мм)	Песок Кудровского месторождения	
1	К-ЛК	45	40	15	–	1100
2	А-1	30	55	15	–	1100
3	П-1	40	40	–	20	1100

Из данных табл. 3 следует, что базовым являлся состав с шифром К-ЛК. Далее, в составе с шифром П-1 отощитель альбитофир заменили на кварцевый песок с шагом 5 %, а в составе с шифром А-1 альбитофир оставили без изменений, но выполнили регулировку процентного содержания глинистого сырья с шагом 15 %.

Формовочные параметры и результаты испытаний экспериментальных составов представлены в табл. 4–9.

Таблица 4

Технологические параметры составов серии К-ЛК

Table 4

Technological parameters of K-LK mixture compositions

Маркировка	Формовочная влажность, %	Остаток на сите 0,04, %	Линейная усадка, %		
			воздушная	огневая	общая
К-ЛК-1	19,91	17,02	6,0	3,56	9,56
К-ЛК-2	19,90		6,65	2,07	8,72
К-ЛК-3	19,96		6,35	2,06	8,41

В табл. 4 исследовались образцы базового состава К-ЛК с шифрами: К-ЛК-1, К-ЛК-2, К-ЛК-3. Определялись следующие показатели: формовочная влажность образцов, остаток на сите 0,04 сырьевой смеси, линейная усадка образцов.

Таблица 5

**Результаты физико-механических испытаний
экспериментальных составов серии К-ЛК**

Table 5

Physical and mechanical properties of experimental K-LK compositions

Маркировка	$m_{\text{форм}}$, Г	$m_{\text{сух}}$, Г	$p\text{-}p_{\text{сух}}$, мм	$m_{\text{обж}}$, Г	$p\text{-}p_{\text{обж}}$, мм	$m_{\text{нас}}$, Г	W , %
К-ЛК-1	69,52	55,68	47,00	52,29	45,33	53,845	2,98
К-ЛК-2	68,79	55,10	46,68	51,75	44,78	53,2	2,80
К-ЛК-3	67,58	54,09	47,33	50,75	46,35	52,1	2,7

Примечание. В таблице $m_{\text{форм}}$ – масса отформованного образца; $m_{\text{сух}}$ – масса сухого образца; $p\text{-}p_{\text{сух}}$ – размер между усадочными метками на сухом образце, мм; $m_{\text{обж}}$ – масса обожжённого образца; $p\text{-}p_{\text{обж}}$ – размер между усадочными метками на обожжённом образце, мм; $m_{\text{нас}}$ – масса водонасыщенного образца; W – водопоглощение образца.

В табл. 5 образцы базового состава К-ЛК исследовались на показатель водопоглощения, который является одним из основных для клинкерной керамики.

Анализируя результаты табл. 4 и 5 по составу К-ЛК, можем сделать следующие выводы:

– по данным табл. 4: состав К-ЛК имеет высокую усадку, средний показатель – 9,0 %;

– по данным табл. 5: все образцы состава К-ЛК соответствуют требованиям для клинкерной керамики [5]. Средний показатель водопоглощения составляет 2,83 %.

Для оценки визуальных характеристик образцов были сделаны фотографии состава К-ЛК, представленные на рис. 2.



Рис. 2. Фотографии образцов экспериментальных составов К-ЛК
Fig. 2. Photographs of experimental K-LK samples

На рис. 2 видно, что образцы имеют насыщенный красно-терракотовый цвет.

В табл. 6 и 7 приведены данные испытаний состава А-1, в котором от базового состава были изменены процентные содержания глинистого сырья с шагом 15 %, а отощитель был оставлен без изменения. Исследовались образцы с шифрами А-1 и А-2.

Таблица 6

Технологические параметры составов серии А

Table 6

Technological parameters of composition A

Маркировка	Формовочная влажность, %	Линейная усадка, %		
		воздушная	огневая	общая
А-1	24,27	7,1	1,83	8,93
А-2	24,17	7,1	2,48	9,58

В табл. 6 приведены результаты исследования образцов состава А-1, им были присвоены шифры А-1, А-2. Определялись следующие показатели: формовочная влажность образцов, остаток на сите 0,04 сырьевой смеси, линейная усадка образцов.

Таблица 7

Результаты физико-механических испытаний экспериментальных составов серии А

Table 7

Physical and mechanical properties of experimental composition A

Маркировка	$m_{\text{форм}}$, Г	$m_{\text{сух}}$, Г	$p-p_{\text{сух}}$, мм	$m_{\text{обж}}$, Г	$p-p_{\text{обж}}$, мм	$m_{\text{нас}}$, Г	W, %
А-1	65,755	49,795	46,45	46,804	45,6	51,25	8,67
А-2	65,63	49,771	46,45	46,767	45,3	50,8	8,62

В табл. 7 приведены результаты исследования образцов состава А-1 на показатель водопоглощения, который является одним из основных для клинкерной керамики.

Для оценки визуальных характеристик образцов были сделаны фото состава А-1, представленные на рис. 3.



Рис. 3. Фотографии образца экспериментального состава А-1

Fig. 3. Photographs of experimental composition A-1

На рис. 3 видно, что цвет образца имеет светлый песчаный оттенок.

Анализируя результаты табл. 6 и 7, а также рис. 3, можно констатировать, что при добавлении тугоплавкой светложгущейся глины в шихту происходит:

– снижение содержания оксида железа, черепок после обжига становится более светлым;

– увеличение усадки относительно результатов испытаний базового состава К-ЛК до среднего показателя 9,3 %;

– рост показателя водопоглощения относительно результатов испытаний базового состава К-ЛК до 8,65 %.

Следовательно, можно сделать вывод, что увеличение процента тугоплавкой глины Кайлинского месторождения на 15 % и снижение содержания легкоплавкой глины Воронинского месторождения на 15 % ухудшили спекание образца и не позволили достичь клинкерных показателей.

В табл. 8 и 9 приведены данные испытаний состава П-1, в которых от базового состава были изменены процентные содержания глинистого легкоплавкого сырья с шагом 5 % и заменен отощитель альбитофир на кварцевый песок. Исследовались образцы данного состава с шифрами П-1 и П-2.

Таблица 8

Технологические параметры составов серии П

Table 8

Technological parameters of composition P

Маркировка	Формовочная вл., %	Линейная усадка, %		
		воздушная	огневая	общая
П-1	21,01	4,86	1,79	6,65
П-2	21,00	3,2	1,82	5,02

В табл. 8 представлены результаты определения свойств образцов составов с шифрами П-1, П-2: формовочная влажность образцов, остаток на сите 0,04 сырьевой смеси, линейная усадка образцов.

Таблица 9

Результаты физико-механических испытаний экспериментальных составов серии П

Table 9

Physical and mechanical properties of experimental composition P

Маркировка	$m_{\text{форм}}$, Г	$m_{\text{сух}}$, Г	$p-p_{\text{сух}}$, ММ	$m_{\text{обж}}$, Г	$p-p_{\text{обж}}$, ММ	$m_{\text{нас}}$, Г	W , %
П-1	69,415	54,832	47,575	51,955	46,725	56,84	8,59
П-2	69,295	54,745	48,4	51,865	47,525	57,1	10,1

Для оценки визуальных характеристик образцов были сделаны фото состава А-1, представленные на рис. 4.

На рис. 4 видно, что цвет образца состава П-1 имеет красноватый терракотовый оттенок.



Рис. 4. Фотографии образца экспериментального состава П-1

Fig. 4. Photographs of experimental composition P-1

Анализируя результаты табл. 8, 9 и рис. 4, можно сделать следующие выводы: при замене отощителя альбитофир на кварцевый песок Кудровского месторождения цвет черепка относительно базового состава К-ЛК практически не изменился, усадка образцов снизилась, а показатель водопоглощения увеличился более чем в 3 раза от базового состава К-ЛК и составил 9,3 %. Из этого следует, что кварцевый песок выполняет только функцию отощителя, а альбитофир работает в составе как плавленый с образованием увеличенного количества стеклофазы [6].

Выводы

Таким образом, в процессе исследования установлено:

1. Базовый состав шихты под шифром К-ЛК (воронинская глина – 45 %, кайлинская глина – 40 %, альбитофир – 15 %) может быть использован для получения клинкерной керамической продукции согласно показателям ГОСТ 530–2012. На основе данного состава получен керамический черепок с водопоглощением 2,70–2,98 % при температурном режиме 1100 °С и выдержкой 8 ч.

2. Изменения в базовом составе процентного содержания глин и замены вида отощителя в составах П-1 и А-1 дали отрицательный результат: водопоглощение обожженного черепка составляет 8,59 и 8,67 % соответственно, что, согласно требованиям ГОСТ 530–2012, превышает допустимую величину. Такие составы не могут быть использованы для получения клинкерной керамической продукции.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Будников П.П., Балкевич В.Л., Бережной А.С. и др. Химическая технология керамики и огнеупоров. Москва : Стройиздат, 1972. 552 с.
2. Мустафин Н.Р., Ашмарин Г.Д. Клинкерная керамика на основе кремнеземистого сырья и техногенных отходов // Строительные материалы. 2006. № 1. С. 32–33. EDN: HTHIWL
3. Шоева Т.Е. Оценка влияния альбитофира на свойства керамического черепка // Современное строительство и архитектура. 2018. № 1 (09). С. 10–12. DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2018.09.3>
4. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Песок и гравий. Москва : Министерство природных ресурсов Российской Федерации, 2007. 40 с.
5. Езерский В.А. Клинкер. Технология и свойства // Строительные материалы. 2011. № 4. С. 79–82. EDN: OBHUB

6. Салахов А.М., Фасеева Г.Р., Гизатуллин Б.И. и др. Клинкерная керамика: от лаборатории к промышленному производству // Строительные материалы. 2011. № 4. С. 60–62. EDN: OBHBSD

REFERENCES

1. Budnikov P.P., Balkevich V.L., Berezhnoy A.S., et al. Chemical Technology of Ceramics and Refractories. Moscow: Stroyizdat, 1972. 552 p. (In Russian)
2. Mustafin N.R., Ashmarin G.D. Clinker Ceramics based on Siliceous Raw Materials and Technogenic Waste. *Stroitel'nye materialy*. 2006; (1): 254–255. EDN: HTHIWL (In Russian)
3. Shoeva T.E. Influence of Albitophyre on Ceramic Body Properties. *Sovremennoe stroitel'stvo i arkhitektura*. 2018; 1 (9): 10–12. DOI: 10.18454/mca.2018.09.3 (In Russian)
4. Methodological recommendations for application of classification of deposit reserves and probable resources of solid minerals. Sand and gravel. Moscow, 2007. 40 p. (In Russian)
5. Ezerskiy V.A. Clinker. Technology and Properties. *Stroitel'nye materialy*. 2011; (4): 79–82. (In Russian)
6. Salakhov A.M., Faseeva G.R., Gizatullin B.I., et al. Clinker Ceramics: from Laboratory to Industrial Production. *Stroitel'nye materialy*. 2011; (4): 60–62. (In Russian)

Сведения об авторах

Иванова Ольга Александровна, аспирант, управляющий индивидуальный предприниматель группы кирпичных заводов FURBAU, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, Томск, пл. Соляная 2, olgarik2022@gmail.com

Семеновых Марк Андреевич, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, Томск, пл. Соляная 2, semenovykhmark@gmail.com

Скрипникова Нелли Карповна, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, Томск, пл. Соляная 2, nks2003@mail.ru

Authors Details

Olga A. Ivanova, Research Assistant, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, olgarik2022@gmail.com

Mark A. Semenovykh, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, semenovykhmark@gmail.com

Nelly K. Skripnikova, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, nks2003@mail.ru

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

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

Статья поступила в редакцию 12.02.2025
Одобрена после рецензирования 27.02.2025
Принята к публикации 04.03.2025

Submitted for publication 12.02.2025
Approved after review 27.02.2025
Accepted for publication 04.03.2025

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 2. С. 185–197.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (2): 185–197.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 625.7/8: 677.044.132

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-185-197

EDN: RMCVHL

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТИ СМЕСЕВЫХ ПЛАСТИФИКАТОРОВ – ОСТАТОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ЛЕСОХИМИИ

**Илья Алексеевич Халикин¹, Иван Михайлович Рожков²,
Ван Линьфан³, Илья Андреевич Ключников⁴,
Николай Александрович Лушников⁵,
Дмитрий Юрьевич Небрятенко^{1,5,6}**

¹Московский государственный строительный университет,
г. Москва, Россия

²Научно-исследовательский институт
транспортно-строительного комплекса, г. Москва, Россия

³Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

⁴Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), г. Москва, Россия

⁵Российский университет транспорта, г. Москва, Россия

⁶Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия

Аннотация. Актуальность. Истощение легкодоступных запасов нефти приводит к необходимости уделять все большее внимание изучению возможности замещения используемых в дорожном строительстве нефтепродуктов на компоненты растительного происхождения. Важно отметить, что получение таких компонентов является экологически полезным, поскольку расширение лесных массивов позволяет компенсировать потери кислорода вследствие интенсивной человеческой деятельности. Продукция лесного хозяйства широко востребована, объёмы лесопереработки ежегодно растут, но параллельно с ними увеличивается и количество производимых отходов, а следовательно, и объёмы их утилизации путем сжигания.

Основные технологии переработки и соответствующие им товарные продукты лесохимии были разработаны более 50–70 лет назад, и их модернизация весьма затратна. Существующие сегодня частные примеры нетрадиционного использования остаточных продуктов сульфатно-целлюлозного производства точно обозначают перспективные направления для развития данного сегмента их применения, но не снимают всю остроту проблемы. Обширные запасы древесной щепы в российских регионах и существенный объём сточных вод целлюлозных производств подчеркивают важность проведения исследований в указанном направлении.

Основная часть данной работы посвящена систематизированному исследованию и анализу качественных показателей товарных и нетоварных продуктов лесохимии с целью оценки возможности рекомендовать их для использования в качестве модификаторов технологических и эксплуатационных свойств битумных вяжущих. Это одно из потенци-

альных направлений полезного использования лесохимических остатков, которое является примером продолжения технологического передела продуктов лесопереработки, но уже в дорожно-строительной отрасли.

Цель работы – выявление возможности применения товарных продуктов лесохимии и их смесей для дальнейшего изучения целенаправленного регулирования комплекса физико-механических показателей дорожных вяжущих.

Методы. Методом гравиметрического анализа проведена сопоставительная оценка термостабильности как для товарных и нетоварных продуктов, так и для их смесей при различном соотношении компонентов.

Результаты. Исследования подтвердили потенциальную возможность применения остаточных продуктов лесохимического передела, в том числе их смесей, для корректировки технических, технологических и эксплуатационных характеристик битумных вяжущих различных составов.

Ключевые слова: битумы нефтяные дорожные, пек талловый, масло легкое талловое, потеря массы при термостатировании

Благодарность: авторы выражают благодарность ООО «Газпромнефть-Битумные материалы» за предоставление образцов товарной продукции и всестороннюю помощь в проведении исследований.

Для цитирования: Халикин И.А., Рожков И.М., Ван Линьфан, Ключников И.А., Лушников Н.А., Небрatenко Д.Ю. Исследование термостабильности смесевых пластификаторов – остаточных продуктов лесохимии // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 2. С. 185–197. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-185-197. EDN: RMCVHL

ORIGINAL ARTICLE

THERMAL STABILITY OF MIXED PLASTICIZERS, RESIDUAL PRODUCTS OF FOREST CHEMISTRY

Ilya A. Khalikin¹, Ivan M. Rozhkov², Wang Linfan³,
Ilya A. Klyuchnikov⁴, Nikolai A. Lushnikov⁵, Dmitry Yu. Nebratenko^{1,5,6}

¹The National Research Moscow State University of Civil Engineering,
Moscow, Russia

²Research Institute of Transport and Construction Complex, Moscow, Russia

³Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

⁴The Federal Road Agency (Rosavtodor), Moscow, Russia

⁵Russian University of Transport, Moscow, Russia

⁶D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

Abstract. This work studies and analyzes qualitative indicators of commodity and non-commodity products of forest chemistry in order to recommend them for using as modifiers of technological and operational properties of bitumen binders. This is one of many potential areas for a beneficial use of forest chemical residues. It is an example of technological conversion of timber processing products in the road construction industry.

Purpose: The aim of the work is to identify the possibility of using forest chemistry commercial products and their mixtures for further studying control for physical and mechanical parameters of road binders.

Methodology: A comparative analysis of thermal stability of both commodity and non-commodity products and their mixtures at different component ratio based on the thermogravimetric analysis.

Research findings: The potential use of residual products is confirmed for forest chemical processing, including their mixtures to correct technological and operating parameters of bituminous binders of various compositions.

Keywords: petroleum asphalt, tall oil pitch, light tall oil, thermostat weight loss

Acknowledgement: The authors express their gratitude to ООО “Gazpromneft-Bitumen Materials” for providing samples of commercial products and comprehensive assistance in conducting research.

For citation: Khalikin I.A., Rozhkov I.M., Van Lin'fan, Klyuchnikov I.A., Lushnikov N.A., Nebratenko D.Yu. Thermal Stability of Mixed Plasticizers, Residual Products of Forest Chemistry. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (2): 185–197. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-185-197. EDN: RMCVHL

Введение

Традиционные окисленные битумы нефтяные дорожные вязкие (БНД) и полимерно-битумные вяжущие на их основе (ПБВ) являются наиболее распространенными материалами, применяемыми в качестве связующих в асфальтобетонных смесях [1, 2, 3]. Большинство битумных связующих, используемых для дорожных работ, получают из ископаемого сырья [4, 5, 6]. Общее потребление битума в Европе остается высоким, относительно стабильным и варьируется на уровне 10–12 млн т в год [7]. По данным Росстата, в 2022 г. в России аналогичный показатель составлял 7,9 млн т [8]. Кроме того, прогнозируется, что для ликвидации разрушений и износа покрытий в связи с интенсификацией движения крупнотоннажного наземного колесного транспорта внутри страны спрос на битум и асфальтобетонные смеси продолжит расти и будет обусловлен увеличением расходов на строительство и содержание дорог.

Рост объемов дорожно-строительных работ, в сочетании со стремлением минимизировать использование для указанной цели ископаемого нефтяного сырья, привел во всем мире к повышению интереса к вяжущим из альтернативных источников сырья, особенно из возобновляемых природных материалов животного и/или растительного происхождения, обобщенно именуемых биовяжущими.

Биовяжущие представляют собой полную или частичную альтернативу традиционному нефтяному битуму. Они изготавливаются на основе возобновляемых источников сырья, не связанных непосредственно с нефтью. При этом их производство не влияет на производство продуктов питания, поэтому они имеют очевидные экологические и неочевидные экономические выгоды. Их можно производить из различных источников, включая растительные масла, водоросли, лосятый и свиной навоз, продукты лесопереработки и лесохимии [9, 10, 11]. Биовяжущие не только обладают потенциалом снижения спроса на нефтяной битум, но также продемонстрировали положительное влияние на эксплуатационные характеристики дорожных покрытий в зависимости от их состава и региона расположения дорожных объектов. Они могут быть получены и использованы практически повсеместно, по всей территории РФ, причем прежде всего там, где доставка нефтяного сырья затруднительна [11, 12]. Поэтому им, как эффективной альтернативе или дополнительной составляющей нефтяных вяжущих в дорожном строительстве, уделяется все больше внимания.

Биомасса включает растительные масла и побочные жидкие или вязкие органические остатки [13]. На сегодняшний день с этим типом материалов проведен ряд исследований и имеются разработки, суть которых заключается в основном в их физическом смешении и процессах химической модификации, например, переэтерификации растительного масла и полимеризации канифоли [14, 15]. Применение биогенных источников для производства биосвязующих может помочь сократить выбросы и перенаправить лесоматериалы и продукты их переработки от сжигания на устойчивое и эффективное потребление. Переработка отходов может свести к минимуму количество ценных органических соединений, отправляемых на свалку, и сократить выбросы парниковых газов путем использования переработанных растительных отходов для замещения традиционных битумных вяжущих [16, 17].

Учитывая рост глобального потребления нефтепродуктов и углубления процессов нефтепереработки вплоть до твердых остатков (кокса), также важно отметить, что сжиженная биомасса не сможет удовлетворить все потребности в вяжущих в полном объеме, поскольку существует множество других конкурирующих видов ее использования, включая растущий спрос на производство биотоплива: биодизеля и биоэтанола [18].

Можно выделить три варианта применения биокomпонентов в составе традиционных нефтяных битумов [19]:

- 1) непосредственно в качестве пластификаторов или мягчителей (объем вводимого материала растительного происхождения в состав нефтяного битума не превышает 7–10 %);
- 2) в качестве вязких компонентов, омолаживателей и активных заполнителей (замещение объема битума биовязущим на уровне 20–75 %);
- 3) в роли альтернативного вяжущего (90–100%-я замена битума).

На современном этапе большинство исследований сосредоточено на применении биовязущих непосредственно в качестве пластификаторов или мягчителей. При этом суммарный объем замещения нефтяных компонентов растительными не превышает 10 массовых процентов. Возможно, это связано с увеличением неопределенности реологических свойств, придаваемых биокomпонентами итоговому вяжущему при использовании их в большем количестве [20, 21]. Исследования по применению биовязущих в качестве наполнителей битума или полной альтернативы также важны, поэтому существует необходимость дальнейшего изучения этих материалов, чтобы максимизировать их использование в дорожной сфере.

В настоящей работе исследованы растительные компоненты – продукты лесохимии (пек талловый и легкое талловое масло), а также их двойные смеси. Цель работы – выявление возможности применения товарных продуктов лесохимии и их смесей для дальнейшего изучения целенаправленного регулирования комплекса физико-механических показателей дорожных вяжущих.

Объекты и методы

В качестве базового компонента в исследовании использовался пек талловый (ТП) – многотоннажный побочный продукт сульфатно-целлюлозного производства [22]. При дистилляции таллового масла в кубовом остатке накоп-

ливаются высококипящие нейтральные вещества. В смеси с нелетучими и перекисленными продуктами они образуют товарный продукт переменного состава, известный как пек талловый. Являясь доступным и относительно дешевым возобновляемым сырьем растительного происхождения и обладая рядом ценных свойств, пек талловый в настоящее время не находит достаточно квалифицированного применения, и значительная его часть утилизируется (сжигается). Использованный в работе пек талловый соответствует СТО 16217983-006–2018, состав его смеси представлен в табл. 1. Средняя молекулярная масса таллового пека составляет 560 а. е. м.

Таблица 1

Компонентный состав таллового пека и легкого таллового масла [23]

Table 1

Mixture composition of tall oil pitch and light tall oil

Наименование показателя	Содержание, масс. %	
	в ТП	в ЛТМ
Жирные кислоты	1–20	45–60
Смоляные кислоты	10–20	2–15
Окисленные продукты	14–20	5–10
Неомыляемые вещества	25–40	25–50

Талловые масла (ТМ) – побочные продукты сульфатно-целлюлозного производства – представляют большой интерес для лесохимических и целлюлозно-бумажных предприятий [22]. Масло талловое легкое (ЛТМ) – головной погон при ректификации таллового масла. Это маслянистая жидкость или кашеобразная масса, прозрачная при 80 °С. Компонентный состав легкого таллового масла представлен в табл. 1. ЛТМ практически не растворяется в воде, но хорошо растворяется в органических растворителях и медленно окисляется на воздухе [23, 24, 25]. Использованное в данной работе ЛТМ выпускается в соответствии с СТО 16217983-007–2018 и при комнатной температуре имеет специфический запах, характерный для меркаптанов и сульфидов.

Легкое талловое масло, с одной стороны, может быть дополнительным источником получения ароматических углеводородов, с другой стороны, легкие масла возможно использовать в качестве разбавителя пека таллового [24, 25]. Изучение последнего варианта является составной частью целевой задачи данного исследования.

Паспортные показатели таллового пека и легкого таллового масла представлены в табл. 2.

Выбор в качестве пластифицирующих компонентов для нефтяного дорожного битума ТП и ЛТМ в том числе определен тем обстоятельством, что на текущий момент в России не существует достаточно технологичного способа эффективной утилизации этих крупнотоннажных компонентов лесохимии, суммарный выход которых при переработке остатков сульфатно-целлюлозного производства может составлять до 45–60 %.

Таблица 2

Паспортные показатели таллового пека и легкого таллового масла

Table 2

Specified parameters of tall oil pitch and light tall oil

Наименование показателя	ТП		ЛТМ	
	Норма марки А по СТО 16217983-006-2018	Факт	Норма по СТО 16217983-007-2018	Факт
Кислотное число, мг КОН на 1 г продукта	Не более 60	58	Не менее 150	158
Температура размягчения, °С	Не ниже 25	31	—	—
Массовая доля смоляных кислот, %	—	—	Не более 8	3
Массовая доля воды, %	—	—	Не более 0,6	Следы
Плотность при 20 °С, г/см ³	Не менее 1,0	1,04	Не менее 0,90	0,922
Условная вязкость, с	10–50	—	—	49

Однако при приготовлении асфальтобетонных смесей (АБС) важна термостабильность связующих компонентов при повышенных температурах. Поэтому все компоненты АБС и вяжущие материалы оцениваются на предмет соответствия указанному требованию. Для проведения испытаний на термостабильность исходных продуктов переработки сырого таллового масла, а также их смесей в различных соотношениях авторами была разработана методика проведения испытаний, в основу которой положены принципы ГОСТ 18180–72 «Битумы нефтяные. Метод определения изменения массы после прогрева». Указанный стандарт распространяется на нефтяные битумы и устанавливает метод определения изменения массы битума после прогрева. Это может быть как уменьшение массы вяжущего за счет испарения летучих компонентов, так и увеличение массы битума вследствие образования новых кислородсодержащих компонентов при окислении воздухом. В данном случае в качестве исследуемых компонентов выступали исходные товарные и нетоварные продукты лесохимии, а также пять смесей пека таллового и легкого таллового масла, состав которых представлен в табл. 3.

Методика проведения испытаний на термостабильность исходных продуктов переработки сырого таллового масла, а также их смесей в различных соотношениях состояла в следующем. Каждый исследуемый компонент (ИК) заливали в две стеклянные чашки Петри (по 28 + 0,1 г в каждую) и осторожно распределяли его по дну равномерным слоем (толщиной порядка 4–5 мм).

После охлаждения ИК до комнатной температуры пробы взвешивали с погрешностью не более 0,01 г. Полученные таким образом пробы устанавливали на горизонтальную решетку сушильного шкафа, предварительно разогретого до 163 °С. Температуру дополнительно контролировали ртутным термометром. Периодически чашки с ИК вынимали из сушильного шкафа и взвешивали с погрешностью не более 0,01 г. Поскольку при установлении и извлечении проб

температура сушильного шкафа понижалась, то время испытаний отсчитывали от момента достижения в термошкафу требуемого значения – 163 °С.

Изменение массы ИК после прогрева (X) в процентах вычисляли по формуле

$$X = ((m - m_1)100)/m,$$

где m – масса ИК до прогрева, г; m_1 – масса ИК после прогрева, г.

За результат испытания принимали среднее арифметическое значение двух параллельных определений.

Результаты

Данные, полученные в ходе проведения испытаний, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Изменение массы смесей таллового пека и легкого таллового масла в ходе прогрева при 163 °С

Table 3

Mixture weight of tall oil pitch and light tall oil at 163 °C heating

Содержание в смеси, масс. %		Потеря массы смеси после прогрева, %				
ТП	ЛТМ	1 ч	2 ч	3 ч	4 ч	5 ч
100	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
80	20	0,00	0,00	0,00	0,03	0,06
60	40	0,00	0,00	0,10	0,19	0,29
50	50	0,00	0,10	0,29	0,38	0,76
40	60	0,02	0,35	0,47	0,50	0,73
20	80	0,10	0,59	0,74	1,47	1,47
0	100	0,40	0,66	0,93	1,32	1,59

Таким образом, гравиметрическим методом была определена термостабильность ряда смесевых продуктов лесохимии при их продолжительном нахождении (от 1 до 5 ч) при повышенных температурах (163 °С).

Из данных табл. 3 следует, что возрастание убыли массы исследуемых смесей биоконпонентов наблюдается с увеличением в составе смеси количества ЛТМ. Заметные потери массы фиксируются при содержании легкого таллового масла в смеси порядка 40 %.

Активное испарение легколетучих компонентов таллового пека и легкого таллового масла продолжалось на протяжении всего эксперимента. Интенсивность и цветность образующихся при нагревании легколетучих компонентов можно оценить на рис. 1. Однако важно отметить, что, несмотря на наблюдаемое активное удаление легких фракций из состава смеси, потеря массы на горизонте 5 ч при 163 °С не является существенной и не превышает 1,0–1,5 масс. % [26, 27]. Согласно требованиям к битумным вяжущим материалам по ГОСТ Р 58400.1–2019 «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Технические условия с учетом температур-

ного диапазона эксплуатации» и ГОСТ Р 58400.2–2019 «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Технические условия с учетом уровней эксплуатационных транспортных нагрузок», изменение массы до 1 % является приемлемым.



Рис. 1. Интенсивное испарение летучих компонентов на этапе прогрева образцов при 163 °С

Fig. 1. Intensive evaporation of volatile components at 163 °C

Ограничение срока прогрева пятью часами объясняется тем, что разработанная методика применялась для моделирования технологического прогрева дорожного битума/ПБВ при приготовлении, транспортировке и укладке горячих дорожных асфальтобетонных смесей, которое предполагает именно пятиточасовой прогрев, следовательно, для исследования возможности потенциального применения ЛТМ в этих смесях усложнять лабораторный эксперимент применением более продолжительного нагрева было бы нецелесообразно.

В ходе органолептической оценки воздействия летучих компонентов ЛТМ, обладающих специфическим запахом, в учебно-лабораторном комплексе кафедры «Автомобильные дороги, аэродромы, основания и фундаменты» Российского университета транспорта в течение трех месяцев были проведены испытания компонентов растительного происхождения на морозостойкость (до –35 °С) и теплостойкость (до +68 °С) в статическом режиме.

Важно отметить, что по истечении 45 сут с начала нахождения ЛТМ в открытой ёмкости при температуре, превышающей комнатную на 10–15 °С, органолептические показатели легкого таллового масла нормализовались, специфический запах пропал, а последующий прогрев при 163 °С повторного выделения легколетучих компонентов не вызывал. На рис. 2 представлен внешний вид ЛТМ при температурах: –35, –25 и 68 °С соответственно.

Представленные изображения наглядно демонстрируют изменение агрегатного состояния ЛТМ от высоковязкого (но не кристаллизующегося) состояния до абсолютно прозрачной подвижной жидкости.



Рис. 2. Изменение агрегатного состояния ЛТМ от -35 до 68 °С
Fig. 2. Physical forms of light tall oil within -35 to 68 °С

Кроме улучшения низкотемпературных свойств смеси масел, введение в состав ТП определённого количества ЛТМ призвано было скорректировать его вязкостные показатели при традиционных температурах переработки, чтобы облегчить выполнение технологических операций по транспортировке и перекачиванию таллового пека. С учетом того, что температура порядка 163 °С является технологически значимой для процессов переработки вяжущих при приготовлении, транспортировке и применении асфальтобетонных смесей, установленная термическая стабильность смесей ТП и ЛТМ является важным техническим показателем с удовлетворительными абсолютными значениями.

Заключение

Таким образом, термогравиметрическим методом установлен факт температурной стабильности смесевых продуктов лесохимии при температурах порядка 163 °С. Показана стабильность их агрегатного состояния при долговременном промораживании до -35 °С и прогреве до $+68$ °С. Это доказывает возможность использования чистых и смесевых биовязущих – остаточных продуктов лесохимии – в качестве пластифицирующих компонентов в составе битумов нефтяных дорожных и битумных вяжущих на их основе.

В качестве направления дальнейших исследований можно выделить изучение различных модельных битумных вяжущих материалов с применением в качестве пластификатора для них остаточных продуктов лесохимии. Для указанных целей целесообразно использование современных систем моделирования технологического и эксплуатационного старения, также применяемых в дорожно-строительной отрасли.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Быстров Н.В. Нормирование свойств модифицированных битумов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. Т. 20. № 5. С. 198–203. DOI: 10.31675/1607-1859-2018-20-5-198-203
2. Гохман Л.М. Дорожный полимерасфальтобетон. Москва : Экон-Информ, 2017. 477 с.
3. Hunter R.N., Self A., Read J. The Shell Bitumen Handbook. 6th Edition, ICE Publishing, London, 2015. 485 p. DOI: 10.1680/tsbh.58378

4. Azari-Jafari H., Yahia A., Amor B. Life Cycle Assessment of Pavements: Reviewing Research Challenges and Opportunities // J. Clean. Prod. 2016. V. 1126. P. 2187–2197. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.09.080
5. Balaguera A., Carvajal G.I., Albertí J., Fullana-i-Palmer P. Life Cycle Assessment of Road Construction Alternative Materials: A Literature Review // Resour. Conservation Recycling. 2018. V. 132 (24). P. 37–48. DOI: 10.1016/j.resconrec.2018.01.003
6. Симчук Е.Н., Харпаев А.В., Рожков И.М. Современные подходы к моделированию старения битумных вяжущих материалов в лабораторных условиях // Дороги и мосты. 2022. № 2 (48). С. 274–306. EDN: HUWSYA
7. EAPA, Asphalt in Figures 2020. Brussels, European Asphalt Pavement Association, 2021. 13 p.
8. Будрис А. ЕС ограничивает поставки каучука и битума из России: какими будут последствия // Forbes. 01.03.2023. URL: www.forbes.ru/biznes/485436-es-ogranicivaet-postavki-kaucuka-i-bituma-iz-rossii-kakimi-budut-posledstvia (дата обращения: 16.12.2024).
9. Ingrassia L.P., Lu X., Ferrotti G., Canestrari F. Renewable materials in bituminous binders and mixtures: Speculative pretext or reliable opportunity? // Resources, Conservation and Recycling. 2019. V. 144. P. 209–222. DOI: 10.1016/j.resconrec.2019.01.034
10. Белова Н.А., Страхова Н.А. Возможность пластификации нефтяных битумов отработанными синтетическими и минеральными // Перспективы развития строительного комплекса. 2014. № 1. С. 93–97. EDN: SYBQXR
11. Евдокимова Н.Г., Грызина Е.В., Ялиева Э.А., Гуреев А.А. Подготовка сырья битумного производства с использованием вакуумного остатка установки висбрекинга // Нефтегазовое дело. 2011. № 5. С. 323–335.
12. Mahssin Z.Y., et al. Converting Biomass into Bio-Asphalt – A Review // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 19. DOI: 10.1088/1755-1315/682/1/012066
13. Lahjiri F. Etude de l'impact physico-chimique des liants dits "régénérants" sur la constructibilité (performance et durabilité) des enrobés recycles // Physique. Français. Université Montpellier, 2020. 307 p.
14. Elahi Z., et al. Waste Cooking Oil as a Sustainable Bio Modifier for Asphalt Modification: A Review // Sustainability. 2021. V. 13. P. 11506. DOI.org: 10.3390/su132011506
15. Дошлов О.И., Снеишлов Е.Г. Полимерно-битумное вяжущее – высокотехнологическая основа для асфальта нового поколения // Вестник ИргТУ. 2013. № 6. С. 140–144. EDN: QCRBYJ
16. The Eurobitume life-cycle inventory for bitumen. Version 3.1. European Bitumen Association. 2020. V. 49.
17. Alvarez-Barajas R., et al. Bio and waste-based binders with hybrid rubberized-thermoplastic characteristics for roofing // Polymer Testing. 2024. V. 130. 108317. DOI: 10.1016/j.polymeresting.2023.108317
18. Zhou Y. Hydrothermal conversion of biomass to fuels, chemicals and materials: A review holistically connecting product properties and marketable applications // Science of The Total Environment. 2023. V. 34. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.163920
19. Samieadel A., Schimmel K., Fini E.H. Comparative life cycle assessment (LCA) of bio-modified binder and conventional asphalt binder // Clean Technologies and Environmental Policy. 2018. V. 20. № 1. P. 191–200.
20. Aziz M.M.A., Rahman M.T., Hainin M.R., Bakar W.A. An overview on alternative binders for flexible pavement // Construction and Building Materials. 2015. V. 84. P. 315–319.
21. Zhang Z., Fang Y., Yang J., Li X. A comprehensive review of bio-oil, bio-binder and bio-asphalt materials: Their source, composition, preparation and performance // J. Traffic Transp. Eng. 2022. V. 9. № 2. P. 151–166. DOI: 10.1016/j.jtte.2022.01.003
22. Смид В.А., Дильман А.Д. Основы современного органического синтеза. Москва : БИНОМ, 2009. 750 с.
23. Методические рекомендации по применению составленных вяжущих в покрытиях автомобильных дорог. Москва : Союздорнии, 1980. 24 с.
24. Варанкина Г.С., Русаков Д.С., Козик П.С. Исследование процессов склеивания шпона фенолоформальдегидной смолой с использованием промежуточных продуктов сульфатно-целлюлозного производства // Системы. Методы. Технологии. 2016. № 2 (30). С. 120–127. DOI: 10.18324/2077-5415-2016-2-120-127

25. Владимирова Т.М., Третьяков С.И., Жабин В.И., Коптелов А.Е. Получение и переработка талловых продуктов. Архангельск : Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2008. 155 с.
26. Гурова Е.В., Галдина В.Д. Определение технических свойств нефтяных битумов. Омск : СибАДИ, 2014. 40 с.
27. Ковалев Я.Н., Галузо Г.С., Змачинский А.Э., Чистова Т.А. Строительные материалы. Лабораторный практикум. Минск : Новое знание, 2013. 633 с.

REFERENCES

1. Bystrov N.V. Standardization of Properties of Modified Bitumen. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroi-tel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2018; 20 (5): 198–203. (In Russian)
2. Gokhman L.M. Road Polymer Bitumen Concrete. Moscow: Ekon-Inform, 2017. 477 p. (In Russian)
3. Hunter R.N., Self A., Read J. The Shell Bitumen Handbook. 6th Ed., London: ICE Publishing. 2015. 485 p. DOI: 10.1680/tsbh.58378
4. Azari-Jafari H., Yahia A., Amor B. Life Cycle Assessment of Pavements: Reviewing Research Challenges and Opportunities. *Journal of Cleaner Production*. 2016; 1126: 2187–2197. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.09.080
5. Balaguera A., Carvajal G.I., Alberti J., Fullana-i-Palmer P. Life Cycle Assessment of Road Construction Alternative Materials: A Literature Review. *Resources, Conservation & Recycling*. 2018; 132 (24): 37–48. DOI: 10.1016/j.resconrec.2018.01.003
6. Simchuk E.N., Khapaev A.V., Rozhkov I.M. Modern Approaches to Modeling Bitumen Binder Aging in Laboratory Conditions. *Dorogi i mosty*. 2023; 48: 274–305. (In Russian)
7. EAPA, Asphalt in Figures 2020. Brussels, European Asphalt Pavement Association, 2021. 13 p.
8. Budris A. The EU restricts the supply of rubber and bitumen from Russia: what will be the consequences. *Forbes*. 01.03.2023. Available: www.forbes.ru/biznes/485436-es-ogranicivaet-postavki-kaucuka-i-bituma-iz-rossii-kakimi-budut-posledstvia (In Russian)
9. Ingrassia L.P., Lu X., Ferrotti G., Canestrari F. Renewable Materials in Bituminous Binders and Mixtures: Speculative Pretext or Reliable Opportunity? *Resources, Conservation and Recycling*. 2019; 144: 209–222.
10. Belova N.A., Strakhova N.A. Plasticization of Petroleum Bitumen with Spent and Mineral Synthetic. *Vestnik Astrahanskogo inzhenerno-stroitel'nogo instituta*. 2014; (1): 93–97. (In Russian)
11. Evdokimova N.G., Gryzina E.V., Alieva E.A., Gureev A.A. Preparation of Bitumen Production Raw Materials using Vacuum Residue of Visbreaking Unit. *Neftegazovoe delo*. 2011; (5): 323–335. (In Russian)
12. Mahssin Z.Y., et al. Converting Biomass into Bio-Asphalt – A Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 19 (1). DOI: 10.1088/1755-1315/682/1/012066
13. Lahjiri F. Etude de l'impact physico-chimique des liants dits "régénérants" sur la constructibilité (performance et durabilité) des enrobés recyclés. *Physique. Français. Université Montpellier*. 2020; 307 p.
14. Elahi Z., et al. Waste Cooking Oil as a Sustainable Bio Modifier for Asphalt Modification: A Review. *Sustainability*. 2021; 13: 11506. DOI: 10.3390/su132011506
15. Doshlov O.I., Speshilov E.G. Polymer-Bitumen Binder – a High-Tech Base for Asphalt of New Generation. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2013; (6): 140–142. (In Russian)
16. The Eurobitume life-cycle inventory for bitumen. Version 3.1 European Bitumen Association, Vol. 49. 2020.
17. Alvarez-Barajas R., et al. Bio and Waste-Based Binders with Hybrid Rubberized-Thermoplastic Characteristics for Roofing. *Polymer Testing*. 2024; 130: 108317. DOI: 10.1016/j.polymer-testing.2023.108317
18. Zhou Y. Hydrothermal Conversion of Biomass to Fuels, Chemicals and Materials: A Review Holistically Connecting Product Properties and Marketable Applications. *Science of The Total Environment*. 2023; 34. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.163920
19. Samieadel A., Schimmel K., Fini E.H. Comparative Life Cycle Assessment (LCA) of Bio-Modified Binder and Conventional Asphalt Binder. *Clean Technologies and Environmental Policy*. 2018; 20(1): 191–200.

20. Aziz M.M.A., Rahman M.T., Hainin M.R., Bakar W.A. An Overview on Alternative Binders for Flexible Pavement. *Construction and Building Materials*. 2015; 84: 315–319.
21. Zhang Z., Fang Y., Yang J., Li X. A Comprehensive Review of Bio-Oil, Bio-Binder and Bio-Asphalt Materials: Their Source, Composition, Preparation and Performance. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*. 2022; 9 (2): 151–166.
22. Smid V.A., Dilman A.D. Fundamentals of Modern Organic Synthesis. Moscow: BINOM, 2009. 750 p. (In Russian)
23. Methodological recommendations for the use of formulated binders in road coatings. Moscow: Soyuzdornii, 1980. 16 p. (In Russian)
24. Varankina G.S., Rusakov D.S., Kozik P.S. Investigation of veneer bonding processes with phenol-formaldehyde resin using intermediate products of sulfate-cellulose production. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*. 2016; 2 (30): 120–127. DOI: 10.18324/2077-5415-2016-2-120-127 (In Russian)
25. Vladimirova T.M., Tretyakov S.I., Zhabin V.I., Koptelov A.E. Production and Processing of Tall Products. Arkhangelsk, 2008. 155 p. (In Russian)
26. Gurova E.V., Galdina V.D. Technical Properties of Petroleum Bitumen. Omsk, 2014. 40 p. (In Russian)
27. Kovalev Ya.N., Galuzo G.S., Zmachinsky A.E., Chistova T.A. Building Materials. Laboratory Practice. Minsk: Novoe znanie, 2013. 633 p. (In Russian)

Сведения об авторах

Халикин Илья Алексеевич, студент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, gamepad777@mail.ru

Рожков Иван Михайлович, Научно-исследовательский институт транспортно-строительного комплекса, 111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 73А, стр. 16, exstralab@mail.ru

Ван Линьфан, студент, Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., 5, стр. 1, 162978339@qq.com

Ключников Илья Андреевич, начальник отдела технических исследований Управления научно-технических исследований, информационных технологий и хозяйственного обеспечения, Федеральное дорожное агентство, 129085, г. Москва ул. Бочкова, 4, kluchnikov35@gmail.ru

Лушников Николай Александрович, канд. техн. наук, доцент, Российский университет транспорта, 127055, г. Москва, ул. Образцова, 9; Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, lab10@mail.ru

Небратенко Дмитрий Юрьевич, канд. хим. наук, доцент, Российский университет транспорта, 127055, г. Москва, ул. Образцова, 9; Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, 125047, г. Москва, Миусская площадь, 9, стр. 1, nebratenko@mail.ru

Authors Details

Ilya A. Khalikin, Student, The National Research Moscow State University of Civil Engineering, 26, Yaroslavl Road, 129337, Moscow, Russia, gamepad777@mail.ru

Ivan M. Rozhkov, Research Institute of Transport and Construction Complex, 73A, Aviamotornaya Str., Build. 16, 111024, Moscow, Russia, exstralab@mail.ru

Linfan Wang, Student, Bauman Moscow State Technical University, 5, 2nd Bauman Str., 105005, Moscow, 162978339@qq.com

Ilya A. Klyuchnikov, Head of the Technical Research Department, The Federal Road Agency (Rosavtodor), 4, Bochkova Str., 129085, Moscow, Russia, kluchnikov35@gmail.ru

Nikolay A. Lushnikov, PhD, A/Professor, Russian University of Transport, 9, Obraztsov Str., 127055, Moscow, Russia; The National Research Moscow State University of Civil Engineering, 26, Yaroslavskoe Road, 129337, Moscow, Russia, lab10@mail.ru

Dmitry Yu. Nebratenko, PhD, A/Professor, Russian University of Transport, 9, Obraztsov Str., 127055, Moscow, Russia; The National Research Moscow State University of Civil Engineering, 26, Yaroslavskoe Road, 129337, Moscow, Russia; D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, 9, Miusskaya Sq., 125047, Moscow, Russia, nebratenko@mail.ru

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

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

Статья поступила в редакцию 14.02.2025
Одобрена после рецензирования 03.03.2025
Принята к публикации 05.03.2025

Submitted for publication 14.02.2025
Approved after review 03.03.2025
Accepted for publication 05.03.2025

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 2. С. 198–205.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (2): 198–205.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 691.421.76

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-198-205

EDN: SBLOAD

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННОГО ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ БЕЛОЖГУЩЕЙСЯ ГЛИНЫ КОРНИЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Афанасий Саакович Апкарьян^{1,2}, Даниил Евгеньевич Куликов²

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,
г. Томск, Россия

²Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники, г. Томск, Россия

Аннотация. Актуальность исследования глин Корниловского месторождения (Томская область) обусловлена необходимостью поиска альтернативных сырьевых ресурсов для промышленности, способных заменить импортируемые или дорогостоящие материалы, такие как шамотно-тальковый кирпич ШТЛ-0,6. Использование местных вскрышных пород может снизить экологическую нагрузку и экономические затраты, а также способствовать развитию региональных производственных технологий.

Цель работы заключается в проведении комплексного анализа физико-химических свойств глин (химический, минеральный, гранулометрический состав, пластичность, огнестойкость), оценке их технологического потенциала для применения в керамической, строительной, электротехнической и нефтяной отраслях, а также в сравнении характеристик материала с аналогом (ШТЛ-0,6) для обоснования конкурентоспособности.

Результаты. Установлено, что глины Корниловского месторождения обладают оптимальными параметрами водопоглощения, усадки и огнестойкости, что позволяет использовать их в производстве керамики, легких строительных материалов и теплоизоляционных компонентов. Сравнение с кирпичом ШТЛ-0,6 выявило сопоставимые или улучшенные технические свойства, включая сниженную плотность и повышенную термостойкость. Результаты подтверждают целесообразность внедрения глин в промышленность, что может способствовать развитию ресурсосберегающих технологий и расширению сырьевой базы региона.

Ключевые слова: беложгущаяся глина, керамика, Корниловское месторождение, физико-химический состав, композиционный материал, огнеупорность, водопоглощение, исследование, минеральный состав

Для цитирования: Апкарьян А.С., Куликов Д.Е. Исследование физико-технических свойств композиционного высокотемпературного теплоизоляционного материала на основе беложгущейся глины Корниловского месторождения Томской области // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 2. С. 198–205. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-198-205. EDN: SBLOAD

ORIGINAL ARTICLE

PHYSICAL AND TECHNICAL PROPERTIES OF COMPOSITE HIGH-TEMPERATURE THERMAL INSULATION MATERIAL BASED ON WHITE-BURNING CLAY FROM KORNILOVSKY DEPOSIT IN THE TOMSK REGION

Afanasy S. Apkarian^{1,2}, Daniil E. Kulikov²

¹The Institute of Strength Physics and Materials Science SB RAS, Tomsk, Russia

²The Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk, Russia

Abstract. The relevance of the study of clays from the Kornilovsky deposit (Tomsk Region) is due to the need to find alternative raw materials for industry that can replace imported or expensive materials such as chamotte-talc bricks SHTL-0.6. The use of local overburden can reduce the environmental burden and economic costs, and contribute to the development of regional production technologies.

Purpose: The comprehensive analysis of the physicochemical properties (chemical, mineral, granulometric composition, plasticity, fire resistance) of clays and evaluate their technological potential for the use in ceramic, construction, electrical engineering and petroleum industries. Comparison of the material characteristics with its analog (SHTL-0.6) to substantiate the competitiveness.

Research findings: It is shown that clays from the Kornilovsky deposit have the best parameters of water absorption, shrinkage and fire resistance that allows their use in the production of ceramics, lightweight building materials and thermal insulation components. Comparison with SHL-0.6 brick shows comparable or improved technical properties, including reduced density and increased heat resistance.

Value: The results confirm the feasibility of introducing clays into industry, which can contribute to the development of resource-saving technologies and the expansion of the region's raw material base.

Keywords: white-burning clay, ceramics, Kornilovskoye deposit, physicochemical composition, composite material, fire resistance, water absorption, research, mineral composition

For citation: Apkar'yan A.S., Kulikov D.E. Physical and Technical Properties of Composite High-Temperature Thermal Insulation Material based on White-Burning Clay from Kornilovsky Deposit in the Tomsk Region. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (2): 198–205. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-198-205. EDN: SBLOAD

Введение

Беложгущаяся глина – уникальный природный материал, обладающий высокой пластичностью, прочностью после обжига и огнеупорностью.

В настоящее время большинство промышленных предприятий России, занимающихся производством огнеупоров, хозяйственного и технического фарфора, а также электротехнической керамики и изделий для нефтегазовой отрасли, используют легковесный шамотно-тальковый кирпич ШТЛ-0,6. Однако высокая стоимость транспортировки этого материала для компаний Сибири и Дальнего Востока создает необходимость поиска более доступных аналогов из местных ресурсов. Поэтому возникает актуальная задача замены на глины, добываемые в местных месторождениях [1].

По итогам анализа состояния минерально-сырьевой базы Томской области на 15 марта 2021 г. в регионе выявлено 8 месторождений тугоплавких глин. Среди них Корниловское месторождение считается одним из самых перспективных, его запасы составляют 1,55 млн т [2].

Цель настоящей работы заключается в исследовании химических и физико-механических характеристик глинистого сырья, добываемого на Корниловском месторождении Томской области, а также в оценке его потенциала для применения в производстве высокотемпературных теплоизоляционных материалов.

Материалы и методы исследований

Для проведения исследования было использовано пять образцов глин из Корниловского месторождения и один образец ШТЛ-0,6. Пробы Корниловской глины были обозначены как КГОП-1, КГОП-2, КГОП-3, КГОП-4 и КГОП-5, а проба сравниваемого образца – ШТЛ-0,6. Площадь, с которой извлекались образцы КГОП, составила 1300×2600 м, а сами образцы были получены на глубине 9 м. Проба КГОП-1 была взята из центральной части выработки, остальные – КГОП-2, КГОП-3, КГОП-4 и КГОП-5 – на разных участках вдоль периметра.

Огнеупорные свойства проб оценивались согласно ГОСТ 4069–2020 и пункту 5.5 ГОСТ 21216–2014. Химический состав определялся с помощью АЭС на спектрометре OPTIMA 2000DV. Минеральный состав и дисперсия проб – согласно ГОСТ 9169–2021 и пункту 5.2 ГОСТ 21216–2014. Подготовка образцов для определения пластичности проводилась по пункту 5.3 ГОСТ 21216–2014, а исследования сушильных свойств – по пункту 5.32 того же стандарта. Механические испытания проводились на образцах размером 70×40×20 мм при обжиге от 1000 до 1280 °С.

Результаты эксперимента и их обсуждение

Теплоизоляционный материал представляет собой высокопористое изделие. Для образования пор в процессе обжига используют различного рода газообразователи. В настоящей работе были применены древесные опилки листовых пород.

Для исследования использовали шихту пяти проб Корниловского месторождения Томской области и газообразователь (табл. 1).

Таблица 1

Шихта с разным составом

Table 1

Different mixture compositions

№ пробы	Глина, % (вес)	Газообразователь (опилки), % (вес)
КГОП-1	100	0
КГОП-2	92	2
КГОП-3	95	5
КГОП-4	90	10
КГОП-5	85	15

Химический состав образцов был определен на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3 и спектрометре OPTIMA 2000DV (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав изделий

Table 2

Chemical composition of products

№ пробы	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	п.п.п.
КГОП-1	67,43	1,03	14,30	5,80	0,09	1,23	1,78	1,24	2,06	0,14	< 0,05	4,83
КГОП-2	67,23	1,02	14,35	5,78	0,09	1,31	1,78	1,24	2,06	0,14	< 0,05	4,78
КГОП-3	67,32	1,03	14,36	5,71	0,09	1,32	1,78	1,23	2,08	0,14	< 0,05	4,72
КГОП-4	67,13	1,02	14,41	5,60	0,1	1,35	1,78	1,25	2,10	0,15	< 0,05	4,69
КГОП-5	67,16	1,04	14,45	5,63	0,1	1,37	1,79	1,27	2,12	0,15	< 0,05	4,67
ШТЛ-0,6	50,6	0,68	28,1	1,56	0,07	0,45	0,19	0,12	0,85	0,09	< 0,05	4,7

Для проведения анализа сравнения физико-технических характеристик был использован выпускаемый промышленностью легковесный теплоизоляционный материал ШТЛ-0,6, который изготовлен на основе шамота и талька [3]. Данный материал применяется для защиты той части рабочей зоны печи, которая не подвергается воздействию высокотемпературных расплавов шлака, металла, стекла, глазури, а также не подвержена истирающим усилиям, механическим ударам или служит для создания промежуточного слоя теплоизоляции.

Сравнивая данные в табл. 2, отметим следующие особенности материала из беложгущейся глины Корниловского месторождения:

– материал имеет большое содержание оксида кремния (SiO₂) – 67,43 %, что способствует его высоким теплоизоляционным свойствам [4]. Это более высокое значение, чем у шамотного теплоизоляционного кирпича (50,6 %), но при этом содержание оксида алюминия низкое;

– материал из беложгущейся глины содержит меньшее количество оксида железа (Fe₂O₃) – 1,56 %, чем шамотный кирпич (5,8 %), что способствует повышению его огнеупорности;

– оба материала имеют близкие значения показателя упругости, что указывает на их способность восстанавливаться после деформации.

Определение огнеупорности легкоплавких изделий (табл. 3) дает представление о свойстве материала при высоких температурах.

На основании полученных результатов следует, что изделия, изготовленные на основе глин Корниловского месторождения, обладают более высокой огнеупорностью (1550 °С), чем шамотный кирпич (1180 °С). Это подтверждает, что материал сохраняет свою структуру и свойства при более высоких температурах.

Минералогический анализ выполнен оптико-минералогическим и дифракционно-рентгеновским методами (ГОСТ 9169–2021). Результаты представлены в табл. 4.

Основными минералами, составляющими все изделия, являются кварц и каолинит, в значительно меньших количествах определен плагиоклаз. Ма-

териал из беложгущейся глины Корниловского месторождения имеет значительно меньше плагиоклаза, чем шамотный кирпич, тем самым уступает ШТЛ-0,6 по теплоизоляционным свойствам. Следует обратить внимание на большое содержание каолинита в изделиях Корниловского месторождения, за счет этого шихта из глины Корниловского месторождения обладает высокой пластичностью.

Таблица 3

Результаты определения огнеупорности материала

Table 3

The material refractoriness

№ пробы	Содержание опилок, %	Показатель огнеупорности, °С	Классификация по огнеупорности	Коэффициент теплопроводности Вт/(м·К)
КГОП-1	0	1550	Тугоплавкий	0,23
КГОП-2	2	1550	Тугоплавкий	0,23
КГОП-3	5	1550	Тугоплавкий	0,24
КГОП-4	10	1550	Тугоплавкий	0,24
КГОП-5	15	1550	Тугоплавкий	0,23
ШТЛ-0,6	—	1180	Легкоплавкий	0,24

Таблица 4

Результаты дифракционного рентгеновского анализа

Table 4

Results of X-ray diffraction analysis

№ пробы	Минеральный состав, %			
	Содержание опилок	Плагиоклаз	Кварц	Каолинит
КГОП-1	0	2	28	31
КГОП-2	2	1	27	33
КГОП-3	5	~ 0	26	35
КГОП-4	10	~ 0	24	37
КГОП-5	15	~ 0	21	38
ШТЛ-0,6	—	47	34	—

Механическая прочность изделий характеризуется способностью сопротивляться различным внешним механическим воздействиям. Результаты прочности смеси беложгущейся глины Корниловского месторождения и газообразователя показаны на рис. 1.

Исходя из полученных результатов заметим, что минимальная механическая прочность образца отмечается при содержании 15 % опилок в составе глины, максимальная механическая прочность образца – при содержании 0 % опилок в составе глины. Сравним образец КГОП-5 (содержание 15 % газообразователя) и ШТЛ-0,6, который имеет механическую прочность 2,5 МПа [5]. Из проведенных исследований следует, что образец из глины имеет повышенную механическую прочность по сравнению с шамотным теплоизоляционным кирпичом.

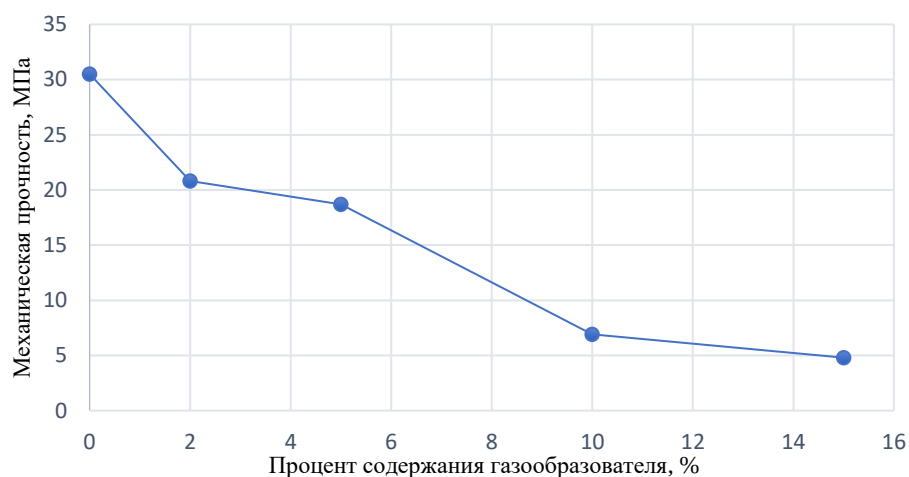


Рис. 1. Механическая прочность в зависимости от содержания газообразователя

Fig. 1. Mechanical strength depending on the content of gas-forming agent

Исследование водопоглощения глины проводилось на протяжении пяти суток. Образец был помещен в контейнер с водой. В течение первых суток наблюдалось максимальное поглощение воды, после чего скорость этого процесса начала снижаться на протяжении следующих 42 ч. На четвертые сутки было зафиксировано предельное значение водопоглощения – 34,7 %. После этого образец был извлечен из воды, избыточная влага удалена, записана конечная масса глины. Дополнительное нахождение образца в воде в течение двух суток не оказало влияния на этот параметр. Полученные данные анализировались для определения характеристик водопоглощения глины, включая её пластичность и проницаемость. Динамика изменений водопоглощения представлена на рис. 2.

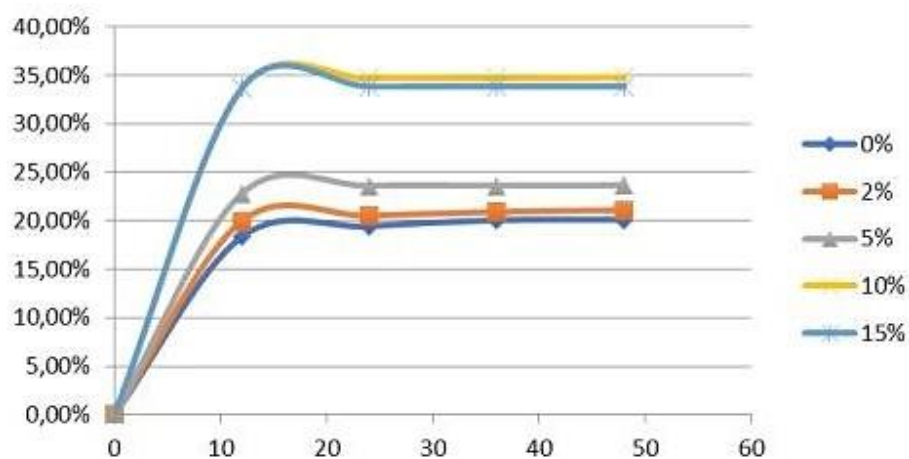


Рис. 2. Динамика водопоглощения образцов

Fig. 2. Dynamics of water absorption of samples

Исследования показали, что у образца без содержания газообразователя минимальное водопоглощение 18,27 %, а максимальное водопоглощение 34,78 % наблюдалось у образца с содержанием 10 % газообразователя. Все исследуемые образцы обильно поглощали влагу в течение суток до максимального значения [6]. После достижения предельного значения водопоглощения оно переставало увеличиваться, даже если образцы продолжали находиться в воде.

Заключение

Исходя из результатов анализа следует отметить, что изделия, изготовленные на основе беложгущейся глины Корниловского месторождения с использованием газообразователя, являются перспективным высокотемпературным теплоизоляционным материалом и имеют ряд положительных характеристик в сравнении с ШТЛ-0,6:

- высокая огнеупорность – 1550 °С;
- механическая прочность – 4,8 МПа.

Огнеупорные изделия на основе глин Корниловского месторождения могут найти свое применение также и в высокотемпературных технологиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анкарьян А.С., Саблина Т.Ю. Физико-технические свойства глины Корниловского месторождения Томской области // Известия вузов. Физика. 2022. Т. 65. № 7. С. 35–41. DOI: 10.17223/00213411/65/7/35
2. Шамотный теплоизоляционный легковесный кирпич // Комбинат огнеупорных материалов. URL: <https://shamot.sushamotnyj-teploizolyacionnyj-kirpic>
3. Лаптева Л.И., Овчинников В.В. Строительство и химические материалы // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2004. № 1 (2). С. 60–63.
4. Осипов В.И., Соколов В.Н. Глины и их свойства. Состав, строение и формирование свойств. Москва: ГЕОС, 2013. 578 с.
5. Ультралегковесный кирпич – ШТЛ-0,6 // Огнеупорные материалы. URL: <https://ogneypor.ru/ultralegkovesnyj-kirpich-shtl-06>
6. Яковлева А.А., Немчинова Н.В. Перспективы использования глин локального проявления в металлургической практике // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2019. № 2 (145). С. 415–425. DOI: 10.21285/1814-3520-2019-2-415-425

REFERENCES

1. Apkar'yan A.S., Sablina T.Yu. Physical and Technical Properties of Clays from the Kornilovskoye Deposit of the Tomsk Region. *Russian Physics Journal*. 2022; 65 (7): 1102–1108.
2. Fireclay heat-insulating lightweight brick. Available: <https://shamot.sushamotnyj-teploizolyacionnyj-kirpic> (In Russian)
3. Lapteva L.I., Ovchinnikov V.V. Construction and Chemical Materials. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2004; (2): 60–63 (In Russian)
4. Osipov V.I., Sokolov V.N. Clays and Their Properties. Composition, Structure and Property Formation. Moscow: GEOS, 2013. 578 p. (In Russian)
5. Ultralight brick-SHTL-0.6. Available: <https://ogneypor.ru/ultralegkovesnyj-kirpich-shtl-06>. (In Russian)
6. Yakovleva A.A., Nemchinova N.V. Prospects of using Local Clays in Metallurgy. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2019; 2 (145): 415–425. DOI: 10.21285/1814-3520-2019-2-415-425 (In Russian)

Сведения об авторах

Апкарьян Афанасий Саакович, докт. техн. наук, профессор, Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 634055, г. Томск, пр. Академический, 2/4; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, asa490@mail.ru

Куликов Даниил Евгеньевич, магистрант, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, daniil1870@mail.ru

Authors Details

Afanasy S. Apkarian, DSc, Professor, The Institute of Strength Physics and Materials Science SB RAS, 8/2, Akademicheskii Ave., 634021, Tomsk, Russia, The Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 40, Lenin Ave., 634050, Tomsk, Russia, asa490@mail.ru

Daniil E. Kulikov, Graduate Student, The Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 40, Lenin Ave., 634050, Tomsk, Russia, daniil1870@mail.ru

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

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

Статья поступила в редакцию 03.02.2025
Одобрена после рецензирования 18.02.2025
Принята к публикации 19.02.2025

Submitted for publication 03.02.2025
Approved after review 18.02.2025
Accepted for publication 19.02.2025

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

CONSTRUCTION TECHNOLOGY AND MANAGEMENT

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 2. С. 206–214.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (2): 206–214.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 666.9.015.7

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-206-214

EDN: SPZWUU

О НЕКОТОРЫХ ПУТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД УГЛЕДОБЫЧИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

**Александр Викторович Рубанов, Дмитрий Юрьевич Саркисов,
Олег Анатольевич Бычков, Наталья Анатольевна Чернышова,
Николай Петрович Горленко, Юрий Сергеевич Саркисов**
*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Томск, Россия*

Аннотация. *Актуальность.* В работе на примере функционирования шахты «Заречная» г. Полысаево Кемеровской области рассмотрены некоторые геологические и экологические аспекты создания замкнутых технологий разработки угольных месторождений Кузбасса.

Цель работы – обоснование некоторых путей использования вскрышных пород в строительных технологиях. Особое внимание уделено теоретическому и экспериментальному обоснованию использования отходов вскрышных пород угледобычи в строительных технологиях.

Методы исследования. В работе применены методы эмиссионного спектрального анализа (спектрометр «Гранд» с многоканальным анализатором эмиссионных спектров МАЭС), дериватографического (термогравиметрический анализатор TGA/DSC1) и ИК-спектроскопического анализа (SPECORD IR-75).

Результаты. Показано, что вскрышные породы представляют собой совокупность минералов основных пород кальция, алюминия, магния, кремния и других элементов. На основе физико-химических исследований состава и структуры минералов вскрышных пород предложены оригинальные способы их переработки в строительные и композиционные материалы различного технического назначения, изготавливаемые на основе минеральных и органических вяжущих.

© Рубанов А.В., Саркисов Д.Ю., Бычков О.А., Чернышова Н.А., Горленко Н.П.,
Саркисов Ю.С., 2025

Ключевые слова: вскрышная порода, угольное месторождение, связующие, прочность, структуры твердения, технологическая схема, замкнутые технологии, ИК-спектр, дериватографический анализ, эмиссионный спектральный анализ

Для цитирования: Рубанов А.В., Саркисов Д.Ю., Бычков О.А., Чернышова Н.А., Горленко Н.П., Саркисов Ю.С. О некоторых путях использования вскрышных пород угледобычи в строительных технологиях // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 2. С. 206–214. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-206-214. EDN: SPZWUU

ORIGINAL ARTICLE

ABOUT WAYS OF UTILIZING COAL MINING OVERBURDEN ROCKS IN CONSTRUCTION TECHNOLOGIES

Aleksandr V. Rubanov, Dmitry Yu. Sarkisov, Oleg A. Bychkov,
Natalia A. Chernyshova, Nikolai P. Gorlenko, Yuri S. Sarkisov
Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

Abstract. The paper considers the development of coal mining closed-cycle technology in Kuzbass based on the example of the Zarechnaya mine operation in Polysaev, Kemerovo region.

Purpose: Substantiation of some ways of utilising overburden rocks in construction technologies. Special attention is paid to theoretical and experimental substantiation of overburden waste utilization in construction.

Methodology: The emission spectral analysis using a spectrometer Grand with a multichannel analyzer of emission spectra; a derivatograph is used in these studies.

Research findings: It is shown that the overburden rocks are a combination of minerals from the main rocks of calcium, aluminum, magnesium, silicon and other elements. Based on physicochemical studies of the composition and structure of overburden rocks, methods are proposed for their processing into construction and composite materials for various technical purposes, made on the basis of mineral and organic binders.

Keywords: overburden rocks, coal deposit, binders, strength, hardening structures, process flow, closed cycle, IR spectrum, derivational thermal analysis, emission spectral analysis

For citation: Rubanov A.V., Sarkisov D.Yu., Bychkov O.A., Chernyshova N.A., Gorlenko N.P., Sarkisov Yu.S. About Ways of Utilizing Coal Mining Overburden Rocks in Construction Technologies. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (2): 206–214. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-206-214. EDN: SPZWUU

Введение

При разработке угольных месторождений в качестве побочных продуктов выступают так называемые вскрышные породы различного химического состава. Запасы вскрышных пород составляют более 100 тыс. т [1, 2, 3, 4, 5]. Материал представлен карбонатами, силикатами, алюминатами различных металлов, содержит определенное количество серебра, золота и других ценных металлов. Исходя из физико-химического состава и свойств вскрышных пород в работе предлагаются технологии обработки исходных материалов для дальнейшего использования в различных областях народного хозяйства, представляющие тот или иной экономический интерес.

Целью настоящей работы является обоснование некоторых путей использования вскрышных пород в строительных технологиях.

Общим для всех предложенных технологий являются процессы измельчения исходного материала до заданных размеров дисперсности [6, 7, 8, 9, 10, 11]. Эти процессы последовательно осуществляют в диспергаторах различного уровня до получения фракций 20–40, 10–20, 5–10 мм, а также фракций микронных и нанодисперсных размеров. Степень дисперсности определяет область применения вскрышных пород. Наиболее перспективным направлением использования вскрышных пород высокой дисперсности (нано-, микро- и макродиапазон размера частиц), на наш взгляд, является создание новых перспективных материалов различного технического назначения на основе полимеров и интерполимерных комплексов различной природы для получения строительных и композиционных материалов для различных сфер народного хозяйства.

Методы исследования

В работе использованы методы эмиссионного спектрального анализа (спектрометр «Гранд» с многоканальным анализатором эмиссионных спектров МАЭС), дериватографического (термогравиметрический анализатор TGA/DSC1) и ИК-спектроскопического анализа (SPECORD IR-75).

О кинетике гидратации и структурообразования судили по изменению прочности структур твердения во времени. Для этих целей изготавливались образцы-кубики с размерами 10×10×10 мм, которые выдерживались в нормальных условиях и испытывались в установленные сроки твердения.

Дисперсность измельченных образцов определяли прибором ПСХ-2.

Результаты исследования

Результаты эмиссионного спектрального анализа приведены на рис. 1, на котором видно, что наиболее характерными элементами являются соединения алюминия, кальция, железа.

На рис. 2 представлены результаты ИК-спектроскопического анализа.

Из анализа ИК-спектра следует, что широкий пик средней интенсивности 3600–3000 см⁻¹ соответствует валентным колебаниям ОН⁻ группы, широкий слабый пик 2200–2000 см⁻¹ – валентным колебаниям Si–H, пики на 1600 и 1400 см⁻¹ NO₂ – валентным симметричным и асимметричным колебаниям соответственно либо колебаниям углеродного скелета C=C в бензольном кольце. Серия пиков от 1200 до 1000 см⁻¹ соответствует валентным колебаниям S=O, интенсивный пик 1000 и 800 см⁻¹ – валентным колебаниям Si–H, слабый пик при 1240 см⁻¹ – валентным колебаниям Si–N.

На рис. 3 представлены результаты термогравиметрического анализа.

Потеря массы образцом, согласно термограмме (рис. 3), наблюдалась в несколько этапов. Первый этап при температуре 73 °С соответствует потере адсорбционной воды, слабо связанной с матрицей породы.

Второй эндотермический эффект, наблюдаемый при температуре 253,4 °С, по-видимому, обусловлен удалением физически достаточно сильно связанной с минералами породы гидратационной воды, концентрация которой, судя по небольшой потере массы образца, незначительна. Наиболее сильная

потеря массы наблюдается при температуре 470,3 °С. В то же время экзотермический пик указывает на процессы синтеза новых фаз минерала.

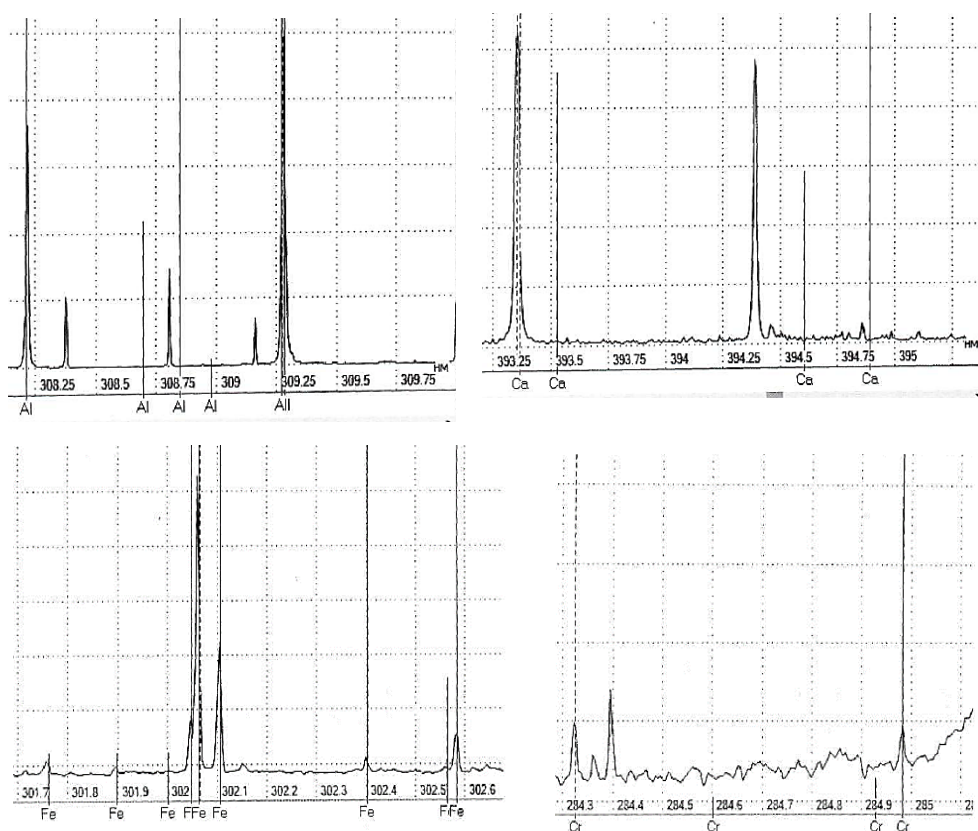


Рис. 1. Результаты эмиссионного спектрального анализа вскрышной породы
Fig. 1. Results of emission spectral analysis of overburden rock



Рис. 2. Результаты ИК-спектроскопического анализа
Fig. 2. Results of IR spectroscopy

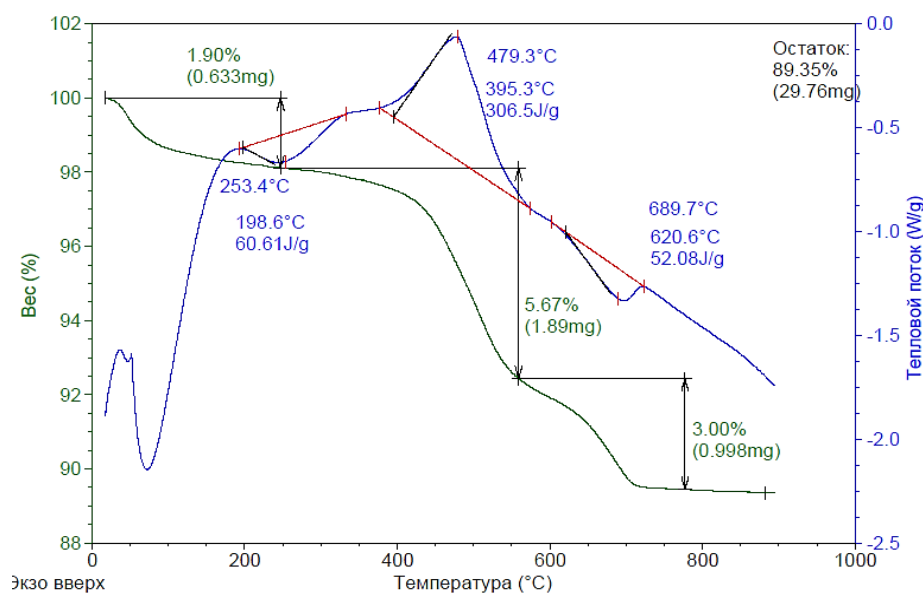


Рис. 3. Результаты термогравиметрического анализа вскрышной породы
Fig. 3. TGA curves for overburden rock

Можно предположить, что идут процессы синтеза различных силикатных фаз с участием ионов алюминия и кальция и одновременно дегидратация и разложение наименее стабильных форм.

Третий этап интенсивной потери массы указывает на продолжение процесса разложения гидросиликатов, что подтверждает эндотермический эффект при температуре около 780 °С, характерной для начала дегидратации высокоосновных гидросиликатов кальция.

Из результатов анализа элементного состава вскрышной породы следует, что ее химические компоненты имеют близкую химическую природу к составу вяжущих веществ на основе цемента, и поэтому целесообразно исследовать возможность получения строительных материалов с использованием вскрышной породы в качестве наполнителя.

Анализ физико-химических исследований показывает, что наиболее целесообразно для получения структур твердения с повышенными эксплуатационными характеристиками применять связующие неорганической и органической природы. В качестве неорганических вяжущих использовали портландцемент, гипс, известь и различные оксидсодержащие системы. Результаты этих поисковых исследований приведены в табл. 1.

Как видно из данных табл. 1, максимальная прочность образцов при сжатии характерна для системы «портландцемент – вскрышная порода – нанокремнезем – вода», которая составляет в 28 сут 75 МПа.

В качестве вяжущих органической природы использовали эпоксидную, карбамидоформальдегидную, фенолформальдегидную смолы, полиэтилентерефталат, полиуретан, а также полиуретан, модифицированный нанокремнеземными трубками. Результаты этих исследований представлены в табл. 2.

Таблица 1

**Прочность структур твердения в системе
«вяжущие неорганической природы – вскрышная порода – вода»**

Table 1

**Strength of hardening structures
in the inorganic nature – overburden – water system**

Качественный состав композиций	Прочность при сжатии, МПа, через	
	1 сут	28 сут
Портландцемент – вскрышная порода – вода	27,5	60,0
Портландцемент – вскрышная порода – нано-кремнезем – вода	32,0	75,0
Гипс – вскрышная порода – вода	10,5	32,0
Гипс – опилки – вскрышная порода – вода	12,0	37,5
Известь – вскрышная порода – вода	7,5	22,5
Оксид магния – хлорид магния – вскрышная порода – вода	7,5	23,0
Оксид цинка – хлорид цинка – вскрышная порода – вода	5,2	17,5

Таблица 2

**Прочность структур твердения в системе
«вяжущие органической природы – вскрышная порода – вода»**

Table 2

**Strength of hardening structures
in the organic nature – overburden – water system**

Качественный состав композиций	Прочность при сжатии, МПа, через	
	1 сут	28 сут
Вскрышная порода – эпоксидная смола	62,5	65,0
Вскрышная порода – карбаминоформальдегидная смола	42,5	42,5
Вскрышная порода – фенолформальдегидная смола	37,0	40,0
Вскрышная порода – полиэтилентерефталат	37,5	37,5
Вскрышная порода – полиуретан	25,0	27,5
Вскрышная порода – полиуретан – наноуглеродные трубки	27,5	32,5

Как следует из данных табл. 2, максимальная прочность характерна для системы «вскрышная порода – эпоксидная смола», величина которой составляет 65 МПа. Предлагаемые материалы могут быть подвержены коррозионным процессам, которые нами подробно рассмотрены в работе [12].

Таким образом, как показали поисковые исследования, вскрышные породы при освоении угольных месторождений Кузбасса могут быть широко использованы при создании целой гаммы новых строительных и композиционных материалов различного технического назначения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ольховатенко В.Е. Инженерная геология угольных месторождений Кузнецкого бассейна. Томск : Изд-во ТГАСУ, 2014. 149 с.
2. Rogov G.M. Гидрогеология и геоэкология Кузнецкого угольного бассейна. Томск : Изд-во Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2000. 166 с.
3. Rogov G.M., Olkhovatenko V.E. Геоэкологические проблемы Кузнецкого угольного бассейна // Геоэкологические проблемы урбанизированных территорий : труды Международной научной конференции, Томск, 22–24 сентября 1999 г. Томск: Изд-во Томского государственного архитектурно-строительного университета, 1999. С. 19–21.
4. Ольховатенко В.Е., Трофимова Г.И., Лазарев В.М., Чернышова Н.А. Общие вопросы инженерно-геологических изысканий при разработке открытым способом угольных месторождений Кузбасса // Сергеевские чтения. Научное обоснование актуализации нормативных документов инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий. Москва : Российский университет дружбы народов, 2010. Вып. 12. С 465–470.
5. Manjaria T., Manoharan V., Ramamurthy K. Effective utilization of mine overburden soil in producing aggregates by pelletization and sintering. Effective utilization of mine overburden soil in producing aggregates by pelletization and sintering // Construction and Building Materials. 2023. 1 December. V. 407. P. 133408. URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133408>
6. Gang Liu, Kun Wang, Xiaochen Hao, Zhipeng Zhang, Yantao Zhao, Qingquan Xu. A new advance prediction method of energy consumption in cement raw materials grinding system // Energy. 2022. 15 February. V. 241. P. 122768. URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122768>
7. Ahyeon Lim, Hyunuk Kang, Dongho Jeon, Dongho Jeon, Namkon Lee, Dongho Jeon, Chi sun Poon. Understanding the effect of triethanolamine on grinding and hydration of blast furnace slag, focusing on the degrees of slag consumption and C(-A)-S-H formation // Construction and Building Materials. 2025. 10 January. V. 458. P. 139693. URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.139693>
8. Zihao Jin, Chen Wang, Chengjia Cui, Ying Su, Xingyang He, Zhenzhen Zhi, Shun Chen, Chao Yang, Shiyu Guan. Effect of ground granulated blast-furnace slag slurries by wet-grinding on the mechanical properties and hydration process of hemihydrate phosphogypsum // Materialstoday. 2024. December. V. 41. P. 111006. URL: <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2024.111006>
9. Горленко Н.П., Саркисов Ю.С. Системная, структурная и информационная организация дисперсных систем // Известия Томского политехнического университета. 2003. Т. 306. № 2. С. 21–24. EDN: HSMBDN
10. Горленко Н.П., Саркисов Ю.С. Низкоэнергетическая активация дисперсных систем. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2011. 264 с.
11. Саркисов Ю.С. Управление процессами структурообразования дисперсных систем // Известия вузов. Строительство. 1993. № 2. С. 106–109.
12. Козлова В.К., Завадская Л.В., Божок Е.В., Саркисов Ю.С., Горленко Н.П. Пути повышения коррозионной стойкости вяжущих и цементных систем. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2024. 124 с. ISBN 978-5-6050247-6-7.

REFERENCES

1. Olkhovatenko V.E. Engineering Geology of Coal Deposits in the Kuznetsk Basin. Tomsk: TSUAB, 2014. 149 p. (In Russian)
2. Rogov G.M. Hydrogeology and Geoecology of the Kuznetsk Coal Basin. Tomsk: TSUAB, 2000. 166 p. (In Russian)
3. Rogov G.M., Olkhovatenko V.E. Geoecological Problems of the Kuznetsk Coal Basin. In: *Proc. Int. Sci. Conf. 'Geoecological Problems of Urbanized Territories'*. September 22–24, Tomsk: TSUAB, 1999. Pp. 19–21. (In Russian)

4. Olkhovatenko V.E. General Issues of Methods of Engineering and Geological Research in the Exploration of Coal Deposits. In: *Coll. Papers 'Engineering and Geological Conditions for Construction of Large Quarries in Siberia'*. Tomsk: TSU, 1973. 153 p. (In Russian)
5. Manjaria T., Manoharan V., Ramamurthy K. Effective Utilization of Mine Overburden Soil in Producing Aggregates by Pelletization and Sintering. *Construction and Building Materials*. 2023; 407: P. 133408. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2023.133408
6. Gang Liu, Kun Wang, Xiaochen Hao, Zhipeng Zhang, Yantao Zhao, Qingquan Xu. A New Advance Prediction Method of Energy Consumption in Cement Raw Materials Grinding System. *Energy*. 2022; 241: 122768. DOI: 10.1016/j.energy.2021.122768
7. Ahyeon Lim, Hyunuk Kang, Dongho Jeon, Dongho Jeon, Namkon Lee, Dongho Jeon, Chi sun Poon. Understanding the Effect of Triethanolamine on Grinding and Hydration of Blast Furnace Slag, Focusing on the Degrees of Slag Consumption and C(-A)-S-H Formation. *Construction and Building Materials*. 2025; 458: 139693. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2024.139693
8. Zihao Jin, Chen Wang, Chengjia Cui, Ying Su, Xingyang He, Zhenzhen Zhi, Shun Chen, Chao Yang, Shiyu Guan. Effect of Ground Granulated Blast-Furnace Slag Slurries by Wet-Grinding on the Mechanical Properties and Hydration Process of Hemihydrate Phosphogypsum. *Materials Today*. 2024; 41: 111006. DOI: 10.1016/j.mtcomm.2024.111006
9. Gorlenko N.P., Sarkisov Yu.S. Systemic, Structural and Informational Organization of Dispersed Systems. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*. 2003; 306 (2): 21–24. (In Russian)
10. Gorlenko N.P., Sarkisov Yu.S. Low-Energy Activation of Water-Dispersed Systems. Tomsk: TSU, 2011. 264 p. (In Russian)
11. Sarkisov Yu.S. Process Management of Structure Formation of Discrete Systems. *Izvestiya Vuzov, Stroitelstvo*. 1993. (2):106–109. (In Russian)
12. Kozlova V.K., Zavadskaya L.V., Bozhok E.V., Sarkisov Yu.S., Gorlenko N.P. Ways to Increase the Corrosion Resistance of Binder and Cement Systems. Tomsk: TSUAB, 2024. 124 p. ISBN 978-5-6050247-6-7. (In Russian)

Сведения об авторах

Рубанов Александр Викторович, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, rubanov@tsuab.ru

Саркисов Дмитрий Юрьевич, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, milandd@yandex.ru

Бычков Олег Анатольевич, канд. геол.-мин. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, tisi20080611@mail.ru

Чернышова Наталья Анатольевна, канд. геол.-мин. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, tisi20080611@mail.ru

Горленко Николай Петрович, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, gorlen52@mail.ru

Саркисов Юрий Сергеевич, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, sarkisov@tsuab.ru

Authors Details

Aleksandr V. Rubanov, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, rubanov@tsuab.ru

Dmitry Y. Sarkisov, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, milandd@yandex.ru

Oleg A. Bychkov, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, tisi20080611@mail.ru

Natalia A. Chernyshova, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, tisi20080611@mail.ru

Nikolay P. Gorlenko, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, gorlen52@mail.ru

Yuri S. Sarkisov, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, sarkisov@tsuab.ru

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

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

Статья поступила в редакцию 07.02.2025
Одобрена после рецензирования 25.02.2025
Принята к публикации 19.02.2025

Submitted for publication 07.02.2025
Approved after review 25.02.2025
Accepted for publication 19.02.2025

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ

ENGINEERING AND CONSTRUCTION OF ROADS, SUBWAYS, AIRDROMES, AND TUNNELS

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 2. С. 215–225.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (2): 215–225.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 625.855.03:624.042.8

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-215-225

EDN: TZCGPC

К ВОПРОСУ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ПРОЕЗЖУЮ ЧАСТЬ С УЧЕТОМ НЕРОВНОСТЕЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ

Андрей Владимирович Картопольцев¹,
Александр Аверьянович Алексеев²

¹ООО «ДИАМОС». г. Томск, Россия

²Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Томск, Россия

Аннотация. *Актуальность.* Большое количество результатов исследований свидетельствует о возрастающей роли динамического воздействия временной подвижной нагрузки на конструктивные элементы транспортных сооружений более чем в 2–3 раза по сравнению со статическими воздействиями, в т. ч. на покрытия проезжей части дорог и мостов за счет неровностей на поверхности. Выявление взаимодействия динамической нагрузки на плиту асфальтобетонного покрытия проезжей части с учетом неровностей представляется актуальной, обладающей научной новизной задачей.

Цель работы. Рассматривается движение автотранспорта по асфальтобетонному покрытию проезжей части с учетом неровности как случайный процесс. Требуется оценить влияние вертикального ускорения и скорости движения транспорта на изменение динамических характеристик.

Результаты. Выявлены дополнительные динамические нагрузки, напряжения и деформации за счет динамического воздействия от проходящего по неровности подвижного случайного транспортного потока.

Ключевые слова: плита, колебания, соударения, неровности, ускорение, время

Для цитирования: Картопольцев А.В., Алексеев А.А. К вопросу воздействия динамической нагрузки на проезжую часть с учетом неровностей асфальтобетонного покрытия // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 2. С. 215–225. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-215-225. EDN: TZCGPC

ORIGINAL ARTICLE

ON THE DYNAMIC LOAD IMPACT ON THE ROADWAY WITH RESPECT TO SURFACE IRREGULARITIES

Andrey V. Kartopol'tsev¹, Aleksandr A. Alekseev²

¹ООО "DIAMOS", Tomsk, Russia

²Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

Abstract. Many research results testify to a 2–3 times increase in the dynamic load on the structural elements of transportation structures compared to static loads, including road and bridge pavements due to surface irregularities. The load-slab interaction is identified for the road pavement taking into account surface irregularities.

Purpose: The analysis of the vertical acceleration and vehicle speed effect on changes in dynamic characteristics.

Research findings: Additional dynamic loads, stresses and deformations due to dynamic load from random traffic flow are identified for the bridge elements.

Keywords: pavement slab, vibrations, collision, surface irregularities, acceleration, time

For citation: Kartopol'tsev A.V., Alekseev A.A. On the Dynamic Load Impact on the Roadway with Respect to Surface Irregularities. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (2): 215–225. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-215-225. EDN: TZCGPC

При движении груза по неровному покрытию проезжей части его траектория зависит не только от неровности, но и от прогиба покрытия, как упругой системы на упругоподатливом полупространстве, обладающего эффектом «паразитного» изгиба [1] (рис. 1).

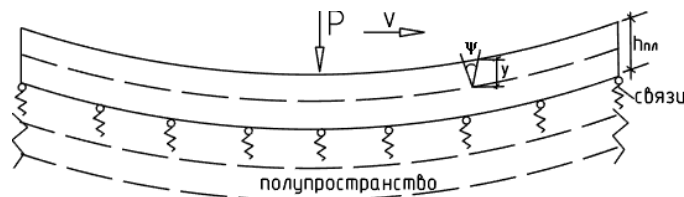


Рис. 1. Схема сил, действующих при движении по неровной проезжей части с учетом совместной деформации с полупространством

Fig. 1. Forces acting during traffic movement on irregular surface with respect to half-space deformation

Вертикальное перемещение $y(x, t)$ от движущегося транспорта складывается из двух функций: первая $y(x, t)$ зависит от реологии деформации асфальтобетонной плиты покрытия, вторая $f(x)$ – функция, определяющая профиль неровности. Фрагмент записи неровности поверхности асфальтобетонного покрытия представляется аппроксимацией функции $f(x)$ (рис. 2).

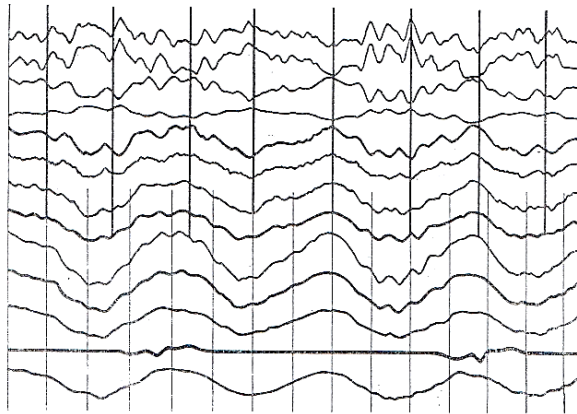


Рис. 2. Профилограммы неровностей поверхности асфальтобетонного покрытия (общий вид)

Fig. 2. Force profiles for traffic movement on irregular surface with respect to half-space deformation

Прогиб плит в функции $y(x, t)$ пропорционален давлению R , которое оказывает движущее транспортное средство по неровности. Для того чтобы определить R , надо к весу движущейся нагрузки прибавить силу инерции $\frac{P}{q} \frac{d^2 y}{dt^2}$, где P – вес нагрузки.

С учетом скорости движения транспорта выражение $\frac{P}{q} \frac{d^2 y}{dt^2}$ запишем в виде равенства

$$\frac{dy}{dt} = V \frac{dy}{dx}; \quad \frac{d^2 y}{dt^2} = V^2 \frac{d^2 y}{dx^2}. \quad (1)$$

Если принять $R = P \left(1 - \frac{V^2}{q} \frac{d^2 y}{dx^2} \right)$, то

$$y = P \left(1 - \frac{V^2}{q} \frac{d^2 y}{dx^2} \right) \frac{x^2 (1-x)^2}{3EI}, \quad (2)$$

где $y = \frac{P \cdot x^2 (1-x)^2}{3EI}$; l – расчетная длина плиты; x – координата приложения нагрузки. Тогда

$$R = P \left(1 + \frac{V^2}{q} \frac{P \cdot l}{3EI} \right). \quad (3)$$

Максимальный динамический прогиб в сечении $l/2$ плиты от ударного воздействия будет

$$y_{\text{дин}} = y_R \left(1 + \frac{V^2}{q} \frac{P \cdot l}{3EI} \right). \quad (4)$$

Инерционное ускорение деформирования плиты покрытия зависит от мгновенного очертания оси покрытия и от положения движущегося транспорта по ней. Выражение для скорости в точке приложения нагрузки будет иметь вид

$$\dot{y} = \frac{dy}{dt} \frac{dx}{dt} + \frac{dy}{dt}. \quad (5)$$

В этом случае функция микропрофиля неровности плиты проезжей части является случайной, стационарной и функцией измеряемых вертикальных ускорений. Амплитуда ускорений вертикальных колебаний асфальтобетонной плиты подчиняется нормальному закону распределения вероятностей, и, следовательно, она полностью определяется средней квадратичной ускорения. Максимальное ускорение является величиной случайной. Вертикальное ускорение движения плиты запишем в виде равенства

$$\ddot{y} = \frac{d^2 y}{dx^2} \left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + \frac{d^2 y}{dx dt} \left(\frac{dx}{dt} \right) + \frac{dy}{dx} \frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{d^2 y}{dt^2}. \quad (6)$$

Обозначим $\frac{dx}{dt} = V$, а $\frac{d^2 x}{dt^2} = a_y$, тогда

$$\ddot{y} = V^2 \frac{d^2 y}{dx^2} + a_y \frac{dy}{dx} + 2V \frac{d^2 y}{dt dx}. \quad (7)$$

Из выражения (7) следует, что вертикальное ускорение $\ddot{y}$ зависит от скорости движения транспорта по неровности. Учет влияния неровностей на колебательный процесс и расчет асфальтобетонных плит покрытия состоит в определении слагаемых функции $y(x, t)$ и аппроксимации функции $f(x)$. Экспериментально доказано, что случайное событие практически невозможно, если вероятность его появления менее 0,007. В этом случае вертикальное ускорение плиты подчиняется нормальному закону распределения вероятностей со средним значением $\ddot{y}_0$, близким к нулю, для определения возможного значения максимального вертикального ускорения $\ddot{y}_{\text{max}}$ справедливо равенство

$$\ddot{y}_{\text{max}} \approx 2,63 \ddot{y}_0. \quad (8)$$

Таким образом, максимальное вертикальное ускорение деформирования плиты $\ddot{y}_{\text{max}}$ невозможно, если вероятность его появления менее 0,001. Необходимо выполнение условия

$$\ddot{y}_{\text{max}} \approx 3,32 \ddot{y}_0. \quad (9)$$

Данное обстоятельство указывает на то, что с вероятностью, близкой к единице, в случае нормального распределения максимальное ускорение примерно в 3 раза больше его среднеквадратичного значения в виде показателя $\alpha_{\ddot{y}}$ [2]:

$$\alpha_{\ddot{y}} = \frac{\ddot{y}_{\max}}{\ddot{y}_0}. \quad (10)$$

Оценивая неровности на плите проезжей части ординатами случайного стационарного процесса $x(t)$ как случайные величины, среднее значение неровности плиты $q_{\text{ср}}$ следует оценивать статистическими характеристиками профиля (рис. 3).

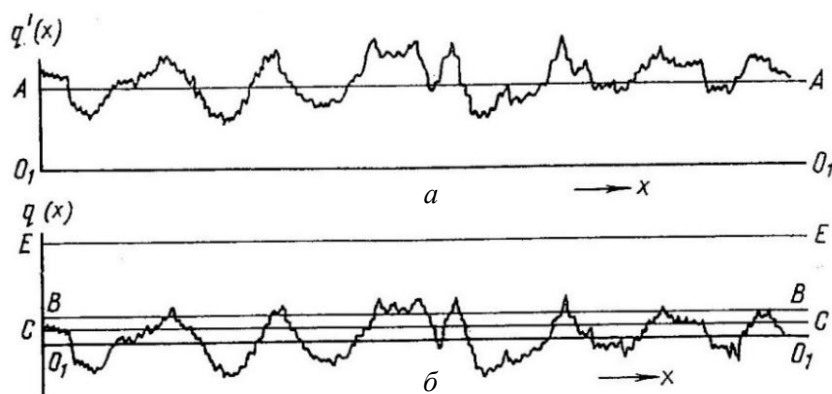


Рис. 3. Реализация случайной функции (а) и ее среднее значение (б)
Fig. 3. Patterns of random function (a) and its average value (b)

Таковыми оценочными характеристиками являются:

- средняя ордината профиля или математическое ожидание;
- среднеквадратичное отношение или дисперсия ординат;
- корреляционная функция или спектральная плотность.

Принимаем за $q'(x)$ ординату профиля неровностей проезжей части, отсчитываемую от горизонтали O, O_1 (см. рис. 3), тогда осредненное значение по совокупности реализаций выборок дает следующее значение:

$$q_{\text{ср}} = \lim_{L_q \rightarrow \infty} \frac{1}{L_q} \int_0^{L_q} q(x) dx, \quad (11)$$

где L_q – длина реализации выборки $\approx$ длине неровности.

Величина $q_{\text{ср}}$ соответствует прямой AA центрированной функции $f(x)$. Колебания на этом участке микропрофиля неровностей соответствуют $t = 2\pi/P_0$, P_0 – частота собственных колебаний плиты. Стационарный процесс случайной функции, аппроксимирующей профиль неровности на проезжей части на протяжении L_q одной реализации выборки, представлен на рис. 4.

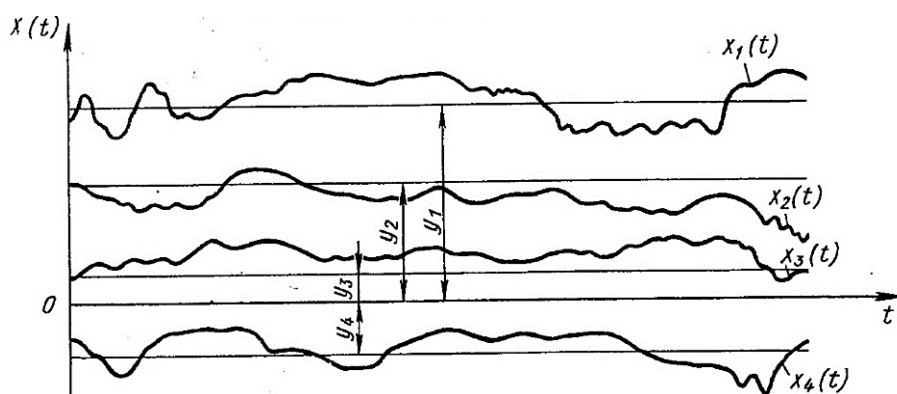


Рис. 4. Стационарный случайный процесс $X(t)$, имеющий случайную величину

Fig. 4. Stationary random process $X(t)$ with random variable

Представляем случайный процесс $X(t)$ функции $f(x)$ рядом Фурье с периодической функцией периода 2π на отрезке (ab) (рис. 5) длиной $2t$.

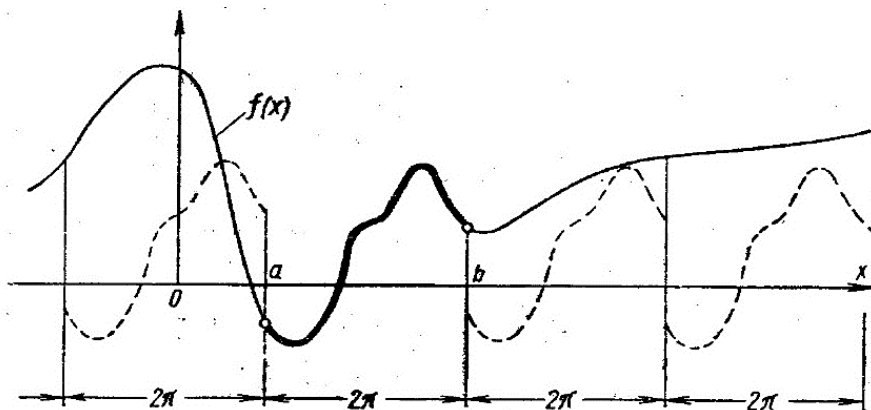


Рис. 5. Представление функции $f(x)$ рядом Фурье

Fig. 5. Fourier's series of function $f(x)$

Разложение в ряд Фурье функции $f(x)$ на отрезке x длиной $2t$, на котором происходит разложение функции, разбивается на конечное число областей, равных 2π с предельным значением a , b слева и справа. Случайные колебания на отрезке ab описываются средним значением спектральной плотности с осреднёнными результатами динамических характеристик, меняющиеся в пределах a , b .

Кривая ab представляет собой площадь, равную среднему квадрату спектральной плотности. Определяющей в спектральной плотности является область с низкими характеристиками (область т. a) и с высокими показателями (область т. b). Например: аппроксимируем неровности (см. рис. 3–5) со спектральной плотностью Θ и функцией неровности $f(x) = y_i = y_0 \sin \gamma \cdot t$ (рис. 6).

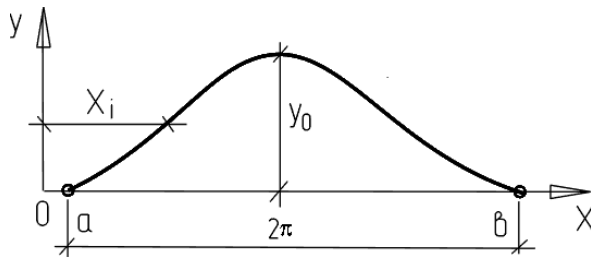


Рис. 6. Аппроксимация неровности функции $f(x)$
Fig. 6. Approximation of irregularity function $f(x)$

Запишем закон гармоничной нагрузки случайного процесса γ в виде

$$\gamma = \Theta \cdot V, \quad (12)$$

где V – скорость проезда неровности длиной L_q ; Θ – спектральная плотность или частота неровностей на длине выборки L_q , равная $2\pi / L_q$; $L_q \rightarrow f(V)$.

Время проезда неровности равно:

$$t = \frac{3,6L_q}{V}. \quad (13)$$

Если принять, что $\gamma = \frac{2\pi \cdot V}{L_q} = \frac{3,6L_q}{V}$, закон случайного процесса окончательно имеет вид

$$\gamma = \frac{2\pi \cdot V}{3,6L_q}. \quad (14)$$

В этом случае спектральная плотность или частота неровностей плиты адекватна спектральной плотности дополнительной реакции в подвеске автомобиля, вызванной движением по неровности, и находится как произведение спектральной плотности профиля неровности Θ на квадрат частотной характеристики данной реакции в подвеске $Q_p^{\text{подв}}$ или может быть получена с помощью корреляционной функции, которая близко отображает статистические свойства профиля неровностей плиты и хорошо аппроксимируется, с учетом взаимодействия колеса автомобиля с неровностями и скоростью движения, функцией вида [3, 4]:

$$R_q(t) = D_x \cdot e^{-\alpha \frac{V}{t}} \cos \beta \cdot V \cdot t, \quad (15)$$

где D_x – дисперсия центрированных ординат профиля неровностей плиты проезжей части; α , β – коэффициенты корреляции функции неровностей при $V = 1$ м/с.

Значения D_x , α , β определяются с учетом размеров неровностей поверхности плиты. Для асфальтобетонных плит покрытия при $\sqrt{D_x}$ (мм), равных 12, $\alpha_{V=1 \text{ м/с}} \approx 0,22$; $\beta_{V=1 \text{ м/с}} \approx 0,44$, отношение коэффициентов корреляции $\frac{\beta}{\alpha} \approx 1-3$.

При случайном характере распределения неровностей просматривается изменение дисперсии D_x процесса от скорости движения V (рис. 7).

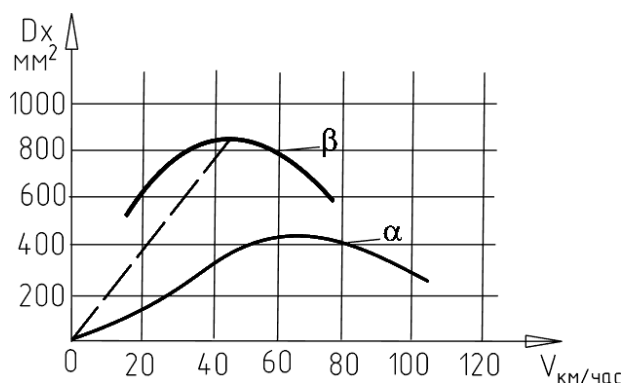


Рис. 7. Значения коэффициентов корреляции α , β от величины дисперсии D_x и скорости движения V

Fig. 7. Correlation coefficients α , β derived from dispersion D_x and speed of movement V

Общеизвестна обратно пропорциональная зависимость коэффициентов корреляции α , β среднему значению длины неровностей L_q , и чем больше эта величина, тем время корреляции будет меньше и тем более пологой и широкой будет функция спектральной плотности неровностей Θ . Тогда частотная характеристика спектральной плотности дополнительной реакции в подвеске $Q_p^{\text{подв}}$ будет определяться выражением

$$Q_p^{\text{подв}} = \Theta \cdot P_p^{2n}, \quad (16)$$

где P_p^{2n} – квадрат частотной характеристики дополнительных реакций в подвеске от проезда автомобиля через неровности.

Например: при $V = 40$ км/ч $P_p \approx 0,22\text{--}2,5$ Гц и $L_q \approx 0,5\text{--}4,0$ м; $V > 40$ км/ч $P_p = 3,1$ Гц и $L_q \approx 1,6\text{--}6,0$ м.

Максимальное перемещение (прогиб) плиты адекватно амплитуде возмущения оси подвески автомобиля, проходящего по неровности:

$$y_{\max} = A_{\max} = m_k \cdot r_k \cdot V_{\text{кол}}^2, \quad (17)$$

где r_k – радиус колеса автомобиля; $m_k = \frac{1}{2} m_{\text{подв}}$ – масса колеса; $m_{\text{подв}}$ – масса подвески.

Следовательно, деформативность асфальтобетонной плиты прямо пропорциональна деформации колебания подвески автомобиля при проезде через неровности. Сжатие в подвеске является отражением проявления передаточной функции от колес автомобиля на плиту и выражается в виде равенства [5, 6]:

$$F = C(Y + Z), \quad (18)$$

где C – жесткость подвески, равная жесткости шин; Y – сжимающая сила в подвеске,

$$Y = \frac{C \cdot k^2 \cdot y_0}{2(k^2 - \omega^2)} [\cos \omega t - \cos kt],$$

где $t = t_0 - t_1$ – время проезда неровности; $k = \frac{2\pi V}{L_q}$; $Z = Y_0$ – перемещение

плиты, равное перемещению подвески; $\omega = \frac{C}{m_2}$ – колебания подвески; m_2 –

масса подвески; y_0 – высота неровности (см. рис. 6).

Силу F , которая является передаточной функцией силы от колес автомобиля на плиту, рекомендуется определять по формуле [7, 8]:

$$F = k \cdot Y_0 = \frac{m_2 \cdot \omega^2 \cdot a_0}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}}, \quad (19)$$

где a_0 – перемещение рессор автомобиля.

Для многоосного современного автотранспорта собственные частоты ω вертикальных колебаний в зависимости от микропрофиля плиты проезжей части определяются по формуле

$$\omega = \sqrt{\frac{2 \sum C_i}{m_a}}, \quad (20)$$

где m_a – масса автомобиля.

Будем считать, что для двухосных автомобилей $i = 2$ значение собственных частот ω ограничивается верхним допустимым пределом, а для $i > 4$ – нижним пределом. Принимаем для двухосного автомобиля частоту за 100 %, тогда для многоосных автомобилей снижение составляет 21–32 %, в зависимости от количества осей автомобиля > 2 .

Выводы

Таким образом, рассматривая деформативность асфальтобетонной плиты и деформации подвески автомобиля в функции движения колес по упруговязкой полуплоскости при условии, что трение шины колеса автомобиля отсутствует, можно сделать вывод, что замена дуги окружности отпечатка колеса перед неровностью на параболу дает возможность записать уравнение движения колеса в виде (рис. 8) [9]:

$$f(x) = A_1 \cdot R + A_0, \quad (21)$$

где $A_1 = \frac{1}{R}$; $A_0 = -\alpha_a \cdot y_k / R$; α_a – коэффициент трансформации асфальтобетонной плиты, равен 0,72–0,8; y_k – прогиб плиты под колесом.

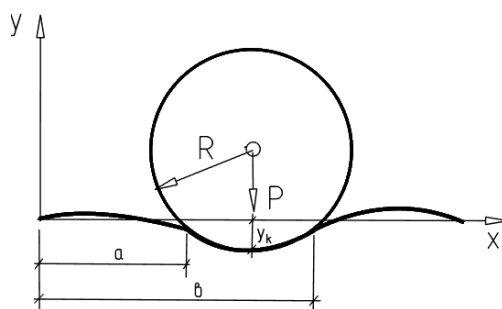


Рис. 8. Движение колеса автомобиля по деформированной плите
Fig. 8. Wheel movement over deformed pavement slab

Обозначая P как вертикальную силу, действующую от колеса на плиту, а $P(x)$ как давление под колесом на плиту, запишем равенство:

$$\left. \begin{aligned} a &= -\sqrt{\frac{2q}{A_1} + \frac{2A_0}{A_1^2} - \frac{A_0}{A_1}} \\ b &= \sqrt{\frac{2q}{A_1} + \frac{2A_0^2}{A_1^2} - \frac{A_0}{A_1}} \end{aligned} \right\}, \quad (22)$$

где $q = \frac{P(1+\mu)}{4\pi\mu}$; μ – коэффициент Пуассона; $\varkappa$ – кривизна неровности под колесом.

При использовании формулы (22) было принято условие, что смещения плиты и основания совпадают, а трение отсутствует. Следовательно, собственная деформация верхнего слоя плиты является функцией только реактивных усилий от силы P .

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Триус Е.Б. Изгиб плиты на упругом основании при нежёстком контакте с основанием // Научные доклады высшей школы. Строительство. 1958. № 3, 4. С. 1–2.
2. Пархиловский И.Г. Об определении эксплуатационного требования к плавности хода автомобилей // Автомобильная промышленность. 1966. Вып. XXXII. № 1. С. 1–3.
3. Пчелин И.К., Хачатуров А.А. Нелинейные колебания автомобиля при движении по дороге с реальным микропрофилем // Автомобильная промышленность. 1965. № 5. С. 17–19.
4. Пархиловский И.Г. Спектральная плотность распределения неровностей микропрофиля дорог и колебания автомобиля // Автомобильная промышленность. 1961. № 10. С. 25–28.
5. Ефимов П.П. К вопросу о динамических возмущениях, вызванных движением автомобиля по неровному покрытию проезжей части мостов // Теоретические и экспериментальные исследования мостов и строительных конструкций. 1970. № 3. С. 65–73.
6. Федоров Ю.П. Движение системы поддресорных масс по балке с неровностью // Применение ЭВМ в строительной механике. Киев : Наукова Думка, 1968. С. 351–354.
7. Шупляков В.С. Колебания и нагруженность трансмиссии автомобиля. Москва : Транспорт, 1974. 328 с.
8. Мусхелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. 4-е изд. Москва : Изд-во АН СССР, 1954. 648 с.
9. Картопольцев В.М., Алексеев А.А., Параев Б.А. К теории расчета конструктивных элементов из анизотропного материала с упруговязкопластическими свойствами // Вестник Том-

ского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 4. С. 230–242. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-230-242. EDN: YCCUPP

REFERENCES

1. *Trius E.B.* Bending of Slab on Elastic Bed at Non-Rigid Contact with the Base. *Nauchnye doklady vysshei shkoly. Stroitel'stvo*. 1958; (3, 4): 1–2. (In Russian)
2. *Parkhilovskii I.G.* About Operational Requirement to Smooth Ride. *Avtomobil'naya promyshlennost'*. 1966; 32 (1): 1–3. (In Russian)
3. *Pchelin I.K., Khachaturov A.A.* Nonlinear Oscillations of Vehicle Driving on Real Micro-profile Surface. *Avtomobil'naya promyshlennost'*. 1965; (5): 17–19. (In Russian)
4. *Parkhilovskii I.G.* Spectral Density Distribution of Micro-Profile Irregularities and Vehicle Vibrations. *Avtomobil'naya promyshlennost'*. 1961; (10): 25–28. (In Russian)
5. *Efimov P.P.* About Dynamic Disturbances Caused by Traffic Movement on the Uneven Surface of bridge. *Teoreticheskie i eksperimental'nye issledovaniya mostov i stroitel'nykh konstruksii*. 1970; (3): 65–73. (In Russian)
6. *Fedorov Yu.P.* Movement of Sprung Mass System over Surface Irregularities. *Primenenie EVM v stroitel'noi mekhanike*. Kiev: Naukova Dumka, 1968, Pp. 351–354. (In Russian)
7. *Shuplyakov V.S.* Fluctuations and Loading of Automobile Transmission. Moscow: Transport, 1974. 328 p. (In Russian)
8. *Muskhelishvili N.I.* Basic Problems of Mathematical Model of Elasticity. 4th ed. Moscow, 1954. 648 p. (In Russian)
9. *Kartopol'tsev V.M., Alekseev A.A., Paraev B.A.* Towards Calculation of Anisotropic Constructive Elements with Elastic-Plastic Properties. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2024; 26 (4): 230–242. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-230-242. EDN: YCCUPP (In Russian)

Сведения об авторах

Картопольцев Андрей Владимирович, канд. техн. наук, доцент, ООО «ДИАМОС», 634003, г. Томск, пер. Соляной, 24/1, diamos@mail.ru

Алексеев Александр Аверьянович, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, alekseev10@yandex.ru

Authors Details

Andrey V. Kartopol'tsev, PhD, A/Professor, ООО “DIAMOS”, 24/1, Solyanoy Str., 634003, Tomsk, Russia, diamos@mail.ru

Aleksandr A. Alekseev, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, alekseev10@yandex.ru

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

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

Статья поступила в редакцию 22.01.2025
Одобрена после рецензирования 05.02.2025
Принята к публикации 04.03.2025

Submitted for publication 22.01.2025
Approved after review 05.02.2025
Accepted for publication 04.03.2025

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 2. С. 226–237.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (2): 226–237.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 624.21/.8

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-226-237

EDN: XKXOFG

ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В РОССИИ НА ПРИМЕРЕ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА РЕКОНСТРУКЦИИ ПУТЕПРОВОДА

**Стефан Васильевич Ефимов, Иван Владимирович Чаплин,
Елена Солтановна Кокоева**

*Сибирский государственный университет путей сообщения,
г. Новосибирск, Россия*

Аннотация. *Актуальность.* В условиях цифровизации строительства и проектирования применение технологий информационного моделирования крайне актуально. Технологии информационного моделирования позволяют управлять информацией об объекте капитального строительства на каждом из этапов жизненного цикла, минимизируя коллизии и сокращая сроки реализации проектов. Статья посвящена проблемам внедрения технологий информационного моделирования в России. Основой для анализа стал опыт разработки проекта реконструкции путепровода с применением технологий информационного моделирования.

Цель. Основной целью исследования является анализ существующих проблем применения технологий информационного моделирования в отечественной практике проектирования инфраструктурных объектов.

Методы. В работе использованы методы анализа нормативной базы, статистический анализ уровня внедрения технологий информационного моделирования, а также практическое тестирование инструментов, реализующих технологии информационного моделирования, при разработке проекта реконструкции путепровода. Исследование включает рассмотрение этапов создания информационной модели, координации проектных решений и взаимодействия участников проекта.

Результаты исследования показали, что основными проблемами внедрения технологий информационного моделирования в нашей стране являются низкий уровень зрелости, недостаточная проработанность нормативно-правовой базы, низкий уровень цифровой компетенции специалистов и недостаток интеграции между программными продуктами. На начальном этапе внедрения применение технологий информационного моделирования в проекте реконструкции путепровода не позволяет сократить сроки проектирования, однако снижает количество коллизий в проекте на 30 % в сравнении с традиционным подходом.

Практическая значимость исследования заключается в идентификации, анализе и интерпретации проблем внедрения технологий информационного моделирования для поиска дальнейших путей их решения. Полученные выводы могут быть использованы при разработке стратегий внедрения технологий информационного моделирования на государственном и корпоративном уровне, а также для адаптации образовательных программ подготовки специалистов. Статья подчеркивает необходимость развития технологий информационного моделирования в России как ключевого инструмента цифровой трансформации инфраструктурной отрасли.

Ключевые слова: технологии информационного моделирования (ТИМ), проблемы внедрения ТИМ, проект реконструкции, атрибуты, цифровая информационная модель, мост, путепровод

Для цитирования: Ефимов С.В., Чаплин И.В., Кокоева Е.С. Проблемы внедрения технологий информационного моделирования в России на примере разработки проекта реконструкции путепровода // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 2. С. 226–237. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-226-237. EDN: XKXOFG

BUILDING INFORMATION MODELING IMPLEMENTATION IN RUSSIA ON THE EXAMPLE OF OVERPASS RECONSTRUCTION PROJECT DEVELOPMENT

Stefan V. Efimov, Ivan V. Chaplin, Elena S. Kokoeva
Siberian State Transport University, Novosibirsk, Russia

Abstract. In the context of digitalization in construction and design, the use of building information modeling (BIM) technologies is highly relevant. BIM enables comprehensive management of information about a capital construction facility at every stage of its lifecycle, minimizing clashes and reducing project timelines.

Purpose: The aim of the study is to analyze the problems of BIM application in the Russian practice of designing infrastructure facilities.

Methodology: Normative base analysis, statistical analysis of the BIM implementation, practical testing of BIM implementation tools in the project development of overpass reconstruction.

Research findings: The study considers stages of information model creation, coordination of design decisions and interaction of project participants. It is shown that the main problems of implementation in our country are the low level of maturity, insufficient elaboration of the regulatory and legal framework, digital competence of specialists and lack in integration between software products. At the initial stage of implementation, the use of BIM technologies in the project of overpass reconstruction does not allow reducing the design time, but reduces the number of collisions in the project by 30% compared to the traditional approach.

Practical implications: Research identifies, analyzes and describes the problems of BIM implementation in order to find further ways to solve them. Research findings can be used to develop strategies for implementing BIM at the state and corporate level, as well as to adapt educational programmes for training specialists. The article highlights the need for active development of information modelling technologies in Russia as a key tool for digital transformation of the construction industry.

Keywords: building information modelling (BIM), BIM implementation, reconstruction project, attributes, bridge

For citation: Efimov S.V., Chaplin I.V., Kokoeva E.S. Building Information Modeling Implementation in Russia on the Example of Overpass Reconstruction Project Development. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (2): 226–237. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-226-237. EDN: XKXOFG

Введение

В последнее десятилетие технологии информационного моделирования (ТИМ) стали неотъемлемой частью строительной индустрии. Эти технологии предоставляют мощные инструменты для управления проектами, моделирова-

ния, оптимизации ресурсов и повышения точности проектирования. Несмотря на очевидные преимущества, внедрение новых технологий в инфраструктурную сферу в нашей стране сталкивается с рядом проблем.

Технологии информационного моделирования представляют собой методику и технологию для управления жизненным циклом проекта, включая 3D-визуализацию, данные о затратах, календарные графики и многие другие параметры. ТИМ позволяют командам проектировщиков, строителей и эксплуатирующих организаций взаимодействовать на качественно новом уровне.

Многие международные компании показали успешный опыт внедрения технологий информационного моделирования [1, 2]. Российский рынок планирования встал на путь цифровизации и имеет свои особенности, которые необходимо учитывать. Несмотря на более активное внедрение ТИМ в сферу промышленно-гражданского строительства и, кроме того, ориентированности многих систем автоматизированного проектирования на площадные объекты, область проектирования, строительства и эксплуатации линейных сооружений также трансформируется с учетом цифрового перехода.

В условиях быстро меняющегося рынка в строительстве для комплексной оценки текущих трудностей внедрения ТИМ необходимо анализировать многие факторы, включая экономические и технические аспекты внедрения, специфику переходного периода, разработанность нормативной базы.

В рамках исследования опишем, с какими проблемами столкнулась компания Сибирский научно-исследовательский институт мостов СГУПС, применяя технологию информационного моделирования при разработке проекта реконструкции путепровода. Стоит отметить, что для проведения сравнительного анализа исследования проект реконструкции параллельно разрабатывался традиционным способом.

Описание объекта реконструкции

Основанием для реконструкции участка автодороги в Мурманской области с расположенным на нем путепроводом стало несоответствие параметров элементов и их расположения действующим нормативным требованиям, например, недопустимые радиусы кривых на подходах к сооружению, требующие ограничения скорости до 20 км/ч, а также неудовлетворительное техническое состояние путепровода, обусловленное наличием дефектов, оказывающих существенное влияние на долговечность и грузоподъемность основных несущих конструкций. Особенностью принятого проектного решения было расположение сооружения с косиной 45° и устройство контрфорсных опор-стенки индивидуальной проектировки. Пролетное строение полной длиной 28 м для обеспечения требуемого габарита проезда и одностороннего тротуара было составлено из семи балок двутаврового сечения, изготовленных из предварительно напряженного железобетона по модифицированному проекту серии № 54178-М под нагрузки А-14 и Н-14. Объединение балок в поперечном направлении было выполнено по продольным швам омоноличивания толщиной 0,18 м. Цифровая информационная модель (ЦИМ) путепровода разработана в программном комплексе Tekla Structures (рис. 1), модель местности – в AutoCAD Civil 3D (рис. 2).

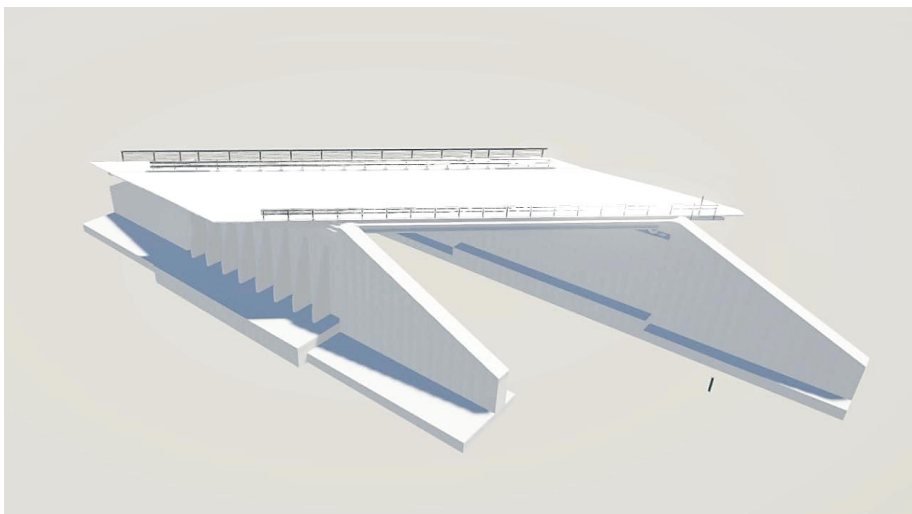


Рис. 1. Общий вид цифровой информационной модели
Fig. 1. Building information model

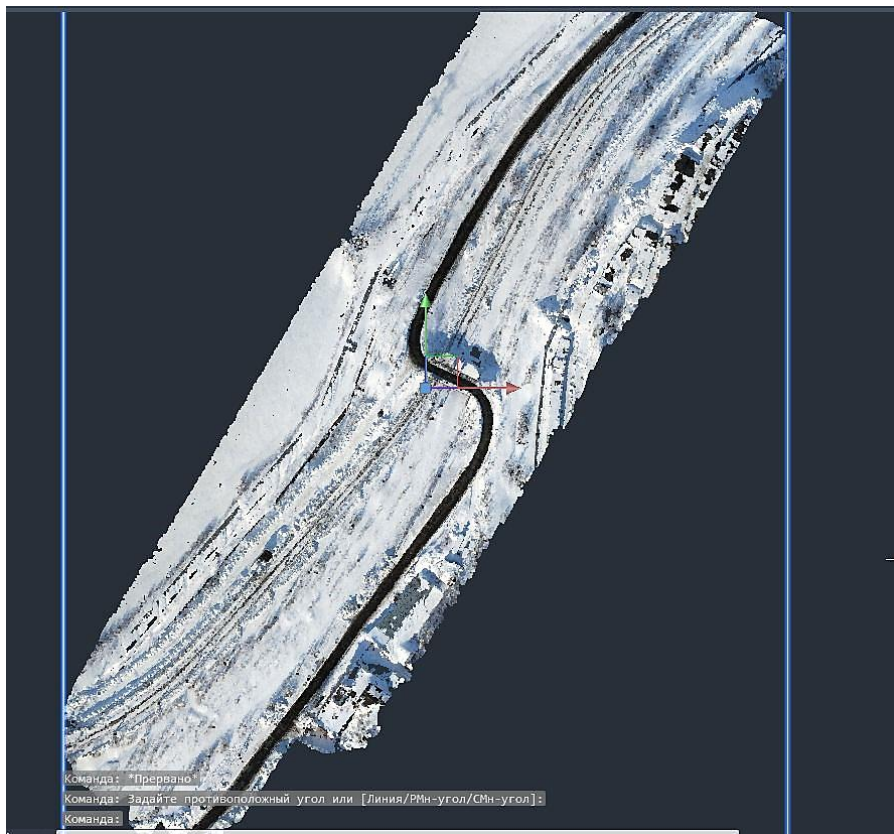


Рис. 2. Цифровая информационная модель местности
Fig. 2. Building information model of the terrain

Проблемы внедрения ТИМ в инфраструктурной сфере

Существуют следующие основные барьеры внедрения ТИМ: низкий уровень зрелости ТИМ, организационные, финансовые, технические, регуляторные.

Низкий уровень зрелости ТИМ. В России уровень зрелости информационных технологий в части инфраструктурных проектов находится на начальном этапе, несмотря на высокие темпы их использования в сфере промышленно-гражданского строительства. По данным Минстроя РФ [3], к концу 2024 г. общая активность использования моделирования в России находилась на уровне 10–15 %, а в сфере проектирования – 30 %. При этом прогнозируемый ежегодный рост составлял 50 %, а фактические темпы внедрения – около 10–15 % прироста к прошлому году.

Минстрой России методологично поддерживает строительную отрасль в части применения технологий информационного моделирования, активно разрабатывая практические руководства и различные регламенты по внедрению ТИМ [4, 5]. Однако до сих пор не все участники строительного процесса осознают стратегическую значимость ТИМ, что приводит к недооценке ресурсов, необходимых для реализации технологии. Ключевой момент внедрения заключается в перестройке системы взаимодействия специалистов, которые задействованы в проекте.

Традиционная схема проектирования заключается в индивидуальном взаимодействии специалистов, разрабатывающих отдельные разделы строительного проекта. Недостатком такой схемы является то, что информационные потоки являются закрытыми для остальных участников проектного процесса. Если в процессе взаимодействия проектировщиков, разрабатывающих, например, разделы «Технологические и конструктивные решения» и «Проект организации строительства», были изменены какие-то ранее принятые решения, то об этих изменениях может быть неизвестно проектировщикам других разделов вплоть до начала процесса согласования смежных разделов. Из этого следует, что для эффективного координирования работы всех смежных специалистов необходимо наличие единой интеграционной платформы, обладающей параметрами, обеспечивающими ее универсальность – возможность использовать на протяжении всего жизненного цикла объекта; масштабируемость – обеспечение расширения объемов данных; интегрируемость – возможность интеграции с иными информационными источниками, в том числе разными средами общих данных; производительность – обеспечение возможности гибкого управления данными; безопасность – обеспечение целостности данных.

Разработка проекта реконструкции путепровода, описанного выше, затруднялась, в частности, из-за отсутствия специализированной платформы для интеграции данных, что есть следствие низкого уровня зрелости ТИМ. На сегодняшний момент процесс сбора, хранения и управления данными не автоматизирован у большинства организаций. Часто эта задача закреплена за разработчиками цифровых информационных моделей, что кратно увеличивает трудозатраты на разработку проекта.

Организационные барьеры. Результаты применения технологий информационного моделирования зависят как от организационных структур, так

и от системы управления изменениями. От типа организационной структуры в компании зависит модель внедрения технологий информационного моделирования – будет ли это формирование отдельной ТИМ-группы, пилотный проект или же внедрение в смежные отделы организации. На текущий момент большинство организаций в сфере инфраструктурного строительства в России имеют линейно-функциональную структуру, которая не предполагает перестройку процессов ведения работы с применением гибких подходов при внедрении на начальном этапе стратегических изменений, таких как технологии информационного моделирования.

Значительно замедляет внедрение ТИМ существующий последние 10–15 лет в строительной отрасли дефицит специалистов по информационному моделированию. По данным Минстроя России [6], дефицит кадров в строительной отрасли в нашей стране составляет около 10 %. В ноябре 2020 г. был утвержден профессиональный стандарт «Специалист в сфере информационного моделирования в строительстве». Однако подготовку специалистов начали осуществлять лишь с 2021 г.

Финансовые ограничения. Одним из основных барьеров является высокая стоимость внедрения ТИМ в деятельность проектной организации, она включает:

- лицензирование программного обеспечения;
- обучение персонала;
- модернизацию оборудования.

Большинство программных комплексов, реализующих подход ТИМ, были разработаны иностранными компаниями, и их приобретение связано со значительными расходами, что особенно затрудняет внедрение технологии для малых и средних предприятий. Разрабатываемые в последние годы отечественные комплексы для инфраструктурных проектов пока не достигли уровня зарубежных систем. Кроме того, переход на ТИМ требует обучения сотрудников. Курсы для подготовки специалистов связаны с дополнительными затратами, а нехватка квалифицированных кадров в России увеличивает эти расходы. Долгий срок окупаемости также играет важную роль. Многие компании, особенно в условиях экономической нестабильности, опасаются вкладывать значительные средства в технологию, выгоды от которой могут проявиться только в долгосрочной перспективе.

Технические проблемы. Недостаточная техническая подготовка, заключающаяся как в отсутствии наработанных шаблонов и элементов типичных конструктивных решений, так и в отсутствии в открытом доступе этой информации (каждая проектная компания, как правило, разрабатывает свой банк данных), является серьезным барьером для внедрения технологий информационного моделирования.

Во-первых, спектр программного обеспечения, реализующего технологию информационного моделирования, достаточно широк. На сегодняшний день не существует одного программного продукта, удовлетворяющего потребности всех разделов строительного проекта. Часто специалисты применяют программу для той задачи, с которой она лучше справляется [7].

Разработка цифровой информационной модели линейного сооружения имеет свои особенности по сравнению с площадными, например изменение по-

перечного сечения элемента по длине балки. Многие распространенные программные комплексы, предусматривающие разработку информационных моделей, такие как Revit и Tekla Structures, слабо ориентированы на линейные объекты. Цифровая информационная модель сооружения состоит из множества разнообразных модулей или семейств, которые неплохо могут согласовываться на уровне готовых документов в виде чертежей и таблиц. Однако эти документы создаются в принципиально различающихся рабочих средах и даже в различных системах осей и координат [8]. В связи с этим нередко возникает потребность в открытии информационной модели фрагмента сооружения, разработанной в одной программе для последующего её использования в другой. Несмотря на наличие универсального формата данных IFC, интероперабельность различных программных комплексов находится на невысоком уровне.

Например, разработка модели путепровода и модели местности велась в разных системах координат, а их стыковка выполнялась лишь на финальном этапе. Следует отметить, что при выгрузке цифровой модели в расчетный комплекс необходимо дополнительно создавать вспомогательные элементы для формирования общепринятой расчетной схемы в виде балочного ростверка (рис. 3). Это связано с тем, что реальная конструкция, а соответственно, и ее цифровая информационная модель несколько отличаются от применяемой для расчета аналитической модели конструкции [9].

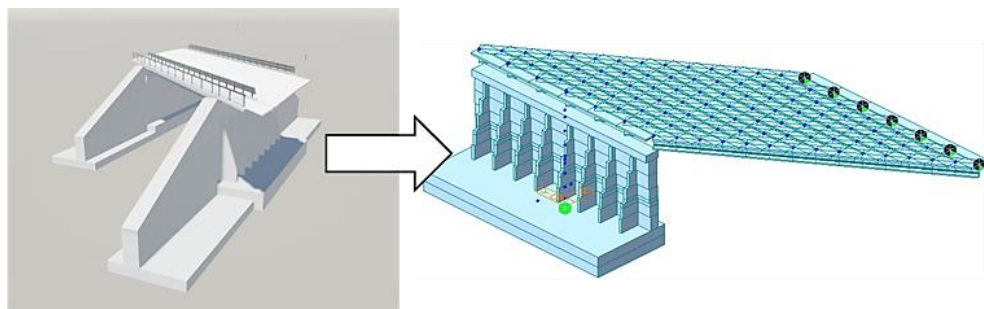


Рис. 3. Импорт ЦИМ путепровода в расчетный комплекс Парис и Midas Civil
Fig. 3. Import BIM of the overpass into the Paris and Midas Civil

Во-вторых, отсутствие в программных комплексах локализованных библиотек компонентов и шаблонов оформления по отечественным стандартам. Разработка цифровой информационной модели – довольно трудоемкий процесс. На моделирование отдельных элементов модели, например балок пролетного строения, с созданием конструктивного и рабочего армирования необходимо немалое количество времени (рис. 4). Трудозатратен и процесс настройки видов чертежа: планов, разрезов, узлов (рис. 5). Как было упомянуто выше, большинство программ, применяемых авторами в данном проекте, зарубежные и не ориентированы под оформление по российским стандартам.

В-третьих, при разработке проекта реконструкции путепровода возникли сложности с интеграцией данных в общую модель. Набор атрибутивной информации элементов ЦИМ, который характерен для российских норм и необходим для формирования спецификаций и определения объемов, ограничен в зару-

бежных программах, реализующих ТИМ. Так, чтобы задать атрибут «удерживающая способность» для элемента «ограждение безопасности», в программном комплексе Tekla Structures в рамках работы был разработан плагин создания дополнительного пользовательского атрибута. На рис. 6 показан пример заполнения атрибутивных параметров элемента.

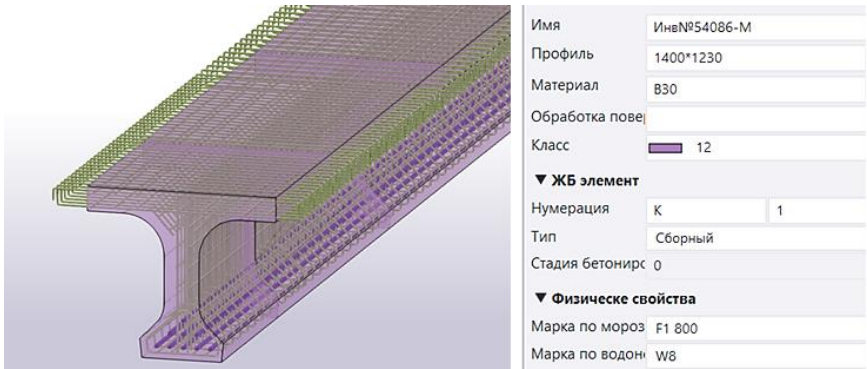


Рис. 4. Фрагмент ЦИМ железобетонной балки, использованной в проекте
Fig. 4. BIM fragment of reinforced concrete beam used in the project

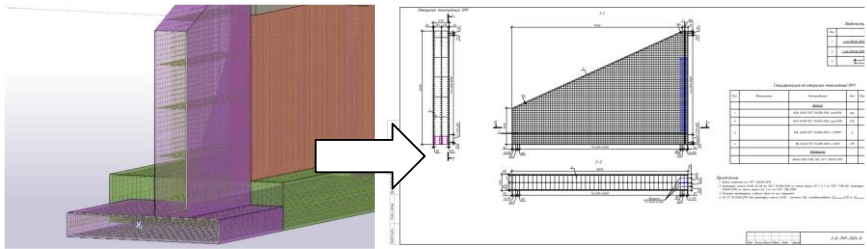


Рис. 5. Формирование арматурных чертежей опоры-стенки из модели
Fig. 5. Generating reinforcement drawings of the support from the BIM



Рис. 6. Заполнение атрибутов элемента «ограждение безопасности»
Fig. 6. Populating the attributes of the 'Safety barrier' element

В-четвертых, в программах, реализующих подход ТИМ, отсутствует базовый инструментарий для формирования смет по ведомостям объемов работ. Конечно, возможно внести пользовательский атрибут, который будет являться ссылкой на сметный норматив (содержать его шифр), но такой способ взаимодействия сметчика с цифровой информационной моделью является крайне неэффективным. Поскольку основным преимуществом технологии информационного моделирования является гибкость во внесении изменений, то ручной ввод сметных шифров для элементов модели делает этот процесс бессмысленным, т. к. информация устареет раньше, чем работа будет завершена. В текущих реалиях ведомости объемов работ выгружаются из модели, и в отдельной программе составляются сметы на строительные работы и материалы.

Регуляторные ограничения. Отсутствие четких нормативных требований и стандартов замедляет внедрение технологий информационного моделирования в инфраструктурной сфере. В России процесс стандартизации ТИМ идет по британской модели [10], предусматривающей разработку классификатора строительной информации, документов, определяющих особенности передачи информации об объекте, унифицирующих взаимодействие заказчика и подрядчика (например, Government Soft Landings). Однако существующие требования часто не могут учесть специфику проектов линейных сооружений.

Регуляторные барьеры затрудняют взаимодействие между проектировщиками, заказчиками и экспертизой. Например, неориентированность классификации открытого формата IFC под особенности конструктивного исполнения отдельных элементов мостовых сооружений (многим элементам приходится присваивать класс IfcBuildingElementProxy) крайне усложняет проверку IFC-модели, поскольку часть информации теряется вследствие импорта модели из среды моделирования в формат IFC [11].

Заключение

Разработка проекта реконструкции автодорожного путепровода велась двумя способами: по традиционной схеме и с применением технологий информационного моделирования. Можно сделать вывод, что на начальном этапе внедрения ТИМ процесс разработки цифровой информационной модели, настройка среды общих данных, библиотек точечных и линейных объектов, шаблонов чертежей занимает равное количество времени в сравнении с традиционной схемой. Однако количество коллизий, которые удалось идентифицировать и избежать на ранних этапах проектирования с применением технологий информационного моделирования, больше в среднем на 30 %. Например, важным контролируемым параметром при расположении сооружения в плане было расстояние от передней грани опоры до бровки земляного полотна (должно быть не менее 4 м при заданной категории дороги). Применение только САД-систем для этой цели, а затем согласование изменений с проектировщиками других разделов заняло много времени. С применением ТИМ в проекте все изменения, вносимые в проект, видимы для всех участников проекта. Из этого следует, что на исправления нестыковок, не замеченных при традиционном проектировании, потребуется дополнительное время на этапе согласований для внесения корректировок.

Для преодоления проблем, описанных в статье, необходим системный подход:

- Проведение государственных программ обучения, адаптированных под специфику проектов линейных сооружений, и сертификации специалистов по этому направлению.
- Внедрение стандартов ТИМ для уровней строительства, эксплуатации и реконструкции искусственных сооружений.
- Создание междисциплинарных команд для управления проектами.
- Постепенная цифровизация отдельных этапов, а не всего проекта сразу.
- Создание библиотек типовых компонентов мостовых сооружений.
- Развитие единого информационного пространства в инфраструктурной сфере.
- Переход на отечественное программное обеспечение и локализация зарубежного программного обеспечения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Казаринов А.В., Куприяновский В.П., Талапов В.В. Международный опыт и тенденции развития технологии информационного моделирования применительно к жизненному циклу объектов железнодорожной инфраструктуры // *International Journal of Open Information Technologies*. 2020. V. 8. № 12. November. P. 94–112. EDN: ADAOXK
2. Cao D., Wang G., Li H., Skitmore M., Huang T., Zhang W. Building Information Modeling practice and effectiveness in construction projects in China // *Building Automation*. 2015. V. 49. P. 113–122. DOI: 10.1016/j.autcon.2014.10.014
3. 30 % застройщиков в стране применяют технологии информационного моделирования / Минстрой России. URL: <https://www.minstroyrf.ru/press/30-zastroyshchikov-v-strane-prime-puayut-tekhnologii-informatsionnogo-modelirovaniya/> (дата обращения: 27.01.2025).
4. Методика проведения экспертизы проектной документации по ЦИМ в качестве графической части жилых ОКС. Объемно-планировочные и архитектурные решения / Минстрой России. Изд. офиц. Екатеринбург, 2024. 63 с.
5. Методика формирования требований к ЦИМ линейных ОКС. Автомобильные дороги / Минстрой России. Изд. офиц. Москва, 2024. 190 с.
6. Глава Минстроя оценил потребность строительной отрасли в кадрах в 1 млн специалистов // Интерфакс. URL: <https://www.interfax.ru/business/950118> (дата обращения: 16.12.2024).
7. Кулешов В.А., Елугачев П.А., Марников С.С. Предпосылки внедрения BIM-технологий в мостовом хозяйстве. Оценка современных систем автоматизированного проектирования мостов и их готовности к информационному моделированию // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2018. Т. 20. № 3. – С. 184–195. DOI:10.31675/1607-1859-2018-20-3-184-195
8. Kowalski M., Orty L. Integrating geodetic underground utility datasets with BIM: IFC 4.3 for improved structural design in Poland // 24th SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference. 2024. November. DOI: 10.5593/sgem2024/2.1/s08.16
9. Ефимов С.В., Паторняк А.В., Чаплин И.В. Применение технологии информационного моделирования при разработке проекта ремонта мостового сооружения // *Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета*. 2024. № 3 (60). С. 113–121. DOI: 10.24866/2227-6858/2024-3/113-121
10. Ефимов С.В., Кокоева Е.С. Анализ зарубежных стандартов в сфере информационного моделирования сооружений // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности : сборник научных статей XII Международной научной конференции, Казань, 30–31 декабря 2021 г. Часть 1. Казань : ООО «КОНВЕРТ», 2021. С. 57–62. EDN: WMMNIL
11. Teixeira G., Ribeiro J. Interoperability level for bridge structural analysis from the IFC data interpretation // *Gestão & Tecnologia de Projetos*. 2025. January. DOI: 10.11606/gtp.v19i3.227401

REFERENCES

1. Kazarinov A.V., Kupriyanovsky V.P., Talapov V.V. International Experience and Development Trends in Building Information Modeling of the Life Cycle of Railway Infrastructure. *International Journal of Open Information Technologies*. 2020; 8 (12): 94–112. EDN: ADAOXK (In Russian)
2. Cao D., Wang G., Li H., Skitmore M., Huang T., Zhang W. Building Information Modeling Practice and Effectiveness in Construction Projects in China. *Building Automation*. 2015; 49: 113–122. DOI: 10.1016/j.autcon.2014.10.014
3. Ministry of Construction of Russia. 30 % of developers in the country use information modeling technologies. Available: www.minstroyrf.ru/press/30-zastroyschikov-v-strane-primenyayut-tehnologii-informatsionnogo-modelirovaniya/ (accessed January 27, 2025). (In Russian)
4. Ministry of Construction of Russia. Methodology for conducting expert examination of project documentation as a graphical part of residential OKS. In: Volume-planning and architectural solutions: methodology. Yekaterinburg, 2024. 63 p. (In Russian)
5. Ministry of Construction of Russia. Methodology for forming requirements for CIM of linear OKS. Highways: methodology. Moscow, 2024. 190 p. (In Russian)
6. Interfax. Head of the Ministry of Construction estimates the construction industry's need for personnel at 1 million specialists. Available: www.interfax.ru/business/950118 (accessed December 16, 2024). (In Russian)
7. Kuleshov V.A., Elugachev P.A., Markinkov S.S. Building Information Modeling and Computer-Aided Design in Bridge Construction. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2018; 20 (3): 184–195. DOI: 10.31675/1607-1859-2018-20-3-184-195 (In Russian)
8. Kowalski M., Orty L. Integrating Geodetic Underground Utility Datasets with BIM: IFC 4.3 for Improved Structural Design in Poland. In: *Proc. 24th Int. Multidisciplinary Sci. GeoConference*, 2024. DOI: 10.5593/sgem2024/2.1/s08.16
9. Efimov S.V., Patornyak A.V., Chaplin I.V. Application of BIM in Development of Bridge Structure Repair Project. *Vestnik Inzhenernoi shkoly Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta*. 2024; 60 (3): 113–121. DOI: 10.24866/2227-6858/2024-3/113-121 (In Russian)
10. Efimov S.V., Kokoeva E.S. Analysis of BIM Foreign Standards. In: *Proc. 12th Int. Sci. Conf. 'Priority Trends in Entrepreneurship in Industry'*. 30–31 December 2021, Part 1. Kazan: OOO “Konvert”, 2021. Pp. 57–62. EDN: WMMNIL (In Russian)
11. Teixeira G., Ribeiro J. Interoperability Level for Bridge Structural Analysis from the IFC Data Interpretation. *Gestão & Tecnologia de Projetos*. 2025; 19 (3). DOI: 10.11606/gtp.v19i3.227401

Сведения об авторах

Ефимов Стефан Васильевич, канд. техн. наук, доцент, Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, esvmt@mail.ru

Чаплин Иван Владимирович, канд. техн. наук, доцент, Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, ivannumber1_chaplin@mail.ru

Кокоева Елена Солтановна, аспирант, Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, lena.kokoeva.91@mail.ru

Authors Details

Stefan V. Efimov, PhD, A/Professor, Siberian Transport University, 191, Dusi Kovalchuk Stk., 630049, Novosibirsk, Russia, esvmt@mail.ru

Ivan V. Chaplin, PhD, A/Professor, Siberian Transport University, 191, Dusi Kovalchuk Stk., 630049, Novosibirsk, Russia, ivannumber1_chaplin@mail.ru

Elena S. Kokoeva, Research Assistant, Siberian Transport University, 191, Dusi Kovalchuk Stk., 630049, Novosibirsk, Russia, lena.kokoeva.91@mail.ru

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

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

Статья поступила в редакцию 29.01.2025
Одобрена после рецензирования 17.02.2025
Принята к публикации 12.03.2025

Submitted for publication 29.01.2025
Approved after review 17.02.2025
Accepted for publication 12.03.2025

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 2. С. 238–252.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (2): 238–252.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 656.1(571.14)

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-238-252

EDN: ZGAFVG

ХРОНОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДА НОВОСИБИРСКА

Ян Владимирович Исаков, Дмитрий Викторович Карелин

*Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет (Сибстрин),
г. Новосибирск, Россия*

Аннотация. Актуальность. Современный общественный транспорт является ключевым связующим элементом городской структуры, влияющим на развитие территорий муниципальных образований. Развитие пассажирского транспорта позволяет создать альтернативу пользованию личным транспортом, тем самым уменьшив загруженность улично-дорожной сети, что приводит к снижению выбросов углекислого газа, улучшает экологическую ситуацию в городе, а также упрощает передвижение по городу. Рассмотрение хронологии развития городских транспортных систем позволяет оценить процесс снижения количества личных поездок по городу и выявить соответствующие тенденции.

Цель исследования – изучение транспортной системы г. Новосибирска, выявление эволюционного процесса каждой из сети пассажирского транспорта, постановка современных задач.

Результат. Осуществлены структуризация информации о развитии каждой транспортной системы г. Новосибирска, данных пассажиропотока и подвижного состава, картографирование дублирующих маршрутов общественного транспорта на сегодняшний день.

Ключевые слова: Новосибирск, город, маршрут, система, транспорт, станции, остановки, развитие

Для цитирования: Исаков Я.В., Карелин Д.В. Хронология развития транспортной системы города Новосибирска // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 2. С. 238–252. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-238-252. EDN: ZGAFVG

ORIGINAL ARTICLE

CHRONOLOGY OF DEVELOPMENT OF NOVOSIBIRSK TRANSPORT SYSTEM

Yan V. Isakov, Dmitry V. Karelin

*Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering,
Novosibirsk, Russia*

Abstract. Modern public transport is a key element of the urban structure, influencing the development of municipal territories. The development of passenger transport makes it possible

to create an alternative to personal transport, thereby reducing the road network congestion, which leads to a reduction in carbon dioxide emission, improves the environment in the city, and simplifies traffic movement around the city. Consideration of chronology of development of urban transport systems makes it possible to assess the reduction of the number of personal trips around the city and identify relevant trends.

Purpose: The aim is to study the Novosibirsk transport system, identify the main errors and difficulties during the entire evolution of passenger transport networks.

Research findings: Structuring information about the development of the Novosibirsk transport system, passenger traffic and rolling stock data in Novosibirsk, and mapping of doubling public transport routes to date.

Keywords: Novosibirsk, city, route, system, transport, stations, stops, development

For citation: Isakov Ya.V., Karelin D.V. Chronology of Development of Novosibirsk Transport System. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (2): 238–252. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-238-252. EDN: ZGAFVG

Стратегия развития города непосредственно связана с комплексной системой городского пассажирского транспорта, требующего широкого круга методик и подходов устойчивого роста качества эксплуатации. Транспортная система способствует упрощению взаимодействия горожан между собой, увеличивает доступность различных структур города, а также способствует устойчивому социальному, экономическому и экологическому развитию территорий.

В настоящее время реализуются региональные и федеральные программы, такие как «Безопасные и качественные дороги» [1], направленные на модернизацию существующей улично-дорожной сети и городского общественного транспорта, а также на создание новых путей сообщения пассажирского транспорта. Данные факторы эволюции транспортной системы соответствуют новым подходам развития городской логистики, способствующим уменьшению пользования личным транспортом путём пересадки на комфортный общественный транспорт. Для реализации задач, поставленных в рамках транспортной реформы, необходимо понимать структуру городской улично-дорожной сети и существующих систем пассажирского транспорта (рис. 1), историю их зарождения, в последующем опираться на официальный генеральный план города. Поэтому изучение хронологии данных структур транспортной системы актуально на сегодняшний день.

Развитие Новосибирска (Новониколаевска) началось с решения императора Александра III о строительстве железнодорожной ветки в Сибирский регион. Поселения, существующие вблизи строящегося железнодорожного моста, представлены на карте Новосибирского Приобья (рис. 2) [3]. Весной 1897 г. мост через р. Обь был открыт для движения транспорта [4]. В 1917 г. Новониколаевск становится крупным торгово-транспортным центром. В 1927 г. президиум Горсовета принял решение о комплексном мощении ул. Владимирской, Сухарной и ул. Большевицкой.

В 1932 г. растёт количество мощёных улиц – благоустраиваются ул. Советская, Сибирская, Крылова, Каменская, Октябрьская, Максима Горького, Революции, Трудовая (общая протяжённость – более 8 км, площадь – более 75 тыс. кв. км) (рис. 3).

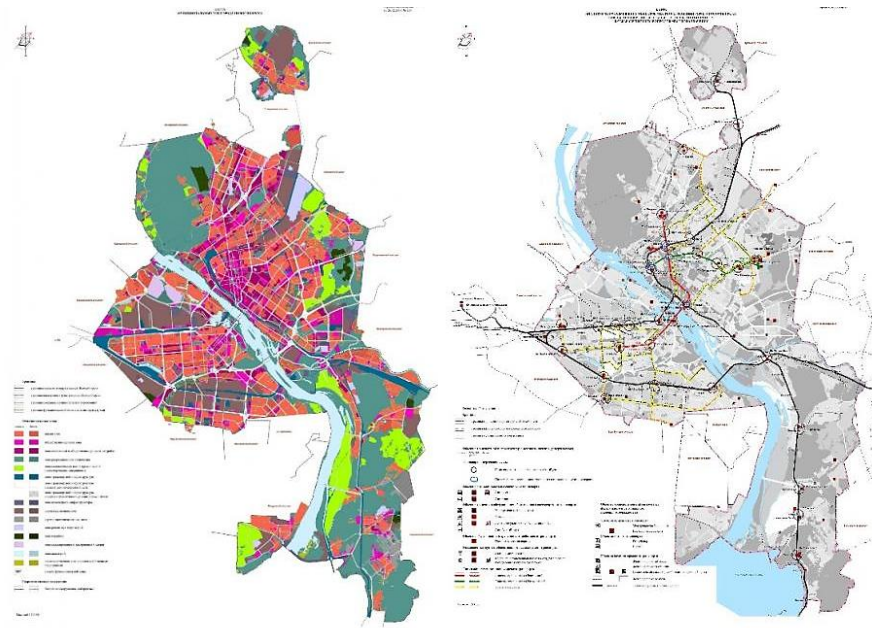


Рис. 1. Карта-схема планируемых границ функциональных зон г. Новосибирска на период до 2030 г. и карта-схема комплексного развития общественного транспорта на период до 2030 г. [2]

Fig. 1. Schematic maps of planned boundaries of functional zones in Novosibirsk and integrated development of public transportation for the period until 2030 [2]

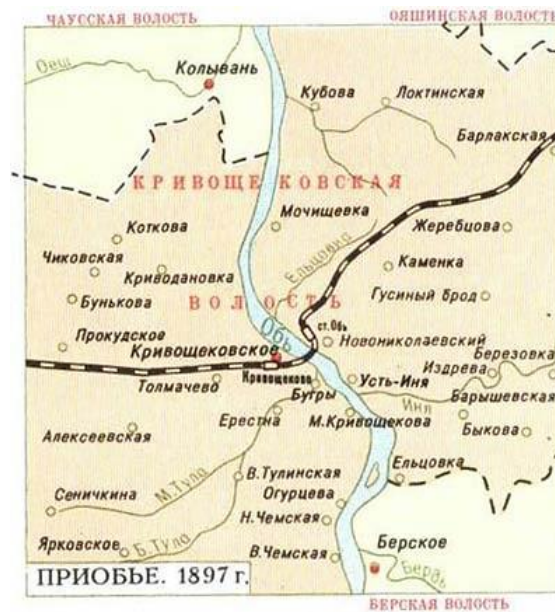


Рис. 2. Расположение деревень вблизи мостового перехода в Новосибирске [3]

Fig. 2. Location of villages near the bridge crossing in Novosibirsk

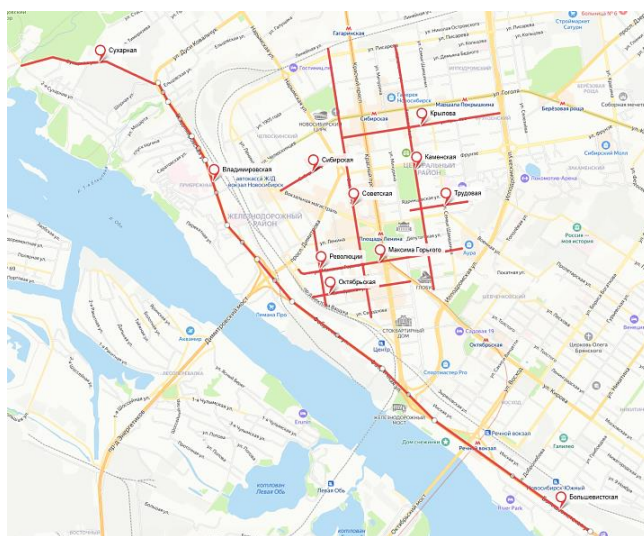


Рис. 3. Схема благоустраиваемых улиц по состоянию на 1932 г. (выполнено авторами на основе картографического инструмента «Конструктор карт Яндекс») 241

Fig. 3. Map of improved streets for the year 1932

Выполнены работы по асфальтированию ул. Ленина, проспекта Сталина, площади у оперного театра и железнодорожного вокзала. Всего за первые 10 послевоенных лет в городе было замощено 923 тыс. кв. м улиц и дорог, а также заасфальтировано 1,5 млн кв. м тротуаров и площадей. Дороги в Новосибирске стали втрое длиннее по сравнению с предвоенным периодом. В 1958 г. началось строительство Бердского шоссе от р. Плющихи до городской черты – 30 км [5]. После создания АО «Новосибирскавтодор» происходит активное строительство региональных дорог. В период 1960–1980 гг. были полностью завершены проекты авто-трасс Здвинск – Барабинск – Куйбышев и Кочки – Каргат. В г. Черепаново в помощь существующим дорожно-строительным управлениям создаётся ДСУ-5.

В период с 1970 по 1980 г. ежегодно строилось до 300 километров дорог. В это же время в городе закупили современную дорожно-строительную технику для производственных и дорожных участков, расположенных в каждом районе области. Благодаря последовательной работе новосибирских дорожников к середине 1980-х гг. удалось решить логистическую проблему районных центров области с соседними железнодорожными станциями и центром региона [6].

16 октября 1998 г. открылась для движения трасса Омск – Новосибирск. В 1999 г. началось строительство Северного объезда Новосибирска. В 2014 г. был построен Бугринский мост, соединяющий Октябрьский и Кировский районы. В настоящее время крупными строящимися дорожными проектами являются возведение Центрального моста и реализация Восточного обхода г. Новосибирска. Существующие и перспективные магистрали города отображены в официальной схеме, представленной мэрией г. Новосибирска (рис. 4).

Развитие маршрутной сети общественного транспорта г. Новосибирска состоит из нескольких этапов. В статье рассмотрены этапы развития различных видов городского пассажирского транспорта.

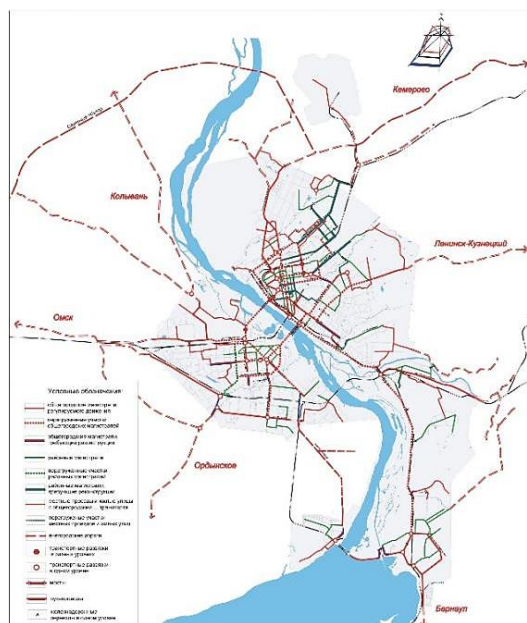


Рис. 4. Карта-схема существующих и перспективных магистралей
Fig. 4. Schematic map of modern and future main roads

Основополагающий этап развития общественного транспорта Новосибирска связан с открытием автобусного движения. Сообщение между районами в городе появилось в 1923 г. [7]. Первый маршрут связывал городской вокзал и Базарную площадь, проходя через центральную часть города. К 1937 г. после асфальтирования дорог количество маршрутов выросло до 12. Одна из основных связей – развивающиеся промышленные территории.

Второй этап связан со строительством мостового перехода через р. Обь: разработаны маршруты, связывающие два берега города, также появились автобусы, приспособленные к работе в зимних условиях. К 1960 г. подвижной состав насчитывал 164 единицы. Средний охват жилых территорий составил 67 %. К 1970-м гг. сформировались маршруты, проходящие по городским улицам в настоящее время, а также была построена сеть депо. В 1985 г. автобусный парк насчитывал более 1600 единиц.

Следующий этап связан с началом сложной экономической и политической ситуации в стране. В 1990-е гг. городским советом было принято решение о реорганизации автобусной системы в частные компании, что позволило сохранить автобусную сеть Новосибирска в сложное время. В 2007 г. начал работать проект, позволяющий диспетчерам отслеживать движение пассажирских автобусов в городе с помощью спутниковой системы ГЛОНАСС. С 2013 по 2016 г. доля микроавтобусов в пассажирских перевозках уменьшилась с 67 до 37 % [8].

Новый этап эволюции автобусной системы г. Новосибирска начался в 2020-е гг. В настоящий момент автобусная система города активно развивается: происходит закупка нового подвижного состава, появляется больше муниципальных маршрутов, а также обсуждается развитие тарифного меню.

Первый этап развития троллейбусного сообщения начался в 1950-е гг. Троллейбусное движение было организовано в Новосибирске в 1957 г. по маршруту «Аэропорт – ул. Мостовая (автовокзал)» [9]. На рис. 5 трассировка данного маршрута авторами обозначена зеленым цветом.

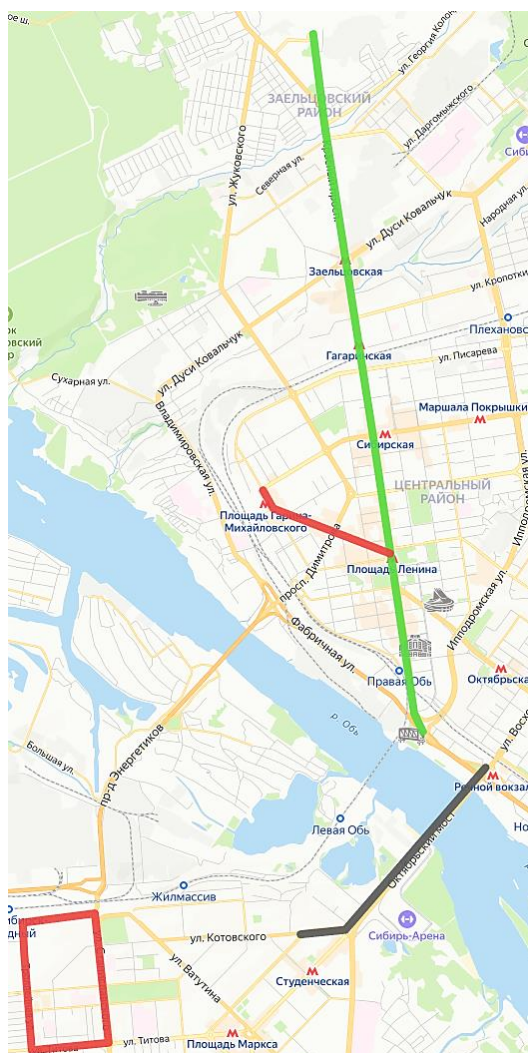


Рис. 5. Карта-схема ключевых элементов развития трамвайной и троллейбусной системы г. Новосибирска (выполнено авторами на основе картографического инструмента «Конструктор карт Яндекс»)

Fig. 5. Schematic map of key elements of Novosibirsk streetcar and trolleybus system development

К 1958 г. количество единиц подвижного состава выросло до 45, а к 1960 г. протяженность троллейбусных линий достигла 53 км. Кировское троллейбусное депо (на левом берегу города) открылось в 1962 г., Завельцовское (на правом берегу города) – в 1976 г.

Второй этап эволюции троллейбусного сообщения в Новосибирске связан с наивысшими показателями протяжённости сети и количеством подвижного состава. Пиком развития троллейбусной системы в Новосибирске являются 1980-е гг., когда протяжённость контактной сети превысила 238 км, парк насчитывал 331 троллейбус, а в декабре 1988 г. открылось третье троллейбусное депо – Ленинское. В 1995 г. в Новосибирск прибыли первые шарнирно-сочлененные троллейбусы ЗИУ-9. В 2006 г. на улицы Новосибирска вышел первый троллейбус с асинхронным двигателем СТ-682Г-012. В 2012 г. в городе появился первый троллейбус с увеличенным автономным ходом «Тролза-СТ-5265А».

На сегодняшний день происходит новый этап развития троллейбусной системы: в связи с решением о приобретении троллейбусов с увеличенным автономным ходом появилась возможность продления части маршрутов до отдаленных микрорайонов города, расширившее покрытие обслуживания городским электротранспортом. Кроме того, благодаря обновлению подвижного состава троллейбус стал более привлекательным и комфортным для жителей города способом передвижения. Так, в результате такой модернизации пассажиропоток на троллейбусном маршруте № 8 увеличился на 40 % [10, 11]. В настоящее время в Новосибирске действуют 14 троллейбусных маршрутов.

Идея о создании первых трамвайных линий возникла до революции, в 1914 г. Первый этап развития трамвая в Новосибирске связан с открытием первой линии, которое состоялось в 1934 г. [12], связав железнодорожный вокзал с центром города. 30 апреля в Новосибирске было организовано трамвайное сообщение на левом берегу. Новый маршрут проходил через современные улицы: Троллейная, Станиславского, Широкая и Титова. Размещение первых участков трамвайной системы на левом и правом берегу представлено авторами на рис. 5 красным цветом.

Следующий этап развития сети, после Великой Отечественной войны, был сложным. В 1947 г. сорвался капитальный ремонт подвижного состава, что привело к 382 сходам трамваев с рельсов. Однако уже в 1948 г. увеличилась протяженность путей на 3 км, происходит строительство правобережного филиала депо. 20 октября 1955 г. запущено трамвайное движение по Октябрьскому (Коммунальному) мосту, что позволило соединить две городские сети трамвая в одну единую систему, тем самым ознаменовав новый этап развития трамвая в Новосибирске. На рис. 5 пути, прокладываемые по Октябрьскому мосту, обозначены авторами чёрным цветом. В 1960-х гг. трамваем пользовались около 60 % пассажиров. В 1975 г. общая длина трамвайных путей достигла порядка 189 км, что свидетельствовало о значительном развитии трамвайной инфраструктуры в этот период.

Однако последующие годы ознаменовались ухудшением состояния трамвайной сети, что инициировало новый этап трансформации системы трамвайного сообщения. В результате деградации системы были демонтированы трамвайные линии, проходившие по ключевым улицам города, таким как Красный проспект, Гоголя и Кошурникова. В 1991 г. пути, проходящие через Октябрьский мост, были демонтированы, тем самым городская сеть вновь разделилась на две не связанные между собой части.

С 2007 г. в городе реализовывается программа модернизации. По данным на 2012 г. в городе насчитывалось около 145–150 км трамвайных путей.

В 2016 г. существующая линия была продлена до микрорайона Чистая Слобода. В 2016 г. была создана белорусско-российская компания «БКМ-Сибирь», занимающаяся обновлением подвижного состава, что ознаменовало новый этап развития. В настоящее время обновляется подвижной состав совместно с «Белкоммунмаш», обсуждается продление путей до нового автовокзала по ул. Гусинобродское шоссе и в отдаленные микрорайоны города. На данный момент в Новосибирске действуют 10 трамвайных маршрутов.

Реализация проекта Новосибирского метрополитена началась с выбора расположения станций первого этапа. При проектировании изначально рассматривалось два варианта прокладки пускового участка. Первый вариант был идентичен существующей красной ветке. Согласно второму проекту, планировалось возведение станции на правом берегу реки вблизи железнодорожного вокзала «Новосибирск-Главный». Предполагалось, что трасса будет проходить от пл. Ленина под Вокзальной магистралью к вокзалу, после чего она должна была изменить направление, следуя к современной станции «Гагаринская», затем – к пл. Калинина. Варианты трассировки I очереди метрополитена г. Новосибирска, рассматриваемые проектировщиками, представлены на рис. 6.



Рис. 6. Схема двух вариантов трассировки первой очереди метро¹
Fig. 6. Schematic of two tracing options for the first stage

Начало строительства метро в Новосибирске было положено 12 мая 1979 г., когда состоялся торжественный митинг и была забита первая свая. Первый участок метрополитена, включающий пять станций и имеющий длину 8,5 км, был построен за шесть с половиной лет. Открытие метрополитена состоялось 7 января 1986 г., а движение между станциями «Сибирская» и «Площадь Гарина-Михайловского» началось 31 декабря 1987 г. К июлю 1991 г. был запущен участок между станциями «Студенческая» и «Площадь Маркса». 2 апреля 1992 г. были открыты станции «Гагаринская» и «Заельцовская». Перечисленные станции метрополитена и этапы их реализации указаны авторами на рис. 7.

¹ URL: https://gelio.livejournal.com/?rfrom=gelio_nsk

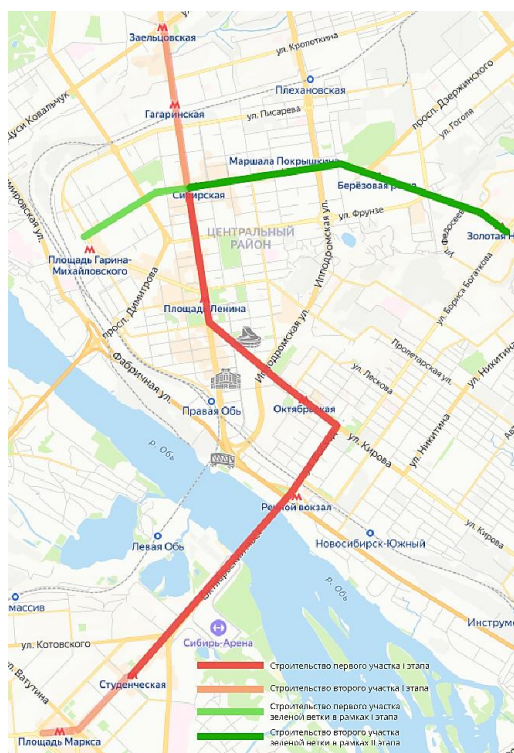


Рис. 7. Схема этапов реализации первого участка метрополитена (выполнено авторами на основе картографического инструмента «Конструктор карт Яндекс»)

Fig. 7. Implementation stages of the first metro section

В 1990-е гг., когда экономика и общество России переживали трудности, было решено открывать станции по одной. К 2000 г. было профинансировано строительство станции «Маршала Покрышкина», которая открылась 28 декабря того же года. 25 июня 2005 г. в День города была открыта станция «Берёзовая роща». Станция «Золотая Нива» была введена в эксплуатацию 9 февраля 2011 г. В настоящее время продолжается строительство станции метро «Спортивная», сроки введения в эксплуатацию которой неоднократно переносились [13].

На графиках рис. 8 представлены сведения об изменении количества перевезённых пассажиров каждым видом общественного транспорта, собранные авторами (рис. 8, а) начиная с 1980 г., а также указана сумма всех перевезённых пассажиров (рис. 8, б). Данные были получены на основе исследования Комплексной схемы организации дорожного движения (КСОДД), в котором была указана информация о пассажиропотоке каждого вида транспорта отдельно. Для оценки и анализа ситуации и наглядного сравнения количества перевезённых граждан данные объединены в один график. Далее количество поездок на общественном транспорте суммировано, что даёт общее представление об использовании общественного транспорта жителями города. Данный график иллюстрирует уменьшение количества перевозок на пассажирском транспорте в 1989 г., когда в стране началась экономическая и социальная нестабильность. После наступления деградации системы городского транспорта жители начали массово

пересаживаться на личный автотранспорт, что привело к большей загруженности на дорогах. Помимо этого, информация об изменении количества подвижного состава в Новосибирске на основе данных, полученных авторами в ходе хронологического анализа, проиллюстрирована на рис. 8, в. Стоит отметить, что данные о состоянии и количестве подвижного состава автобусной сети с 1985 по 2022 г. в исторических источниках не обнаружены.

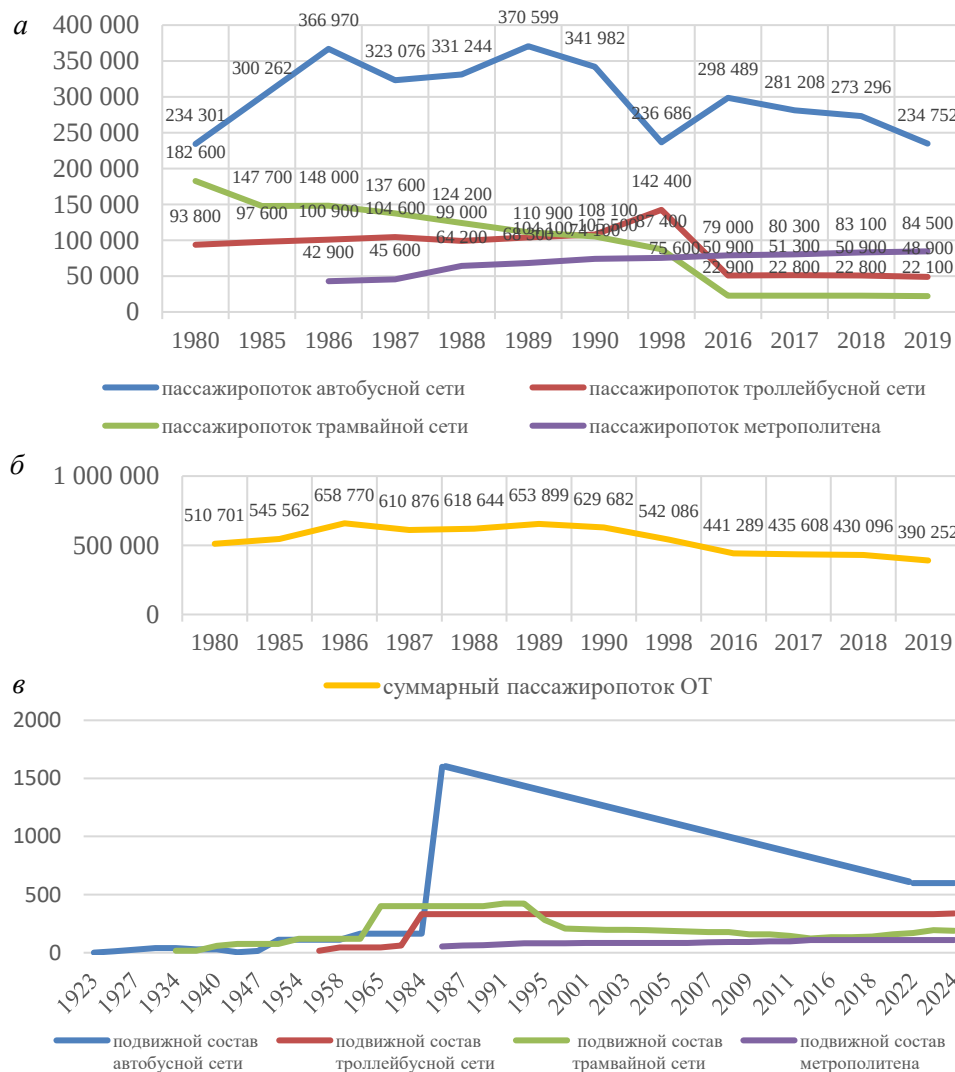


Рис. 8. Динамика изменения пассажиропотока сетей общественного транспорта г. Новосибирска (а); суммарная динамика изменения пассажиропотока сетей общественного транспорта г. Новосибирска (б); динамика изменения числа подвижного состава в Новосибирске (в). Выполнено авторами на основе информации о подвижном составе [14]

Fig. 8. Changes in passenger traffic of public transportation networks in Novosibirsk (a); overall changes in passenger traffic of public transportation networks in Novosibirsk (b); changes in the number of rolling stock in Novosibirsk (c) [14]

В связи с неравномерным развитием пространственно-планировочной структуры г. Новосибирска, транспортная система распределена неравномерно, без учета каждой системы общественного транспорта относительно друг друга. Дублирование маршрутов может иметь как положительные, так и отрицательные стороны. С одной стороны, оно повышает надёжность транспортного обслуживания и даёт пассажирам выбор. С другой стороны, снижает экономическую эффективность транспорта и создает излишнюю конкуренцию, что приводит к дорожным заторам, аварийным ситуациям и неэффективному использованию ресурсов. Для изменения текущей ситуации, согласно Комплексной схеме организации дорожного движения по г. Новосибирску, в городе запланированы изменения в организации дорожного движения пассажирского транспорта с целью уменьшения дублирования маршрутов. Часть автобусных путей, которые, согласно КСОДД, запланировано отменить или изменить в связи с продлением троллейбусных маршрутов, представлены в таблице [15].

Запланированные для ликвидации автобусные маршруты
Bus routes scheduled for elimination

Номер изменяемого автобусного маршрута	Номер троллейбусного маршрута
№ 41 «Юго-Западный ж/м – ул. Амбулаторная»	Левобережная часть – № 7: «Ж/м "Станиславский" – Новосибирский автовокзал-Главный» Правобережная часть – № 10: «Ул. Александра Анцупова – Вокзал Новосибирск-Главный»
№ 79 «Ключ-Камышенское плато – пос. Северный»	№ 8 «Ж/м "Затулинский" – ТЭЦ-5»
№ 30 «Ул. Татьяны Снежиной – Ботанический ж/м»	№ 22 «Учительская – Цветущая Плющиха»
№ 42 «Пл. им. Калинина – ул. Флотская»	№ 24 «Ж/м "Станиславский" – ЖК "Северная корона"»
№ 24 «Новосибирск-Арена – ул. Болтнева»	№ 29 «Ул. А. Чистякова – ЖК "Новомарусино"»
№ 29 «ТПУ "Клещиха" – Новосибирск-Арена»	№ 29 «Ул. А. Чистякова – ЖК "Новомарусино"»
№ 89 «Криводановский карьер – Новосибирск-Арена»	№ 35 «Метро Площадь Маркса – Криводановский карьер»

Решение об отказе в установлении маршрута принимается департаментом транспорта и дорожно-благоустроительного комплекса мэрии г. Новосибирска при наличии одного из следующих обстоятельств: наличие сопряженных маршрутов, имеющих резерв провозных возможностей или запас уровня наполнения транспортных средств, а также линий метрополитена, дублирующих более чем на 70 % путь следования транспортных средств, которые планируется задействовать в осуществлении регулярных перевозок по устанавливаемому маршруту [16].

С учётом развития транспортных систем г. Новосибирска, а также принимая во внимание сложившееся дублирование линий пассажирского транспорта, авторы представили схему дублирования видов общественного транспорта в настоящее время (рис. 9). Безусловно, больше всего маршрутов проходит через центр города. Однако стоит отметить, что дублирование троллейбусов и трамваев иногда неоправданно. Некоторые линии общественного транспорта дублируют друг друга более чем на 50 %. Для того чтобы убрать повтор трассировки маршрутов между собой, стоит либо переводить трамваи на систему скоростного трамвая, либо изменять маршруты троллейбусов с увеличенным автономным ходом так, чтобы покрыть большую территорию жилых кварталов общественным транспортом. После чего будет оптимальным организовать автобусное сообщение: либо дублировать участки, где перегружен другой транспорт, с возможностью переводить систему обслуживания на брутто-контракты в местах, где общественный транспорт отсутствует полностью, либо совершать нерегулярные перевозки.

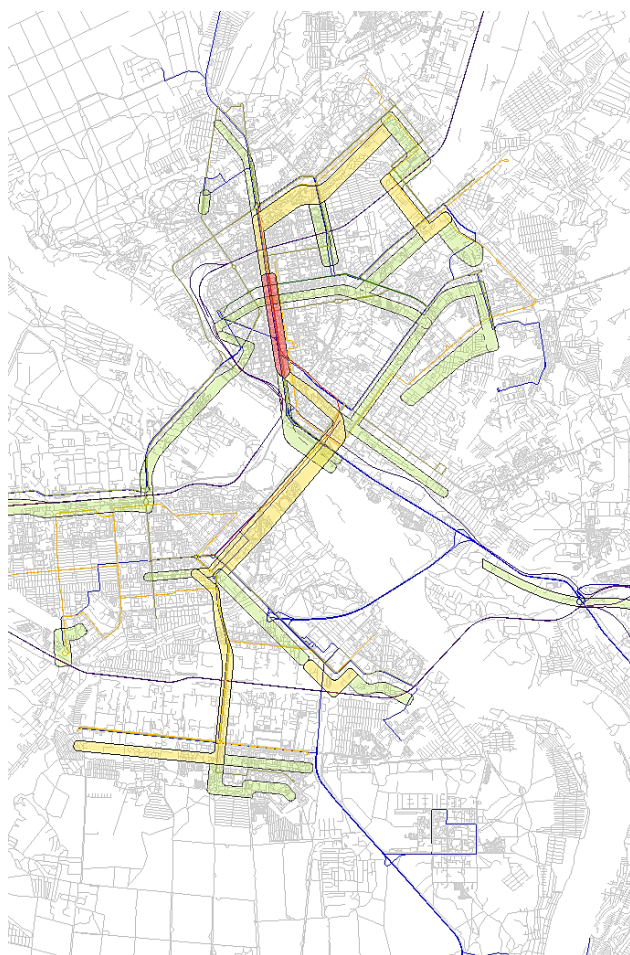


Рис. 9. Схема дублирования транспортных систем г. Новосибирска (выполнено авторами на основе картографического инструмента QGIS)
Fig. 9. Duplication of transportation systems of Novosibirsk

В связи со сложившейся улично-дорожной сетью и дублированием маршрутов общественного транспорта в Новосибирске, в городе необходима организация транспортно-пересадочных узлов (ТПУ) [17], которые способны связывать несколько видов пассажирского транспорта между собой с целью повышения качества обслуживания населения общественным транспортом. Также ТПУ упрощает организацию коммуникации и координацию различных транспортных служб, что способствует повышению эффективности использования общественного транспорта.

Выводы

Проведённый хронологический анализ позволяет выявить основные этапы развития сети общественного транспорта и общего состояния транспортной системы г. Новосибирска: дореволюционный период (1893–1917 гг.), послереволюционный и военный период (1918–1945 гг.), послевоенный (1945–1955 гг.), период «соединения» двух берегов Новосибирска в единую структуру после строительства Коммунального моста (1955–1986 гг.), период пикового развития (1986–1989 гг.), период деградации (1989–2008 гг.), стагнации (2008–2018 гг.), подготовительный период (2018–2022 гг.), период транспортной реформы (2022 г. – настоящее время).

1989 г. – переломный год, когда началась деградация системы, а 2022 г. является годом, сформировавшим вектор положительных изменений в структуре организации общественного транспорта. Из-за сложившейся ситуации разные виды общественного транспорта имеют высокий процент дублирования, что может иметь как положительные, так и отрицательные свойства. Для ликвидации дублирования в 2022–2024 гг. изменены троллейбусные и автобусные маршруты, в настоящий момент активно обсуждается изменение большого количества автобусных маршрутов с целью увеличения покрытия территорий качественным общественным транспортом.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Безопасные качественные дороги*. URL: <https://bkdrf.ru/>
2. *Генеральный план Новосибирска*. URL: <https://novo-sibirsk.ru/dep/construction/plan/>
3. *Десять протогородских поселений* на территории современного Новосибирска: анализ исторической динамики (вторая половина XIX – первая треть XX в.) // Библиотека сибирского краеведения. URL: <https://bsk.nios.ru/content/desyat-protogorodskih-poseleniy-na-territorii-sovremennogo-novosibirskaya-analiz-istoricheskoy>
4. *История Новосибирска* // Библиотека сибирского краеведения. URL: <https://bsk.nios.ru/content/most-v-budushchee-1?ysclid=m96lrh2bl384001996>
5. *Кокоулин В.Г.* Благоустройство Новониколаевска-Новосибирска в годы новой экономической политики // Сибирский архив. 2020. № 4. С. 65–88. EDN: DYXAFK
6. *Дороги области* // Библиотека сибирского краеведения. URL: <https://bsk.nios.ru/content/dorogi-oblasti?ysclid=m984xx9wvp691151129>
7. *Зяблицева С.В.* Общественный транспорт Западной Сибири в 1930–1950-е годы // Вестник Челябинского государственного университета. 2010. № 18. С. 109–116.
8. *Сафронов К.Э.* Роль доступного общественного транспорта в социально-экономическом развитии городов // Вестник СибАДИ. 2012. № 2 (24). С. 125–130. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-dostupnogo-obschestvennogo-transportav-sotsialno-ekonomicheskom-razvitii-gorodov>
9. *Новосибирский троллейбус*. URL: <https://get-nsk.ru/about/history/>

10. В Новосибирске обновили троллейбусный маршрут № 8. URL: <https://ksonline.ru/518301/v-novosibirske-obnovili-trolleybusnyj-marshrut-8/>
11. Купцова Е.В., Кондратьев А.Е. Возможности развития предпринимательства в сфере автомобильного транспорта // Вестник ГУУ. 2016. № 1. С. 87–94. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-razvitiya-predprinimatelstva-v-sfere-avtomobilnogo-transporta>
12. Новосибирскому трамваю – 85 лет! URL: <https://bsk.nios.ru/content/novosibirskomu-tramvayu-85-let>
13. История Новосибирского метрополитена. URL: <https://www.mirmetro.net/novosibirsk/history>
14. Новосибирский метрополитен. Подвижной состав // Новосибирск. История. URL: https://novosibirsk-history.ru/projects/metro/novosibirskiy_metropoliten/
15. О комплексной схеме организации дорожного движения города Новосибирска на 2020–2034 годы. URL: https://novo-sibirsk.ru/upload/iblock/06b/2020_post_2200.pdf
16. О Порядке установления, изменения, отмены муниципальных маршрутов регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в границах города Новосибирска. URL: <https://nskpravo.info/upload/iblock/64e/2021%201946.pdf?ysclid=m46vrgiosh999073486>
17. Шестеров Е.А. Создание координированной транспортной системы при территориально-транспортном планировании развития городских территорий // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. № 3. С. 30–38. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-3-30-38

REFERENCES

1. Safe high-quality roads program. Available: <https://bkdrf.ru/> (In Russian)
2. The general plan of Novosibirsk. Available: <https://novo-sibirsk.ru/dep/construction/plan/> (In Russian)
3. Ten proto-urban settlements on the territory of modern Novosibirsk: Analysis of historical dynamics (19th–20th centuries). Library of Siberian Local History. Available: <https://bsk.nios.ru/content/desyat-protogorodskih-poseleniy-na-territorii-sovremennogo-novosibirska-analiz-istoricheskoy> (In Russian)
4. Arteries of Novosibirsk: How the roads of our city were built. Available: www.nsk.kp.ru/daily/26147.4/3035713/ (In Russian)
5. Kokoulin V.G. Landscaping of Novonikolaevsk-Novosibirsk During the Years of the New Economic Policy. *Sibirskii arkhiv*. 2020; (4): 65–88. EDN: DYXAFK (In Russian)
6. Roads of the city Available: <https://bsk.nios.ru/content/dorogi-oblasti> (In Russian)
7. Zyablitseva S.V. Public in Western Siberia in the 1930s and 1950s. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2010; (8): 109–116. (In Russian)
8. Safronov K.E. The Role of Affordable Public Transport in the Socio-Economic Development of Cities. *Vestnik SibADI*. 2012; (2 (24)): 125–130. Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-dostupnogo-obschestvennogo-transportav-sotsialno-ekonomicheskoy-razvitiy-gorodov> (In Russian)
9. Novosibirsk trolleybus. Available: <https://get-nsk.ru/about/history/> (In Russian)
10. Trolleybus route No. 8 has been updated in Novosibirsk Available: <https://ksonline.ru/518301/v-novosibirske-obnovili-trolleybusnyj-marshrut-8/> (In Russian)
11. Kuptsova E.V., Kondratiev A.E. Business Development Opportunities in the Field of Motor Transport. *Vestnik GUU*. 2016; (1). Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-razvitiya-predprinimatelstva-v-sfere-avtomobilnogo-transporta> (In Russian)
12. Novosibirsk tram is 85 years old! Available: <https://bsk.nios.ru/content/novosibirskomu-tramvayu-85-let> (In Russian)
13. The history of the Novosibirsk metro. Available: www.mirmetro.net/novosibirsk/history (In Russian)
14. Novosibirsk metro. Rolling Stock. Available: ru.wikipedia.org/wiki/Novosibirsk_Metro#Move_composition (In Russian)
15. Integrated traffic management scheme of Novosibirsk for 2020-2034. Available: nskpravo.info/upload/iblock/2a3/Готовый_2020_2200_with_the_caption_compressed.pdf (In Russian)
16. On the procedure for establishing, changing, and canceling municipal routes for regular transportation of passengers and luggage by road and urban land-based electric transport within the

boundaries of the city of Novosibirsk. Available: <https://nskpravo.info/upload/iblock/64e/2021%201946.pdf?ysclid=m46vrgiosh999073486>. (In Russian)

17. Shesterov E.A. Coordinated Transport System in Territory and Transportation Development in Urban Areas. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2023; 25 (3): 30–38. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-3-30-38 (In Russian)

Сведения об авторах

Исаков Ян Владимирович, магистрант, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113, ya.isakov@sibstrin.ru

Карелин Дмитрий Викторович, канд. архитектуры, доцент, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113, d.karelin@sibstrin.ru

Authors Details

Yan V. Isakov, Graduate Student, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, 113, Leningradskaya Str., 630008, Novosibirsk, Russia, ya.isakov@sibstrin.ru

Dmitry V. Karelin, PhD, A/Professor, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, 113, Leningradskaya Str., 630008, Novosibirsk, Russia, d.karelin@sibstrin.ru

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

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

ЮБИЛЯРЫ

WE HONOR JUBILARIANS

**УЧЕНЫЙ, НАСТАВНИК, ОРГАНИЗАТОР НАУКИ
И ОБРАЗОВАНИЯ, ПАТРИОТ СИБИРИ.
К 95-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
ГЕННАДИЯ МАРКЕЛОВИЧА РОГОВА**

Ольга Дмитриевна Лукашевич

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Томск, Россия*

**SCIENTIST, MENTOR, ORGANIZER OF SCIENCE
AND EDUCATION, PATRIOT OF SIBERIA.
THE 95TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH
OF GENNADY MARKELOVICH ROGOV**

Ol'ga D. Lukashevich

Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

*Жизнь, прожитую достойно,
следует измерять деяниями, а не годами.*

Ричард Бринсли Шеридан

7 апреля 2025 г. исполнилось 95 лет со дня рождения выдающегося советского, российского ученого, общественного деятеля, организатора научно-образовательной деятельности высшей школы Геннадия Маркеловича Рогова.

Сегодня биография Г.М. Рогова может служить примером «социального лифта» советской эпохи. Юноша из хакасского села, став студентом одного из лучших за Уралом технических вузов, прошел в Томском политехническом институте (в настоящее время ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»)

все этапы профессионального роста: от ассистента кафедры гидрологии (1953 г.) до кандидата геолого-минералогических наук (1959 г.), доцента, заведующего кафедрой (1961 г.), доктора геолого-минералогических наук (1967 г.), декана геолого-разведочного факультета.

Эта служебная лестница с 1986 г. продолжилась ректорством в нашем вузе, который тогда назывался Томский инженерно-строительный институт (ТИСИ).



В высшей школе и школе жизни Геннадий Рогов учился одновременно: выполнял первые исследования в студенческом научном кружке, активно участвовал в профсоюзной работе, занимался партийной работой разных уровней. При этом приобретался бесценный опыт лидерства, дипломатии, руководства коллективом, что в дальнейшем помогло стать опытным организатором, настоящим государственным деятелем в сфере науки, образования, строительства.

Профессор, доктор геолого-минералогических наук Г.М. Рогов оставил след в истории вузовско-научного комплекса Сибири как яркий представитель томской гидрогеологической школы XX в. Под руководством и при непосредственном участии Г.М. Рогова были проведены исследования и выполнена оценка ресурсов подземных вод Присалаирской полосы и Центрального юрского артезианского бассейна Кузбасса. В докторскую диссертацию «Гидрогеология Кузнецкого угольного бассейна», которая была успешно защищена в Москве в 1967 г., вошли результаты нескольких лет упорного труда в экспедициях и последующих химико-аналитических, геологических исследований, глубоких теоретических обобщений.

Значение научного наследия Рогова для российской геологической науки подчеркивается включением результатов его исследований гидрохимических и гидрогеологических условий и особенностей формирования подземных вод Кемеровской области в фундаментальное многотомное издание «Гидрогеология СССР». По словам гидрогеологов – учеников Г.М. Рогова, научные отчеты, хранящиеся в территориальных геологических фондах, в которых отражены региональные факторы формирования состава и свойств глубоких горизонтов подземных вод, до сих пор не потеряли своей актуальности и используются при оценке глубинной циркуляции пресных и минеральных вод.

Не менее значима другая часть служения Г.М. Рогова Томской области и Сибири – многогранная деятельность по совершенствованию высшего профессионального образования.

Годы работы Г.М. Рогова ректором ТИСИ-ТГАСА-ТГАСУ с 1968 по 2005 г. совпали с колоссальными изменениями в высшей школе России. В стране происходила смена экономического уклада, руководства властных структур, а также постоянные реформы форм и методов государственного регулирования образовательных процессов. Менялись формы управления высшим профессиональным образованием, состав и полномочия министерств, комитетов и ведомств. Приведем только один пример: список руководителей высшего эшелона управления вузами – министров, сменивших друг друга за упомянутый период, насчитывает 17 человек. Руководству вузов страны пришлось быстро и гибко адаптироваться к происходящим реорганизациям, реструктуризации и изменениям ведомственной подчинённости, сопровождающимся объединениями и распадами крупных структурных подразделений науки, просвещения, общего и профессионального образования. Особую сложность представляли преобразования и кризисы в финансировании вузов начала 1990-х гг., выразившиеся в резком сокращении централизованных источников финансирования, введенных мерах по самостоятельному обеспечению ими половины необходимого бюджета, задержке заработной платы сотрудников, за-

долженности по коммунальным платежам, таким как электроснабжение, телефонная связь, водоснабжение и водоотведение.

Г.М. Рогов в этих условиях не только умело действовал в ТИСИ-ТГАСА, инициируя создание и поддерживая малые предприятия, внедряющие в строительство разработки ученых вуза, что позволяло привлекать внебюджетные средства. Наряду с внутривузовской деятельностью Геннадий Маркелович последовательно защищал интересы всего образовательного сообщества региона в министерских и правительственных структурах. Признанием выдающихся организаторских способностей Г.М. Рогова стало избрание его председателем Совета ректоров вузов Томской области в 1990 г.

В 1992 г. на I съезде ректоров России Рогов был избран вице-президентом Российского Союза ректоров (РСР) и стал представлять в Союзе всю Сибирь и Дальний Восток, а это 93 вуза, 670 тыс. студентов, тысячи преподавателей и других сотрудников. Как вице-президент РСР Г.М. Рогов решал задачи, связанные с развитием высшего образования, прежде всего с финансированием и развитием материально-технической базы. И сегодня не теряют актуальность его высказывания, подчеркивающие, что образование должно быть бесплатным и приоритетным, поскольку интеллект, культура и образованность населения – основа будущего России.

В 1993 г. Г.М. Рогов был избран в состав Совета по проблемам высшей школы при правительстве Российской Федерации и Комитета по высшей школе, в 1994 г. утвержден членом Госкомвуза России. Занимая эти, по сути, общественные должности, Геннадий Маркелович защищал лучшие традиции отечественного профессионального технического образования и боролся против бездумного копирования западных образцов, например, выступал с критикой присоединения к Болонской системе с приведением стандартов российского образования в соответствие с европейскими. Доказавшие свою эффективность системы российского технического и естественнонаучного образования с их одноступенчатой подготовкой специалистов и аспирантурой были оптимальны, талантливые российские специалисты ценились за рубежом. Переход к бакалавриату способствовал разрушению учебного процесса и утрате сложившихся научных школ. Время показало правоту его взглядов.

Г.М. Рогов, как и глава Союза ректоров России В.А. Садовничий, на совещаниях и съездах СРС критиковали планы правительства по введению государственных именных финансовых обязательств (ГИФО). За каждым выпускником школы, в зависимости от количества набранных на ЕГЭ баллов, планировалось закрепить бюджетные деньги, которые бы зачислялись вузу, в который он поступил. Было ясно, что, выделенных сумм будет недостаточно для качественной подготовки специалиста, а предложенная реформа образования обернется введением платного обучения в вузах, что недопустимо. Г.М. Рогов всегда считал, что высшее образование должно быть приоритетным, доступным, финансируемым государством, что нужно всячески поддерживать молодые умы и таланты и старался доносить эту мысль до представителей всех уровней власти.

Процитируем слова Г.М. Рогова в ответ на вопрос журналистки Т. Винарской (август 1999 г., газета «Томский вестник») о том, не обременительно

ли для Томска содержать огромный научно-образовательный комплекс: «Так могут считать, извините, только дураки. В высокоразвитых странах, таких, как США, Япония, до сорока-пятидесяти процентов населения имеют высшее образование. А в Сибири средний уровень образования – девять лет. Нужно, наоборот, стремиться к массовому повышению образования, к тому, чтобы как можно больше людей занимались интеллектуальным трудом, – только это позволит нам стать не сырьевым, а высокоразвитым регионом».

Еще одно событие, которое является знаковым для университетов страны. 2 августа 1999 г. Владимир Владимирович Путин, тогда только назначенный и. о. премьер-министра России, прибыл в Томск, где принял участие в 32-м заседании Межрегиональной ассоциации «Сибирское соглашение», где проходило совещание по вопросам науки и вузов. Обсуждали вопрос по сибирским образовательным учреждениям, перед которыми накануне учебного года встала угроза закрытия из-за недостаточного федерального финансирования. В.В. Путин внимательно выслушал выступавших, в первую очередь губернатора Томской области В.М. Кресса, в докладе которого была отражена информация о роли томских вузов в экономике региона и их проблемах, подготовленная Советом ректоров, и конкретные предложения по способам выхода из кризисной ситуации. По результатам состоявшегося совещания присутствовавшим членам Правительства РФ, руководителям министерств, обеспечивающих социальный блок, были даны соответствующие поручения.

Из интервью Г.М. Рогова Т. Винарской: «Выступая в Томске, В.В. Путин пообещал, что вузы не будут отключаться от электроэнергии, т. е. фактически признал вину федерального центра за плохое финансирование (это все внимательно слушали: Чубайс, Калюжный, Филиппов, Кирпичников), буквально через несколько дней был выдан целый список поручений для решения конкретных проблем образования. Например, Калюжному вместе с РАО «ЕЭС России» и РАО «Газпром» поручено обеспечить бесперебойное снабжение образовательных учреждений федерального подчинения топливно-энергетическими ресурсами и не допускать отключения их от источников тепло-энергоснабжения. Так что, надеемся, «Томскэнерго» не удастся испортить нам первого сентября праздник (такая угроза имеется)».

Геннадий Маркелович внес значимый личный вклад в развитие научно-исследовательской работы преподавателей, аспирантов, студентов и подготовку специалистов строительных специальностей, научно-педагогических кадров высшей квалификации. Лучшие выпускники нашего вуза проходили стажировки, обучались в аспирантуре в ведущих университетах страны и за рубежом. Помимо образовательной деятельности, которую он считал важнейшей, вел большую общественную и просветительскую работу в регионе.

«Кузбасс – царство угля, но ценность воды выше, чем любого камня и нефти». Экологический императив в водохозяйственной деятельности стал стержнем его эколого-ориентированных научных работ и публичных выступлений. Г.М. Рогов убедил руководство Томской области не строить на территории Левобережья р. Томи нефтехимический комбинат и тем самым фактически предотвратил угрозу загрязнения подземных вод на этой территории, месторождение которых используется для водоснабжения Томска; его усилиями

в ТГАСУ был открыт первый в городе совет по защите кандидатских и докторских диссертаций по научной специальности 25.00.36 «Геоэкология», создан Институт независимых экспертиз и исследований, получивший международную аккредитацию. Г.М. Рогов выступал против лесозаготовительных работ вблизи Томского месторождения подземных вод, против добычи гравия из р. Томи, работал в межведомственных комиссиях по оценке безопасности глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов на Сибирском химическом комбинате; изучал вопросы рационального водо- и ресурсопользования в бассейне р. Томи. Его идеи в области гидрогеоэкологии в соавторстве с учениками и коллегами нашли отражение в многочисленных публикациях и выступлениях на совещаниях и конференциях разного уровня.

Несколько сухих фактов из биографии Г.М. Рогова. За 37 лет работы ректором он многократно проходил аттестацию и переизбрание на ученом совете вуза и всегда получал поддержку. Ему присвоены звания: «Заслуженный деятель науки и техники» (1987г); «Почетный строитель Российской Федерации» (1993 г.); «Почетный работник высшего профессионального образования РФ» и «Почетный академик Российской Академии архитектуры и строительных наук» (2000). Г.М. Рогов – действительный член Международной академии высшей школы (1993 г.); действительный член академии жилищно-коммунального хозяйства (1993 г.); действительный член академии инженерных наук (1995 г.); действительный член Российской академии естественных наук (1998 г.), почетный строитель России, член Международной ассоциации гидрологов.

За заслуги перед Родиной награжден орденом Трудового Красного Знамени, двумя орденами «Знак Почета», медалью «За доблестный труд», нагрудным знаком «За содружество».

Имя Г.М. Рогова и заслуги перед ТГАСУ, Томском, российской системой строительного образования не должны быть забыты.

ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ АКАДЕМИКА РААСН ВЛАДИЛЕНА ВАСИЛЬЕВИЧА ПЕТРОВА

CONGRATULATIONS ON ANNIVERSARY OF VLADILEN VASILIEVICH PETROV

13 марта 2025 года отметил свой 90-летний юбилей академик РААСН, кавалер орденов «Знак почета» и «Дружбы народов», заслуженный деятель науки и техники РСФСР, почетный работник высшего образования России, почетный строитель России, доктор технических наук, профессор Владилен Васильевич Петров.

В.В. Петров начал трудовую деятельность после окончания в 1957 г. Московского инженерно-строительного института и аспирантуры МИСИ на кафедре «Строительная механика» под руководством чл.-корр. АН СССР В.В. Власова.

С 1961 г. научная, педагогическая и инженерная деятельность В.В. Петрова неразрывно связана с Саратовским политехническим институтом. С 1970 г. он возглавляет кафедру «Строительная механика и теория упругости», в 1977 г. назначается проректором СПИ по научной работе, в 1988 г. избирается ректором института. Под руководством В.В. Петрова СПИ получил статус государственного технического университета и стал одним из ведущих технических вузов страны.

Большой интерес представляют исследования В.В. Петрова по разработке и развитию вариационных и численных методов решения краевых задач нелинейной механики пластин и оболочек. Зарождение и становление Саратовской школы механиков во многом основано на развитии метода последовательных нагружений и применении его методологии к новым задачам механики.

Результаты проведенных исследований обобщены в монографиях: «Расчет элементов конструкций, взаимодействующих с агрессивной средой», «Деформирование элементов конструкций из нелинейного разномодульного неоднородного материала», «Механика длинномерных элементов глубоководных комплексов», «Теория наведенной неоднородности и ее приложения к проблеме устойчивости пластин и оболочек», «Теория наведенной неоднородности и ее приложения к расчету конструкций на неоднородном основании».

В.В. Петров с 1978 г. в течение 25 лет возглавлял специализированный совет по защите кандидатских и докторских диссертаций, в котором более 300 ученых Поволжского и других регионов РФ успешно защитили свои диссертации.

Будучи ректором СПУ (1988–1998 гг.), В.В. Петров организовал как структурное подразделение университета Высшую школу бизнеса, явившуюся одной из первых школ бизнеса в России. После ухода в отставку с поста ректора СГТУ В.В. Петров в течение нескольких лет был директором этой школы и организатором бизнес-образования в Саратове. Он издал ряд учебных пособий: «Основы маркетинга», «Общий менеджмент», «Теория мотиваций», «Теория лидерства», «Стратегическое управление», «Инновационный менеджмент», «Управление развитием персонала», «Управление культурой организации» и ряд других (всего 15 книг).

Редколлегия и коллектив Томского государственного архитектурно-строительного университета желает Вам, Владилен Васильевич, крепкого здоровья, благополучия, удовлетворения от сделанного и неиссякаемого творческого долголетия!