

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines, typical of notebook paper. 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
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
Галаяудинов З.Р., докт. техн. наук, доцент, зав. кафедрой железобетонных конструкций ТГАСУ, г. Томск; z.galyautdinov@tsuab.ru
Гныря А.И., докт. техн. наук, профессор, советник РААСН, профессор кафедры технологии строительного производства ТГАСУ, г. Томск; tsp_tgasu@mail.ru
Дегтярев 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; kopantsa@mail.ru
Кудяков 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 Тсантилис, доцент кафедры охраны окружающей среды, земельных ресурсов и организации инфраструктуры Туринского политехнического университета, г. Турин, Италия; lucia.tsantilis@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 ОшГУ, г. Ош, Кыргызская Республика; oshsu@mail.ru
Полжав Е.Н., докт. искусствоведения, канд. архитектуры, профессор кафедры теории и истории архитектуры ТГАСУ, член Союза архитекторов России, г. Томск; polyakov-en@ya.ru
Радченко А.В., докт. физ.-мат. наук, профессор, Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск; andrey@ispm.sci.ru
Ситникова Е.В., канд. архитектуры, доцент кафедры реставрации и реконструкции архитектурного наследия ТГАСУ, г. Томск; elensi@vtomske.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. Ижевск; 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 ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА № 3 – 2026
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 А.А. Вильт, Т.С. Володина, Е.А. Кулешова. Переводчик М.В. Воробьева. Дизайн Е.И. Кардаш.
Технический редактор Н.В. Удлер.

Подписано в печать 22.06.2026. Формат 70×108/16. Гарнитура Таймс.
Уч.-изд. л. 22,4. Усл. печ. л. 26,6. Тираж 200 экз. Заказ № 27.

Дата выхода: 26.06.2026.
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, 2026

The Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

VESTNIK
TOMSKOGO GOSUDARSTVENNOGO
ARKHITEKTURNO-STROITEL'NOGO UNIVERSITETA

JOURNAL
OF CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Volume 28

№ 3 2026
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; oshu@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
Radchenko A.V., DSc, Professor, Institute of Strength Physics and Materials Science SB RAS, Tomsk, Russia; andrey@ispms.tsc.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
Teltsev B.B., DSc, Professor, Academician, National Academy of Engineering of Kazakhstan and International Academy of Transport, Almaty, Kazakhstan; bagdatbt@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
Volokitin G.G., DSc, Professor, Head of Applied Mechanics and Materials Science Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; vvg-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, Makeyevka, 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 № 3 – 2026
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 A.A. Vil't, T.S. Volodina, E.A. Kuleshova. Translator M.V. Vorob'eva. Design: E.I. Kardash. Technical editor N.V. Udler.
Passed for printing: 22.06.2026. Paper size: 70×108/16. Typeface: Times New Roman. Issue date: 26.06.2026.
Published sheets: 22,4. Conventional printed sheets: 26,6. Print run: 200 copies. Price: free.
Order N 27.

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, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

Огиенко Е.Л. Архитектурные особенности студенческого ведомственного жилища	9
Ахтямов И.И., Ахтямова Р.Х., Обросов В.В. Особенности проектирования современного центра психоэмоционального здоровья	23
Алексеева А.Ю. Архитектура эклектики в контексте промышленного развития Юрьевца (вторая половина XIX – начало XX века)	34
Литвинова О.Г. Эволюция системы расселения в прибрежной полосе Обь-Енисейского водного пути (Обь-Иртышский бассейн, конец XVII – начало XX века).....	57
Голодяев П.А., Карелин Д.В. Эволюция нормативной базы благоустройства и озеленения: влияние на развитие городской среды Новосибирска	73
Калугин А.Н., Калинина Н.С. Особенности формирования архитектуры лечебно-оздоровительных комплексов в зависимости от их классификации.....	90
Бабарыкина Д.В. Оценка всесезонности архитектурной среды открытых общественных пространств Красноярска	103
Ахунов А.А., Ахтямов И.И. Особенности формирования плавучей архитектуры: модель омнипотентности	117
Ерилова Е.А., Лихачева А.Е. Анализ функционально-планировочных и градостроительных решений реабилитационных центров: современные тенденции и мировой опыт	133
Бритвина К.Е., Молчанов В.М. Особенности архитектурной организации современных туристических центров	148
Юшкова Н.Г., Донцов Д.Г., Харламова Т.П. Расширение возможностей оценки территорий поселений в региональных системах расселения для размещения индустриальных парков	160

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Васильев М.Д., Шишкина П.В. Развитие подходов и реформирование нормативно-технической базы в строительной практике РФ и КНР	175
Зубарев К.П., Добшиц В.Л., Казунин В.В., Гараян Л.Г., Синельникова Д.С. Расчетные исследования температурных полей ограждающих конструкций зданий.....	191
Деордиев С.В., Радченко П.А., Радченко А.В. Моделирование деформирования и разрушения древесины при динамических нагрузках	203

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

Белоус О.Е. Энергоэффективные решения парапетных узлов жилых монолитных железобетонных зданий	214
---	-----

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Закревская Л.В., Репина Е.А. Разработка технологии монолитного теплоизоляционного заполнения в 3D-печатном строительстве.....	228
Дебелов В.А., Власов Ю.А., Горленко Н.П., Дебелова Н.Н., Сильман Ю.Ю. Антикоррозионные составы на основе полимерных матриц и химических добавок неорганической природы.....	241
Наумова Л.Н., Строкова В.В., Куценко П.А., Абзалилова А.В., Рулев Д.А. Модифицированные хризотилвые волокна как структурирующий компонент композиционных материалов различного назначения	255

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

Симчук А.Е., Симчук Е.Н. Экспериментальная оценка влияния давления воздуха в шине и осевой нагрузки на параметры пятна контакта.....	277
--	-----

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Ширунов Г.Н., Сарвилин Д.А. Обоснование габаритов дискового образца для косвенных испытаний материалов в условиях осесимметричного трехмерного напряженно-деформированного состояния на основе конечно-элементного моделирования.....	290
---	-----

ЮБИЛЯРЫ

Поздравляем с юбилеем академика РААСН Владимира Ильича Травуша	303
--	-----

C O N T E N T S

ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING

Ogienko, E.L. Architecture of Institutionalized Dwelling for Students.....	9
Akhtyamov, I.I., Akhtyamova, R.Kh., Obrosoy, V.V. Design Specifications of Modern Psychological and Emotional Health Center.....	23
Alekseeva, A.Yu. Eclectic Architecture of Industrial Yurievets in 19–20th Centuries	34
Litvinova, O.G. Evolution of Settlement along the Coastal Strip of the Ob-Enisey Waterway in Ob-Irtysh Basin Late in the 17th and Early 20th Centuries.....	57
Golodyaev, P.A., Karelin, D.V. Evolution of Landscaping Regulatory Framework: Novosibirsk Urban Environment	73
Kalugin, A.N., Kalinina, N.S. Architecture of Medical and Health Complexes Depending on their Classification.....	90
Babarykina, D.V. Assessment of All-Season Suitability of Architectural Environment of Open Public Spaces in Krasnoyarsk	103
Akhunov, A.A., Akhtyamov, I.I. Specifics of Floating Architecture: An Omnipotence Model	117
Erilova, E.A., Likhacheva, A.E. Analysis of Functional, Planning and Urban Design Solutions for Rehabilitation Centers: Current Trends and Global Experience	133
Britvina, K.E., Molchanov, V.M. Architecture of Modern Tourist Centers	148
Yushkova, N.G., Dontsov, D.G., Kharlamova, T.P. Expanded Assessment of Regional Settlements for Industrial Park Placement	160

BUILDING AND CONSTRUCTION

Vasiliev, M.D., Shishkina, P.V. Development of Approaches and Reform of Technical Standards in Construction Industry in Russia and China	175
Zubarev, K.P., Dobshits, V.L., Kazunin, V.V., Garanyan, L.G., Sinelnikova, D.S. Temperature Field Analysis of Enclosing Structures	191
Deordiev, S.V., Radchenko, P.A., Radchenko, A.V. Modeling of Wood Deformation and Destruction under Dynamic Loading.....	203

HEATING, VENTILATION, AIR CONDITIONING (HVAC),
LIGHTING SYSTEMS AND GAS NETWORKS

Belous, O.E. Energy-Efficiency of Two-Dimensional Parapet Units in Cast-in-Place Concrete Buildings	214
---	-----

CONSTRUCTION MATERIALS AND PRODUCTS

Zakrevskaya, L.V., Repina, E.A. Multilayer Insulation Technology in Additive Manufacturing in Construction	228
Debelov, V.A., Vlasov, Yu.A., Gorlenko, N.P., Debelova, N.N., Sil'man, Yu.Yu. Corrosion-Resistant Compounds Based on Polymer Matrices and Inorganic Additives	241
Naumova, L.N., Strokova, V.V., Kutsenko, P.A., Abzalilova, A.V., Rulev, D.A. Modified Chrysotile Fiber as Structuring Component of Different Composite Materials	255

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

Simchuk, A.E., Simchuk, E.N. Influence of Tire Inflation Pressure and Central Load on Contact Spot Parameters	277
---	-----

STRUCTURAL MECHANICS

Shirunov, G.N., Sarvilin, D.A. Finite Element Modeling of Disk Specimen for Indirect Material Testing under Axially Symmetric Three-Dimensional Stress State	290
--	-----

WE HONOR JUBILARIANS

Happy Anniversary to Vladimir Il'ich Travush, Academician of The Russian Academy of Architecture and Construction Sciences	303
---	-----

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2026. Т. 28. № 3. С. 9–22.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2026; 28 (3): 9–22.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 728

<https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-9-22>



EDN: BBBPVY

АРХИТЕКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТУДЕНЧЕСКОГО ВЕДОМСТВЕННОГО ЖИЛИЩА

Евгений Леонидович Огиенко

*Российский университет дружбы народов,
г. Москва, Россия*

Аннотация. *Актуальность.* Современные тенденции развития требуют новых архитектурно-планировочных решений, способствующих формированию устойчивого студенческого сообщества. В статье обосновывается актуальность исследования ведомственного жилища, где жилая функция интегрируется с образовательной, бытовой и досуговой деятельностью. Кроме того, в работе отмечается ценность международного опыта XXI в. для развития данного типа жилья.

Цель исследования – выявление архитектурно-планировочных особенностей и типов организации социальной инфраструктуры в современных комплексах ведомственного студенческого жилища на основе анализа международного опыта XXI в.

Материалы и методы. Методологическая база исследования основана на комплексном подходе. В работе использованы методы сравнительного, архитектурно-планировочного и социально-функционального анализа. Рассмотрены шесть реализованных проектов студенческого жилища в Швейцарии, Словении, США, Германии и Индии (2006–2023 гг.).

Результаты. В ходе анализа выявлены три типа организации общественных пространств: горизонтальные основания (интеграция функций на нижних уровнях), вертикальные коммуникационные ядра и гибридные модели. Определены три типа жилых ячеек (коммунальные квартиры, отдельные квартиры с минимальной площадью и гибридные модели), а также ключевые архитектурные приемы, обеспечивающие социальное взаимодействие, включая создание «мостов», которые обеспечивают горизонтальные связи, – многофункциональных зон, объединяющих коллективные пространства.

Выводы. Исследование показало, что ключевым принципом проектирования современных ведомственных жилых комплексов является создание многофункциональной среды, интегрирующей жилую, образовательную и досуговую функции в единую пространственную структуру. Доказано, что такая интеграция позволяет удовлетворить зна-

чительную часть потребностей студентов в пределах кампуса. Выявленные в работе типы имеют практическую значимость и могут быть адаптированы при разработке аналогичных объектов в российской практике.

Ключевые слова: студенческое жилище, ведомственное жилище, кампус, общественные пространства, жилая ячейка, коммунальное проживание, социальная инфраструктура, многофункциональные зоны

Для цитирования: Огиенко, Е.Л. Архитектурные особенности студенческого ведомственного жилища // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2026. Т. 28. № 3. С. 9–22. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-9-22>. EDN: BBBPVY

ORIGINAL ARTICLE

ARCHITECTURE OF INSTITUTIONALIZED DWELLING FOR STUDENTS

Evgeny L. Ogienko

RUDN University, Moscow, Russia

Abstract. This article substantiates the relevance of research into institutionalized dwelling for students, where residential functions are integrated with educational, social, and leisure activities. The article notes the value of the 21st-century international experience for the development of this type of dwelling.

Purpose: The aim of the work is to identify the architecture, planning, and types of social infrastructure in institutionalized dwelling for students based on the analysis of the 21st-century international experience.

Methodology: The integrated approach to the study utilizes comparative, architectural and planning, and socio-functional analysis. Six completed student housing projects in Switzerland, Slovenia, the USA, Germany, and India (2006–2023) are examined.

Research findings: The analysis identifies three types of the public space organization: horizontal foundations (integration of functions at lower levels), vertical communication cores, and hybrid models. Three types of residential units are identified (communal apartments, individual apartments with minimal floor area, and hybrid models), as well as key architectural techniques that facilitate the social interaction, including the creation of "bridges" that provide horizontal connections—multifunctional zones that unite public spaces.

Practical implication: The identified types have practical significance and can be adapted for the development of similar projects in Russia.

Value: It is shown that the key design principle of modern institutionalized dwelling for students is the creation of a multifunctional environment that integrates residential, educational, and leisure functions into a single spatial structure. This integration is proven to meet a significant portion of student needs within the campus.

Keywords: institutionalized dwelling for students, campus, public space, residential unit, communal living, social infrastructure, multifunctional zone

For citation: Ogienko, E.L. Architecture of Institutionalized Dwelling for Students. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2026; 28(3): 9–22. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-9-22>. EDN: BBBPVY

Введение

Современные тенденции развития высшего образования сопровождаются ростом потребности в качественном и доступном жилище для студентов. Ведом-

ственное студенческое жилище, находящееся в управлении образовательных учреждений, представляет собой особый тип жилых комплексов, где жилая функция сочетается с образовательной, бытовой и досуговой деятельностью. Кампусы формируются таким образом, что жизнь студента может обеспечиваться в значительной мере в пределах территории комплекса, и становятся приоритетным направлением развития университетской инфраструктуры.

Наиболее значительный вклад в изучение архитектурных особенностей ведомственного жилища и систематизацию знаний о них внесли М. Князев и Н. Васильев в работе «Архитектура ведомственных и кооперативных жилых домов межвоенной Москвы». Исследователи отмечают, что ведомственные жилые дома составляют важную часть застройки центра Москвы, однако ранее их архитектура не рассматривалась детально. Большинство этих зданий представляют собой жилище для сотрудников, ученых, деятелей искусства. Десятки таких домов с нетиповыми квартирами сохраняют оригинальность планировочных решений [1, 2].

В.В. Кутузов и К.В. Кияненко являются ведущими российскими специалистами в области социального жилища. Их фундаментальные труды создали теоретическую базу для понимания типологических особенностей социального жилища, в том числе ведомственного, в контексте рыночных преобразований в России. Исследователь не только систематизировал существующие типы жилища, но и разработал методологию социального моделирования, которая может быть применена при проектировании современных студенческих ведомственных жилых комплексов [3, 4].

В отличие от традиционного многоквартирного жилища, студенческие жилые комплексы требуют особых архитектурно-планировочных решений, учитывающих специфику образа жизни студентов: потребность в пространствах для отдыха и учебы с возможностями социального взаимодействия, необходимость в гибких многофункциональных зонах, а также интеграцию образовательных и досуговых функций в структуру жилого здания. Международный опыт проектирования демонстрирует разнообразие подходов к решению этих задач [5–7]. Эти подходы варьируются от компактных комплексов с коммунальными квартирами до масштабных кампусов, включающих коммерческую инфраструктуру. Каждый проект предлагает уникальные архитектурные решения, обеспечивающие формирование устойчивого студенческого сообщества [8–10].

Цель исследования – выявить архитектурно-планировочные особенности и принципы организации социальной инфраструктуры в современных комплексах ведомственного студенческого жилища на основе анализа международного опыта XXI в.

Объект исследования – ведомственное студенческое жилище как тип жилого комплекса, интегрирующего жилую, образовательную и досуговую функции.

Предмет исследования – архитектурно-планировочные решения в студенческих жилых комплексах, обеспечивающие сочетание различных видов деятельности.

Задачи исследования:

1. Изучить международные кейсы ведомственного студенческого жилища, реализованные в XXI в.

2. Выявить типологию организации общественных пространств в студенческих жилых комплексах.

3. Определить принципы формирования жилых ячеек в студенческом жилище.

4. Проанализировать интеграцию образовательной, бытовой и досуговой инфраструктуры в структуру жилых комплексов.

Границы исследования заданы анализом шести реализованных проектов студенческого жилища XXI в. в Швейцарии, Словении, США, Германии и Индии, в фокусе которого находятся архитектурно-планировочные и функциональные аспекты (объемно-пространственная структура, типология жилых ячеек, организация общественных пространств, интеграция инфраструктуры), а экономические и юридические аспекты остаются за рамками исследования.

Базу исследования составили шесть реализованных проектов студенческого ведомственного жилища, отобранных по следующим критериям: принадлежность к типу студенческого жилища, разнообразие географического и культурного контекстов, а также время постройки (XXI в., 2006–2023 гг.).

Исследование базируется на комплексной методике с применением нескольких методов.

1. Сравнительный анализ применен для выявления общих тенденций и уникальных особенностей шести проектов студенческого жилища. Сравнение проводилось по ряду параметров: объемно-пространственная структура, типология жилых ячеек, организация общественных пространств, интеграция инфраструктуры.

2. Архитектурно-планировочный анализ включал изучение схем, планов, разрезов и фотографий реализованных объектов. В рамках данного метода анализировались: конструктивные схемы зданий, принципы организации жилых ячеек (коммунальные квартиры, отдельные квартиры, смешанные типы), конфигурация общественных пространств и их связь с жилой частью.

3. Социально-функциональный анализ применен для оценки инфраструктурного насыщения проектов, включая образовательные, бытовые и досуговые функции, а также выявления принципов формирования студенческого сообщества через архитектурные решения.

Сбор эмпирических данных осуществлялся на основе открытых источников: архитектурных порталов (ArchDaily, Dezeen), официальных сайтов архитектурных бюро, а также научных публикаций по теме студенческого жилища и кампусного проектирования.

Обсуждение

Анализ шести проектов студенческого ведомственного жилища позволяет выделить ряд общих характеристик, присущих данному типу жилья. Все рассмотренные объекты расположены в непосредственной близости от университетских кампусов или интегрированы в их структуру, что обеспечивает удобную связь с местами учебы и всей необходимой инфраструктурой в пределах кампуса. Жилые комплексы включают не только квартиры, но и помещения для обучения, досуга, бытового обслуживания, а в некоторых случаях – коммерческие площади [11–13].

Особенностью ведомственного студенческого жилища является то, что инфраструктура сочетает производственную (образовательную), бытовую и досуговую деятельность, позволяя в значительной мере обеспечивать жизнь человека в пределах кампуса [14, 15]. Это снижает необходимость внешних перемещений и способствует формированию устойчивого студенческого сообщества.

Студенческое общежитие Поляне (Student Housing Poljane) в Любляне, Словения, спроектированное архитектурным бюро Bevk Perović в 2006 г., – это студенческий жилой комплекс из 56 квартир общей площадью около 5000 м² на участке примерно 6 га (табл. 1). Проект представляет собой жилище для студентов Люблянского университета. Здание имеет четкое функциональное зонирование: помещения для обучения, коммунального проживания и досуга сосредоточены на горизонтальном прозрачном основании, в то время как студенческие жилые помещения размещены над двумя перекрытиями. Студенческие подразделения организованы вокруг центральных сервисных центров, содержащих ванные комнаты и кухни-столовые, которые расположены на фасаде зданий в виде крупных оконных проемов с видом на улицу. Смежные студенческие спальни отделены от улицы складными панелями из алюминия с перфорацией. Комплекс включает парковку для велосипедов, сад, помещения для обучения, коммунального проживания, досуга и также прачечную.

Общежития Хайленд Холл, Стэнфордский университет (Highland Hall Residences), США, спроектированные архитектурным бюро LEGORRETA в 2016 г., представляют собой жилой комплекс из 200 квартир общей площадью 14 000 м² на участке около 2 га (табл. 1). Проект архитектурного бюро LEGORRETA представляет собой жилой комплекс для Стэнфордской высшей школы бизнеса. Здание разделено на три секции – западную, северную и южную. Для студентов предусмотрены различные многофункциональные зоны, общественные зоны отдыха, кухни и столовые как внутри, так и снаружи. Башня доступа Хайленд Холл (Highland Hall) высотой 12,5 м расположена на входной площади с восточной стороны, подчеркивая связь с существующим жилым зданием. В задней части здания находится лобби-холл, который служит ключевым местом для приема гостей и связующим звеном между главным двором и различными уровнями комплекса. Зоны отдыха расположены как на первом этаже, так и на террасе второго этажа, где предусмотрена площадка для проведения мероприятий. В комплексе организованы многофункциональные зоны, общественные зоны отдыха, кухни и столовые.

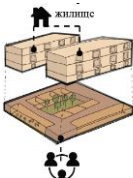
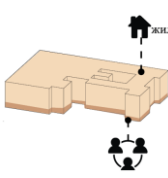
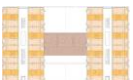
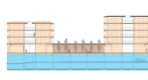
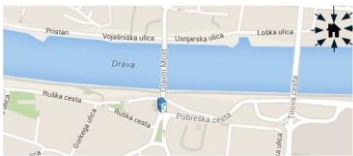
Вестгейт1515 (Westgate1515) в Лос-Анджелесе, США, спроектированный архитектурным бюро LONA в 2019 г., представляет собой жилой комплекс из 147 квартир общей площадью около 31 123 м² на участке 1,4 га (табл. 2). Проект архитектурного бюро LONA представляет собой жилой комплекс, построенный на месте бывшего автосалона вдоль бульвара Санта-Моника, служащий жильем для студентов Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе (UCLA). Архитектурное бюро LONA стремилось уменьшить масштаб типичного жилого дома и продемонстрировать новые подходы к многоквартирному жилью. Комплекс состоит из 147 жилых единиц, а также 42 000 кв. футов (3902 м²) коммерческих площадей. Westgate1515 предлагает квартиры с одной и двумя спальнями, а также студии площадью от 56 до 121 м².

Таблица 1

**Студенческое общежитие Поляне (Словения),
общежития Хайленд Холл, Стэнфордский университет (США)**

Table 1

**Student Housing Poljane, Slovenia,
Highland Hall Residences, Stanford University, USA**

Уро- вень	Студенческое общежитие Поляне (Student Housing Poljane), арх. Bevk Perovic, Любляна, Словения, 2006 ¹		Общежития Хайленд Холл, Стэнфордский университет (Highland Hall Residences Stanford University), арх. LEGORRETA, Стэнфорд, США, 2016 ²	
	№ 80		№ 61	
Архитектурно-художественный	Фотография			
				
Объемно-пространственный	Изометрия			
	 Парковка для велосипедов, центральный сад, помещения для обучения, коммунального проживания и досуга, прачечная		 Зоны для отдыха расположены как на первом этаже, так и на террасе второго этажа малой площадки для проведения мероприятий. Многофункциональные зоны, общественные зоны отдыха, кухни и столовые – как внутри, так и снаружи	
Архитектурно-планировочный	План квартиры			
	 Ведомственная аренда		 Ведомственная аренда	
	План этажа	Разрез	План этажа	Разрез
				—
Архитектурно-градостроительный	Модель университетского кампуса			
				

¹ URL: <https://divisare.com/projects/63070-Bevk-Perovic-Arhitekti-Student-Housing-Poljane>

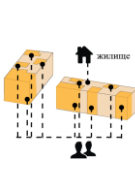
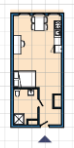
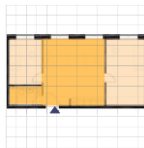
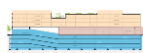
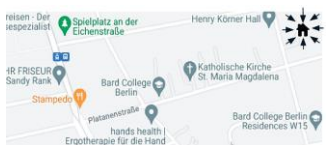
² URL: <https://archi.ru/projects/world/13620/obschezhitie-hailend-kholl-stenfordskogo-universiteta;>
https://tislendarch.com/portfolio_page/stanford-gsb-highland-hall/

Таблица 2

**Вестгейт1515 (США),
студенческие общежития Бард-колледжа в Берлине (Германия)**

Table 2

**Westgate1515 student housing, USA,
Bard College Berlin Student Residences, Germany**

Уро- вень	Вестгейт1515 (Westgate1515), арх. LOHA, Лос-Анджелес, США, 2019 ³		Студенческие общежития Бард-колледжа в Берлине (Bard College Berlin Student Residences), арх. Civilian Projects, Берлин, Германия, 2021 ⁴	
	№ 52		№ 28	
Архитектурно-художественный	Фотография			
				
Объемно-пространственный	Изометрия			
	 Коммерческие площади, бассейн, фитнес-центр, клуб и пространство для совместной работы		 Коллективные пространства для отдыха, учебные зоны, предназначенные для различных целей – от индивидуального обучения до групповой или проектной работы	
Архитектурно-планировочный	План квартиры			
	 SIM Group – владелец, частная бесприбыльная организация			
	План этажа	Разрез	План этажа	
				
Архитектурно-градостроительный	Модель университетского кампуса			
				

³ URL: <https://www.dezeen.com/2021/04/19/loha-westgate1515-student-housing-los-angeles/>

⁴ https://www.archdaily.com/1010645/bard-college-berlin-student-residences-civilian-projects?ad_source=search&ad_medium=projects_tab

В жилом комплексе предусмотрена следующая инфраструктура: универсам Target, магазин по уходу за домашними животными, бассейн, фитнес-центр, клуб и пространство для совместной работы.

Студенческие общежития Бард-колледжа в Берлине (Bard College Berlin Student Residences), Германия, спроектированные архитектурным бюро Civilian Projects в 2021 г., представляют собой студенческий жилой комплекс из 39 квартир общей площадью около 6000 м² на участке примерно 1 га (табл. 2). Проект архитектурной студии Civilian Projects представляет собой продуманную среду для проживания и учебы студентов. Студенческие комнаты организованы вокруг центральных служебных ядер, содержащих ванные комнаты и кухни-столовые. 39 квартир предназначены для проживания 120 студентов. Планировка общественных пространств способствует обучению и социальному взаимодействию, предоставляя сочетание учебных зон для различных целей – от индивидуального обучения до групповой или проектной работы. Учебные залы распределены по обоим зданиям. Одна из зон имеет небольшой кафе-бар для проведения мероприятий с сидячими местами. Предусмотрены коллективные пространства для отдыха и учебные зоны различного назначения.

Студенческое общежитие Технологического института Веермата Джиджабай (Veermata Jijabai Technological Institute Student Housing) в Мумбаи, Индия, спроектированное архитектурным бюро MO-OF в 2023 г., представляет собой студенческий жилой комплекс из 160 квартир общей площадью 10 000 м² на участке 0,3 га (табл. 3). Проект архитектурного бюро MO-OF получил название Living Bridges. В ответ на задачу отойти от концепции многоуровневого студенческого жилья с отсутствием обмена между студентами была введена продуманная структура комплекса, создающая возможности для активной социальной и культурной жизни. Живые мосты объединяют циркуляцию и последовательность различных коллективных программ внутри общежития в горизонтальных пустотах. Размещение общей инфраструктуры на объекте: учебные комнаты, кладовая, аудиовизуальная комната, тренажерный зал, игровые зоны, компьютерные кабинеты на разных этажах рядом с лестницей и с видом на внутреннюю улицу, образованную многоуровневыми коридорами.

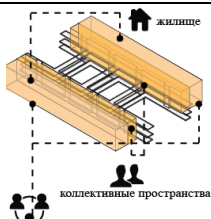
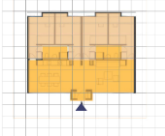
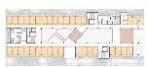
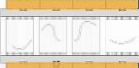
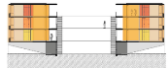
Дом Академии (Casa dell'Accademia) в Мендризио, Швейцария, спроектированный Каролой Барки, Яхеном Кёнцем и Лудовикой Моло в 2006 г., представляет собой жилой комплекс из 48 квартир общей площадью 3600 м² на участке около 2,4 га (табл. 3). Комплекс состоит из двух блоков, которые окружают зеленую зону в центре. На верхних этажах расположены жилые помещения студентов, на первом этаже – служебные помещения (прачечные, подвалы, помещения для хранения). Жилые единицы организованы по принципу коммунальных квартир: каждый блок включает спальни для четырех студентов, санузлы, а также общую кухню-гостиную с видом на центральную галерею. Отдельные спальни-комнаты обеспечивают приватность, а кухня, санузлы и зоны отдыха являются пространствами коллективного пользования. В комплексе предусмотрены парковка для велосипедов, прачечные и сад, который служит местом встреч и отдыха.

Таблица 3

Студенческое общежитие Технологического института
Веермата Джиджабай (Индия), дом Академии (Швейцария)

Table 3

Veermata Jijabai Student Housing, Technological Institute, India,
Casa dell'Accademia, Switzerland

Уро- вень	Студенческое общежитие Технологического института Веермата Джиджабай (Veermata Jijabai Technological Institute Student Housing), арх. MO-OF, Мумбаи, Индия, 2023 ⁵		Дом Академии (Casa dell'Accademia), арх. Carola Barchi, Jachen Könz & Ludovica Molo, Мендризио, Швейцария, 2006 ⁶	
	№ 31		№ 82	
Архитектурно-художественный	Фотография			
				
Объемно-пространственный	Изометрия			
			 Парковка для велосипедов, прачечные, центральный сад	
Архитектурно-планировочный	План квартиры			
				
	Veermata Jijabai Technological Institute (V.J.T.I.). Ведомственная аренда			
	План этажа	Разрез	План этажа	Разрез
				
Архитектурно-градостроитель-	Модель университетского кампуса			
				

⁵ URL: <https://www.archdaily.com/1016522/veermata-jijabai-technological-institute-student-housing-mo-of>; <https://archello.com/project/vjti-student-housing>

⁶ URL: <https://www.swiss-architects.com/en/projects/view/casa-dellaccademia>

Определены следующие типы жилых ячеек:

1. *Коммунальная квартира с общими пространствами.* Характерна для проектов Casa dell'Accademia, Student Housing Poljane, Bard College. Жилая ячейка представляет собой блок с отдельными спальнями, а кухня, гостиная и санузлы являются общими для группы студентов (обычно 4–6 чел.). Данный тип способствует социальному взаимодействию при сохранении личного пространства.

2. *Отдельные квартиры.* Характерны для проектов Highland Hall и Westgate1515. Жилая ячейка представляет собой полностью автономную квартиру с собственной кухней, санузлом и зоной отдыха. Данный тип обеспечивает высокий уровень приватности, но для поддержания социальных связей необходима развитая инфраструктура – общественные гостиные, коворкинги, дворовые пространства.

3. *Гибридная модель с сервисными ядрами.* Характерна для проекта VJTI Living Bridges. Жилая ячейка организована вокруг центральных сервисных ядер, где общие пространства (учебные комнаты, зоны отдыха, бытовые помещения) распределены по этажам, создавая «живые мосты» между различными уровнями.

Общей особенностью всех рассмотренных проектов является стремление к интеграции различных функций в структуру жилого комплекса. Выделяются три модели организации инфраструктуры.

1. *Горизонтальная интеграция.* Образовательные, бытовые, досуговые функции и жилище связаны горизонтальными переходами (Student Housing Poljane, Casa dell'Accademia), которые обеспечивают четкое функциональное зонирование и удобный доступ к общественным пространствам для всех жильцов.

2. *Вертикальная интеграция.* Общественные пространства распределены по этажам и образуют горизонтальную связь жилища и инфраструктуры (VJTI, Bard College). Такой подход стимулирует взаимодействие между жильцами разных этажей и делает общественные зоны доступными в непосредственной близости от жилых ячеек.

3. *Гибридная интеграция.* Жилой комплекс включает коммерческие помещения, которые обслуживают не только жильцов на территории, но и прилегающий район (Westgate1515).

На основе анализа проектов выделены ключевые архитектурные приемы, обеспечивающие формирование устойчивого студенческого сообщества.

1. **Создание горизонтальных связей между жилищем и инфраструктурой (VJTI)** – многофункциональных пространств, объединяющих циркуляцию и коллективные программы, что дает социальное взаимодействие.

2. **Организация центральных сервисных ядер (Student Housing Poljane, Bard College)** – группировка общих пространств (кухни, столовые, санузлы) вокруг центральных элементов, что создает естественные точки встречи.

3. **Многоуровневые общественные пространства (Highland Hall)** – размещение зон отдыха и мероприятий на разных уровнях (первый этаж, террасы, крыши), что обеспечивает разнообразие социальных сценариев.

4. **Создание пешеходных зон и общественных пространств**, которые доступны не только жильцам на территории комплекса, но и жильцам на территории квартала (Westgate1515).

5. Интеграция учебных зон в жилую структуру (Bard College, VJTI) – распределение помещений для индивидуального и группового обучения по этажам, что стирает границы между учебой и проживанием.

Анализ шести проектов выявил разнообразие объемно-пространственных решений. Секционный тип (Casa dell'Accademia, Highland Hall, Bard College Berlin) встречается в 50 % случаев. Секционный тип с горизонтальным основанием (Student Housing Poljane) представляет собой гибридную модель, где общественные функции сосредоточены на нижнем уровне (табл. 4). Компактный многофункциональный тип (Westgate1515) характеризуется максимальной интеграцией различных функций в едином объеме. Многоуровневый тип (VJTI) демонстрирует подход к организации вертикальных коммуникаций как пространств социального взаимодействия. Все представленные объекты ведомственной формы предоставления, временной формы проживания для категорий населения, необходимо поддержать вне зависимости от уровня дохода населения.

Таблица 4

Анализ международного опыта

Table 4

Analysis of international experience

Параметры		№ 82	№ 80	№ 61	№ 28	№ 52	№ 31
Объемно-пространственный тип дома	Коридорный						
	Галерейный						
Наличие общественных функций	Обслуживание						
	Работа						
	Досуг						
Размещение в городе	Университетский кампус						
Формы проживания 1	Смешанное						
Демографические типы семей	Неродственные домохозяйства						
Характер занятости	Студенты						
Состояние здоровья	Здоровые						
Формы проживания 2	Временное						
Форма собственности и предоставления	Ведомственная аренда						
Уровень дохода	Категории, которые нужно поддерживать (не зависит от уровня дохода)						

Интеграция образовательной функции варьируется от полного отсутствия (Casa dell'Accademia) до высокой степени (Student Housing Poljane, Bard College Berlin, VJTI). В проектах с высокой интеграцией учебные помещения (аудитории, компьютерные классы, учебные комнаты) распределены по этажам, что стирает границы между учебой и проживанием. В проекте Westgate1515 образовательная функция замещена коммерческой инфраструктурой, что отражает американскую модель студенческого жилья.

Состав инфраструктуры включает три категории функций: базовая (прачечные, хранение, парковка) – Casa dell'Accademia; расширенная (дополнительные учебные зоны, спорт, досуг) – Student Housing Poljane, Highland Hall, Bard College Berlin; полная (все категории, включая коммерцию) – Westgate1515, VJTI.

Выявлены три модели взаимодействия: закрытая (Student Housing Poljane, Highland Hall, VJTI) – доступ только для студентов, комплекс автономен; промежуточная (Casa dell'Accademia, Bard College Berlin) – ограниченный доступ, но присутствуют элементы взаимодействия с городом; открытая (Westgate1515) – коммерческие площади на первых этажах обслуживают как жильцов, так и городское население.

Проекты различаются по вместимости: малые (до 150 мест – Casa dell'Accademia, Bard College Berlin), средние (150–300 мест – Student Housing Poljane) и крупные (более 300 мест – Highland Hall, Westgate1515, VJTI). Крупные проекты, как правило, имеют более развитую инфраструктуру и коммерческие площади.

Заключение

В результате проведенного исследования сформулированы основные выводы в соответствии с поставленными задачами.

1. Общими тенденциями, характерными для всех рассмотренных проектов, являются расположение в структуре университетского кампуса или в непосредственной близости от него, многофункциональность (сочетание жилой, образовательной, бытовой и досуговой функций), стремление к созданию устойчивого студенческого сообщества через архитектурные решения. Особенности проектов варьируются в зависимости от культурного контекста, градостроительной ситуации и социальных задач.

2. По результатам анализа организации общественных пространств выявлены три типа интеграции инфраструктуры: горизонтальная интеграция (основание) – сосредоточение общественных функций на нижних этажах (Student Housing Poljane); вертикальная интеграция (распределенные зоны) – размещение общественных пространств на разных этажах с созданием «вертикальных кампусов» (VJTI, Bard College); гибридная интеграция – включение коммерческих площадей, обслуживающих как жильцов, так и городской контекст (Westgate1515).

3. По результатам архитектурно-планировочного анализа выявлены и классифицированы три типа жилых ячеек, характерных для студенческого жилища: коммунальная квартира с общими пространствами (Casa dell'Accademia, Student Housing Poljane, Bard College) – сочетает приватные спальни с общей кухней-гостиной; отдельные квартиры (Highland Hall, Westgate1515) – автономные квартиры с собственной инфраструктурой; гибридная модель с сервисными ядрами (VJTI) – организация жилых ячеек вокруг центральных элементов, объединяющих общие и приватные зоны.

4. По результатам функционального анализа выделены ключевые архитектурные приемы, обеспечивающие социальное взаимодействие: создание «мостов» – многофункциональных пространств, объединяющих циркуляцию и коллективные программы; организация центральных сервисных ядер как

естественных точек встречи; многоуровневые общественные пространства на первом этаже, террасах и крышах; стратегическое размещение пустот для создания пешеходных зон; интеграция учебных зон в жилую структуру, стирающая границы между учебой и проживанием.

5. Ключевым принципом проектирования современного студенческого жилища является создание многофункциональной среды, в которой жилая, образовательная, бытовая и досуговая функции интегрированы в единую пространственную структуру. Это позволяет обеспечить значительную часть потребностей студентов в пределах кампуса, снижая необходимость внешних перемещений и способствуя формированию устойчивого сообщества.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Князев, М.Б., Васильев, Н.Ю. Архитектура ведомственных и кооперативных жилых домов межвоенной Москвы // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2019. № 1 (46). С. 41–54. EDN: YYXPBJ
2. Огиенко, Е.Л. Типология социального жилища для молодежи в Европе, Америке, Азии в XX–XXI веках // *Academia. Архитектура и строительство*. 2024. № 3. С. 176–184. <https://doi.org/10.22337/2077-9038-2024-3-176-184>
3. Кутузов, В.В. Воспроизводство жилища в условиях социально-ориентированной рыночной экономики. Москва : ЦНИИЭП жилища, 1994. 290 с.
4. Кияненко, К.В. Разработка социально-функциональной модели общественно-жилого комплекса. Вологда : ВоГТУ, 2010. 24 с.
5. *The State of Housing in Europe* // *Housing Europe* : [сайт]. URL: <https://www.housingeurope.eu/the-state-of-housing-in-europe-in-2021/> (дата обращения: 22.02.2026).
6. Braae, E., Steiner, H., Riesto, S., Glaser, M. Examining the Publicness of Spaces on European Social Housing Estates: A Position Paper // *Architectural Research Quarterly*. 2023. № 27 (2). P. 143–157. DOI: 10.1017/S1359135523000155
7. Davis, S. *The Architecture of Affordable Housing*. University of California Press, 1995. 208 с.
8. Dalla Caneva, A., Bertolazzi, A. De vliesgevel in the Netherlands between 2 Construction and Representation. Past and Present-Day Experiences in Social Housing // *Rivistatema.it*. 2024. № 3. DOI: 10.10.30682/тема100009
9. Kutsalo, O. Principles of Social Housing Development in Spain // *Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Conference «Concepts for the Development of Society's Scientific Potential»*, Prague, Czech Republic, January 19–20, 2024. Prague, 2024. P. 556–573. DOI: 10.51582/interconf.19-20.01.2024.065
10. Lopes, F., Figueiredo, L., Gil, J., Trigueiro, E. Evaluating the impact of social housing policies: Measuring accessibility changes when individuals move to social housing projects // *Environment and Planning B Urban Analytics and City Science*. 2023. V. 51. № 7. DOI: 10.1177/23998083231218774
11. *Sustainable Housing: Principles & Practice*. London ; New York : E & FN Spon, 2000. 154 p. ISBN 0-419-24620-7.
12. Bigonnesse, C., Weeks, L., Puplampu, V. и др. Cohousing communities and social determinants of health in later life: a scoping review protocol // *JBIE Evidence Synthesis*, 2023. V. 21. № 6. P. 1337–1343. DOI: 10.11124/JBIES-22-00068
13. Fraser, J.C., Bazuin, J.T., Chaskin, R. Making Mixed-Income Neighborhoods Work for Low-Income Households A Multiyear Assessment of Community Impact Programming. DOI: 10.1080/10511482.2012.737408. URL: <https://clck.ru/3RRFQ8> (дата обращения: 23.09.2025).
14. Wang, H., Fang, N., Li, X. Exploring Differences Between Daily Activity Spaces and Access to Urban Resources in Suburban Affordable Housing Based on the Different Income Groups: A Case of Nanjing, China // *Sustainability*. 2025. № 17. P. 561. DOI:10.3390/su17020561
15. Kwok-yu, Edward, Lee, Wai-wan, Vivien, Chan. Introduction: Housing and Community Building // *Inclusive Housing Management and Community Wellbeing*. 2024. P. 1–22. DOI: 10.1007/978-981-97-2132-0_1.2024

REFERENCES

1. Knyazev, M., Vasiliev, N. Architecture of Institutionalized Dwelling for Students in Interwar Moscow. *Architecture and Modern Information Technologies*. 2019; 1(46): 41–54. (In Russian)
2. Ogienko, E.L. Typology of Social Housing for Young People in Europe, America, Asia in the 20–21st Centuries. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2024; (3): 176–184. <https://doi.org/10.22337/2077-9038-2024-3-176-184> (In Russian)
3. Kutuzov, V.V. Housing Provision in a Socially Oriented Market Economy. Moscow: TSNIIEHP zhilishcha, 1994. 290 p. (In Russian)
4. Kiyanenko, K.V. Development of a Socio-Functional Model of a Public Residential Complex. Vologda, 2010. 24 p. (In Russian)
5. The State of Housing in Europe. Available: www.housingeurope.eu/the-state-of-housing-in-europe-in-2021/ (accessed February 22, 2026).
6. Braae, E., Steiner, H., Riesto, S., Glaser, M. Examining the Publicness of Spaces on European Social Housing Estates: A Position Paper. *Architectural Research Quarterly*. 2023; 27(2): 143–157. DOI: 10.1017/S1359135523000155. Available: <https://clck.ru/3RR92Z> (accessed September 23, 2025).
7. Davis, S. The Architecture of Affordable Housing University. California Press, 1995. 208 p.
8. Dalla Caneva, A., Bertolazzi, A. De vliesgevel in the Netherlands between construction and representation. Past and present-day experiences in social housing. *Rivistatema.it*. 2024; (3). DOI: 10.10.30682/тема100009
9. Kutsalo, O. Principles of Social Housing Development in Spain. In: *Proc. 5th Int. Sci. Conf. 'Concepts for the Development of Society Scientific Potential'*, Prague, Czech Republic, January 19–20, 2024. Prague, 2024. Pp. 556–573. DOI: 10.51582/interconf.19-20.01.2024.065
10. Lopes, F., Figueiredo, L., Gil, J., Trigueiro, E. Evaluating the Impact of Social Housing Policies: Measuring Accessibility Changes when Individuals Move to Social Housing Projects. *Environment and Planning B Urban Analytics and City Science*. 2023; 51(7): DOI: 10.1177/23998083231218774
11. Sustainable Housing: Principles & Practice. London, New York: E & FN Spon, 2000. 154 p. ISBN 0-419-24620-7.
12. Bigonnesse, C., Weeks, L., Puplampu, V., et al. Cohousing Communities and Social Determinants of Health in Later Life: A Scoping Review Protocol. *JBI Evidence Synthesis*, 2023; 21(6): 1337–1343. DOI: 10.11124/JBIES-22-00068
13. Fraser, J.C., Bazuin, J.T., Chaskin, R. Making Mixed-Income Neighborhoods Work for Low-Income Households a Multiyear Assessment of Community Impact Programming. DOI: 10.1080/10511482.2012.737408. Available: <https://clck.ru/3RRFQ8> (accessed September 23, 2025).
14. Wang, H., Fang, N., Li, X. Exploring Differences Between Daily Activity Spaces and Access to Urban Resources in Suburban Affordable Housing Based on the Different Income Groups: A Case of Nanjing, China. *Sustainability*. 2025; (17): 561. DOI: 10.3390/su17020561
15. Kwok-yu, Edward, Lee, Wai-wan, Vivien, Chan. Introduction: Housing and Community Building. *Inclusive Housing Management and Community Wellbeing*. 2024. Pp. 1–22. DOI: 10.1007/978-981-97-2132-0_1. 2024

Сведения об авторе

Огиенко Евгений Леонидович, канд. архитектуры, ст. преподаватель, Российский университет дружбы народов, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, tengue@list.ru

Author Details

Evgeny L. Ogienko, PhD, Senior Lecturer, RUDN University, 6, Miklukho-Maklay Str., 117198, Moscow, Russia, tengue@list.ru

Статья поступила в редакцию 03.04.2026
Одобрена после рецензирования 13.04.2026
Принята к публикации 13.04.2026

Submitted for publication 03.04.2026
Approved after review 13.04.2026
Accepted for publication 13.04.2026

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2026. Т. 28. № 3. С. 23–33.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2026; 28 (3): 23–33.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 725.5

<https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-23-33>



EDN: BNKYUU

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО ЦЕНТРА ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО ЗДОРОВЬЯ

**Ильнар Ингельевич Ахтямов, Резеда Хакимовна Ахтямова,
Владимир Вадимович Обросов**

*Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Казань, Россия*

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена ростом расстройств ментального здоровья в обществе. Как следствие, растет потребность в пространствах, способствующих снижению стресса, улучшению когнитивных функций организма и эмоциональной регуляции.

Целью статьи является анализ тенденций в проектировании терапевтической среды и формирование принципов архитектурного проектирования центра психоэмоционального здоровья.

Методологическую базу исследования составили структурный и архитектурно-градостроительный анализ, а также методы систематизации и классификации полученных данных. В рамках работы была изучена профильная литература.

В результате исследования выявлены критерии для выбора и последующего анализа архитектурного пространства медицинских реабилитационных центров и общественных пространств с культурной и досуговой функцией. На основе проведенного анализа 12 архитектурных объектов сформулированы авторские принципы проектирования современных центров психоэмоционального здоровья. Особое внимание уделено концепции терапевтической среды и механизмам ее воздействия на психоэмоциональное состояние человека. Архитектура рассматривается как активный инструмент формирования комфортного и безопасного пространства, способствующего восстановлению ментального благополучия.

Ключевые слова: терапевтическая среда, принципы проектирования, медицинское учреждение, психоэмоциональное состояние, реабилитация

Для цитирования: Ахтямов, И.И., Ахтямова, Р.Х., Обросов, В.В. Особенности проектирования современного центра психоэмоционального здоровья // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2026. Т. 28. № 3. С. 23–33. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-23-33>.
EDN: BNKYUU

ORIGINAL ARTICLE

DESIGN SPECIFICATIONS OF MODERN PSYCHOLOGICAL AND EMOTIONAL HEALTH CENTER

Ilmar I. Akhtiamov, Rezeda Kh. Akhtiamova, Vladimir V. Obrosof
Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia

Abstract. The relevance of the study is driven by mental health issues in the society. Consequently, there is a growing need for spaces that promote stress reduction, improved cognitive function, and emotional regulation.

Purpose: The purpose of this work is to formulate architectural design principles for a psychological and emotional health center.

Methodology: The structural and architectural-urban analysis, the literature review, systematizing and classifying the data obtained.

Research findings: Criteria are identified for selection and subsequent analysis of the architectural space of medical rehabilitation and cultural and leisure centers. Based on the analysis of 12 architectural objects, design principles are formulated for modern psychological and emotional health centers. Particular attention is paid to the therapeutic environment and mechanisms of its influence on the psychoemotional state of a person. Architecture is considered as an active tool for creating a comfortable and safe space that promotes the restoration of mental well-being.

Keywords: therapeutic environment, design principles, medical facility, psychoemotional state, rehabilitation

For citation: Akhtyamov, I.I., Akhtyamova, R.Kh., Obrosof, V.V. Design Specifications of Modern Psychological and Emotional Health Center. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2026; 28(3): 23–33. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-23-33>. EDN: BNKYUU

Введение

Современный город характеризуется высокой интенсивностью сенсорных воздействий, акустическим и световым загрязнением, избыточностью социальных контактов и нарушением масштаба городской застройки. Все это формирует среду, противопоставленную естественному восприятию и ритму жизни человека. Постоянная когнитивная перегрузка и невозможность своевременной адаптации к ускоряющемуся темпу жизни города провоцируют риск формирования тревожных состояний и хронического стресса, что в ряде случаев коррелирует с соматическими заболеваниями [1]. В этих условиях традиционная модель медицинского учреждения, ориентированная на функциональную технологичность, становится неэффективной в вопросах психологической и эмоциональной поддержки пациентов. Возникает потребность в создании особой терапевтической среды, способной оказывать поддержку человеку не только в период болезни или реабилитации, но и на протяжении всей жизни. Решением этой проблемы становится центр психоэмоционального здоровья. Это пространство, созданное на пересечении медицины, психологии и архитектуры. В отличие от типовых больниц, центр работает как поддерживающая среда, где архитектура помогает человеку восстановиться.

Согласно современным исследованиям, ключевую роль в процессах оздоровления играют аффективные и когнитивные стимулы. Аффективным

стимулом может послужить набор определенных факторов, таких как освещение, материалы и пространственные переходы, которые побуждают человека испытать определенные чувства на уровне инстинкта [2]. Исследования отмечают, что высокий уровень эмоционального благополучия является значимым фактором, способствующим более эффективному восстановлению, что объясняется механизмами психонейроиммунологии [3].

В этой связи возрастает значимость средовых факторов, влияющих на психоэмоциональное и физиологическое состояние: архитектура становится активным компонентом терапевтической среды [4].

В 1984 г. Роджер Ульрих в исследовании «View Through a Window May Influence Recovery from Surgery» вводит понятие «исцеляющая архитектура», которое отходит от сложившегося взгляда на лечение болезней как на устранение «поломки» в механизме [5]. Новый термин описывает окружение человека в качестве комплекса факторов, влияющих на здоровье. В рамках данной концепции архитектурная среда рассматривается как фактор поддержания физиологического равновесия.

Терапевтическая среда – концепт, введенный Уилбертом Геслером в 1992 г. В его основе лежит вопрос о том, как процессы оздоровления разворачиваются в конкретных местах (ситуациях, локациях, окружающей среде). Исследователь описывает целенаправленно организованное пространство, способное оказывать поддерживающее и восстановительное воздействие на психоэмоциональное состояние человека через совокупность пространственных, социальных и культурных факторов [6].

Степень изученности темы определяется междисциплинарным анализом влияния пространственных характеристик на психику и эмоциональное состояние человека. Вопросы средовой психологии и восприятия пространства рассматривались в трудах С. Ламерс, А. Огуннайке, К. Мошель, Р. Газали. Основы доказательного проектирования, подтверждающие терапевтическую эффективность архитектуры, заложены в работах Р. Ульриха, установившего прямую корреляцию между характеристиками среды и скоростью физиологического восстановления пациентов. Проблематика гуманизации среды медицинских учреждений и внедрения принципов биофильного дизайна подробно освещена в работах С. Келлерта и У. Браунинга [7, 8]. Концепции Э. Уилсона дополнительно обосновывают необходимость интеграции природных компонентов как базового инструмента снижения стресса и стабилизации психоэмоционального состояния [9]. Также рассматривалась концепция салютогенеза А. Антоновского [10].

Результаты современных исследований показывают, что эмоциональный фон, ощущение защищенности и внутренняя мотивация непосредственно связаны с эффективностью «исцеления», т. е. ментальное состояние человека влияет на процессы физического восстановления [11].

Несмотря на развитие теоретической базы, в практике проектирования лечебных и общественных зданий на сегодняшний день архитектурно-пространственный аспект часто остается вторичным по отношению к технологическим и нормативным требованиям, что ограничивает использование архитектурных средств в качестве терапевтического инструмента. Существующие подходы к формированию объектов, ориентированных на психоэмоциональное здоровье,

носят фрагментарный характер и ограничиваются декоративными решениями или локальными преобразованиями традиционной пространственной структуры.

Проблематика исследования определяется противоречием между высокой степенью разработанности темы в области психологии и медицины и недостаточной интеграцией соответствующих подходов в архитектурное проектирование.

В связи с этим статья направлена на восполнение данного пробела посредством выявления принципов проектирования.

Гипотеза исследования заключается в том, что применяемые архитектурные решения способны снижать воздействие негативных факторов, таких как стресс, раздражение и тревожность, тем самым способствуя поддержанию благоприятного психоэмоционального состояния человека не только во время кризисного состояния, но и в повседневной жизни.

Для проверки гипотезы исследования использован комплекс общенаучных методов, включающий анализ теоретических и практических материалов с последующим синтезом полученных результатов применительно к архитектуре учреждений здравоохранения.

В работе применены методы литературного, архитектурно-градостроительного и структурного анализа, а также классификации и систематизации данных.

Эмпирическую базу исследования составили научные публикации, интернет-источники, проектные материалы, а также реализованные архитектурные объекты.

Результаты проведенного анализа использованы для выявления закономерностей и формирования принципов проектирования центра психоэмоционального здоровья.

Обсуждение результатов

Архитектура медицинских учреждений традиционно рассматривалась как функциональная оболочка для деятельности человека, однако междисциплинарные исследования последних десятилетий демонстрируют, что характеристики пространства способны оказывать прямое воздействие как на психологическое состояние человека, так и на его физиологические реакции. Следовательно, роль архитектурного пространства в контексте здоровья может рассматриваться как многослойная и выходящая за пределы утилитарной функции.

Современное архитектурное проектирование чаще обращается к биофильному подходу, что наиболее заметно в дизайне отелей, торгово-развлекательных центров и общественных пространств [12]. В архитектуре, как индустрии, активно развивается направление, где пространство непосредственно взаимодействует с человеком. Через выверенную структуру, ритм, масштаб и сенсорные характеристики среда формирует психологические и физиологические реакции [13, 14].

В целях последующего анализа требуется выявление критериев оценки терапевтической среды (рис. 1). Их формирование предлагается основывать на совокупности теоретических подходов и научных данных, отражающих взаимосвязь пространственных характеристик и психоэмоционального состояния человека.

Теоретические установки, лежащие в основе концепции терапевтической среды, включают в себя теорию доказательного проектирования, теорию вос-

становления после стресса, положения энвайроментальной психологии и концепции салютогенеза [13, 14, 15, 16].

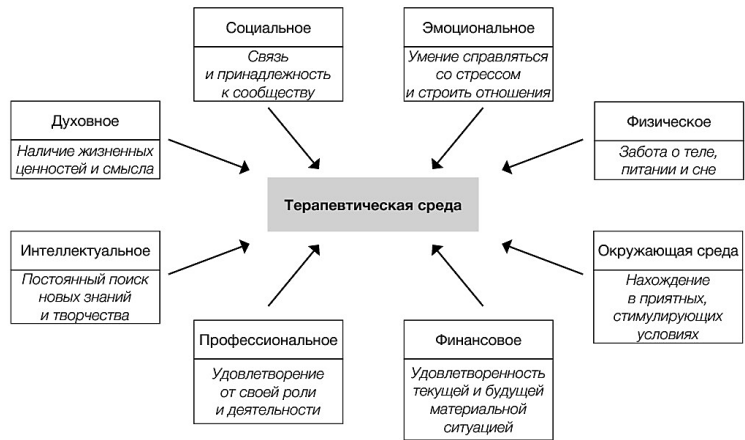


Рис. 1. Схема составляющих факторов терапевтической среды. Составлено авторами
Fig. 1. Constituent factors of the therapeutic environment

Каждая из этих теорий предлагает различные взгляды на то, как создаваемая среда может влиять на здоровье пациентов. Совпадающие атрибуты и понятийные пересечения в данных концепциях дают возможность выделить устойчивые критерии оценки терапевтической среды, подтвержденные в рамках различных теоретических исследований (рис. 2). Данные критерии отражают взаимосвязь между пространственной организацией, субъективным восприятием среды и психоэмоциональным состоянием человека.



Рис. 2. Схема теорий, лежащих в основе формирования терапевтической среды и их обобщенные атрибуты
Fig. 2. Theories and general attributes underlying the formation of the therapeutic environment

Таким образом, выделяются критерии выбора архитектурного пространства терапевтической среды.

1. Обеспечение сенсорного контакта с природой.
2. Наличие визуальных связей с природной средой.
3. Применение натуральных материалов и цветовых решений в объекте.
4. Чередование частных и открытых пространств в структуре.
5. Контраст с окружением через уникальный архитектурный образ.
6. Обеспечение чувства защищенности и ясной организации пространственных связей.

Далее были выбраны и проанализированы современные архитектурные объекты, которые удовлетворяют критериям архитектурного пространства терапевтической среды.

В ходе работы были рассмотрены три группы объектов: специализированные медицинские центры, направленные на восстановление и реабилитацию пациентов; городские общественные пространства открытого типа, включающие павильонные структуры; общественные пространства с культурной и досуговой функцией (таблица). Рассмотренные объекты реализованы в период 2015–2025 гг.

Изученные объекты

Objects studied

№ п/п	Название объекта	Год создания	Архитектор	Вид объекта (фото)
1	Liberation Museum of Manisa (Музей освобождения Манисы) ¹	2025	Yalin Architectural Design	
2	Little Island Park (парк «Литл-Айленд») ²	2021	Томас Хизервик	
3	Loop of Wisdom Museum & Reception Center (Музей технологий) ³	2020	Powerhouse Company	
4	Waterline Park (парк «Вотерлайн») ⁴	2022	Lab D+H	

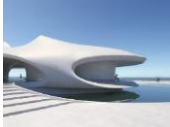
¹ URL: https://www.archdaily.com/1036953/liberation-museum-of-manisa-yalin-architectural-design?ad_source=search&ad_medium=projects_tab

² URL: https://www.archdaily.com/962374/little-island-park-heatherwick-studio?ad_source=search&ad_medium=projects_tab

³ URL: https://www.archdaily.com/949622/loop-of-wisdom-museum-powerhouse-company?ad_source=search&ad_medium=projects_tab

⁴ URL: https://www.archdaily.com/1004406/waterline-park-lab-d-plus-h?ad_source=search&ad_medium=projects_tab

Окончание таблицы
End of table

№ п/п	Название объекта	Год создания	Архитектор	Вид объекта (фото)
5	Hangzhou First Social Welfare Institute (Ханчжоуский институт социального обеспечения) ⁵	2022	UAD	
6	University Children's Hospital Zurich (Детская поликлиника Цюриха) ⁶	2024	Herzog & de Meuron	
7	Healthcare Center & Office Space (Медицинский центр в Нозе) ⁷	2015	a+ samuel delmas	
8	Health Care Facility Josefhof (Медицинский центр Йозефхоф) ⁸	2019	Dietger Wissounig Architekten	
9	UCCA Dune Art Museum ⁹	2018	Open Architecture	
10	Wormhole Library in Haikou (Публичная библиотека Хайко) ¹⁰	2021	MAD Architects	
11	Chaohu Natural and Cultural Center (Природно-культурный центр Чаоху) ¹¹	2022	Change architects	
12	National Kaohsiung Centre for the Arts (Национальный центр искусств) ¹²	2018	Mecanoo	

⁵ URL: <https://www.archdaily.com/1021648/hangzhou-n-social-welfare-institute-uad-group-four>

⁶ URL: <https://www.herzogdeuron.com/projects/377-kinderspital-zurich/>

⁷ URL: <https://divisare.com/projects/302616-a-samuel-delmas-julien-lanoo-healthcare-center-office-space>

⁸ URL: <https://www.archdaily.com/924253/health-care-facility-josefhof-dietger-wissounig-architekten>

⁹ URL: https://www.archtime.ru/specarch/open_architecture/ucca_dune_art_museum.htm#9.jpg

¹⁰ URL: <https://www.designboom.com/architecture/mad-architects-wormhole-library-hainan-haikou-08-10-2020/>

¹¹ URL: https://www.archdaily.com/993815/chaohu-natural-and-cultural-center-change-architects?ad_medium=gallery

¹² URL: <https://www.mecanoo.nl/Projects/project/54>

Исходя из анализа выбранных объектов сформированы тенденции в проектировании архитектуры современных объектов, которые соответствуют ранее выявленным критериям современной терапевтической среды (рис. 3). На их основе сформированы принципы проектирования центра психоэмоционального здоровья.

1. *Интеграция в природный ландшафт.* Новые архитектурные объекты формируются во взаимосвязи с природным окружением либо путем внедрения в существующий ландшафт, либо через создание искусственного ландшафта. Такой подход характерен как для крупных общественных объектов с благоустройством парков, так и для локальных архитектурных внедрений. Контакт с природным ландшафтом влияет на снижение уровня стресса и когнитивной усталости. Визуальные и физические связи с зелеными насаждениями, водой, естественным рельефом способствуют нормализации эмоционального состояния.

2. *Биофильное формообразование.* В 8 из 12 рассмотренных объектов прослеживается тенденция на развитие биофильного подхода и биомимикрии в формообразовании. Перетекающие криволинейные формы, использование натуральных материалов и заимствование природных паттернов пространств активируют врожденную склонность человека к восприятию природной среды, способствуя снижению тревожности в условиях городской среды.

3. *Дифференциация функциональных зон.* Разделение объемно-пространственной структуры на самостоятельные функциональные блоки, включая специализированные помещения (например, для арт-терапии или медитации). Такой подход обеспечивает разнообразие пространственного опыта и адаптацию структуры к разным потребностям пользователей. Это снижает перегрузку, предотвращает стрессовые раздражители и дает ощущение контроля над средой.

4. *Гибкая планировочная организация.* Внутренняя структура объектов формируется на основе свободной планировки, позволяющей изменять конфигурацию функциональных зон, обеспечивая адаптивность и вариативность использования объектов в зависимости от задач. Объекты включают в себя места для индивидуальных консультаций, групповых занятий, активного отдыха и рекреации. Подобный подход расширяет сценарии использования объекта, сохраняет интерес постоянных посетителей и одновременно привлекает новую аудиторию.

5. *Сенсорная изоляция от внешних раздражителей.* Создание защищенной среды, способствующей концентрации, релаксации и восстановлению психоэмоционального состояния. Минимизация воздействия внешних акустических и визуальных раздражителей. Большинство примеров имеет буферную зону между объектом и окружающей средой в виде благоустройства, которое снижает уровень воздействия внешних раздражителей. Возможность регулировать интенсивность освещения, звука, уровня приватности создает условия для стабилизации эмоционального состояния.

6. *Инклюзивная среда.* Формирование доступного и инклюзивного пространства для всех групп пользователей. Поощрение соучастия местных сообществ в работе архитектурного объекта. Это усиливает доверие к месту и повышает эффективность терапевтических процессов.

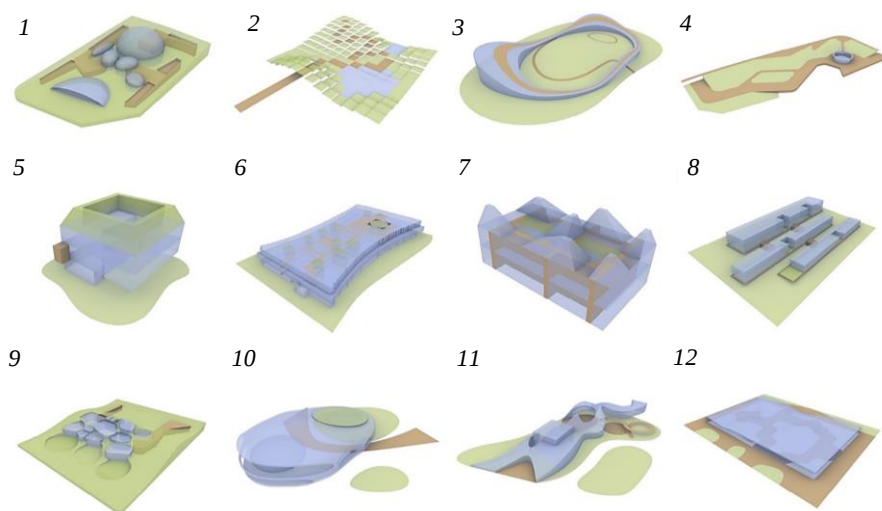


Рис. 3. Схемы взаимодействия пространств в рассмотренных объектах: зеленый – благоустройство и природные ландшафты; синий – архитектурный объем; коричневый – коммуникации. Нумерация согласно таблице

Fig. 3. Space interactions in objects: green: landscaping and natural landscapes, blue: architectural volume, brown: communications. Numbering according to the Table

Заключение

Таким образом, проведенное исследование теоретических основ и практического опыта проектирования подтверждает, что архитектура способна выступать не только функциональной оболочкой, но и активным инструментом психоэмоциональной поддержки. В ходе работы было уточнено понятие терапевтической среды и определены ключевые критерии ее формирования в архитектурном пространстве. Анализ реализованных объектов позволил выделить ряд принципов «исцеляющей архитектуры», способствующих снижению стресса и тревожности в условиях терапевтической среды.

Дальнейшая разработка принципов проектирования центров психоэмоционального здоровья позволит сформировать системный подход к организации архитектурного пространства и создаст основу для архитектуры, ориентированной на психоэмоциональное здоровье.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Lamers, S.M.A., Bolier, L., Westerhof, G.J., et al. The impact of emotional well-being on long-term recovery and survival in physical illness: a meta-analysis // Journal of Behavioral Medicine. 2012. V. 35. № 5. P. 538–547. DOI: 10.1007/s10865-011-9379-8
2. Ogunnaike, A., Daniel, E.I., Atulegwu, A.E. Spaces That Speak: How Architecture Shapes Human Emotion, Behaviour, and Well-Being // IJHSSM. 2025. V. 5. № 4. P. 325–333.
3. Mochel, K., Bronte, J., Kasaba, M., et al. The Impact of Psychological Stress on Wound Healing: Implications for Neocollagenesis and Scar Treatment Efficacy // Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology. 2025. V. 18. P. 1625–1637. DOI: 10.2147/CCID.S528730
4. Ghazali, R., Abbas, M.Y. Assessment of Healing Environment in Paediatric Wards // Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2012. V. 38. P. 149–159. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.03.335
5. Ulrich, R. View Through a Window May Influence Recovery from Surgery // Science. 1984. V. 224. P. 420–421. DOI: 10.1126/science.6143402

6. Gesler, W.M. Therapeutic landscapes: Medical issues in light of the new cultural geography // *Social Science & Medicine*. 1992. V. 34. № 7. P. 735–746. DOI: 10.1016/0277-9536(92)90360-3
7. Kellert, S.R., Heerwagen, J.H., Mador, M.L. *Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life*. 2008. URL: https://books.google.ru/books?id=FyNer_nQrW4C&printsec=frontcover&hl=ru#v=onepage&q&f=false (дата обращения: 21.03.2026).
8. Browning, W.D., Ryan, C.O., Clancy, J.O. 14 *Patterns of Biophilic Design*. 10th anniversary ed. New York : Terrapin Bright Green, LLC. 2024. 84 p.
9. Wilson, E.O. *Biophilia*. Cambridge (MA). London : Harvard University Press, 1984. 157 p. ISBN 978-0-674-07442-2.
10. Ntonovsky, A., Bernstein, J. Pathogenesis and Salutogenesis in War and Other Crises: Who Studies the Successful Coper? // *Stress and coping in time of war: generalizations from the Israeli experience*. New York : Brunner/Mazel, 1986. P. 52–65.
11. Mangili, S., Pattaro, B., Brambilla, A., Ferraguzzi, G., Caira, C., Capolongo, S. The Healing Environment for Healthcare Staff in Paediatric Settings: A Cross-National Semi-Structured Survey on Healthcare Staff Satisfaction // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2025. V. 22. № 9. Art. 1444. DOI: 10.3390/ijerph22091444
12. Бадави, А.А. Архитектурно-планировочные особенности проектирования экологических отелей // *Известия КГАСУ*. 2023. № 1 (63). С. 186–195. DOI: 10.52409/20731523_2023_1_186. EDN: VITUQH
13. Серегин, Д.В., Прокофьев, Е.И. Тенденции развития бионического подхода в архитектуре // *Известия КГАСУ*. 2024. № 2 (68). С. 205–220. DOI: 10.48612/NewsKSUAE/68.18. EDN: RIRXHF
14. Евстратова, Т.А., Кулеева, Л.М., Куприянов, В.Н., Малахов, С.А., Михайлов, С.М. Современные тенденции в области художественного синтеза в архитектуре и дизайне города // *Известия КГАСУ*. 2023. № 2 (64). С. 101–112. DOI: 10.52409/20731523_2023_2_101. EDN: XQBZOK
15. Read, J., Meath, C. A Conceptual Framework for Sustainable Evidence-Based Design for Aligning Therapeutic and Sustainability Outcomes in Healthcare Facilities // *HERD*. 2025. V. 18. № 1. P. 86–107. DOI: 10.1177/19375867241302793
16. Ulrich, R.S., Simons, R.F., Losito, B.D., Fiorito, E. Stress recovery during exposure to natural and urban environments // *Journal of Environmental Psychology*. 1991. V. 11. P. 201–230. DOI: 10.1016/S0272-4944(05)80184-7

REFERENCES

1. Lamers, S.M.A., Bolier, L., Westerhof, G.J., et al. The Impact of Emotional Well-Being on Long-Term Recovery and Survival in Physical Illness: A Meta-Analysis. *Journal of Behavioral Medicine*. 2012; 35(5): 538–547. DOI: 10.1007/s10865-011-9379-8
2. Ogunnaike, A., Daniel, E.I., Atulegwu, A.E. Spaces that Speak: How Architecture Shapes Human Emotion, Behaviour, and Well-Being. *IJHSSM*. 2025; 5(4): 325–333.
3. Mochel, K., Bronte, J., Kasaba, M., et al. The Impact of Psychological Stress on Wound Healing: Implications for Neocollagenesis and Scar Treatment Efficacy. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology*. 2025; 18: 1625–1637. DOI: 10.2147/CCID.S528730
4. Ghazali, R., Abbas, M.Y. Assessment of Healing Environment in Paediatric Wards. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2012; 38: 149–159. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.03.335
5. Ulrich, R. View through a Window may Influence Recovery from Surgery. *Science*. 1984; 224: 420–421. DOI: 10.1126/science.6143402
6. Gesler, W.M. Therapeutic Landscapes: Medical Issues in Light of the New Cultural Geography. *Social Science & Medicine*. 1992; 34(7): 735–746. DOI: 10.1016/0277-9536(92)90360-3
7. Kellert, S.R., Heerwagen, J.H., Mador, M.L. *Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life*. 2008. Available: https://books.google.ru/books?id=FyNer_nQrW4C&printsec=frontcover&hl=ru#v=onepage&q&f=false (accessed March 21, 2026).
8. Browning, W.D., Ryan, C.O., Clancy, J.O. 14 *Patterns of Biophilic Design*. 10th anniversary edn. New York: Terrapin Bright Green, 2024. 84 p.
9. Wilson, E.O. *Biophilia*. Cambridge (MA). London: Harvard University Press, 1984. 157 p. ISBN 978-0-674-07442-2.

10. Ntonovsky, A., Bernstein, J. Pathogenesis and salutogenesis in war and other crises: Who studies the successful copier? In: Stress and Coping in Time of War: Generalizations from the Israeli Experience. New York: Brunner/Mazel, 1986. Pp. 52–65.
11. Mangili, S., Pattaro, B., Brambilla, A., Ferraguzzi, G., Cairra, C., Capolongo, S. The Healing Environment for Healthcare Staff in Paediatric Settings: A Cross-National Semi-Structured Survey on Healthcare Staff Satisfaction. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2025; 22(9): 1444. DOI: 10.3390/ijerph22091444
12. Badavi, A.A. Architecture and Planning of Eco-Hotels. *Izvestiya KGASU*. 2023; 1(63): 186–195. DOI: 10.52409/20731523_2023_1_186. EDN: VITUQH (In Russian)
13. Seregin, D.V., Prokofev, E.I. Development Trends in Bionic Approach to Architecture. *Izvestiya KGASU*. 2024; 2(68): 205–220. DOI: 10.48612/NewsKSUAE/68.18. EDN: RIRXHF (In Russian)
14. Evstratova, T.A., Kuleeva, L.M., Kupriyanov, V.N., Malakhov, S.A., Mikhailov, S.M. Current Trends in Artistic Synthesis in Architecture and Urban Design. *Izvestiya KGASU*. 2023; 2(64): 101–112. DOI: 10.52409/20731523_2023_2_101. EDN: XQBZOK (In Russian)
15. Read, J., Meath, C. A Conceptual Framework for Sustainable Evidence-Based Design for Aligning Therapeutic and Sustainability Outcomes in Healthcare Facilities. *HERD*. 2025; 18(1): 86–107. DOI: 10.1177/19375867241302793
16. Ulrich, R.S., Simons, R.F., Losito, B.D., Fiorito, E. Stress Recovery during Exposure to Natural and Urban Environments. *Journal of Environmental Psychology*. 1991; 11: 201–230. DOI: 10.1016/S0272-4944(05)80184-7

Сведения об авторах

Ахтямов Ильнар Ингельевич, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 420043, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Зеленая, 1, e.achti@gmail.com

Ахтямова Резеда Хакимовна, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 420043, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Зеленая, 1, rezeda.akhtiamova@gmail.com

Обросов Владимир Вадимович, магистрант, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 420043, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Зеленая, 1, vladimirarticle@gmail.com

Authors Details

Ilnar I. Akhtiamov, A/Professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, 1, Zelenaya Str., 420043, Kazan, Tatarstan, Russia, e.achti@gmail.com

Rezeda Kh. Akhtiamova, A/Professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, 1, Zelenaya Str., 420043, Kazan, Tatarstan, Russia, rezeda.akhtiamova@gmail.com

Vladimir V. Obrosof, Graduate Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, 1, Zelenaya Str., 420043, Kazan, Tatarstan, Russia, vladimirarticle@gmail.com

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 02.03.2026
Одобрена после рецензирования 20.03.2026
Принята к публикации 01.04.2026

Submitted for publication 02.03.2026
Approved after review 20.03.2026
Accepted for publication 01.04.2026

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2026. Т. 28. № 3. С. 34–56.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2026; 28 (3): 34–56.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 72.035.2

<https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-34-56>



EDN: BYIDEM

АРХИТЕКТУРА ЭКЛЕКТИКИ В КОНТЕКСТЕ ПРОМЫШЛЕННОГО РАЗВИТИЯ ЮРЬЕВЦА (ВТОРАЯ ПОЛОВИНА XIX – НАЧАЛО XX ВЕКА)

Анна Юрьевна Алексеева

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

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена малоизученностью специфики градостроительного развития провинциальных городов России в период эклектики. На примере Юрьевца раскрывается формирование функциональных зон городской среды под влиянием промышленного развития. Анализ синтеза промышленной архитектуры, общественных зданий и репрезентативной жилой застройки выявляет специфику адаптации общероссийских архитектурных тенденций к локальным условиям и подчеркивает ценность историко-индустриального наследия малых городов.

Цель работы – анализ особенностей и закономерностей архитектурно-планировочного развития Юрьевца в период эклектики как целостной градостроительной биографии, сформировавшейся под влиянием промышленного роста и социально-экономических преобразований пореформенной эпохи.

Результаты исследования. Установлено, что градостроительная эволюция Юрьевца в период эклектики определялась переходом к регулярному плану 1875 г., закрепившему линейную структуру вдоль Волги. Выявлено формирование промышленного фасада города объектами кирпичного стиля (фабрики Миндовского, Катюшина). Обоснована роль архитектора М.Н. Черкаского в создании общественно-образовательного центра. Прослежена динамика застройки от временных ярмарок к каменным рядам с интеграцией приемов эклектики и модерна в массовую деревянную архитектуру.

Выводы. Архитектурный облик Юрьевца XIX–XX вв. сформировался под влиянием экономического роста, определившего четкое функциональное зонирование и расцвет кирпичного стиля. Город сложился как гармоничный организм, объединивший промышленную мощь и социальную инфраструктуру. Исследование подтверждает необходимость реставрации сохранившихся объектов как носителей исторической памяти и уникального синтеза стилей.

Ключевые слова: градостроительство, промышленная архитектура, кирпичный стиль, эклектика, модерн, функциональное зонирование, историческая застройка

Для цитирования: Алексеева, А.Ю. Архитектура эклектики в контексте промышленного развития Юрьевца (вторая половина XIX – начало XX века) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2026. Т. 28. № 3. С. 34–56. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-34-56>. EDN: BYIDEM

ORIGINAL ARTICLE

ECLECTIC ARCHITECTURE OF INDUSTRIAL YURIEVETS IN 19–20TH CENTURIES

Anna Yu. Alekseeva

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

Abstract. The relevance of the study is due to the poorly urban development of provincial cities in Russia during the eclectic period. The formation of functional zones of the urban environment under the influence of industrial development is shown for Yurievets. The analysis of the industrial architecture, public buildings and residential buildings shows the specifics of adapting Russian architectural trends to local conditions and highlights the value of the historical and industrial heritage of small towns.

Purpose: The analysis of the architectural and planning development in Yurievets during the eclectic period as an integral urban biography influenced by the industrial growth and socio-economic transformations of the post-reform era.

Research findings: It is shown that the urban development of Yurievets during the eclectic period is determined by a transition to the regular plan of 1875, which consolidated the linear structure along the Volga. The formation of the industrial city by brick-style objects (Mindovsky and Katyushin factories) is revealed. The role of architect M.N. Cherkassky in the creation of a social and educational center is substantiated. The building development from temporary fairs to stone rows is traced with the integration of eclecticism and Art Nouveau techniques into the wooden architecture.

Value: The architecture of Yurievets in the 19–20th centuries is influenced by the economic growth, which determines the functional zoning and flourishing of the brick style. The city develops as a harmonious organism that combines industry and social infrastructure. The study confirms the need for restoration of preserved objects as carriers of historical memory and a unique synthesis of styles.

Keywords: urban planning, industrial architecture, brick style, eclecticism, Art Nouveau, functional zoning, historical buildings

For citation: Alekseeva, A.Yu. Eclectic Architecture of Industrial Yurievets in 19–20th Centuries. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2026; 28(3): 34–56. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-34-56>. EDN: BYIDEM

Введение

Архитектурно-градостроительный анализ гражданских и промышленных объектов малого исторического города Юрьевца раскрывает динамику трансформации городской среды во второй половине XIX – начале XX в. Исследование охватывает ключевой этап развития поселения, связанный с пореформенными социально-экономическими изменениями и интенсивным развитием волжского пароходства, превратившим город в крупную транзитно-промышленную пристань. В этот период на смену регулярным планам конца XVIII в. приходит прагматичный подход. Формируется линейный характер застройки с ярко выраженным функциональным зонированием вдоль береговой линии Волги. Рубеж веков в Юрьевце стал временем синтеза утилитарной индустриальной архитектуры, общественных зданий, репрезентативной жилой застройки и торговых рядов. Проекты этого времени, во многом связанные с деятельностью инженера и архитектора М.Н. Черкасского, воплощали региональную интерпретацию эклектики, кирпичного стиля и провинциального модерна.

Предметом исследования выступают типологические, объемно-пространственные и стилистические особенности объектов промышленной и общественно-гражданской архитектуры г. Юрьевца второй половины XIX – начала XX в.

Основной целью исследования является комплексная характеристика стилистического своеобразия и градостроительной роли индустриального и гражданского зодчества Юрьевца указанного периода, формирующего речной фасад и историческое ядро города.

Актуальность исследования обусловлена прогрессирующей физической деградацией и руинированным состоянием ряда ключевых объектов культурного наследия (включая льнопрядильную фабрику Миндовского и женскую гимназию им. А.С. Пушкина). Существует объективная необходимость научной фиксации уходящей природы, а также разработки стратегий консервации, научной реставрации и адаптивного использования индустриального и общественного наследия исторического города.

Методологическая основа включает комплексный подход, состоящий из натурного исследования, источниковедческого и типологического анализа. Ключевыми источниками послужили исторические планы города (в частности, план 1873 г.), архивные фотоматериалы ГАИО и фонды ГБУИО «Музеи города Юрьевца», а также материалы [5]. Теоретическую базу составили труды исследователей, изучавших эволюцию купеческого и промышленного зодчества Поволжья: Б.А. Владимирова, И. Антонова, Л. Поляковой, Л. Шлычкова и др.

Архитектурно-стилистический анализ в рамках настоящего исследования выступает как основной метод оценки, направленный на выявление морфологических признаков, композиционных принципов и особенностей художественного исполнения фасадов зданий. Этот метод позволяет проследить эволюцию промышленного дизайна от купеческого кирпичного стиля к советскому функционализму, а также оценить органичность интеграции элементов модерна и неоклассики в провинциальную среду, формируя целостное представление об архитектурном ансамбле исторического Юрьевца.

Достоверность полученных результатов обеспечивается применением методов экспертных оценок и сравнительного анализа, базирующихся на апробированных подходах предшествующих исследований.

Результаты

Принципы градостроительного плана Юрьевца 1795 г., разработанного землемерами Шубниковым и Гове, отличались высокой продуманностью и органичностью, определив развитие городской среды на десятилетия вперед [1]. Сохранившиеся планы города от 1833 г. [2] и 1850 г. [3] не только гармонично развивали заложенные ими идеи, обеспечивая преемственность традиций, но и учитывали ландшафтные особенности местности и ключевые исторические композиционные узлы. Все последующие градостроительные проекты сохраняли эту логику, органично интегрируя новые элементы в существующую ткань города.

Во второй половине XIX в. под влиянием пореформенных социально-экономических трансформаций¹ планировочная структура Юрьевца сформиро-

¹ Пореформенный период – это исторический период в России, который длился с 1861 по 1905 г., последовавший за отменой крепостного права.

валась в соответствии с его ключевым географическим фактором – положением на Волге, что предопределило линейный характер застройки и локализацию промышленных объектов вдоль береговой линии. Локальная экономика, ранее базировавшаяся на бурлачестве и мелкотоварном производстве [4], претерпела кардинальные изменения. Развитие пароходства и интенсивный лесосплав с волжских притоков превратили город в крупную транзитно-промышленную пристань, привлекавшую рабочую силу и капиталы.

Интенсивный рост города потребовал мер по регулированию его застройки. Согласно изданию энциклопедического характера, посвященному наследию Ивановской области, «в 1875 году землемер П. Зубатов разработал регулярный план города, предусматривавший упорядочение застройки и организованное расширение городского пространства в северном направлении» [5, с. 710].

Этот проект представлял собой последнее дореволюционное мероприятие, направленное на систематизацию городского развития Юрьевца. Следует отметить, что подлинник плана 1875 г. утерян, и в настоящее время мы можем опираться лишь на его предшественника – утвержденный план 1873 г. (рис. 1).



Рис. 1. План г. Юрьевца Поволжского Костромской губернии с обозначением и описанием кварталов, мест, зданий. 1873 г. Источник электронной копии: Юрьевецкий краеведческий музей

Fig. 1. The plan of Yuryevets Povolzhsky, Kostroma province, with designation and description of quarters, places, buildings, 1873. Yuryevetsky Museum of Local Lore

Формирование промышленной зоны вдоль волжской набережной стало структурообразующим фактором последующей архитектурно-пространственной организации Юрьевца. Принципы функционального зонирования проявились в линейном расположении производственных объектов, создавших новый архитектурный фасад города на Волге.

Юрьеvecкая льнопрядильная фабрика Миндовского

История формирования производственного комплекса Юрьеvecкой льнопрядильной фабрики началась в 1871 г. Предприятие, основанное костромским купцом А.В. Брюхановым на северной окраине Юрьевца, располагалось вдоль берега Волги. В 1880 г. фабрика была преобразована в «Товарищество Юрьеvecкой льняной мануфактуры» П. Миндовского и И. Бакакина [6].

Архитектурно-планировочная структура комплекса складывалась в период с 1871 г. по 1890-е гг. (рис. 2). Доминантой ансамбля стал центральный трехэтажный прядильный корпус с Т-образной конфигурацией в плане, южная часть которого была возведена в 1871 г., а северная – в 1879 г. [5].

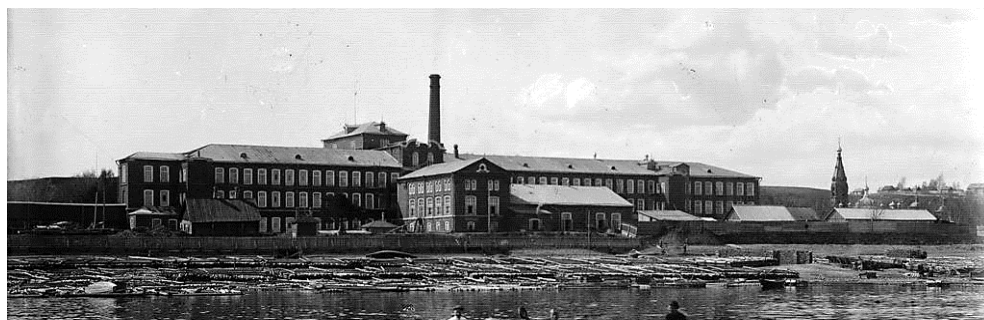


Рис. 2. Льнопрядильная фабрика, 1920–1930-е гг. Фотограф А.В. Цареградский. Архивное фото
Fig. 2. The flax spinning factory in the 1920–30s. Photographer A.V. Tsaregradsky

Здание, вытянутое в меридиональном направлении, является монументальным образцом промышленной эклектики. Фасады решены в строгих формах кирпичного стиля, характеризующегося ритмическим строем крупных оконных проемов с лучковыми перемычками. Выразительность внешнему облику придают сохранившиеся кованые анкера (тяжи), выполненные в форме штурвалов, и высотная доминанта – пятиэтажная башня.

К началу XX столетия предприятие демонстрировало устойчивый рост. В 1909 г. оно перешло в собственность «Товарищества Волжской мануфактуры» при обороте капитала 632 тыс. руб. и штате 875 человек [7]. После национализации объекта 15 декабря 1918 г. [8] и в последующий советский период архитектурный облик фабрики претерпел изменения. Модернизация производства повлекла за собой строительство новых объемов (рис. 3).

Производственная деятельность предприятия была окончательно прекращена в начале 2000-х гг. В настоящее время объект культурного наследия регионального значения «Комплекс Юрьеvecкой льняной мануфактуры» находится в руинированном состоянии (рис. 4). Сведения о проведении реставраци-

онных работ отсутствуют. Памятник нуждается в неотложных мерах по научной реставрации с перспективой последующего адаптивного использования.

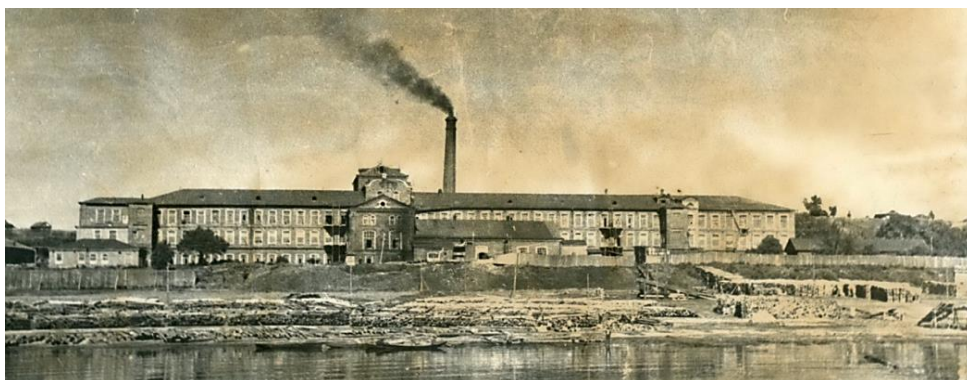


Рис. 3. Юрьевецкая льнопрядильная фабрика. Вид с р. Волги. Юрьевец, Ивановская область. 1946 г. ГБУ Ивановской области «Областной музей “Музеи города Юрьевца”»
Fig. 3. Yuryevets Flax Spinning factory. View from the Volga River, Ivanovo region, 1946. Regional Museum of Yuryevets



Рис. 4. Юрьевецкая льнопрядильная фабрика. Современное состояние здания, август 2025 г. Фото автора
Fig. 4. Yuryevets Flax Spinning factory, 2025

Пивоваренный завод Красильникова

Во второй половине XIX в. промышленное развитие Юрьевца характеризовалось отраслевой диверсификацией. Наряду с текстильной мануфактурой развивались и иные виды производства. Значимым объектом индустриального наследия этого периода является пивоваренный завод М.И. Красильникова, основанный в 1880 г. [6]. Историко-архитектурная ценность комплекса обусловлена высокой степенью сохранности, что делает его редким для Ивановской области образцом дореволюционного предприятия пищевой промышленности (рис. 5).

Отделка фасадов здания, выполненная из неоштукатуренного красного кирпича, наглядно демонстрирует характерные черты промышленной архитектуры конца XIX в., сочетая строгие геометрические формы с функциональной

организацией пространства. Его отличительными особенностями стали чередующиеся арочные и прямоугольные оконные проемы, обеспечивавшие оптимальное естественное освещение производственных помещений, а также лаконичный декор в виде кирпичных карнизов, лопаток и лучковых перемычек, подчеркивающих конструктивную логику сооружения. Особый интерес представляют оригинальные анкерные болты в форме штурвалов, которые, сохраняя свое утилитарное назначение, приобрели выразительный художественный облик (рис. 6).



Рис. 5. Пивоваренный завод торгового дома «Е. и Ф. Красильниковы и К. Бобыльков». Юрьевец, период создания: 1879–1910 гг. ГБУИО «Музеи города Юрьевца» (Инв. № ДФ1 1067)

Fig. 5. Krasilnikov and Bobylkov Brewery in Yuryevets, 1879–1910. Museums of Yuryevets



Рис. 6. Юрьевецкий пивзавод. 1950-е гг. Архивное фото. Юрьевецкий краеведческий музей

Fig. 6. Yuryevets brewery, 1950s. Yuryevets Museum of Local Lore. Archival photo

После национализации в 1923 г. предприятие прошло этап технической модернизации. Тип производственного привода эволюционировал от использования гужевой тяги и ручного труда к внедрению тепловых и нефтяных двигателей, а впоследствии к полной электрификации. Завод функционировал до 1992 г. В настоящее время комплекс представляет собой памятник индустриальной культуры, наглядно демонстрирующий подчиненность архитектуры технологическому процессу и эволюцию промышленного дизайна от купеческого кирпичного стиля до советского функционализма. Современная адаптация главного корпуса под гостиницу служит примером реновации исторической промышленной застройки, сохраняющей память о производственном прошлом города (рис. 7).



Рис. 7. Юрьевецкий пивзавод. Современное состояние здания. Август 2025 г. Фото автора
Fig. 7. Yuryevets brewery, 2025

Процесс промышленного освоения прибрежных территорий Волги в Юрьевце продолжался на протяжении всей середины и конца XIX в., формируя архитектурно-пространственную среду, где производственные объекты органично сочетались с репрезентативной жилой застройкой. Данный феномен нашел свое отражение и в локализации усадеб купеческой элиты, в том числе представителей первой гильдии, в непосредственной близости от промышленных предприятий (рис. 8).



Рис. 8. Жилая усадьба купцов Весниных в Юрьевце. Конец XIX в. Архивное фото
Fig. 8. The Vesnin merchants' residential estate in Yuryevets. The end of the 19th century. Archival photo

Винокуренно-дрожжевой завод Весниных

Особый научный интерес представляет вклад семьи Весниных, чья деятельность отражает динамику промышленного и социокультурного развития Юрьевца. Глава семьи, купец первой гильдии А.А. Веснин, владел винокуренно-дрожжевым заводом и, будучи представителем прогрессивных деловых кругов, инвестировал значительные средства в развитие образовательной инфраструктуры города [9]. В контексте истории архитектуры значимость этой семьи определяется тем, что именно здесь в 1880–1883 гг. родились братья Леонид, Виктор и Александр Веснины, будущие идеологи и лидеры советского конструктивизма.

Архитектурный анализ архивных фотоматериалов позволяет атрибутировать завод А.А. Веснина как характерный образец провинциального промышленного зодчества, сочетающий утилитарную функцию с элементами репрезентативности (рис. 9). Объемно-пространственная композиция комплекса, включающего основной корпус и складские пристройки, имеет ярко выраженную горизонтальную ориентацию. Ритмическое членение фасадов, выявленное на снимках, визуализирует технологическую логику производственного цикла.



Рис. 9. Усадьба Весниных и винокуренно-дрожжевой завод. Вид с Волги. 1900-е гг. Юрьевец. ГБУИО «Музеи города Юрьевца» (Инв. № ДФ2 162)

Fig. 9. Vesnin estate and distillery and yeast factory in Yuryevets. View from the Volga River, 1900s. Museums of Yuryevets

Мукомольный завод Катюшина

В начале XX в. усадьба и дрожжевой завод были проданы купцу Катюшину. На месте бывшего винокуренного завода С.В. Катюшин возвел собственный мукомольный завод. Фабрикант стремился к модернизации и приглашал иностранных специалистов, например в 1905 г. ирландского инженера Артура Уильяма Роу – отца будущего режиссера, великого русского сказочника Александра Артуровича Роу.

Здание вальцево-крупчатой механической мельницы представляло собой пятиэтажный кирпичный объем с регулярным ритмом оконных проемов, обеспечивающих необходимую инсоляцию производственных цехов (рис. 10). Лаконичное фасадное решение, лишенное декора, строгая симметрия и простая двускатная кровля подчеркивали утилитарное назначение постройки. Геометрическая ясность форм и рациональность объемно-пространственной структуры здания, зафиксированные на архивных снимках, свидетельствуют о влиянии индустриальной эстетики рубежа веков. В середине XX столетия комплекс попал в зону затопления Горьковского водохранилища и был утрачен.



Рис. 10. Мукомольный завод С.В. Катюшина. Архивное фото. Юрьевец. ЮКМ
Fig. 10. Katyushin's flour mill. Yuryevets Museum of Local Lore

Следует отметить градостроительную роль промышленной архитектуры Юрьевца. Ключевые производственные объекты, включая льнопрядильную фабрику Миндовского, пивоваренный завод Красильникова и Бобылькова, а также мельницу Катюшина, формировали речной фасад города. Их монументальные объемы, наряду с вертикалями храмов и церквей, играли роль высотных акцентов и создавали выразительный силуэт прибрежной панорамы (рис. 11).



Рис. 11. Юрьевец. «Первые суда на Волге». Картина Зарембо. 1901 г. Из собрания музейного объединения «Музеи города Юрьевца»
Fig. 11. "The first ships on the Volga". Painting by Zarembo, 1901. From the collection of Museums of Yuryevets

Развитие промышленного пояса вдоль волжского берега во второй половине XIX в. сопровождалось процессами функционального зонирования территории и централизацией общественных функций в исторической части города. Здесь, в районе Георгиевской (ныне Советской) улицы и соборного ансамбля, сложилось новое административно-образовательное ядро.

Формирование образовательной инфраструктуры – открытие высшего начального (Градо-Миндовского) училища, женской и мужской гимназии [10]. Это стало закономерным ответом на социально-экономическую модернизацию города и растущую потребность развивающейся промышленности и торговли в образовательных кадрах.

Градо-Миндовское училище

Архитектурный ансамбль Градо-Миндовского училища, спроектированный городским архитектором М.Н. Черкасским в 1904 г., представляет собой яркий образец образовательной архитектуры периода эклектики. Финансирование и заказ на строительство осуществил промышленник П.Г. Миндовский [5].

Объемно-пространственная композиция комплекса включает три здания: главный восточный корпус, предназначенный для учебных мастерских и выходящий фасадом на красную линию ул. Советской (бывш. Георгиевской), а также корпус теоретических занятий и жилой флигель для преподавательского состава. В настоящее время здания занимает школа-интернат. Доминантой комплекса выступает главный двухэтажный корпус на высоком цоколе, имеющий прямоугольную планировку с развитием объема в глубину участка (рис. 12). Композиционный акцент фасада – это ризалит на четыре оси, увенчанный ступенчатым аттиком с тумбами, а по бокам по три оконные оси.



Рис. 12. Городское училище. Юрьевец, ул. Советская, 99. Вторая половина XIX в. Фотография. ГБУИО «Музеи города Юрьевца» (Инв. № ДФ1 1051)

Fig. 12. City college in Yuryevets, 99, Sovetskaya Str., 19th century. Museums of Yuryevets

Декор в кирпичном стиле сочетает рационализм эклектики с классицистическими мотивами: контрастная рустовка цоколя и углов, карниз с зубчиками разного масштаба. Оконные проемы варьируются – прямоугольные на

первом этаже, лучковые – в цоколе и на втором, арочные – в ризалите второго этажа. Ритмическая организация фасада подчеркивает функциональную логику и художественную гармонию.

Женская гимназия им. А.С. Пушкина

Здание бывшей женской гимназии им. А.С. Пушкина, расположенное на ул. Советской (бывш. ул. Георгиевская), д. 102, представляет собой значимый пример образовательного зодчества рубежа XIX–XX вв.

Процесс создания первого в уезде женского образовательного учреждения носил поэтапный характер. Согласно архивным данным, инициатива возникла в январе 1892 г., когда комитет по устройству женской прогимназии обратился в городскую управу с ходатайством о выделении временных помещений и земельного участка для строительства собственного здания. Позднее, в начале 1899 г., земским управлением было принято решение об учреждении полноценной гимназии [11].

Финансирование строительства, включавшего возведение домового церкви, обустройство библиотеки и профильных учебных кабинетов, осуществлялось за счет средств губернского и уездного земств, а также при участии местных купцов первой гильдии.

Архитектурный комплекс гимназии формировался в два этапа. В 1902 г. под руководством М.Н. Черкасского был возведен восточный корпус, вместивший церковный зал с алтарной частью и оборудованный передовой для того времени системой калориферного отопления. Ансамбль был окончательно сформирован в 1913 г. с вводом в эксплуатацию западного крыла, включавшего два актовых зала [12]. Объемно-пространственное решение двухэтажного здания представляет собой вытянутый прямоугольник с высоким цокольным ярусом. Фасады, выполненные в кирпичном стиле, акцентированы центральными и боковыми ризалитами и увенчаны ступенчатым аттиком, что придает облику строения геометрическую строгость и монументальность. Средствами художественной выразительности выступает пластика кирпичной кладки с применением рустовки и профилированный карниз, декорированный зубчатым орнаментом (рис. 13).



Рис. 13. Женская гимназия им. А.С. Пушкина. Юрьевец. Вторая половина XIX в. Фотография. Двухэтажное общественное здание конца XIX в. ГБУИО «Музеи города Юрьевца» (Инв. № ДФ1 1049)

Fig. 13. Pushkin Women's Gymnasium in Yuryevets. The second half of the 19th century. Museums of Yuryevets

Здание функционировало по первоначальному профилю вплоть до 2008 г., после чего было выведено из эксплуатации в связи с критическим техническим износом конструкций. В настоящее время данный объект культурного наследия остро нуждается в проведении консервационных и реставрационных мероприятий.

Мужская гимназия

Южнее главного корпуса Градо-Миндовского училища расположено здание мужской гимназии. Оно также является одним из наиболее значимых гражданских сооружений Юрьевца периода эклектики. Объект возведен в 1909–1911 гг. в кирпичном стиле с элементами модерна по проекту архитектора М.Н. Черкасского (рис. 14). Строительство отдельного здания позволило решить проблему размещения учащихся, которые ранее посещали классы Градо-Миндовского училища либо были вынуждены продолжать образование в Нижнем Новгороде и Костроме [5].



Рис. 14. Мужская гимназия. Юрьевец, ул. Советская, 97. 1910 г. Фотография. ГБУИО «Музеи города Юрьевца» (Инв. № ДФ1 1060)

Fig. 14. Men's gymnasium in Yuryevets, 97, Sovetskaya Str., 1910. Museums of Yuryevets

Двухэтажный прямоугольный в плане объем, усложненный одноэтажным выступом с северной стороны, перекрыт пологой четырехскатной кровлей. Композиция главного (восточного) и торцевых фасадов строится на принципах осевой симметрии, акцентированной ризалитами со ступенчатыми аттиками.

Архитектурно-художественный облик здания отличается монументальностью. Пластическую выразительность фасадов усиливают рустованные лопатки, закрепляющие углы объема и границы ризалитов. Влияние стилистики модерна прослеживается в решении входной группы, где односкатный козырек опирается на ажурные кованые кронштейны сложной криволинейной формы, а нижняя часть дверных полотен имеет характерное дугообразное очертание (рис. 15).

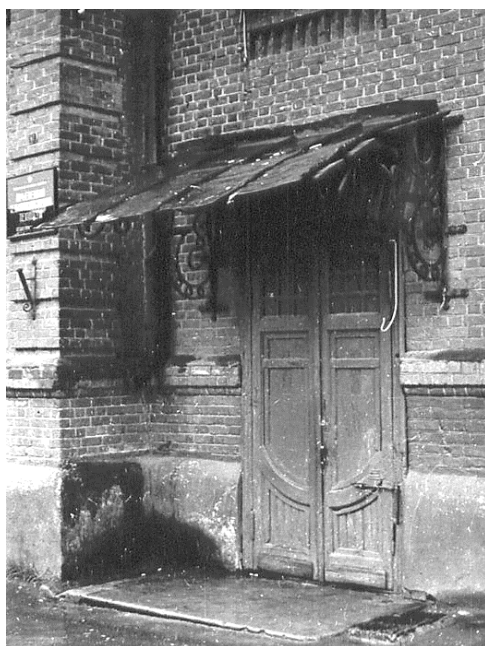


Рис. 15. Входная группа мужской гимназии. Вид северо-восточный. Юрьевец, ул. Советская, 97. Архивное фото. 1976 г.

Fig. 15. The entrance of the men's gymnasium in Yuryevets, 1976

Наряду с активным строительством образовательной инфраструктуры, под руководством М.Н. Черкасского в период второй половины XIX – начала XX в. в Юрьевце продолжалось возведение многих зданий в кирпичном стиле, иногда с элементами модерна. Наиболее выразительным объектом этого периода является Юрьевецкая земская больница (рис. 16).



Рис. 16. Новое здание Юрьевецкой земской больницы. Юрьевецкий уезд Костромской губ. Начало XX в. Фотография. ГБУИО «Музеи города Юрьевца» (Инв. № ДФ1 706)

Fig. 16. New building of Zemsky hospital in Yuryevets, Kostroma province. The beginning of the 20th century. Museums of Yuryevets

Земская больница

Здание больницы, расположенное с отступом от красной линии застройки, возведено в 1904 г. на средства фабриканта П.Г. Миндовского [13] по проекту инженера М.Н. Черкасского [14]. Строительство велось на территории, исторически принадлежавшей медицинскому учреждению.

Объемно-пространственная композиция представляет собой двухэтажный Г-образный объем под вальмовой кровлей (рис. 17). Композиционным центром восточного фасада служит входной ризалит (рис. 16). Планировочная структура коридорная. От центрального распределительного узла (лестничной клетки в ризалите) расходятся крылья, коридоры которых инсолируются через торцевые окна.



Рис. 17. Земская больница в г. Юрьевце. 1907 г. Фоторепродукция, типографская печать. ГБУИО «Музеи города Юрьевца» (КП ЮКМ 2092)

Fig. 17. Zemsky hospital in Yuryevets, 1907, Kostroma province. Museums of Yuryevets

Архитектурное решение здания, тяготеющее к стилистике модерна, строится на контрастном сочетании материалов. Первый этаж и объем ризалита выполнены в лицевой кирпичной кладке, второй этаж представляет собой деревянный сруб, рубленный «в лапу».

Вертикаль ризалита акцентирована повышением над линией венчающего карниза. Окна первого этажа, имеющие укрепленные габариты, перекрыты лучковыми перемычками. В завершении ризалита устроена широкая ниша с лучковой перемычкой и замковым камнем, опирающаяся на ступенчатые кронштейны. Декор деревянного этажа представлен рамочными наличниками, характерными для эстетики модерна. Углы наличников оформлены пересечением вертикальных и горизонтальных элементов со скругленными торцами. Междуэтажный пояс декорирован рядами кирпичных сухариков (рис. 17).

В настоящее время объект находится в неудовлетворительном техническом состоянии. Несмотря на аварийность, сохранились подлинные элементы убранства: филенчатые двери и козырек на ажурных металлических консолях (рис. 18).

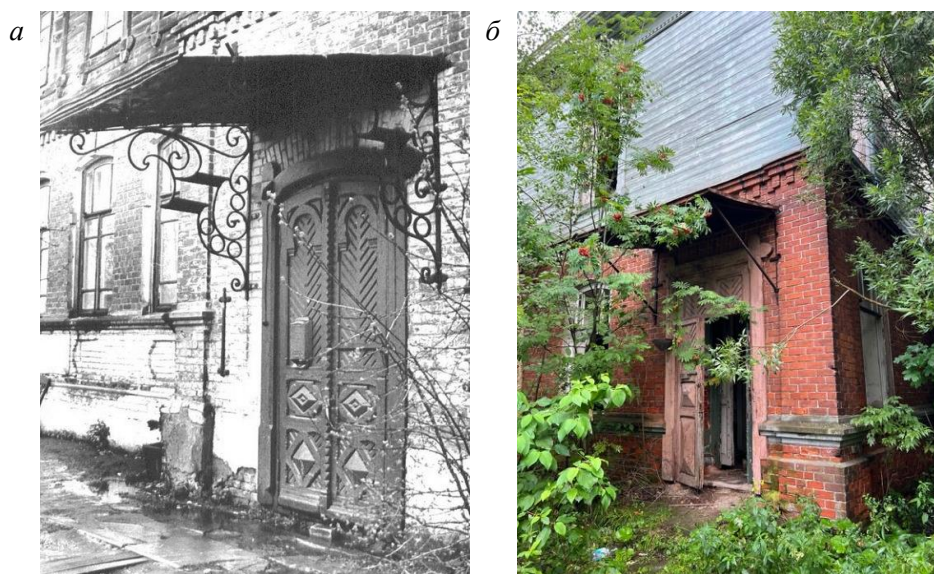


Рис. 18. Входная группа терапевтического отделения земской больницы. Архивное фото (а); крыльцо земской больницы в г. Юрьевце. Вид крыльца в северной части. Фото автора. 2025 г. (б)

Fig. 18. Zemsky hospital in 2025: entrance (a); porch (b)

Объекты культурного наследия Юрьевца, возведенные в кирпичном стиле, выступают не как разрозненные элементы, а как стилеобразующая основа целостного историко-архитектурного ансамбля города. Типологический ряд построек начала XX в. представлен широким спектром сооружений – от общественных и жилых зданий (фабричное училище, гостиницы, купеческие особняки, доходные дома) до объектов производственно-хозяйственного назначения (типография, склады, пожарное депо, пекарня). Художественное единство данных объектов, интерпретируемое в контексте провинциальной эклектики, выражено в схожести объемно-пространственных решений и приемов фасадного декора.

Тем не менее большая часть жилой застройки по-прежнему была деревянной. По сведениям 1885 г., в городе насчитывалось 499 усадебных деревянных домов и только шесть каменных [15]. Центром притяжения являлась главная улица – Георгиевская, где возводили свои дома преимущественно купцы и промышленники. Если монументальные кирпичные сооружения выполняли роль архитектурных доминант и формировали официальный образ городского пространства, то деревянные усадебные комплексы периода эклектики воплощали принципы частного, камерного строительства. Сохранившиеся образцы жилой деревянной архитектуры периода конца XIX – начала XX в. представляют значительный научный интерес как свидетельства высокого профессионального мастерства народных строителей, сумевших органично интегрировать элементы стилевой эклектики в традиционную систему деревянного зодчества.

Урбанизация и промышленный рост второй половины XIX в. обусловили трансформацию торговых пространств российской провинции. На примере

Юрьевца прослеживается характерная для средневожских городов тенденция смены временной ярмарочной застройки капитальными сооружениями. До середины столетия торговля велась преимущественно на открытых рынках и ярмарках (рис. 19), выступавших не только экономическими, но и социокультурными центрами городской жизни [16]. Развитие транспортной инфраструктуры в пореформенный период выявило объективную необходимость в переходе к стационарным типам торговых зданий.



Рис. 19. Базарный день у Благовещенской церкви. Архивное фото конца XIX в. Госкаталог РФ

Fig. 19. Market day in the Annunciation Church. Archival photo of the end of the 19th century. The State Catalog of the Russian Federation

Торговые ряды

Торговые ряды, расположенные по ул. Советской, 26, представляют собой значительный архитектурный ансамбль, сформировавшийся в два основных строительных периода (рис. 20). Согласно данным Свода памятников архитектуры и монументального искусства России, «первоначальный кирпичный корпус, возведенный в третьей четверти XIX века как комплекс сблокированных торговых лавок, демонстрирует характерные черты эклектики с выраженной ритмичностью фасадной композиции. Пятнадцать равных прясел, образованных лопатками с раскрепованным карнизом, создают строгий, но выразительный архитектурный образ» [5, с. 730–731]. Композицию фасада дополняют фактурная кирпичная кладка с глубокой подрезкой швов и система проемов. Широкие дверные проемы и оконные проемы с лучковыми перемычками в нижнем ярусе и парные антресольные окна в верхнем. Внутренняя планировка отличается вариативностью пространственных решений, сочетая сводчатые перекрытия, двухсветные помещения и галерейные схемы (рис. 21).



Рис. 20. Торговые ряды. Вид с северо-запада. 1851 г. [5]
Fig. 20. Shopping mall, 1851

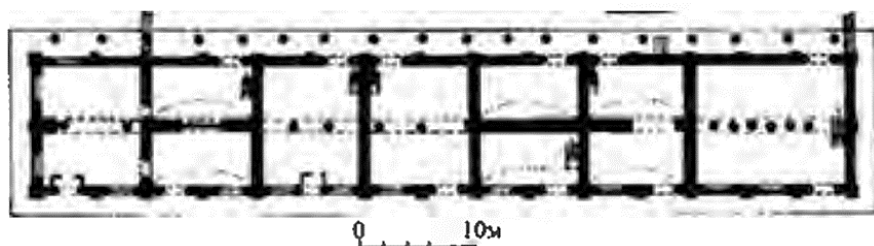


Рис. 21. Кирпичный корпус. План 1-го этажа торговых рядов [5]
Fig. 21. The plan of the ground floor of the shopping mall brick building

В начале XX в. комплекс был существенно расширен за счет деревянных торговых корпусов в стилистике модерна (ныне утрачены). В составе деревянных торговых сооружений выделялись миниатюрные торговые павильоны, в которых сочетались элементы неоклассики и модерна. Сохранившийся репрезентативный пример (ул. Базарная площадь, 1) демонстрирует провинциальную интерпретацию модерна (рис. 22). Характерными чертами его композиции являются асимметричное расположение конька кровли, создающее динамичный силуэт, и органично текущие контуры. Архитектурный облик павильона в значительной мере определяет его подлинный декор: каннелированные пилястры на углах, массивные карнизы и фигурные наличники крупных окон. Одно из этих окон освещает тамбур, а другое – торговое помещение. Также источники свидетельствуют о существовании и второго, ныне утраченного, павильона с чертами неоклассицизма, что позволяет рассматривать комплекс торговых рядов как единый архитектурный ансамбль (рис. 23).

а



б



Рис. 22. Торговый павильон. Восточный вид. Архивное фото. 1986 г. [5] (а); торговый павильон. Кофейня «Чертог». Вид юго-западный. Современное фото. Апрель 2025 г. (б)

Fig. 22. Trade pavilion (a). Archival photo, 1986; coffee shop “Chertog” (b), 2025

Ресторан В.Н. Демидова

В начале 1910-х гг. в Юрьевце было возведено двухэтажное кирпичное здание ресторана В.Н. Демидова, занимавшее важное градостроительное положение на пересечении Георгиевской улицы и центральной площади [17]. Данное сооружение представляло собой характерный пример провинциальной интерпретации стиля модерн (рис. 24).



Рис. 23. Торговый павильон. Архивное фото. 1986 г. [5]
Fig. 23. Trade pavilion. Archival photo, 1986



Рис. 24. Ресторан В.Н. Демидова. Вид северо-восточный. Фото 1973 г. [5]
Fig. 24. Demidov's restaurant, 1973

Здание отличалось сложной асимметричной композицией с многоскатной кровлей. Главный восточный фасад был обращен на Георгиевскую улицу, а северный торец выходил на площадь. Архитектурный облик характеризовался выразительной игрой объемов: центральная ось главного фасада подчеркнута широким фронтоном над входом, смещенным от центра, тогда как правая часть акцентируется высоким щипцом. Особую пластичность композиции придает дугообразный эркер на торцевом фасаде, завершенный коническим повышением кровли. Фасады были прорезаны узкими, вертикально вытянутыми окнами, характерными для стиля модерн, и декорированы профилированными карнизами (рис. 25).

Планировочная структура всех этажей идентична. По центральной оси, соответствующей главному входу, проходит узкий коридор. Пространство по сторонам от коридоров разделено на крупные помещения, служившие ресторанными залами, и малые, которые использовались под служебные нужды и как гостиничные номера. Объект не сохранился, в конце 1970-х гг. XX столетия ресторан был разрушен.



Рис. 25. Слева ресторан В.Н. Демидова. Архивное фото. Период создания 1969–1977 гг. Ретроспектива среды обитания человека

Fig. 25. On the left: Demidov's restaurant. Archival photo, 1969-1977. A retrospective of the human habitat

Суммируя описанные процессы промышленного роста и градостроительной активности, можно констатировать, что к началу XX в. Юрьевец сформировался как сложившийся единый градостроительный организм (рис. 26).



Рис. 26. План существенного размещения уездного города Юрьевца-Повольского. 1914 г. Чертил П. Макаров. ГБУИО «Музеи города Юрьевца»

Fig. 26. A plan of the county town of Yuryevets-Povol'sky by P. Makarov, 1914. Museums of Yuryevets

Его планировочная структура представляла собой вытянутый вдоль волжского берега город с протяженностью около 4,3 км (4 версты) при ширине от 116,8 до 584 м (50–250 саженей). Каркас Юрьевца образовывали две основные продольные улицы с прилегающими переулками общей протяженностью 8,6 км (8 верст), несколько компактных площадей и три капитальных каменных моста. По демографическим показателям город насчитывал приблизительно 8 тыс. жителей [18].

Заключение

Резюмируя вышесказанное, можно заключить, что трансформация планировочной структуры города во второй половине XIX – начале XX в. была детерминирована не только ландшафтно-географическими условиями, но и экономической целесообразностью, связанной с развитием транспортно-логистической инфраструктуры. Эти процессы привели к функциональной дифференциации городской среды.

К началу XX столетия сформировалась устойчивая система планировочных зон с четким разделением функций: промышленной, торговой и административно-образовательной. При этом архитектурные решения отдельных зданий демонстрировали стремление к технологической рациональности. В итоге сложившееся зонирование сформировало уникальный архитектурный облик Юрьевца, органично объединивший индустриальные доминанты, купеческую застройку и общественные здания в условиях компактной линейной структуры города.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Рудольский, В. План города Юрьевца-Повольского: [схематич. рис. 118,0×57,0 см] // ГБУ Ивановской обл. Областной музей «Музеи города Юрьевца». Номер в Госкаталоге: 41624152; номер по КП (ГИК): ЮКМ 1061/1.
2. План г. Юрьевца Поволжского Костромской губернии с обозначением и описанием кварталов, мест, зданий : 1833 г. (графика) [Дело]. Масштаб: 1:4200 (50 саж. в 1 англ. дюйме). 1833. 1 л. : раскраш. тушь, акварель ; 95×62 см. (Фонд Планы и чертежи гражданской архитектуры. Коллекция). Загл. на обл.: г. Юрьевец – Костромская губ. Оригинальное загл. дела: План города : 1883. Текст рукописный. Копии // РГИА. Ф. 1488. Оп. 2. Д. 318.
3. План уездного г. Юрьевца-Повольского Костромской губернии, снятый классным топографом Тарбьевым в 1850 г. Копия [Картографический материал]. 1863. 1 л. : цвет. типогр. печать ; 100×50 см // ГБУ ИО «Областной музей "Музеи города Юрьевца"». Инв. № ЮКМ 106. Номер в Госкаталоге: 41626296.
4. Боголюбов, Н.П. Волга от Твери до Астрахани: с 10 литографиями, 31 политипажем и картой Волги. Санкт-Петербург : Самолет, 1862. VIII, 415 с., 1 грав. тит. л., 11 л. ил., карт.
5. Свод памятников архитектуры и монументального искусства России. Ивановская область. Часть 3. Москва : Наука, 2000. 813 с. ISBN 5-02-011595-9.
6. Езиоранский, Л.К. Фабрично-заводские предприятия Российской империи на 1909 год. Санкт-Петербург : Изд. Совета съездов представителей промышленности и торговли, 1909. № 1494 (К).
7. Иоксимович, Ч.М. Мануфактурная промышленность в прошлом и настоящем. Том 1. Москва : Вестн. мануфакт. пром-сти, 1915. [488] с. разд. паг. : ил., портр.
8. Путеводитель. Часть первая. Фонды периода до 1917 года // Государственный архив Ивановской области. Иваново : [б. и.], 2020. 130 с.
9. Типография «Александровский дрожжевой и винокуренный завод “Товарищества под фирмою» Н-ца В.А. Соболева и Бр. Веснины”» в Юрьевец-Поволжском. ЮКМ 510.
10. Сиротина, А. Страницы из книги «История развития народного образования в Юрьевецком уезде (районе)». Москва, 2001. С. 5–9.
11. Отношение Юрьевецкого уездного предводителя дворянства в Юрьевецкую городскую управу с ходатайством об открытии женской прогимназии. 21 января 1899 г. // ГАИО.
12. Юрьевец: прошлое и настоящее города на Волге. Иваново : Ивановская газета, 2000. 238 с. ISBN 5-93016-040-6.
13. Панов, В.А. Историко-культурное наследие города Юрьевца // Научный альманах. 2020. № 2. С. 123–130. DOI: 10.34670/AR.2020.40.43.013
14. Архангельский, П.А. Общий обзор земского медицинского дела в Юрьевецком уезде со времени введения земских учреждений. Москва : Друкарь, 1913. 22 с.

15. Алмазов, П.А. Краткий путеводитель по г. Костроме и Костромской губернии. Кострома : Губ. тип., 1909. 43 с.
16. Кириченко, Е.И. Русская архитектура 1830–1910-х годов. Москва, 1978. 399 с.
17. Полякова, Л.Л. Юрьевец: Историко-краеведческий очерк. Ярославль : Верх.-Волж. кн. изд-во, 1984. 144 с.
18. Первая всеобщая перепись населения Российской империи 1897 г. Санкт-Петербург : Издание Центрального статистического комитета Министерства внутренних дел, 1899–1905.

REFERENCES

1. Rudolsky, V. City plan of Yuryevets-Povolzsky, Museums of Yuryevets. State Catalog N 41624152. (In Russian)
2. Russian Historical Archive, Yuryevets Povolzhsky plan, Kostroma province, 1833. Form 1488. List 2. Rec. 318. (In Russian)
3. Yuryevets Povolzsky plan, Kostroma province, State Catalog N 41626296. (In Russian)
4. Bogolyubov, N.P. Volga from Tver to Astrakhan. Saint-Petersburg: Samolet, 1862. VIII, 415 p. (In Russian)
5. The code of Monuments of Architecture and Monumental Art of Russia. Part 3. Moscow: Nauka. 2000. 813 p. (In Russian)
6. Yezioransky, L.K. Factory Enterprises of the Russian Empire in 1909. Saint-Petersburg, 1909. (In Russian)
7. Ioksimovich, Ch.M. The Manufacturing Industry in the Past and Present. Moscow, 1915 (In Russian)
8. State Archive of the Ivanovo region. A travel guide. Part 1. 1917. Ivanovo, 2020, 130 p. (In Russian)
9. Printing house "Aleksandrovsky Yeast and Distillery of the Partnership under the firm "N.A. Sobolev and Br. Vesniny" in Yuryevets-Povolzhsky. (In Russian)
10. Sirotina, A. The History of the Development of Public Education in the Yuryevetsky District. Moscow, 2001. Pp. 5–9. (In Russian)
11. State Arcive. The attitude of the Yuryevets district leader of the nobility to the Yuryevetsky city council with a petition to open a women's gymnasium. January 21, 1899. (In Russian)
12. Yuryevets: The Past and Present of the City on the Volga. Ivanovo: Ivanovskaya gazeta, 2000. 135 p. (In Russian)
13. Panov, V.A. Historical and Cultural Heritage of Yuryevets. *Nauchnyi al'manakh*. 2020; (2): 123–130. DOI: 10.34670/AR.2020.40.43.013 (In Russian)
14. Arkhangelsky, P.A. A General Overview of Medical Business in the Yuryevetsky District of Kostroma Province. Moscow: Drukar', 1913. 22 p. (In Russian)
15. Almazov, P.A. A Brief Guide to the City of Kostroma and the Kostroma Governorate. Kostroma, 1909. 43 p. (In Russian)
16. Kirichenko, E.I. Russian Architecture of the 1830s–1910s. Moscow, 1978. 399 p. (In Russian)
17. Polyakova, L.L. Yuryevets: A Historical and Local History Essay. Yaroslavl, 1984. 144 p. (In Russian)
18. The First General Census of the Population of the Russian Empire, 1897. Saint-Petersburg, 1899–1905. (In Russian)

Сведения об авторе

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

Author Details

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

Статья поступила в редакцию 13.03.2026
Одобрена после рецензирования 19.03.2026
Принята к публикации 23.04.2026

Submitted for publication 13.03.2026
Approved after review 19.03.2026
Accepted for publication 23.04.2026

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2026. Т. 28. № 3. С. 57–72.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2026; 28 (3): 57–72.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 711.4(571.1)"16/19"

<https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-57-72>



EDN: CBPVVO

ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМЫ РАССЕЛЕНИЯ В ПРИБРЕЖНОЙ ПОЛОСЕ ОБЬ-ЕНИСЕЙСКОГО ВОДНОГО ПУТИ (ОБЬ-ИРТЫШСКИЙ БАССЕЙН, КОНЕЦ XVII – НАЧАЛО XX ВЕКА)

Ольга Геннадьевна Литвинова

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

Аннотация. *Актуальность.* Изучение исторических систем расселения имеет ключевое значение для понимания современных процессов освоения территорий и градостроительного планирования, особенно в регионах со сложной ландшафтной структурой, таких как Западная Сибирь.

Целью исследования является реконструкция и анализ эволюции системы расселения в Обь-Иртышском бассейне на участке от г. Тюмени до с. Нарыма с конца XVII по начало XX в. Территориальные границы исследования привязаны к прибрежным территориям Обь-Енисейского водного пути, как к основополагающему транзитному транспортному каркасу освоения Сибири, который сформировался в конце XVII в.

Методология основана на компаративном анализе и геоинформационной привязке четырех групп исторических источников: карт С.У. Ремезова (Хорографическая чертежная книга, 1697–1711), путевых описаний Г.Ф. Миллера (1730–1740-е гг.), материалов Генерального межевания (к. XVIII – н. XIX в.) и карт Министерства путей сообщения (к. XIX – н. XX в.).

В результате исследования реконструированы количественные и типологические характеристики поселенческой сети на четыре хронологических среза. Выявлено, что общее количество фиксируемых поселений снизилось с 561 (по данным С.У. Ремезова) до 332 (к концу XIX в.), что отражает не столько депопуляцию, сколько качественную перестройку системы. Установлено, что доля русских поселений колебалась в пределах 55–65 %, а доля поселений коренных народов – 35–45 %, демонстрируя устойчивый этнический баланс.

Прослежена эволюция иерархии поселений: соотношение «село:деревня» (на одно село числа деревень) изменилось с 1:43 в начале XVIII в. до 1:3 в конце XIX в., что свидетельствует о формировании более зрелой двухуровневой структуры расселения. За два столетия система расселения прошла путь от первичного, «точечного» освоения, зафиксированного в дробных данных С.У. Ремезова, к созданию устойчивой, иерархически организованной структуры, юридически оформленной в ходе Генерального межевания и привязанной к воднотранспортной инфраструктуре к концу XIX в.

Ключевые слова: градостроительная ретроспектива, система расселения, историческая картография, Обь-Иртышский бассейн, С.У. Ремезов, Г.Ф. Миллер, Генеральное межевание, ГИС-технологии

Для цитирования: Литвинова, О.Г. Эволюция системы расселения в прибрежной полосе Обь-Енисейского водного пути (Обь-Иртышский бассейн, ко-

нец XVII – начало XX века) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2026. Т. 28. № 3. С. 57–72. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-57-72>. EDN: CBPVVO

ORIGINAL ARTICLE

EVOLUTION OF SETTLEMENT ALONG THE COASTAL STRIP OF THE OB-ENISEY WATERWAY IN OB-IRTYSH BASIN LATE IN THE 17th AND EARLY 20th CENTURIES

Olga G. Litvinova

Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

Abstract. Purpose: The aim of this work is to reconstruct and analyze the evolution of settlement in the Ob-Irtysh basin late in the 17th and early 20th centuries.

Design/methodology/approach: The methodology is based on a comparative analysis and geoinformation referencing of four groups of historical sources: maps by S.U. Remezov (1697–1711), travel descriptions by G.F. Miller (1730s–1740s), ordnance survey documents (late 18th – early 19th centuries), and maps of the Ministry of Transport (late 19th – early 20th centuries).

Research findings: Quantitative and typological characteristics of the settlement network for four chronological periods are reconstructed. According to Remezov, the total number of recorded settlements decreases from 561 to 332 (by the end of the 19th century), reflecting a qualitative restructuring, rather than depopulation. The proportion of Russian settlements fluctuates between 55 and 65 %, and that of indigenous settlements between 35 and 45%, demonstrating a stable ethnic balance. The evolution of hierarchy is traced through the village (selo): hamlet (derevnya) ratio, which changes from 1:43 at the beginning of the 18th century to 1:3 at the end of the 19th century, indicating the formation of a mature two-level settlement structure.

Originality/value: Over two centuries, the settlement system evolved from the primary, point-based development, recorded in Remezov's fractional data, to the creation of a stable, hierarchically organized structure, legally formalized during the ordnance survey and rigidly tied to the water transport infrastructure by the end of the 19th century.

Keywords: urban planning retrospective, settlement system, historical cartography, Ob-Irtysh basin, S.U. Remezov, G.F. Miller, ordnance survey, GIS technologies

For citation: Litvinova, O.G. Evolution of Settlement along the Coastal Strip of the Ob-Enisey Waterway in Ob-Irtysh Basin Late in the 17th and Early 20th Centuries. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2026; 28(3): 57–72. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-57-72>. EDN: CBPVVO

Введение

Актуальность исследования систем расселения в исторической ретроспективе обусловлена необходимостью понимания долгосрочных закономерностей освоения пространства для решения современных задач регионального развития и градостроительного планирования. Обь-Иртышский бассейн, являясь ключевым звеном Обь-Енисейского водного пути, представляет собой уникальную территорию для изучения эволюции поселенческой сети в условиях активного взаимодействия русских первопоселенцев и коренных народов Сибири на протяжении нескольких столетий [14–18].

Обзор литературы показал, что, несмотря на значительное количество работ, посвященных отдельным источникам [1–3], комплексный сравнительный

анализ данных картографии, полевых описаний и кадастровых материалов применительно к динамике расселения вдоль водных магистралей региона до сих пор не проводился.

Постановка проблемы заключается в необходимости преодоления фрагментарности историко-градостроительных знаний и создания целостной картины развития поселенческой сети.

Целью настоящего исследования является реконструкция и анализ эволюции системы расселения в Обь-Иртышском бассейне вдоль Обь-Енисейского водного пути от Тюмени до Нарыма с конца XVII по начало XX в. на основе компаративного анализа разнородных исторических источников.

Материалы и методы

Методология исследования базируется на комплексном подходе, включающем компаративный анализ, историко-градостроительный метод и современные геоинформационные технологии. В качестве основных источников были использованы четыре группы материалов.

Первую группу составляют картографические произведения Семёна Ульяновича Ремезова, в первую очередь его «Хорографическая чертежная книга»¹ (1697–1711), содержащая наиболее детальные и первичные сведения о гидрографии и расселении на конец XVII в. [1]. Вторым ключевым источником являются путевые описания Герхарда Фридриха Миллера, руководителя академического отряда Второй Камчатской экспедиции (1733–1743). Его записки, систематизированные А.Х. Элертом [4], содержат уникальные статистические и этнографические данные, включая сведения о численности дворов и юрт в каждом поселении и их сословном составе на середину XVIII в. Третью группу образуют материалы Генерального и Специального межевания (к. XVIII – н. XIX в.), которые впервые обеспечили юридически закреплённую и точную инструментальную фиксацию границ землевладений и населённых пунктов. Четвертая группа включает карты, составленные губернскими чертежными и Министерством путей сообщения в рамках подготовки «Материалов для описания русских рек» (к. XIX – н. XX в.), отличающиеся высокой точностью и детализацией речной инфраструктуры и прибрежных поселений.

Основным методом работы стала геоинформационная привязка всех картографических материалов к современной топографической основе в ГИС-среде. Это позволило скорректировать искажения, вызванные разномасштабностью и условностью старинных чертежей, и локализовать исторические населённые пункты с высокой степенью достоверности.

Для путевых описаний Г.Ф. Миллера применялся метод ретроспективного картографирования на основе маршрутных данных и упоминаемых расстояний.

Анализ проводился по трем параметрам: общее количество поселений, их типологическая структура и этническая принадлежность. В работе учитывались методологические подходы к изучению ремезовских атласов, разработан-

¹ Ремезов Семён Ульянович, 1642 – ок. 1720. Хорографическая книга [картографический альбом Сибири]. Рукопись на русском языке 72 (6). Библиотека Хоутона, Гарвардский университет, Кембридж, Массачусетс. URL: <https://nrs.lib.harvard.edu/urn-3:fhcl.hough:4435676>

ные Л.А. Гольденбергом [1] и Б.П. Полевым [2], а также выводы А.Х. Эл-лerta [4] об особенностях полевых материалов академической экспедиции.

Результаты

В результате геоинформационной привязки и анализа источников были реконструированы четыре хронологических среза системы расселения в Обь-Иртышском бассейне (от Тюмени до Нарыма).

Данные С.У. Ремезова (к. XVII – н. XVIII в.) [5]. Согласно реконструкции по «Хорографической чертежной книге» (рис. 1), общее количество населенных пунктов составило 561. Типология поселений отражала начальный этап освоения (заселение) и включала 8 видов русских поселений и 4 вида поселений коренных народов. Количественные данные представлены в табл. 1. Абсолютное большинство составляли русские деревни (53,8 % от общего числа) и юрты коренных жителей (31,7 %). Административные, хозяйственные и культурные объекты (города, погосты, ямы, мельницы) выполняли роль «опорных точек» каркаса расселения.

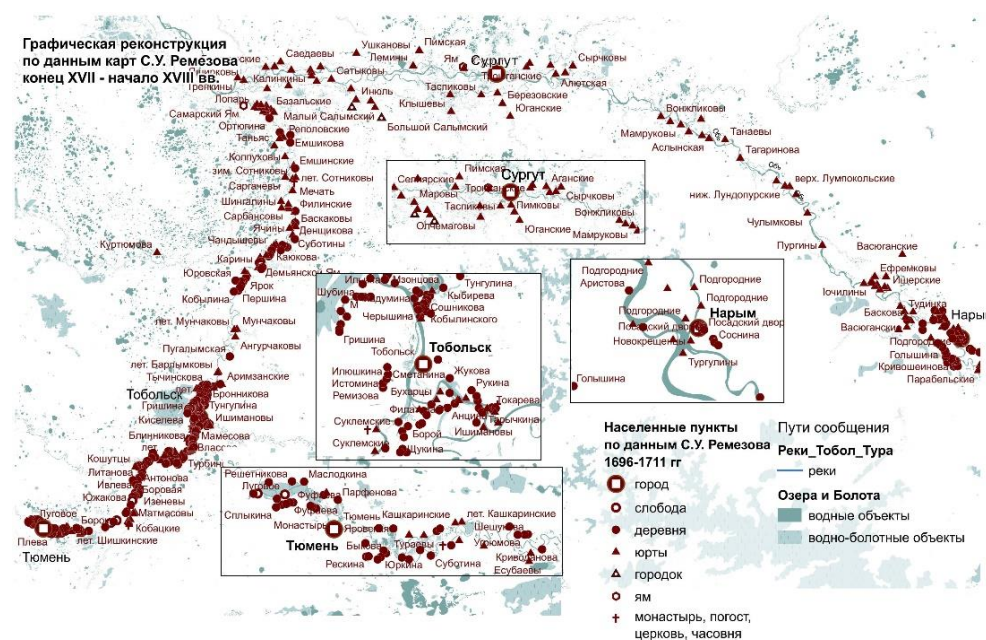


Рис. 1. Графическая реконструкция сети поселений в Обь-Иртышском бассейне водного пути по данным карт С.У. Ремезова (к. XVII – н. XVIII в.)

Fig. 1. Reconstruction of settlements in the Ob-Irtysh waterway basin based on maps by S.U. Remezov (late 17th and early 18th centuries)

Графический анализ реконструкции, выполненной на основе «Хорографической чертежной книги», выявляет исходное состояние поселенческой сети как пространственно распределенное. Визуализация подтверждает количественные данные о доминировании мелких деревень и юрт (85,5 % от общего числа), которые формируют два основных типа ареалов: южный (Тюмень-То-

больский) с высокой плотностью и чересполосным расположением русских и родоплеменных поселений и северный с преобладанием сезонных промысловых юрт. Города на этом этапе выступают изолированными «точками» административно-фискального присутствия, вокруг которых еще не сформированы устойчивые экономические связи и зоны производственного притяжения, что характеризует систему как **дисперсную (рассредоточенную) сеть первичного заселения с зарождающимися очагами сельскохозяйственных кластеров**, привязанную к реке как к единственному транспортному каркасу.

Таблица 1

**Типология и количество поселений Обь-Иртышского бассейна
(по данным «Хорографической чертежной книги» С.У. Ремезова)**

Table 1

**Typology and number of settlements in the Ob-Irtysh Basin
(according to "Chorographic Atlas" by Remezov)**

№ п/п	Тип поселения	Количество	% от общего числа
Русские поселения		363	64,7
1	Город	4	0,7
2	Монастырь	1	0,2
3	Погост	9	1,6
4	Часовня	1	0,2
5	Слобода	7	1,2
6	Деревня	302	53,8
7	Ям	3	0,5
8	Мельница	36	6,4
Поселения коренных народов		198	35,3
9	Юрты летние	16	2,9
10	Юрты (включая зимние)	178	31,7
11	Городок князца	3	0,5
12	Мечеть	1	0,2
Итого		561	100

Данные Г.Ф. Миллера (сер. XVIII в.) [6]. Полевые материалы Г.Ф. Миллера фиксируют иную картину: общее число учтенных объектов снизилось до 384 (табл. 2). Это объясняется исключением сезонных и малонаселенных поселений в зонах с неустойчивым ландшафтом прибрежной полосы, эпидемий и миграции коренного населения. Ключевым результатом этого этапа является не столько сокращение сети, сколько ее качественная перестройка: данные о численности дворов в населенных пунктах и сословном составе (3213 дворов в русских поселениях и 1043 в коренных) впервые позволяют утверждать об «объеме» системы. Пропорциональная доля коренных поселений выросла до 44,5 %, при этом зафиксирована консолидация населения в крупных пунктах: среднее число дворов в ямах составило 159, что в 24 раза больше, чем в средней по численности деревне (6,5 двора).

Таблица 2

**Типология и структура поселений Обь-Иртышского бассейна
(по данным путевых описаний Г.Ф. Миллера)**

Table 2

**Typology and structure of settlements in the Ob-Irtysh Basin
(according to Miller's travel accounts)**

№ п/п	Тип поселения	Количество	% от общего числа	Число дворов
Русские поселения		213	55,5	3213
1	Город	4	1,0	1130
2	Погост	11	2,9	84
3	Село / Слобода	13	3,4	346
4	Деревня	180	46,9	1175
5	Ям	3	0,8	478
6	Завод	2	0,5	–
7	Мельница / Заимка	38	9,9	6
Поселения коренных народов		171	44,5	1043
8	Юрты (летние/зимние)	164	34,9	1043
9	Мечеть	7	1,8	–
Итого		384	100	4262

Пространственный анализ данных Г.Ф. Миллера демонстрирует начало перехода от пространственно-распределенной к линейно-узловой структуре. Визуальное «разрежение» сети, фиксирующее сокращение числа мелких и сезонных объектов, сопровождается появлением первых устойчивых центров тяготения – сел, ямов, погостов. Картографически подтверждается функциональная дифференциация пространства: в зоне влияния Тобольска русские деревни образуют относительно плотный узел, тогда как Сургут и Нарым сохраняют статус административно-фискальных центров в структуре пространственно-распределенной сети поселений коренных жителей (рис. 2).

Данная конфигурация свидетельствует о начале структурного преобразования поселенческой сети при сохранении ее привязки к главным речным магистралям.

Данные Генерального межевания (к. XVIII – н. XIX в.) [7]. Материалы межевания фиксируют 522 населенных пункта (табл. 3). Типология обновлена в соответствии с государственной учетной политикой: исчезли ямы и погосты как отдельные категории, появились выселки, однодворки и город-завод. Главный итог этапа – структурирование и развитие системы средних и малых населенных пунктов (при этом города уплотняются, растут в численности населения), установление связи между селом и деревней. Число сел, выполнявших функции административных, экономических и духовных центров (т. е. частично принявших функции города), выросло до 30 (в 4,3 раза по сравнению с началом XVIII в.), а соотношение «село:деревня» достигло 1:9.

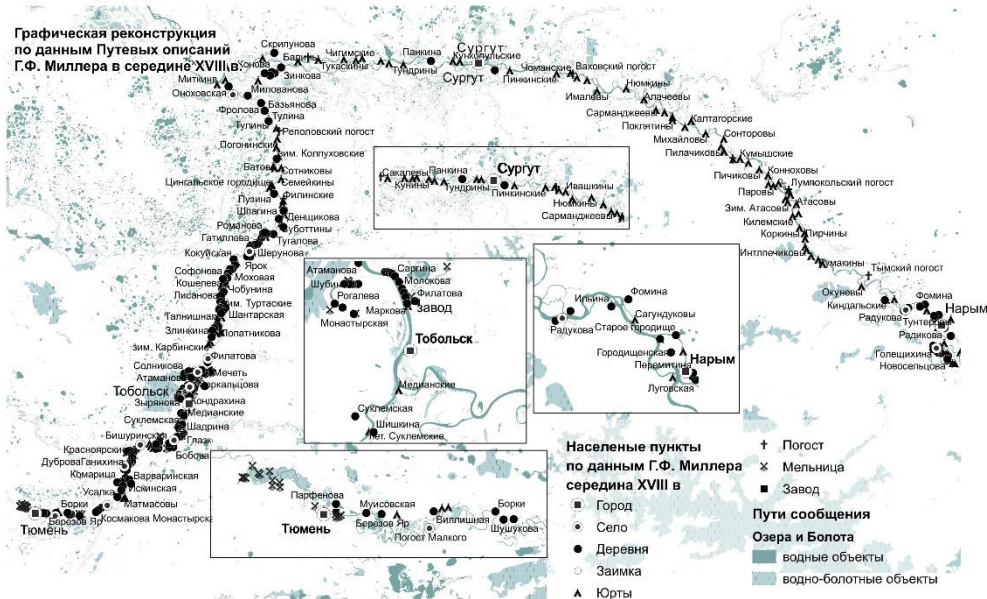


Рис. 2. Графическая реконструкция системы расселения в Обь-Иртышском бассейне по данным путевых описаний Г.Ф. Миллера (середина XVIII в.)

Fig. 2. Reconstruction of settlements in the Ob-Irtysh Basin based on the travel accounts of G.F. Miller (mid-18th century)

Таблица 3

Типология и структура поселений Обь-Иртышского бассейна (по данным Генерального межевания)

Table 3

Typology and structure of settlements in the Ob-Irtysh Basin (based on data from the ordnance survey)

№ п/п	Тип поселения	Количество	% от общего числа
Русские поселения		326	62,5
1	Город	4	0,8
2	Город-завод	1	0,2
3	Село	30	5,7
4	Выселки / Заимка / Однодворка	11	2,1
5	Деревня	276	52,9
6	Мельница	4	0,8
Поселения коренных народов		196	37,5
7	Юрты	196	37,5
Итого		522	100

Материалы Генерального межевания, визуализированные на данной реконструкции (рис. 3), впервые отражают по-новому сформированную иерархическую структуру расселения, юридически закрепленную государственным учетом. Картографическое изображение фиксирует четкое трехзвенное соподчинение

ние: вокруг городов (Тюмень, Тобольск) образуются плотные пояса сельской периферии, которые, в свою очередь, структурированы сетью сел, выступающих местными центрами для групп деревень. Графически это выражается в формировании зон устойчивого тяготения («кустов расселения»), что подтверждает переход от свободно распределенной сети к территориально организованной системе.

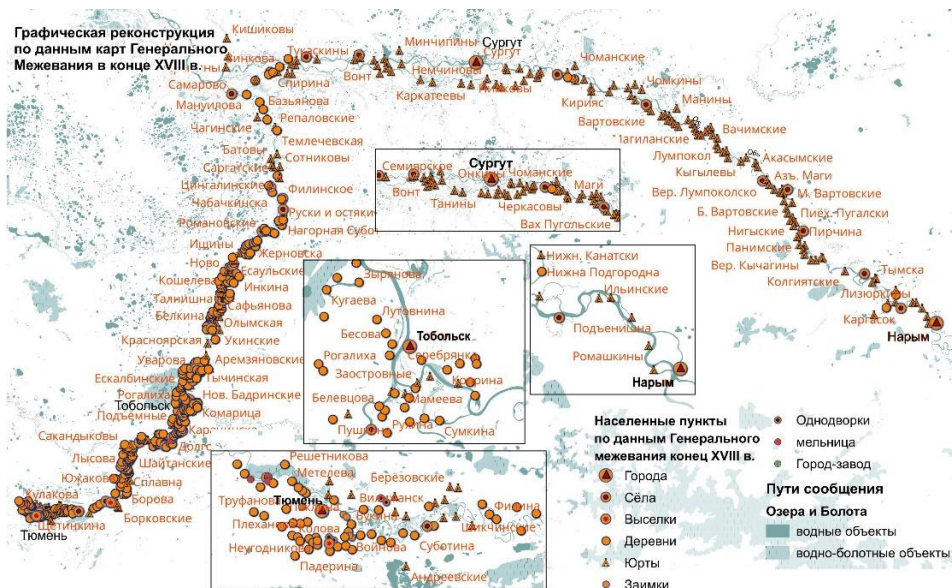


Рис. 3. Графическая реконструкция системы расселения в Обь-Иртышском бассейне по данным Генерального межевания (к. XVIII – н. XIX в.)

Fig. 3. Reconstruction of settlements in the Ob-Irtysh Basin based on data from the ordnance survey (18–19th centuries)

Данные карт XIX – н. XX в. [8–13]. К концу XIX в. система приобрела завершённый, зрелый облик (табл. 4). Общее число поселений стабилизировалось на отметке 332. Произошла окончательная унификация типологии: временные формы (однодворки, займки) исчезли. Иерархия достигла максимальной выраженности: число сел возросло до 44, а соотношение «село:деревня» составило 1:3,6. Коренное население (117 юрт) сохранило этническую обособленность, но сместилось от основной магистрали на северные притоки водного транзитного пути.

Графический анализ карт Министерства путей сообщения, отображенный в виде реконструкции сети поселений на рис. 4, фиксирует завершающую стадию формирования системы расселения – переход к линейно-узловому каркасу, полностью подчиненному логике главной воднотранспортной артерии. Визуализация демонстрирует окончательную консолидацию населения на устойчивых формах рельефа: абсолютное большинство русских поселений вытянуто вдоль береговой линии Оби, Тобола, Туры и Иртыша, формируя характерную «приречную гребенку». Зоны влияния городов, таких как Тобольск и Нарым, четко очерчены и функционально дифференцированы; при этом коренные жители, согласно картографическим данным, пространственно переместились от основной магистрали на периферийные притоки крупных рек. Такая

конфигурация является визуальным подтверждением достижения системой состояния, при котором градостроительная иерархия (от города к селу, от села к деревням) и транспортная эффективность достигают максимального для данного исторического периода выражения, а сама система приобретает свойства устойчивости и функциональной завершенности.

Таблица 4

Типология и структура поселений Обь-Иртышского бассейна
(по данным карт Министерства путей сообщения, к. XIX – н. XX в.)

Table 4

№ п/п	Тип поселения	Количество	% от общего числа
Русские поселения		215	64,8
1	Город	4	1,2
2	Город-завод	2	0,6
3	Село	44	13,3
4	Выселок	1	0,3
5	Деревня	160	48,2
6	Мельница	4	1,2
Поселения коренных народов		117	35,2
7	Юрты	117	35,2
Итого		332	100

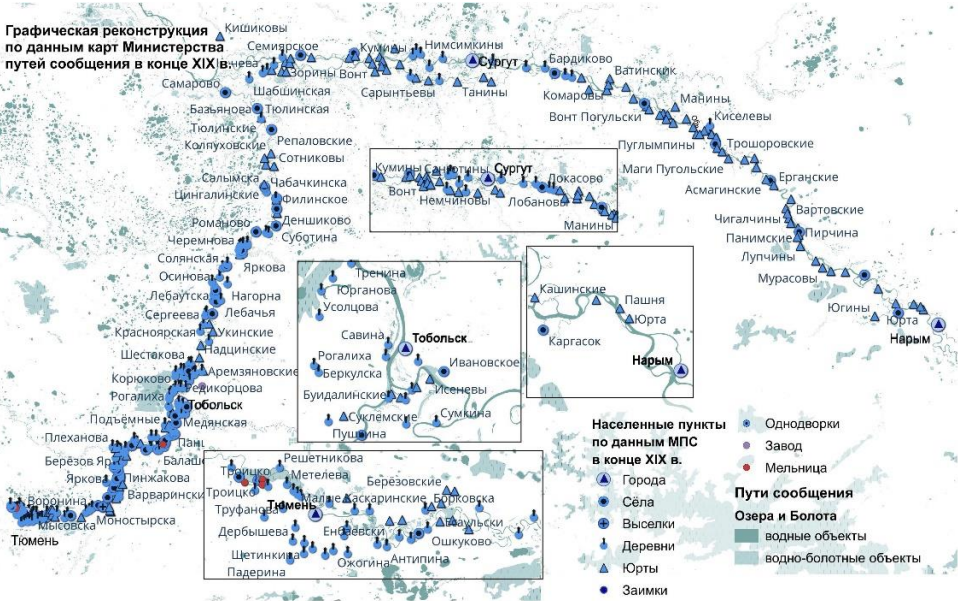


Рис. 4. Графическая реконструкция системы расселения в Обь-Иртышском бассейне по данным карт Министерства путей сообщения (к. XIX – н. XX в.)

Fig. 4. Reconstruction of settlements in the Ob-Irtysh Basin based on maps from the Ministry of Transport (19–20th centuries)

Обсуждение

Полученные эмпирические данные могут быть осмыслены в рамках различных теоретических парадигм, каждая из которых предлагает собственную логику объяснения причин и особенностей, почему система расселения сложилась именно таким образом и была ли она «достаточной» для решения стоявших перед ней задач.

Западная (функционально-иерархическая) парадигма. С точки зрения классических западных теорий расселения (модели центральных мест В. Кристаллера², теория полюсов роста Ф. Перру³) наблюдаемая картина предстает как процесс постепенного выстраивания недостающих звеньев иерархии. Исходная структура начала XVIII в. с 4 городами и более чем 300 деревнями, но крайне слабым средним звеном оценивается как архаичная и неустойчивая.

Эволюция, зафиксированная в данных настоящего исследования, интерпретируется как движение к «нормальному» состоянию: рост числа сел (с 7 до 44) и ямов, усложнение их функций, появление специализированных промышленных узлов (город-завод). С этой точки зрения система на протяжении всего периода объективно нуждалась в большем количестве городских центров, но в силу специфики региона (низкая плотность населения, экстенсивное хозяйство) эти функции были вынужденно делегированы «заменителям» – крупным селам и специализированным поселениям. Недостаток городов компенсировался усложнением сети негородских узлов.

Отечественная градостроительная и экономико-географическая парадигма. Отечественная советская школа, представленная трудами Н.Н. Баранского, О.А. Константинова, В.В. Покшишевского и позднее – теоретиков Единой системы расселения (Б.С. Хорев⁴, Г.М. Лаппо⁵), предлагает принципиально иной подход. Для российской парадигмы характерно понимание расселения

² Вальтер Кристаллер (1893–1969) – немецкий географ, автор теории центральных мест (1933 г.). Сформулировал модель идеального размещения городов, согласно которой поселения образуют иерархическую систему шестиугольных зон («кристаллеровская решетка»). Основная идея заключается в том, что «центральные места» (города) распределяются по территории равномерно для обеспечения окружающих районов товарами и услугами. Его работа заложила математический фундамент современной географии сферы услуг и районной планировки.

³ Франсуа Перру (1903–1987) – французский экономист, разработчик концепции «полюсов роста» (1955 г.). Утверждал, что экономическое развитие происходит неравномерно и концентрируется в определенных точках – «полюсах» (обычно это крупные динамичные предприятия или отрасли-лидеры). Эти центры создают импульсы роста, которые через систему связей распространяются на периферию. Теория Перру стала базой для государственной политики регионального развития во многих странах мира.

⁴ Борис Сергеевич Хорев (1932–2003) – экономико-географ, один из главных создателей концепции Единой системы расселения (ЕСР) в СССР. В своем ключевом труде «Проблемы городов» (1971 г.) обосновал идею перехода от управления отдельными городами к управлению взаимосвязанными сетями поселений. Рассматривал ЕСР как инструмент социального планирования, направленный на преодоление различий между городом и деревней, а также на рациональное распределение производственных сил по всей территории страны.

⁵ Георгий Михайлович Лаппо (1923–2020) – географ-урбанист, крупнейший теоретик в области изучения городских агломераций. В работах «География городов» и «Развитие городских агломераций в СССР» (1978 г.) развил идеи опорного каркаса расселения – совокупности крупнейших городов и магистралей, формирующих «скелет» страны. Акцентировал внимание на динамике развития крупных городских центров как узлов инноваций и социальной активности, определяющих пространственную структуру экономики.

не как статичной иерархии, а как динамичного каркаса, обеспечивающего решение хозяйственных задач на огромных территориях.

Ключевым для интерпретации представленных данных становится понятие «опорный каркас расселения», разработанное Г.М. Лаппо. С этой точки зрения 4 города на исследуемом участке – это не допустимый «минимум», а ядро будущего каркаса, вокруг которого впоследствии сформируется вся система. Тюмень, Тобольск, Сургут и Нарым выступали не просто как административные центры, а как узлы, обеспечивавшие связанность территории. Функция остальных элементов системы (ямов, слобод, сел) – быть «транспортно-распределительными пунктами», связывающими основную магистраль с зонами хозяйственного освоения.

Отечественная школа также ввела понятие «территориально-производственный комплекс» (ТПК). Хотя в XVIII–XIX вв. о ТПК в полном смысле говорить рано, можно выделить его предпосылки. Появление городов-заводов (один – в к. XVIII в., два – в к. XIX в.) исследователи трактовали бы как формирование «промышленных узлов», вокруг которых начинает складываться специализированная система расселения, отличная от аграрной. Тот факт, что эти заводы возникли вне традиционных городов, подтверждает тезис о дискретности индустриального освоения Сибири.

Особенно ценной для анализа выявленных данных является концепция Единой системы расселения (ЕСР), разработанной в 1970–80-е гг. Ее сторонники доказывали, что зрелая система расселения должна обладать тремя уровнями: центр региона (Тобольск), субрегиональные центры (крупные села, ямы) и локальные пункты (деревни, юрты). Полученные данные подтверждают, что к концу XIX в. такая трехзвенная структура (город – село – деревня/юрты) уже полностью сложилась. Соотношение 1:3,6 между количеством деревень и сел – это, по сути, эмпирическое подтверждение оптимальной с точки зрения советской теории плотности местных центров тяготения.

Русская парадигма также позволяет по-новому взглянуть на проблему «достаточности» городов. Вместо вопроса «много или мало» она ставит вопрос о «соподчиненности» и «взаимодополняемости» элементов системы. Города здесь – не самостоятельные единицы, а вершина функциональной пирамиды. Если низовые звенья (села) развиты настолько, что берут на себя функции повседневного обслуживания и управления, то количество городов может быть минимальным, но при этом система будет работать эффективно. Сибирский материал показывает именно такой вариант: «разреженная» городская сеть при развитой сети сельских центров.

Отечественная (историко-географическая и евразийская) парадигма. Традиция отечественной исторической географии, особенно в ее «евразийском» варианте (В.П. Семенов-Тянь-Шанский⁶, П.Н. Савицкий⁷), предлагает

⁶ Вениамин Петрович Семёнов-Тянь-Шанский (1870–1942) – выдающийся русский географ и статистик, автор концепции антропогеографии. В своем фундаментальном труде «Район и страна» (1928 г.) обосновал теорию географических центров и «позиционных» преимуществ территорий. Сформулировал идею о необходимости освоения «внутренних колоний» России и развития «культурного ландшафта». Его идеи о географической целостности России и типах государственного устройства (морских и континентальных) оказали значительное влияние на формирование пространственного подхода в отечественной науке.

⁷ Петр Николаевич Савицкий (1895–1968) – экономист, географ, один из главных идеологов и основателей движения евразийства. Разработал междисциплинарную концепцию месторазвития (соци-

рассматривать систему расселения не как проекцию универсальной иерархической модели, а как продукт взаимодействия «стихий» и «государственного задания». В этой логике 4 города – это не «минимально необходимый набор», а оптимальный результат государственной стратегии.

Задача империи заключалась не в том, чтобы покрыть Сибирь сетью городов по европейскому образцу, а в том, чтобы создать каркас, обеспечивавший суверенитет, сбор ясака и транзит грузов. Города в этой модели – это «узлы опорного каркаса», а все остальное пространство осваивается крестьянским населением в соответствии с условиями ландшафта, которое и порождает деревни, а затем и села как естественные центры тяготения.

Увеличение числа сел к XIX в. – это не «компенсация нехватки городов», а естественный результат вызревания внутренних общественных связей в крестьянском мире. Система была самодостаточна и органична именно в своих сибирских параметрах. Здесь мы видим пересечение с градостроительной школой, но с иным акцентом: если для архитекторов-градостроителей важна закономерность формирования каркаса, то для евразийцев – его органичность и укорененность в ландшафте.

Восточная (цивилизационно-ландшафтная) парадигма. Альтернативный взгляд, опирающийся на идеи Л.И. Мечникова⁸ о речных цивилизациях и реконструируемые принципы восточной (китайской, японской) географической мысли, ставит в центр анализа не город и не иерархию, а реку как главное связующее звено. В этой перспективе 4 города на 1665 км – это количество, продиктованное не потребностями администрации или рынка, а самой природой речного пути. Города здесь – не более чем «причалы» и «склады» на «Великой Реке», служащие для обслуживания ее потока. Редкость городов – это не недостаток, а проявление принципа «пространственности», необходимой для сохранения баланса между человеком и природой, для существования культурных пространств и охотничьих угодий коренных народов. Иерархия «город – село – деревня» уступает место иной структуре: «река (ось мира) – притоки (зона традиции) – суша (зона автономии)». Миграция юрт от основной магистрали на притоки, зафиксированная в XIX в., в этой парадигме предстает не как вытеснение, а как осознанный уход коренного населения из зоны «административного принуждения» в зону сохранения родовой солидарности.

Сибирская (региональная) парадигма: взгляд «изнутри» и эффект разрыва. Рассмотренные выше теоретические модели (западная, отечественная, евразийская) описывают систему расселения преимущественно с позиций государства или универсальной экономической логики. Однако взгляд «изнутри» – с позиции жителя сибирского села или этнического стойбища – выяв-

ально-политического единства народа и его географической среды). В работах «Географические особенности России» (1927 г.) и «Россия – особый географический мир» обосновал тезис о срединном положении России-Евразии как самодостаточного географического и культурного материка, отличного от Европы и Азии. Ввел понятие идеократии как основы евразийской государственности.

⁸ Лев Ильич Мечников (1838–1888) – выдающийся русский географ, социолог, публицист и общественный деятель. Он был старшим братом лауреата Нобелевской премии Ильи Ильича Мечникова. Главный научный труд Льва Мечникова «Цивилизация и великие исторические реки» (1889 г.) принес ему мировую известность. В этой работе он предложил уникальную концепцию развития человечества, основанную на географическом факторе.

ляет существенную корректировку этой картины. Эмпирические данные, особенно на срезках XIX–XX вв., фиксируют не только формирование иерархии, но и парадоксальный эффект, который можно назвать «изолированной очаговой кластеризацией».

С позиции государственного каркаса система выглядит как стройный линейно-узловой механизм. Однако с позиции человеческого существования на огромных сибирских просторах эта же система воспринимается как совокупность дисперсных, слабо связанных между собой очагов. Если на европейском участке России сеть сел и деревень образует относительно непрерывное поле взаимодействия, то в Западной Сибири расстояние между этими очаговыми кластерами становится не просто географическим, а социально-экономическим разрывом.

Формально подчиняясь логике главной водной магистрали, реальные горизонтальные связи между соседними «кустами расселения» (например, между двумя группами деревень, тяготеющих к разным селам) оставались крайне слабыми или отсутствовали совсем. Система, будучи линейно связанной вдоль реки (вертикаль власти и товарообмен), оставалась разорванной в поперечном направлении и на больших меридиональных расстояниях.

Таким образом, к концу XIX в. в Сибири сосуществовали две реальности: транспортно-административный каркас империи, стремившийся к эффективной линейной узловой структуре, и архаичная компактность повседневной жизни, где расстояния по-прежнему «работали» как изолятор, что парадоксальным образом сближает финальный этап освоения с его начальным состоянием заселения, но на новом, более крупном масштабном уровне.

Заключение

Проведенное исследование, основанное на компаративном анализе и геоинформационной привязке четырех групп исторических источников (карт С.У. Ремезова, описаний Г.Ф. Миллера, материалов Генерального межевания и карт Министерства путей сообщения), позволило реконструировать эволюцию системы расселения в Обь-Иртышском бассейне на протяжении более чем двух столетий – с конца XVII по начало XX в.

Динамика поселенческой сети на значительном участке водного пути от Тюмени до Нарыма продемонстрировала не линейный рост или упадок, а сложную структурную перестройку. Количественные данные зафиксировали сокращение общего числа учитываемых объектов с 561 (по «Хорографической книге» С.У. Ремезова) до 332 (по картам Министерства путей сообщения). Однако, как показал графический анализ, это сокращение отражает не столько депопуляцию территории, сколько качественную трансформацию: отсев сезонных и малонаселенных поселений, «фильтрацию» сети через ландшафтно-климатические и социальные процессы (подвижность русел рек на территории Западной Сибири, эпидемии, административная реформа Екатерины II) и в конечном итоге формирование устойчивой иерархической структуры.

Наиболее значимыми результатами эволюции стали следующие положения.

1. Соотношение «село:деревня» изменилось с 1:43 в начале XVIII в. до 1:9 к концу XVIII в. и 1:3,6 к XIX в. Это свидетельствует о формировании двухуровневой системы, где село стало полноценным местным центром админи-

стративного, духовного и хозяйственного тяготения. При этом сам процесс структурирования занял около ста лет – от первых признаков дифференциации в середине XVIII в. (данные Г.Ф. Миллера) до юридического закрепления иерархии в материалах Генерального межевания.

2. Устойчивость этнического баланса. На всех хронологических срезах доля русских поселений колебалась в пределах 55–65 %, а доля поселений коренных народов – в пределах 35–45 %. Эта устойчивая пропорция указывает на формирование модели «соседствования», при которой русская форма хозяйствования и традиционное природопользование коренных этносов не исключали, а дополняли друг друга в рамках единой транспортной системы. Следует особо подчеркнуть, что абсолютное число юрт сократилось с 198 (по данным С.У. Ремезова) до 117 (к концу XIX в.), однако их относительная доля в общей структуре оставалась стабильной благодаря параллельному сокращению числа малых русских поселений.

3. Устойчивость опорного каркаса. Четыре города (Тюмень, Тобольск, Сургут, Нарым) стабильно фиксируются на всех этапах исследования. При этом функциональная нагрузка на них не возрастала пропорционально росту территории, а дополнялась развитием сети негородских центров (ямов, погостов, слобод, сел), которые брали на себя значительную часть административных и логистических функций. Именно этот феномен – делегирование городских функций селам – является одной из ключевых особенностей сибирской модели расселения, отличающей ее от европейской.

К концу XIX в. произошла окончательная унификация типологии поселений: исчезли временные и переходные формы (однодворки, заимки, мельницы как самостоятельные единицы), а типологический ряд сократился с 12–13 функциональных видов в XVII в. до 6–7 нормированных категорий к концу XIX в. (город, город-завод, село, деревня, выселок, юрты, мельница в составе селений). Этот процесс отражал переход от «живой», адаптивной типологии, отражавшей реальное многообразие хозяйственных функций, к унифицированной административной системе учета, ориентированной на численность населения и юридический статус.

Таким образом, за два столетия система расселения в Обь-Иртышском бассейне прошла путь от первичного, «точечного» освоения, зафиксированного в дробных данных С.У. Ремезова (где преобладали мелкие деревни и сезонные юрты, а города выступали изолированными точками административного присутствия), к созданию устойчивой, иерархически организованной структуры, юридически оформленной в ходе Генерального межевания и привязанной к водно-транспортной инфраструктуре к концу XIX в. Полученные результаты могут быть использованы при разработке историко-градостроительных обоснований для территориального планирования в регионе, а также для дальнейших исследований по сравнительной типологии систем расселения в различных ландшафтно-климатических условиях Сибири.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гольденберг, Л.А. Семён Ульянович Ремезов – сибирский картограф и географ. 1642 – после 1720 гг. Москва : Наука, 1965. 262 с.

2. Полевой, Б.П. Сибирская картография XVII в. и Семен Ремезов // Материалы по истории картографии. Москва, 1964. С. 213–231.
3. Дергачева-Скоп, Е.И., Алексеев, В.Н. Служебная чертежная книга Семена Ремезова: История публикации и изучения // Вестник НГУ. Серия: История, филология. 2006. Т. 5. № 1. С. 15–24. EDN: HZCEZD
4. Элерт, А.Х. Экспедиционные материалы Г.Ф. Миллера как источник по истории Сибири. Новосибирск : Наука, 1990. 247 с. EDN: UAENXF
5. Ремезов, Семен Ульянович (1642 – после 1720). Хорографическая чертежная книга Сибири С.У. Ремезова (1697–1711) / Фонд «Возрождение Тобольска». Тобольск : Фонд «Возрождение Тобольска». 341 [1] с. ISBN 5-86712-025-2.
6. Миллер, Герард Фридрих (1705–1783). Сибирь XVIII века в путевых описаниях Г.Ф. Миллера = Siberia of 18th century in travel notes by G.F. Miuller, Siberia of 18th century in travel notes by G.F. Miuller : пер. с нем. / изд. подгот. А.Х. Элерт ; отв. ред. Н.Н. Покровский. Новосибирск : Науч.-изд. центр «Сиб. Хронограф», 1996. 310 с. (История Сибири. Первоисточники, Библиотечная серия). ISBN 5-87550-027-1.
7. Генеральная карта Тобольского наместничества, разделенная на 16 уездов. [1780-е гг.] // РГАДА (Российский государственный архив древних актов). Ф. 1356 (Губернские, уездные и городские атласы). Оп. 1. Д. 3112. 1 л.
8. Лоцманская карта р. Оби на 1929 г. // ГАТО. Ф. Р-57. Оп. 1. Д. 153.
9. Журналы работ по исследованию рек Туры и Тобола // РГИА. Ф. 192. Оп. 1. Д. 9.
10. Судходная карта реки Иртыш от гор. Тобольска до устья // РГИА. Ф. 1487. Оп. 52. Д. 63.
11. Судходные реки Обь и Томь // РГИА. Ф. 1487. Оп. 28. Д. 2.
12. План р. Туры с показанием проекта канала // РГИА. Ф. 1487. Оп. 28. Д. 12.
13. Карта р. Обь от г. Ново-Николаевска до Юрт Тягловых // РГИА. Ф. 1487. Оп. 52. Д. 72.
14. Литвинова, О.Г. Ретроспектива формирования Обь-Енисейского водного пути // Возможности развития краеведения и туризма Сибирского региона и сопредельных территорий : сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции, посвященной 415-летию города Томска, Томск, 31 октября 2019 г. Томск : [б.и.], 2019. С. 105–112. EDN: USJZQD
15. Литвинова, О.Г. Формирование антропогенного ландшафта в прибрежной зоне Обь-Енисейского водного пути XVIII–XIX вв. (Обской бассейн) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 5. С. 53–61. DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-53-61. EDN: AOUCZT
16. Литвинова, О.Г. Обь-Енисейский канал: инженерно-технологический аспект. Томск : Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2018. 188 с. ISBN 978-5-93057-833-1. EDN: XSNLCX
17. Литвинова, О.Г. Система русских поселений в прибрежной полосе р. Селенги в XVII–XIX вв. // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 6. С. 9–29. DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-6-9-29. EDN: WAUKMY
18. Литвинова, О.Г. Прибрежная система расселения реки Ангара в XVII–XXI вв. в контексте стратегического планирования // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 6. С. 98–116. DOI 10.31675/1607-1859-2021-23-6-98-116. EDN: QVLAHI

REFERENCES

1. Goldenberg, L.A. Semyon Ulyanovich Remezov: Siberian Cartographer and Geographer. 1642 – after 1720. Moscow: Nauka, 1965. 262 p. (In Russian)
2. Polevoy, B.P. Siberian cartography of the 17th century and Semyon Remezov. In: Materials on the History of Cartography. Moscow, 1964. Pp. 213–231. (In Russian)
3. Dergacheva-Skop, E.I., Alekseev, V.N. The Service Drawing Book of Semyon Remezov: History of Publication and Study. Vestnik NGU. Ser.: Istoriya, filologiya. 2006; 5(1): 15–24. EDN: HZCEZD (In Russian)
4. Elert, A.Kh. Expeditionary Materials of G.F. Miller as a Source on the History of Siberia. Novosibirsk: Nauka, 1990. 247 p. EDN: UAENXF (In Russian)

5. Remezov, S.U. The Chorographic Drawing Book of Siberia (1697–1711). Tobolsk: Fond "Vozrozhdenie Tobolska", 341 p. ISBN 5-86712-025-2. (In Russian)
6. Miller, G.F. Siberia of the 18th Century in Travel Notes by G.F. Miller. A.Kh. Elert Ed. Novosibirsk: Sibirskiy khronograf, 1996. 310 p. ISBN 5-87550-027-1. (In Russian)
7. Russian State Archive. General Map of Tobolsk Viceroyalty, Divided into 16 Districts, 1780s. Form 1356. List 1. Record 3112. P. 1. (In Russian)
8. State Archive of Tomsk Region. Pilot Chart of the Ob River for 1929. Form R-57. List 1. Record 153. (In Russian)
9. Russian State Historical Archive. Journals of Work on the Survey of the Tura and Tobol Rivers. Form 192. List 1. Record 9. (In Russian)
10. Russian State Historical Archive. Navigable Map of the Irtysh River from Tobolsk to the Mouth. Form 1487. List 52. Record 63. (In Russian)
11. Russian State Historical Archive Navigable Rivers Ob and Tom. Form 1487. List 28. Record 2. (In Russian)
12. Russian State Historical Archive Plan of the Tura River Showing the Canal Project. Form 1487. List 28. Record 12. (In Russian)
13. Russian State Historical Archive Map of the Ob River from Novonikolaevsk to Tyaglovy Yurts. Form 1487. List 52. Record 72. (In Russian)
14. Litvinova, O.G. Retrospective of the Ob-Yenisei Waterway Formation. In: *Proc. Int. Sci. Conf. 'Development Prospects of Local History and Tourism in the Siberian Region and Adjacent Territories'*. Tomsk, 2019. Pp. 105–112. EDN: USJZQD (In Russian)
15. Litvinova, O.G. Anthropogenic Landscape in Ob-Yenisei Waterway in the 18–19th Centuries. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2019; 21(5): 53–61. DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-53-61. EDN: AOUCZT (In Russian)
16. Litvinova, O.G. Ob-Yenisei Canal: Engineering and Technological Aspect. Tomsk: TSUAB. 2018. 188 p. ISBN 978-5-93057-833-1. EDN: XSNLCX (In Russian)
17. Litvinova, O.G. Russian Settlements in the Coastal Area of the Selenga River in the 17–19th Centuries. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2020; 22(6): 9–29. DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-6-9-29. EDN: WAUKMY (In Russian)
18. Litvinova, O.G. Settlement System in the Angara Coastal Area in the 17th–21st Centuries in Terms of Strategic Planning. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2021; 23(6): 98–116. DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-6-98-116. EDN: QVLAHI (In Russian)

Сведения об авторе

Литвинова Ольга Геннадьевна, канд. ист. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, litvinovaolga1982@gmail.com

Authors Details

Olga G. Litvinova, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, litvinovaolga1982@gmail.com

Статья поступила в редакцию 20.03.2026
Одобрена после рецензирования 21.04.2026
Принята к публикации 23.04.2026

Submitted for publication 20.03.2026
Approved after review 21.04.2026
Accepted for publication 23.04.2026

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2026. Т. 28. № 3. С. 73–89.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2026; 28 (3): 73–89.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 721

<https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-73-89>



EDN: CKIWRX

ЭВОЛЮЦИЯ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ БЛАГОУСТРОЙСТВА И ОЗЕЛЕНЕНИЯ: ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НОВОСИБИРСКА

Пётр Андреевич Голодяев, Дмитрий Викторович Карелин

Новосибирский государственный

архитектурно-строительный университет «Сибстрин»,

г. Новосибирск, Россия

Аннотация. *Актуальность.* Актуальность обусловлена тем, что анализ исторической эволюции нормативов благоустройства и озеленения позволяет выявить устойчивые эффективные принципы (зонирование, приоритет зеленых насаждений, развитие инфраструктуры) для решения современных градостроительных задач. Изучение перехода от локальных правил к системе СНиП помогает понять современную модель регулирования городской среды. Особое значение работа имеет для Новосибирска и других сибирских городов, где типовые решения нередко игнорировали местные условия. Результаты могут применяться при разработке новых нормативов и реконструкции городских территорий.

В статье исследуется эволюция нормативно-правовой базы в области благоустройства и озеленения городских территорий на примере Новосибирска (Новониколаевска) с конца XIX в. по 1980-е гг. Рассматриваются изменения в подходах к планировке, озеленению, устройству пешеходных и транспортных зон, а также санитарно-защитных разрывов в промышленных, общественных и жилых зонах. Особое внимание уделяется развитию системы нормативных документов – от локальных правил до комплексных строительных норм и правил.

Цель исследования – провести исторический анализ нормативных требований к благоустройству городских территорий и выявить основные этапы их развития, принципы и тенденции, сформировавшие современную систему градостроительного регулирования.

Методы. Использованы методы исторического и сравнительного анализа нормативных документов, темпоральный анализ, систематизация данных по этапам развития нормативной базы, а также анализ архивных материалов и законодательных актов.

Результаты. Выявлены ключевые этапы эволюции нормативов благоустройства, определены основные принципы, сохранившиеся на протяжении всего периода (зонирование, приоритет озеленения, развитие инфраструктуры). Показан переход от рекомендательных правил к детализированной системе норм, обеспечивающих создание безопасной, экологически устойчивой и комфортной городской среды. Сформулированы выводы о становлении современной модели градостроительного регулирования.

Ключевые слова: благоустройство, озеленение, нормативы, жилой квартал, промышленность, проезды, мощение, санитарно-защитные зоны

Для цитирования: Голодяев, П.А., Карелин, Д.В. Эволюция нормативной базы благоустройства и озеленения: влияние на развитие городской среды Но-

Новосибирск // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2026. Т. 28. № 3. С. 73–89. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-73-89>. EDN: CKIWRX

ORIGINAL ARTICLE

EVOLUTION OF LANDSCAPING REGULATORY FRAMEWORK: NOVOSIBIRSK URBAN ENVIRONMENT

Pyotr A. Golodyaev, Dmitrii V. Karelin

*Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering,
Novosibirsk, Russia*

Abstract. Relevance: The study is relevant because the analysis of the historical evolution of landscaping and urban improvement standards makes it possible to identify sustainable effective principles (zoning, priority of green spaces, infrastructure development) for addressing contemporary urban planning challenges. Examining the transition from local regulations to the SNiP system helps to understand the current model of urban environment regulation. The work is of particular importance for Novosibirsk and other Siberian cities, where standard solutions have often ignored local conditions. The results can be applied in the development of new regulations and the reconstruction of urban areas.

The article examines the evolution of the regulatory framework in the field of landscaping and landscaping of urban areas using the example of Novosibirsk (Novonikolaevsk) from the end of the 19th century to the 1980s. Changes in approaches to planning, landscaping, pedestrian and transport zones, as well as sanitary protection gaps in industrial, public and residential areas are being considered. Special attention is paid to the development of a system of regulatory documents, from local regulations to comprehensive building codes

Purpose: To conduct a historical analysis of the regulatory requirements for the improvement of urban areas and identify the main stages of their development, principles and trends that have shaped the modern system of urban planning regulation.

Methodology: The study uses historical and comparative analysis of regulatory documents, temporal analysis, systematization of data by stages of development of the regulatory framework, and analysis of archival materials and legislative acts.

Research findings: the key stages of the evolution of landscaping standards were identified, and the main principles that have remained unchanged throughout the period (zoning, priority for green spaces, and infrastructure development) were determined. The transition from advisory rules to a detailed system of norms that ensure the creation of a safe, environmentally sustainable, and comfortable urban environment was demonstrated. Conclusions were formulated about the development of a modern model of urban planning regulation.

Keywords: landscaping, greening, regulations, residential area, industry, roads, paving, sanitary protection zones

For citation: Golodyaev, P.A., Karelin, D.V. Evolution of Landscaping Regulatory Framework: Novosibirsk Urban Environment. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2026; 28(3): 73–89. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-73-89>. EDN: CKIWRX

Введение

Современные города развиваются очень стремительно, и это прослеживается в изменении основных типов застройки и трендов развития в разные годы существования города.

В статье рассматривается развитие Новониколаевска (ныне Новосибирска) от его зарождения до конца советского периода. Затронуты многие аспекты развития города, такие как развитие инженерного благоустройства, озеленения, основные центры притяжения и типы застройки, развитие и эволюция планировочных решений.

Вопросом изменения основных принципов в развитии застройки интересовался С.С. Духанов в работе «Проблемы формирования благоприятной архитектурно-планировочной среды в городах Западной Сибири в конце 1950–60-х гг.» [1]. Рассматривался период проведения архитектурной реформы середины XX в., основные вопросы, которые стояли в тот период. Результаты работы тех лет серьезно повлияли на облик городов Западной Сибири.

Р.В. Булгач в статье «Квартальная структура г. Новосибирска. Возможности развития» рассматривает развитие квартальной структуры Новосибирска, уделяя внимание как историческому аспекту формирования облика города, так и возможным вариантам его развития в будущем [2].

С.С. Духанов в работе «Проблемы типового проектирования в Западной Сибири в конце 1950–60-х гг.» отмечает, что архитектурная реформа, направленная на унификацию и централизацию, не решила, а усугубила проблемы создания комфортного массового жилья для специфических регионов, таких как Западная Сибирь, и замедлила появление адекватных местным условиям проектов [3].

П.С. Макиянская и М.В. Скуднева в статье «Факторы формирования архитектурно-планировочной структуры домов культуры в г. Новосибирске» прослеживают историю создания домов культуры, развитие и изменение их функций в течение времени [4].

А.М. Ермолина в статье «Особенности трансформации городских кварталов Кемерово от момента основания города в 1918 году до настоящего времени» рассматривает развитие квартальной застройки г. Кемерово от момента основания до наших дней [5]. В перечисленных источниках и в целом по результатам обзора выявлено отсутствие анализа эволюции нормативной базы благоустройства и озеленения и их влияния на развитие городской среды Новосибирска.

Эволюция благоустройства жилых и общественных территорий и нормативных требований

Впервые вопрос комплексного благоустройства Новониколаевска был поднят 25 июня 1909 г. на собрании городской думы № 49 «Об избрании подготовительной комиссии по благоустройству города» [6]. В процессе заседания были выдвинуты основные сферы благоустройства города, такие как водопровод, электрическое освещение, пожарное дело, мощение улиц, древонасаждение, устройство канав и укрепление оврагов. По всем пунктам была утверждена комиссия по благоустройству города в составе 9 человек.

1 сентября 1909 г. на собрании № 87 «Об издании обязательного постановления о древонасаждении на улицах города» [7] комиссия постановила ввести следующие типы посадки деревьев: а) для улиц шириной 15¹ саж.: проезд-

¹ 1 саж. равна 2,13 м.

жую часть расположить посередине улицы шириной 8 саж.; с каждой стороны проезжей части должно расти по 2 ряда деревьев на расстоянии 1,50 саж. между рядами, оставляя для тротуаров у домов по 2 саж.; б) для улиц, имеющих менее 15 саж.: проезжая часть остается шириной 7 саж.; в) для улиц шириной 25 саж.: ввести от домов тротуары по 2,5 саж., далее проезжая часть с каждой стороны по 7 саж. и центральная полоса шириной 6,00 саж. подлежат засадке деревьями в 4–5 рядов; г) садики при домах для желающих могут быть оставлены.

Основные породы для посадок составляли тополь, береза и другие лиственные деревья. Рекомендовано ограждать саженцы временными кольями, а в дальнейшем устраивать ограждения с разграничениями. Расстояние между деревьями составляет 2 саж. Из городского бюджета было выделено 600 руб. для найма рабочих и закупки саженцев.

Городская управа составила смету на приобретение саженцев из лесничеств Тобольской губернии:

- Лебяжье-лесничество: 2100 экз. тополя бальзамического;
- Курганское лесничество: 3000 экз. (липа, граб, дуб, клен);
- Соколовское лесничество: 4500 экз. (тополь серебристый, других сортов и карагач).

12 мая 1910 г. вышло обязательное постановление управляющего Томской губернии, составленное Новониколаевской городской думой для местных жителей, владельцев усадеб [8]. Данное постановление имело 2 ключевых пункта: 1) каждый владелец усадьбы в Новониколаевске обязан посадить весной и осенью 1910, 1911 и 1912 гг. лиственными деревьями за свой счет часть улицы напротив своей усадьбы; 2) каждый владелец усадьбы обязан заменить погибшие деревья другими осенью или весной того же года. Также предусматривались нормы посадок, за нарушение и неисполнение постановления предусматривалось привлечение к ответственности.

5 сентября 1911 г. на собрании городской думы № 166 заслушан журнал «Об определении оклада и условий службы приглашаемого городом инженера» [9]. По материалам документа в пользу Новониколаевска был установлен сбор с железнодорожных грузов, вследствие чего появились средства на развитие города. Было принято решение в первую очередь произвести замощение улиц, имеющих наибольшее значение для местной торговли. Городская управа внесла предложение о необходимости приступить к мощению Николаевского проспекта в текущем году. На том же заседании управа высказалась за приглашение инженера для составления подробного плана всех предположенных на попудный сбор работ и сооружений, с отнесением его содержания к расходам мощения.

В материалах журнала 21 марта 1912 г. «О рассмотрении плана мощения улиц в гор. Новониколаевске за счет попудного сбора» [10] был установлен сбор на нижеследующие основания.

1. Сбор предназначается на следующие цели: а) на замощение 33 участков городских подъездных путей к станции «Новониколаевск» (намеченных Новониколаевским городским управлением и местным биржевым комитетом), обслуживающих грузовое движение от базарных площадей, товарных складов и торгово-промышленных районов; общее протяжение замощения должно составлять 10 812 погонных саж., общая площадь – 50 524 кв. саж.; б) на устройство на подъездных путях 2 мостов, каждый площадью в 10 кв. саж.

2. Сбор устанавливается на 10 лет, но подлежит досрочному прекращению, если поступления от него (за вычетом расходов на взимание) достигнут в сумме 393 668 руб., необходимой для производства указанных в п. 1 работ.

Осуществление плана рассчитано на 10 лет. В основу расчета положена сметная стоимость 1 кв. саж. мостовой – 7 руб., а годовое поступление попудного сбора составляет 40 000 руб., что позволяет замостить около 5 700 кв. саж. в год. Что касается камня для мостовой, ее типа и способа мощения, то из всех существующих типов мостовых наиболее подходящей для города признается так называемая грубая мозаиковая, или, иначе, рижская, мостовая на песчаном основании. Мостовая предположена из грубо обработанных рваных камней приблизительно кубической формы, только лицевая сторона должна сравниваться. Размеры камней колеблются от 0,06 до 0,8 саж. по каждому измерению. Мостовая укладывается на слои песку толщиной 0,08–0,10 саж.

Нормы благоустройства и их эволюция

Для анализа норм и правил благоустройства и озеленения населенных мест исследуемый период разбивается на 4 этапа исходя из исторического фактора развития Новосибирска.

Первый этап – с 1900 по 1917 г. На данном этапе действовал Устав строительный², для управления строительством по всей империи, но в отдельных регионах применялись адаптационные меры и постановления, учитывающие местные условия и потребности. В состав Томского губернского управления входило строительное отделение. В его полномочия входило следующее: рассмотрение проектов и смет, утверждение и контроль работ, надзор за частными и казенными постройками, подготовка документации, распределение средств и вознаграждение чинов, учет и содержание казенных зданий. На первом этапе не регламентировались габариты участка промышленной зоны. Каждый объект рассматривался индивидуально. Озеленение имело рекомендательный характер. Благоустройство заключалось в минимальной обеспеченности логистикой производства. Застройка разрознена, стесненность и наличие временных построек, не соблюдались правила пожарной безопасности. Жилые и общественные участки обустраивались на усмотрение землевладельца.

Второй этап – с 1917 по 1941 г. В этот период происходил переход от дореволюционного нормирования и перенимался положительный зарубежный опыта благоустройства. Изданы следующие нормативные документы (далее перечислены в соответствии с датой введения):

- 1929 г. – «Временные правила и нормы проектирования и возведения зданий и сооружений»³;
- 1929 г. – «Правила и нормы для промышленного производства»⁴;
- 1930 г. – «Правила и нормы застройки населенных мест, проектирования и возведения зданий и сооружений»⁵.

² Устав строительный. 10-е изд., знач. доп. Петроград: Изд-во Н.К. Мартынова, 1915. 510 с.

³ Временные правила и нормы проектирования и возведения зданий и сооружений. Москва: Плановое хозяйство, 1929. 38 с.

⁴ Правила и нормы для промышленного строительства. Москва: Плановое хозяйство, 1929. 127 с.

⁵ Правила и нормы застройки населенных мест, проектирования и возведения зданий и сооружений. Москва: Гос. техн. изд-во, 1930. 87 с.

На втором этапе особое внимание уделено быстро развивающимся городам. Внедряется упрощенное зонирование производственной территории. Описаны общие нормы пешеходной доступности и характеристик тротуаров. Открытый грунт засеивается травянистыми растениями. Рекомендовались сплошные бульвары, идущие внутри кварталов для снижения уровня шума и пыли. Были созданы новые типы зеленых насаждений – пояса, разграничивающие деревянные районы для предотвращения сплошного выгорания города.

Третий этап – с 1941 по 1960 г. В 1954 г. в СССР впервые были изданы документы под названием «Строительные нормы и правила» (СНиП). Нормативные документы состояли из IV частей, где часть II «Нормы строительного проектирования» представлена в виде следующих разделов:

- СНиП II-В.1 «Планировка населенных мест»⁶;
- СНиП II-В.2 «Генеральные планы промышленных предприятий»⁷;
- СНиП II-Д.5 «Автомобильные дороги»⁸;
- СНиП II-Д.6 «Промышленные автомобильные дороги»⁹;
- СНиП II-Д.7 «Городские улицы и проезды»¹⁰.

В этот период были утверждены дополнительные нормативные документы:

- 1958 г. – СН 41–58 «Правила и нормы планировки и застройки городов»¹¹;
- 1960 г. – СН 80–60 «Нормы и технические условия проектирования городских улиц, дорог и площадей»¹².

На третьем этапе определен вектор комплексного подхода к организации безопасности. Упор сделан на нормирование промышленной зоны, внедрение мер по снижению затрат на строительство и недопущение излишеств в проектах. Предусмотрено максимальное сохранение существующих насаждений. Ширина санитарно-защитной зоны нормируется в зависимости от класса вредности предприятия. Выполняется подбор растений с учетом пожарной безопасности, санитарно-защитных свойств и воздействия на них промышленных вредностей. Введены нормы расстановки озеленения относительно окружающих объектов. Установлены условия размещения тротуаров и их габариты. Городской центр представляет собой компактную планировочную систему, которая должна быть связана транспортом с жилыми и промышленными районами. Площадь зеленых насаждений общего пользования на одного жителя находится в прямой зависимости от размеров города и местных условий.

Четвертый этап – с 1960 по 1980 г. В этот период были утверждены следующие нормативные документы:

⁶ СНиП II-В.1. Планировка населенных мест. Москва: Госстройиздат, 1954. 25 с.

⁷ СНиП II-В.2. Генеральные планы промышленных предприятий. Москва: Госстройиздат, 1954. 26 с.

⁸ СНиП II-Д.5. Автомобильные дороги. Москва: Госстройиздат, 1954. 21 с.

⁹ СНиП II-Д.6. Промышленные автомобильные дороги. Москва: Госстройиздат, 1954. 20 с.

¹⁰ СНиП II-Д.7. Городские улицы и проезды. Москва: Госстройиздат, 1954. 20 с.

¹¹ СН 41–58. Правила и нормы планировки и застройки городов: утверждены Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства по поручению Совета Министров СССР 1 декабря 1958 г.; срок введения с 1 февраля 1959 г. Москва: Госстройиздат, 1959. 179 с.

¹² СН 80–60. Нормы и технические условия проектирования городских улиц, дорог и площадей: утверждены Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства 4 января 1960 г. Москва: Госстройиздат, 1960. 91 с.

- 1962 г. – СНиП II-М.1–62 «Генеральные планы промышленных предприятий. Нормы проектирования»¹³;
- 1962 г. – СНиП II-К.3–62 «Улицы, дороги и площади населенных мест»¹⁴;
- 1963 г. – СНиП II-Д.5–62 «Автомобильные дороги общей сети Союза ССР. Нормы проектирования»¹⁵;
- 1963 г. – СНиП II-Д.6–62 «Автомобильные дороги промышленных предприятий. Нормы проектирования»¹⁶;
- 1966 г. – СНиП II-К.2–62 «Планировка и застройка населенных мест. Нормы проектирования»¹⁷;
- 1971 г. – СНиП II-М.1–71* «Генеральные планы промышленных предприятий. Нормы проектирования»¹⁸;
- 1972 г. – СНиП II-Д.5–72 «Автомобильные дороги. Нормы проектирования»¹⁹;
- 1975 г. – СНиП II-60–75** «Планировка и застройка городов, поселков и сельских населенных пунктов»²⁰.

На четвертом этапе были доработаны требования к использованию санитарно-защитной зоны, также размер и состав насаждений. Значительное внимание уделено регулированию пешеходных потоков, размещению тротуаров и внедрению их в городскую среду. Прослеживалась тенденция на увеличение площади озеленения в новых районах застройки. Реализовывалось внедрение системы озеленения населенного места с равномерным распределением с учетом пешеходной доступности от микрорайона, от жилого района. Были прописаны дополнительные показатели резервной ширины тротуара. Конструкции

¹³ СНиП II М.1–62. Генеральные планы промышленных предприятий. Нормы проектирования: утверждены Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства 28 августа 1962 г.: срок введения 1 января 1963 г. Москва: Госстройиздат, 1962. 57 с.

¹⁴ СНиП II К.3–62. Улицы, дороги и площади населенных мест. Нормы проектирования: утверждены Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства 29 декабря 1962 г.: срок введения 1 июля 1963 г. Москва: Госстройиздат, 1963. 33 с.

¹⁵ СНиП II Д.5–62. Автомобильные дороги общей сети Союза ССР. Нормы проектирования: утверждены Государственным комитетом по делам строительства СССР 12 июля 1963 г.: срок введения 1 января 1964 г. Москва: Изд-во литературы по строительству, 1964. 39 с.

¹⁶ СНиП II-Д.6–62. Автомобильные дороги промышленных предприятий. Нормы проектирования: утверждены Государственным комитетом по делам строительства СССР 22 октября 1963 г.: срок введения 1 апреля 1964 г. Москва: Изд-во литературы по строительству, 1964. 38 с.

¹⁷ СНиП II-К.2–62. Планировка и застройка населенных мест. Нормы проектирования: утверждены Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства 7 мая 1966 г. по представлению Государственного комитета по гражданскому строительству и архитектуре при Госстрое СССР: срок введения 1 января 1967 г. Москва: Издательство литературы по строительству, 1967. 72 с.

¹⁸ СНиП II-М.1–71*. Генеральные планы промышленных предприятий. Нормы проектирования: утверждены постановлением Государственного комитета Совета Министров СССР по делам строительства от 29 июня 1971 г. № 75: срок введения в действие 1 октября 1971 г. Москва: Стройиздат, 1976. 36 с.

¹⁹ СНиП II-Д.5–72. Автомобильные дороги. Нормы проектирования: утверждены Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства 19 октября 1972 г.: срок введения в действие 1 июля 1973 г. Москва: Стройиздат, 1973. 119 с.

²⁰ СНиП II-60–75**. Планировка и застройка городов, поселков и сельских населенных пунктов: утверждены постановлением Госстроя СССР от 11 сентября 1975 г. № 147: срок введения в действие 1 января 1976 г. Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. 67 с.

дорожной одежды и тип покрытия проезжей части для новых объектов назначались с учетом перспективной интенсивности и состава движения, категории улицы, дороги или площади.

Благоустройство производственной территории. Нормативы

Рассмотрим нормы и правила первого этапа, а именно Устав строительный. В ст. 164 и приложении к ней отражается порядок классификации производств и размещения их в городе. Предприятия были разделены на совершенно безвредные, вредные. Устав не регламентирует величину участка, рассматривая каждый случай индивидуально. Для заводов в селениях применяются городские нормы. В приложении к ст. 165 даны «Правила об устройстве заводов»: между зданиями должны быть удобные дорожки, рекомендуется озеленение территории (посадка деревьев, кустарников, травы).

В материалах Всесоюзной конференции по вопросам жилищного и промышленного строительства 5–10 мая 1925 г. отмечалось плохое состояние планировки предприятий: разрозненная или стесненная застройка, нарушение пожарных норм, наличие временных построек [11].

На втором этапе с 1929 г. действовали «Правила и нормы для промышленного производства». Появились следующие требования: санитарный разрыв от жилых участков – не менее 12 м (может увеличиваться); наличие свободной площадки – не менее 300 м² (или 150 м² при малой застройке); для пешеходной доступности – тротуары шириной не менее 0,75 м; озеленение проездов и свободных территорий для снижения запыленности.

На третьем этапе с 1954 г. вступили в силу СНиП. Часть II-В.2 регламентировала размещение тротуаров: у зданий (с учетом отвода воды) и на расстоянии от автомобильных дорог и железнодорожных путей. Ширина тротуара должна быть кратной 0,75, число полос движения зависит от количества рабочих (750 чел. на одну полосу). Ширина определяется интенсивностью пешеходного потока и наличием препятствий (опор, деревьев). Предусматривается минимум две полосы, пропускная способность одной полосы составляет 1000 чел/ч.

Территории санитарных разрывов подлежат благоустройству и озеленению, размещение объектов общего пользования запрещено. Ширина санитарно-защитной зоны (СЗЗ) устанавливается по классу вредности предприятия (от 50 до 1000 м). В СЗЗ разрешены подсобные, административные здания и жилье для аварийного персонала. Требования к озеленению: сохранение существующей растительности, подбор растений с учетом пожароопасности и санитарных свойств. Ширина полос на проездах – не менее 2 м. Регламентированы расстояния от насаждений до зданий и водных объектов. Рекомендуемая величина предзаводских площадей – в диапазоне от 0,3 до 2 га. Озеленение промышленного района проектируется в увязке с СЗЗ и городом, существующие насаждения сохраняются.

На четвертом этапе с введением СНиП II-М.1–62 (1962) утратила силу глава II-В.2 1954 г. Уточнены требования к СЗЗ: со стороны жилой территории рекомендуется полоса зеленых насаждений шириной 40 % от СЗЗ. При наличии в СЗЗ промышленных зданий разрыв до жилой застройки составляет более 50 м (при узкой СЗЗ от 20 м). Отступ от предприятия до древесных насаждений: хвойные – 50 м, лиственные – 20 м.

При интенсивном движении вдоль дорог предусматриваются отдельные пешеходные и велодорожки. Ширина велодорожки: однополосная составляет 1,5 м, двухполосная – 2,5 м, при встречном движении – не менее 3,75 м. Покрытие тротуаров гладкое, непылящее. Конструкции одежд велодорожек соответствуют тротуарным. Тротуары проектируются вдоль дорог I–II категорий при потоке более 100 чел/ч. Нормы проектирования в главе II-Д.6-62. Тротуары: в уровне планировки или выше на 10 см. Расстояние от проезжей части должно быть не менее 2 м (допускается вплотную при стесненных условиях); от оси ж/д пути – 3,75 м. Ширина кратна 0,75 м, минимум 2 полосы движения 1,5 м. При движении более 100 чел/ч можно уменьшить до 1,0 м. При размещении на тротуаре опор, мачт и прочих препятствий ширина увеличивается на 0,5–1,2 м. Уширения у зданий с массовым скоплением людей из расчета 0,15 м²/чел.

В главе II-М.1-62 прописаны нормы санитарных разрывов от открытых складов пылящих материалов: до производственных зданий – 20 м, бытовых – 25 м, вспомогательных – 50 м; разрывы должны быть озеленены. Площадь озеленения территории предприятия должна быть от 15–20 % (при высокой плотности застройки от 10 %). В табл. 14–16 СНиП II М.1-62 представлены нормы в отношении ширины полос зелени и расстояний до сооружений.

В СНиП II-М.1-71* нормы по благоустройству собраны в главе Д. Размещение тротуаров у зданий производилось с учетом отвода воды, отступ от автодорог – не ближе 2 м от бортового камня, и при наличии ж/д путей расстояние от оси – не ближе 3,75 м. Тротуар выше ее уровня проезжей части на 15 см. Площадь озеленения составляет от 15 % территории предприятия (при плотности застройки более 50 % озеленено не менее 10 %). С введением СНиП II-Д.5-72 были доработаны и конкретизированы многие параметры благоустройства. Внутризаводские велодорожки и тротуары устраиваются по его указаниям. Типы дорожной одежды проектировались в зависимости от категории дороги (табл. 25 СНиП II Д.5-72). Расстояния от проездов до насаждений: кустарник – 1,0 м, стволы деревьев – 2,0 м, кроны – 0,5 м.

Ниже на карте (рис. 1) отображено развитие г. Новосибирска по обозначенным четырем этапам с ярким выделением промышленных зон.



Рис. 1. Схема развития Новосибирска с выделенными производственными территориями
Fig. 1. Novosibirsk development with highlighted industrial areas

Благоустройство зоны общего пользования. Нормативы

Первый этап. Новониколаевск до 1904 г. подчинялся временным правилам о постройках в селениях. Приняты примерные планы селений, усадеб, дворов. Селения располагались с учетом местности, улицы прямые. От берега реки отступ – не менее 15 саж. В многолюдных селениях площади должны быть шириной не менее 10 саж. Ширина улиц – не менее 10 саж. Базарные площади не ограничивались. Для осушения применялись канавы, откосы укреплялись. При отсутствии канав у домов сажали деревья, устраивали бульвары. Неровные участки озеленялись и огораживались. В декабре 1903 г. утверждено решение о возведении п. Новониколаевского в степень безуездного города с ограниченными правами.

В 1909 г. город получает права полного городского положения. После получения статуса города действовали иные нормы Устава строительного. Расходы города включали содержание улиц, площадей, садов, бульваров, тротуаров, освещения. Устройство скверов производилось с разрешения управы. Домовладелец отвечал за ремонт тротуара у своего участка. Устройство новых улиц планировалось шириной 10–15 саж. (включая проезжую часть и тротуары). Нормирование ширины тротуаров не устанавливалось.

Второй этап. В материалах Всесоюзной конференции 1925 г. были предложены меры по регулированию застройки, обозначена необходимость проектов планировки. Подчеркивалась важность комплексного обустройства инфраструктуры. Для фабричных городов требовалось особое внимание к планировке. Норма зеленых насаждений – 1/10 площади города, с учетом грамотного распределения [11].

В трудах Первого Всесоюзного съезда по гражданскому и инженерному строительству (6–15 мая 1926 г.) предложены новые типы зеленых насаждений: разграничительные пояса для пожарной безопасности, бульвары внутри кварталов. По материалам Первого Всесоюзного съезда выявлено, что в Новосибирске планировочная комиссия не справлялась, повсеместно велась застройка хаотичного характера. В проектах новых поселков под насаждения должно быть выделено 10–15 % площади, под улицы – до 20 %, под общественные здания – до 5 %. На плане должны быть показаны улицы, кварталы, площади, зеленые насаждения, общественные здания [12].

Третий этап. В главе II-В.1 СНиП приведены указания по выбору селитебной территории и к комплексному развитию проектов планировки. Городской центр должен быть компактным, застроенным крупными зданиями, связанным транспортом с районами и изолированным от транзита. Планировка площадей должна обеспечивать транспортный поток, озеленение в виде рядовых посадок или скверов. Площадь зеленых насаждений общего пользования (парки, сады, скверы) – 10–15 м²/чел. с учетом равномерного распределения. Уличные насаждения и СЗЗ в норму не входят.

В зависимости от категории озеленения определены их габариты. Для садов и парков площадь составляет от 2 га, скверы должны быть 0,25–2 га, бульвары – с шириной не менее 8 м. Для общественных зданий были регламентированы площади озеленения. В лечебных заведениях отведено 60 % участка под зелень, школы/детсады озеленены на 50 %. Расстояние от оси ствола дерева до здания составляет 5,0 м, до кустарника – 1,5 м. Ширина полос зелени: одnorяд-

ная посадка деревьев – 2,0 м, двухрядная – 5,0 м, кустарники – 0,8–1,2 м, газон – 1,5 м. Ширина разделительной полосы улиц должна быть не менее 2,0 м, озеленяется плотной посадкой кустарников. Расстояние от проезжей части до оси дерева составляет 2,0 м. Ширина тротуара зависела от интенсивности движения и наличия преград. Ширина одной полосы – 0,75 м, при преградах увеличивалась на 0,5–1,0 м, при наличии деревьев – на 2,0 м.

Пропускная способность на одну полосу движения составляет 1000 чел/ч, требуется минимум две полосы. У мест скопления людей ширина увеличивается. На главных улицах ширина тротуара – от 5 до 12 м. С введением СН 41–58 были дополнены нормы в системе озеленения, а также регламентированы насаждения внешнего транспорта, загородных парков. Баланс территории рассчитывался исходя из нормы жилой площади 9 м²/чел. Норма зеленых насаждений общего пользования составляет 8–12 м²/чел. Для крупных городов площадь озеленения должно быть 15 м²/чел., для больших и средних – 12 м², малых – 10 м² (допускалось снижение до 8 м²). Незастроиваемые земли подлежали озеленению. В пригородных зонах были рекомендованы лесопарковые защитные пояса 5–10 км. Подробные указания по паркам, садам, бульварам приводятся в разделе VII СН 41–58.

Четвертый этап. Согласно СНиП II-К.2–62, вокруг крупных городов должен располагаться лесопарковый пояс шириной 5–10 км. Площадь лесопарков для крупного города составляет 200 м²/чел., для большого – 100 м², для прочих населенных пунктов – 50 м². Система озеленения должна быть единой, равномерно обслуживать население. При норме площади общегородского парка 6 га для сада жилого района/микрорайона – 1 га. В балансе территории площадь застройки парков не должна превышать 6 %, при этом озеленение не ниже 60 %. Площадь питомников и цветочно-оранжерейных хозяйств с учетом перспективного развития составляет 5 м² и 0,3–0,5 м²/чел. соответственно.

Также в главе II-К.2–62 было уделено особое внимание развитию пешеходной доступности. Пропускная способность зависит от расположения тротуара: у линии застройки с магазинами составляет 700 чел/ч, в зеленых зона увеличена до 1000 чел/ч. Ширина тротуаров проектируется с учетом перспективного развития поселения. Для магистралей общегородского значения ширина составляет 4,5 м, рекомендуется 6–7,5 м. Тротуар для улиц районного значения должен быть 3 м, но следует предусмотреть резерв до 6 м. Для улиц местного движения резерв составляет 4,5–10 м. Тротуары проектируют выше проезжей части на 15 см (с исключениями). Конструкция одежды назначается с учетом категории улицы, климата и иных условий главы II-Д.5–62. Велодорожки вне населенных мест устраиваются при интенсивности велодвижения более 100 вел/ч и автотранспорта более 250 авт/ч. В населенных пунктах тротуары располагают за пределами полотна. Покрытие велодорожек состоит из материалов, обработанных вяжущими, щебня и пр. Позже в II-Д.5–72 пороги интенсивности были изменены: велодвижение составляет 250 вел/сут, автотранспорт – 2000 авт/сут.

Зеленые зоны выделяются на землях гослесфонда. Состав и размер зеленых зон городов следует принимать по ГОСТ 17.5.3.01–78²¹. С принятием

²¹ ГОСТ 17.5.3.01–78. Охрана природы. Земли. Состав и размер зеленых зон городов: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 16.03.78 г. № 701: дата введения 01.01.79. Москва: Стандартинформ, 2002. 3 с.

СНиП II-60–75** особое внимание уделено озеленению общего пользования, описан подход к равномерному распределению насаждений. Нормы площадей были описаны с градацией по типам населенных пунктов. Комплексный подход к нормированию расстояния от зданий до деревьев, ширины полос зелени отражен в табл. 33–36 СНиП II-60–75**. Общегородской парк должен быть не менее 15 га, парк районного значения составляет 10 га, сад жилого района – 3 га, площадь общепоселкового сада составляет 2 га, минимальная площадь сквера – 0,5 га. Площадь питомников рассчитывается из 5 м²/чел., цветочно-оранжерейных хозяйств – 0,4 м²/чел. Бульвары располагаются вне транспортных магистралей. Ширина бульвара с одной пешеходной аллеей должна быть не менее 10 м.

Ниже на карте (рис. 2) отображено развитие Новосибирска по обозначенным четырем этапам с ярким выделением зон общественного благоустройства и озеленения.



Рис. 2. Схема развития Новосибирска с выделенными зонами озеленения
Fig. 2. Novosibirsk development with highlighted landscaping

Благоустройство жилой зоны. Нормативы

Первый этап. До 1904 г. применялись временные правила о постройках в селениях. Дворы от улицы огораживались; при дефиците материалов возводились окопы, живые изгороди. Рекомендовалась посадка деревьев. После получения городского статуса правила постепенно внедрялись, особенно после пожаров. Запрещены деревянные мостовые, предписывались каменные или из местных материалов. Тротуары могли устраиваться из плах, пластин, плит.

Второй этап. В материалах Всесоюзной конференции по вопросам жилищного и промышленного строительства отмечено отсутствие санитарно-технических норм жилищного строительства, также формальный подход к озеленению [11]. В трудах Первого Всесоюзного съезда сделан акцент на положительный зарубежный опыт благоустройства [12]. Под жилые кварталы отводилось не менее 65 % площади поселения; для усадеб – 1/3 под застройку. На тротуары запрещен кирпич при наличии местных материалов. В жилых кварталах предусматривались детские и спортивные площадки, прачечные, клубы и т. д. На плане должны быть выделены незастраиваемые территории под зелень [12].

Третий этап. Нормами СНиП II-B.1 в 1954 г. установлены показатели плотности застройки, площади зеленых насаждений.

Размеры кварталов зависят от этажности: многоэтажная (4–5 этажей) – 6–12 га, малоэтажная – 4–6 га, усадебная – 2–4 га. Для усадебных участков отводилась площадь 300–1200 м² на квартиру. Площадь озеленения квартала должна быть не менее 40 %. В кварталах устраиваются проезды, пешеходные дорожки, хозяйственные дворы. Благоустройство должно производиться одновременно со строительством. Баланс территории внутри квартала: зелень составляет более 40 %, под спортивные площадки отводится 1,5–2,0 м²/чел., проезды / тротуары / хозяйственные площадки составляют 15–25 % площади квартала. На улицах местного движения допускаются палисадники шириной 3–5 м. Ширина тротуара в районах индивидуальной застройки должна быть от 1,0 м, в многоэтажной – 2,25 м, малоэтажной – 1,50 м. Расстояния от насаждений до зданий регламентируются СНиП II-B.2.

Микрорайон становится основной формой организации застройки. Расчетные показатели численности населения отражены в СН 41–58. На третьем этапе прослеживались следующие тенденции: снижение затрат на внешнее благоустройство, максимизация озеленения, минимизация асфальта. Для защиты от шума и пыли использовались древесные насаждения. Баланс селитебной территории прослеживался в следующем: на 1 чел. при норме 9 м² жилплощади приходилось от 33 до 55 м² (микрорайон) и 70–130 м² (усадебная). Жилые районы разделялись озелененными разрывами более 100 м. Территории со стораемой застройкой разделялись зелеными полосами шириной более 40 м; площадь участка застройки – не более 50 га. Озеленение жилой территории квартала – не менее 40–45 %. Насаждения размещаются массивами с площадками для игр. Площадь аллей и площадок отдыха не превышает 40 % от площади зелени. Расстояние от дерева с большой кроной до окон должно быть не менее 5 м, до дорожек – 0,5 м. Полоса зелени у физкультурных площадок должна быть не менее 5 м, отступ до посадок – 3 м. На усадебных участках палисадник (отступ от красной линии 3–6 м) включается в общую площадь участка. В крупных кварталах с индивидуальными участками рекомендовано размещать озелененные участки с площадками для детей из расчета 1–2 м²/чел.

Четвертый этап. Нормами СНиП II-K.2–62 предусматривалось, что ширина тротуара на улицах местного движения составляет 2,25 м с рекомендуемым резервом увеличения до 4 м. Проезды, ведущие к одному или двум домам, допускается совмещать с тротуарами, при этом их общая ширина должна быть не менее 2,75 м. Озеленение рассматривается как единое общедоступное пространство, интегрированное в структуру застройки.

В соответствии со СНиП II-60–75** микрорайон определяется как основной элемент селитебной территории, ограниченный красными линиями магистральных улиц и жилых дорог. Численность населения микрорайона дифференцируется в зависимости от категории города: в крупнейших городах она составляет 12–20 тыс. чел., в больших и средних – 6–12 тыс. чел., в малых городах и поселках – 4–6 тыс. чел.

При застройке микрорайона зданиями выше 5 этажей производилась кооперация учреждений обслуживания. Суммарная площадь зелени в микрорайоне на расчетный срок должна быть не менее 9 м²/чел, на первую очередь строительства допускается сократить до 6 м²/чел. Планировка осуществляется

с учетом природной среды. Зелень микрорайона включает все озелененные участки, кроме школ и детсадов. При примыкании участка к лесам норма может быть снижена до 30 %.

На территории микрорайона предусматривается размещение площадок различного назначения: для игр детей, для отдыха взрослых, для занятий физкультурой, а также хозяйственных площадок. Установлены следующие минимальные расстояния от указанных площадок до окон жилых зданий: от физкультурных площадок – не менее 25 м, от хозяйственных площадок – не менее 20 м, от площадок для выгула собак – не менее 40 м. По периметру каждой из перечисленных площадок предусматривается устройство полосы зеленых насаждений. Хозяйственные площадки должны располагаться на расстоянии не далее 100 м от входа в дом. Нормативные размеры хозяйственных площадок в расчете на 1000 жителей составляют: для мусоросборников – 30 м², для чистки вещей – 100 м², для сушки белья – 160 м². Размеры площадок для выгула собак определяются заданием на проектирование.

Ниже на карте (рис. 3) отображено развитие Новосибирска по обозначенным четырем этапам с ярким выделением кварталов жилой застройки, сохранившихся до наших дней, по которым можно оценить застройку, типичную для своего периода.

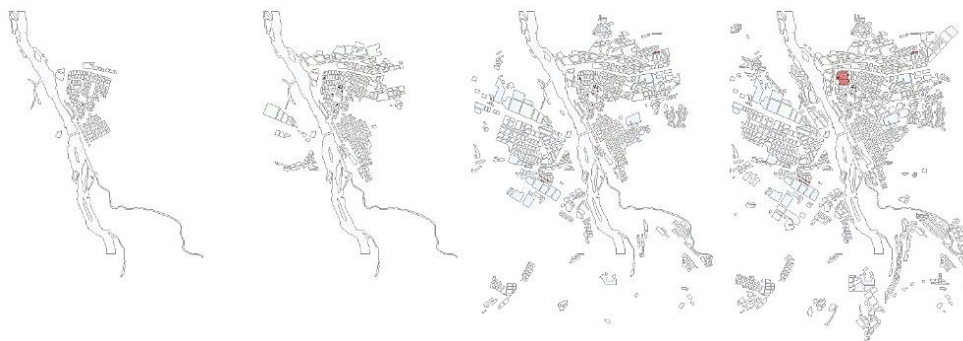


Рис. 3. Схема развития Новосибирска с выделенными кварталами жилой застройки
Fig. 3. Urban development of Novosibirsk with marked residential quarters

Заключение

На основе проведенного анализа нормативных документов по благоустройству производственных, общественных и жилых зон с конца XIX в. по 1980-е гг. и их влияния на развитие городской среды г. Новосибирска можно сделать комплексные выводы.

1. Эволюция нормативной базы. Наблюдается четкая поступательная эволюция – от локальных, часто рекомендательных и ситуативных правил (Устав строительный, временные правила для селений) до всеобъемлющей, детализированной и обязательной системы норм (СНиП, СН, ГОСТ). Произошел переход от регулирования отдельных аспектов к комплексному проектированию среды с учетом санитарных, противопожарных, транспортных и социальных требований.

2. **Основополагающие принципы.** Принципы, заложенные на ранних этапах, остались неизменными и лишь развивались:

– **зонирование и разделение:** четкое разделение промышленной, жилой и общественной зон с обязательным устройством санитарно-защитных разрывов;

– **приоритет озеленения:** зеленые насаждения рассматриваются как ключевой элемент благоустройства для защиты от вредных воздействий, снижения запыленности и шума, улучшения микроклимата и эстетики. Нормы озеленения постоянно конкретизировались (от рекомендаций к процентным соотношениям и расчету на душу населения);

– **инфраструктура для людей:** поэтапное развитие и детализация требований к пешеходным и транспортным путям (тротуары, велодорожки), их безопасности, освещению и покрытию.

3. **Системный подход к городской среде.** К середине XX в. сформировалась концепция единой системы озеленения города, связывающей насаждения на производственных территориях, в жилых микрорайонах, общественных зонах (парки, скверы, бульвары) и пригородных лесопарковых поясах. Благоустройство стало неотъемлемой частью генерального плана.

4. **Детализация и специализация.** Нормативные требования приобретали количественные и качественные параметры: устанавливались точные числовые параметры (ширины, расстояния, площади), вводилась градация в зависимости от типа города, класса вредности предприятия, этажности застройки, интенсивности движения. Появились специализированные нормы для разных зон (промышленной, жилой, общегородской).

5. **Формирование современной модели расселения.** В жилой зоне произошел переход от усадебной застройки к микрорайонной как основной структурной единице, спроектированной с учетом пешеходной доступности всех необходимых услуг и объектов благоустройства (детские и спортивные площадки, зоны отдыха).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. 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. Т. 21. № 1. С. 101–113. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2019-21-1-101-113>
2. Булгач, Р.В. Квартальная структура г. Новосибирска. Возможности развития // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 6. С. 51–60. DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-6-51-60
3. Духанов, С.С. Проблемы типового проектирования в Западной Сибири в конце 1950–60-х гг. // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 1. С. 19–33. DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-1-19-33
4. Макиянская, П.С., Скуднева, М.В. Факторы формирования архитектурно-планировочной структуры домов культуры в г. Новосибирске // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 5. С. 50–58. DOI 10.31675/1607-1859-2021-23-5-50-58. EDN BAYUGO
5. Ермолина, А.М. Особенности трансформации городских кварталов Кемерово от момента основания города в 1918 году до настоящего времени // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 4. С. 45–56. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2023-25-4-45-56>

6. *Журнал Ново-Николаевской Городской Думы*. 25 июня 1909 года. № 49. Об избрании подготавливающей комиссии по благоустройству города // ГАНО. Ф. Д-97. Оп. 1. Д. 18. Л. 74–74об.
7. *Журнал Ново-Николаевской Городской Думы*. 1 сентября 1909 года. № 87. Об издании обязательного постановления о древонасаждении на улицах города // ГАНО. Ф. Д-97. Оп. 1. Д. 47. Л. 7–9.
8. *Обязательное постановление Управляющего Томскою губерниєю, составленное Ново-Николаевскою Городскою Думою для местных жителей, владельцев усадеб*. Мая 12 дня 1910 г. // ГАНО. Ф. Д-97. Оп. 1. Д. 6. Л. 14.
9. *Журнал Ново-Николаевской Городской Думы*. 5 сентября 1911 года. № 166. Заслушивание журнала Общего Присутствия Томского Губернского Управления от 29 июля сего года, за № 587 и об определении оклада и условий службы приглашаемого городом инженера // ГАНО. Ф. Д-37. Оп. 1. Д. 79. Л. 6–7об. Заверенная копия.
10. *Журнал Присутствия* Томского Губернского Управления. 21 марта 1912 года. № статьи 193. О рассмотрении плана мощения улиц в гор. Новониколаевске за счет попудного сбора // ГАНО. Ф. Д-97. Оп. 1. Д. 134. Л. 5–6об.
11. *Вопросы современного жилищного и промышленного строительства* : труды Всесоюзной конференции по вопросам жилищного и промышленного строительства, созванной Госпланом СССР в Москве (5–10 мая 1925 г.). Москва : Плановое хозяйство Госплан СССР, 1926. 315 с.
12. *Труды Первого всесоюзного съезда по гражданскому и инженерному строительству* (6–15 мая 1926 г.). Москва : Плановое хозяйство Госплан СССР, 1928. 503 с.

REFERENCES

1. Duhanov, 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. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2019-21-1-101-113> (In Russian)
2. Bulgach, R.V. Square System in Novosibirsk. Development Opportunities. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2020; 22(6): 51–60. DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-6-51-60 (In Russian)
3. Duhanov, S.S. Standardized Design in Western Siberia Late in the 1950–60s. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2021; 23(1): 19–33. DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-1-19-33 (In Russian)
4. Makiyanskaya, P.S., Skudneva, M.V. Architecture and Planning Factors of Houses of Culture in Novosibirsk. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2021; 23(5): 50–58. DOI 10.31675/1607-1859-2021-23-5-50-58. EDN: BAYYGO (In Russian)
5. Ermolina, A.M. Transformation of City Blocks in Kemerovo From 1918 Until the Present. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2023; 25(4): 45–56. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2023-25-4-45-56> (In Russian)
6. GANO, Zhurnal Novo-Nikolaevskoj Gorodskoj Dumy N 49. 25 June 1909. Form D-97. List 1. File 18. Pp. 74–74ob. (In Russian)
7. GANO, Zhurnal Novo-Nikolaevskoj Gorodskoj Dumy N 87. 1 Sept. 1909. Form D-97. List 1. File 47. Pp. 7–9. (In Russian)
8. GANO. Form D-97. List 1. File 6. P. 14.
9. GANO, Zhurnal Novo-Nikolaevskoj Gorodskoj Dumy N 166. 5 Sept. 1911. Form D-37. List. 1. File 79. Pp. 6–7ob. (In Russian)
10. GANO, Zhurnal Pristutstviya Tomskogo Gubernskogo Upravleniya N 193. 21 March 1912. Form D-97. List 1. File 134. Pp. 5–6ob. (In Russian)
11. Issues of modern housing and industrial construction. In: *Proc. All-Union Conf. on Housing and Industrial Construction*, Moscow, 5–10 May 1925. 1926. 315 p. (In Russian)
12. *Proc. 1st All-Union Congr. on Civil and Engineering Construction*, Moscow, May 6–15, 1926, 1928. 503 p. (In Russian)

Сведения об авторах

Голодяев Пётр Андреевич, аспирант, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет «Сибстрин», 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113, petergolodyaev@yandex.ru

Карелин Дмитрий Викторович, канд. архитектуры, доцент, зав. кафедрой, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет «Сибстрин», 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113, ggx2014@yandex.ru

Authors Details

Pyotr A. Golodyaev, Research Assistant, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, 113, Leningradskaya Str., 630008, Novosibirsk, Russia, petergolodyaev@yandex.ru.

Dmitrii V. Karelin, PhD, A/Professor, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, 113, Leningradskaya Str., 630008, Novosibirsk, Russia, ggx2014@yandex.ru

Вклад авторов

Голодяев П.А. – концепция исследования, сбор и обработка материала, написание статьи.

Карелин Д.В. – научное руководство и редактирование текста.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

Golodyaev P.A. – conceptualization, writing–original draft preparation.

Karelin D.V. – supervision, writing–review and editing

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 30.04.2026
Одобрена после рецензирования 05.05.2026
Принята к публикации 06.05.2026

Submitted for publication 30.04.2026
Approved after review 05.05.2026
Accepted for publication 06.05.2026

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2026. Т. 28. № 3. С. 90–102.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2026; 28 (3): 90–102.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 725.5

<https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-90-102>



EDN: EQJHLO

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ ЛЕЧЕБНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ КЛАССИФИКАЦИИ

Александр Николаевич Калугин¹, Наталья Сергеевна Калинина^{1,2}

¹Российский университет дружбы народов,

г. Москва, Россия

²Московский архитектурный институт (государственная академия),

г. Москва, Россия

Аннотация. Актуальность работы обусловлена разрывом между устаревшей нормативной базой, традиционной медицинской классификацией и современным рыночным разнообразием лечебно-оздоровительных учреждений. Данное несоответствие приводит к хаотичности архитектурной типологии и отсутствию актуальных архитектурно-планировочных требований.

Цель исследования состоит в разработке комплексной классификации, способной систематизировать разнообразие лечебно-оздоровительных учреждений, позволяющей формировать гибкие и функционально-адаптированные архитектурные решения лечебно-оздоровительных комплексов.

Материалы и методы. Исследование опирается на изучение нормативной документации, существующих научных подходов к классификации, а также на анализ отечественного и зарубежного опыта проектирования лечебно-оздоровительных учреждений. Вводится обобщающее понятие «лечебно-оздоровительный комплекс» и многопараметрическая классификация, включающая разнообразные признаки, учитывающие современные вызовы медицины, оздоровительного туризма, менеджмента и архитектуры. Используются методы сравнительного и морфологического анализа, проведена систематизация объектов с апробацией предложенной классификации на примере реконструкции санатория «Наука» в «Swissôtel Resort Сочи Камелия» (сравнение параметров «было/стало»).

Результаты. Выявлено влияние каждого классификационного параметра на объемно-планировочное решение зданий. Разработанная классификация апробирована на примере трансформации санатория, что наглядно демонстрирует изменение архитектурных и функциональных характеристик. Предложенный подход позволяет прийти от устаревших типовых моделей к созданию гибких, экономически эффективных и индивидуализированных лечебно-оздоровительных комплексов, включающих медицинские, рекреационные и гостиничные функции.

Ключевые слова: лечебно-оздоровительные учреждения, классификация архитектурно-планировочных решений, типология санаторно-курортных организаций, медицинский туризм

Для цитирования: Калугин, А.Н., Калинина, Н.С. Особенности формирования архитектуры лечебно-оздоровительных комплексов в зависимости от их

классификации // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2026. Т. 28. № 3. С. 90–102. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-90-102>. EDN: EQJHLO

ORIGINAL ARTICLE

ARCHITECTURE OF MEDICAL AND HEALTH COMPLEXES
DEPENDING ON THEIR CLASSIFICATION

Aleksandr N. Kalugin¹, Natalia S. Kalinina^{1,2}

¹RUDN University, Moscow, Russia

²Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow, Russia

Abstract. The relevance of this study stems from the gap between the outdated regulatory framework, traditional medical classification, and modern market diversity of medical and health facilities. This discrepancy leads to a chaotic architectural typology and a lack of relevant architectural planning requirements.

Purpose: The aim of this work is to develop a comprehensive classification to systematize the diversity of medical and health facilities, enabling the development of flexible and functionally adapted architectural solutions for medical and health facilities.

Methodology/approach: The analysis of regulatory documents, scientific approaches to classification, and Russian and international experience in the design of health and wellness facilities. The general concept of health and wellness complex is introduced along with a multiparameter classification that includes a variety of features that address contemporary challenges in medicine, health tourism, management, and architecture. Comparative and morphological analyses and object systematization are used with the classification tested on the reconstruction of the “Nauka” sanatorium into the Swissotel Resort Sochi Kamelia (a comparison of parameters before and after).

Research findings: The influence of each classification parameter on the space-planning solution of buildings is identified. The developed classification is tested using a sanatorium transformation as an example, clearly demonstrating changes in architectural and functional characteristics. The proposed approach allows for a transition from outdated standard models to the creation of flexible, cost-effective, and customized health and wellness complexes incorporating medical, recreational, and hotel functions.

Keywords: health and wellness institutions, classification of architectural planning solutions, typology of health resort organizations, medical tourism

For citation: Kalugin, A.N., Kalinina, N.S. Architecture of Medical and Health Complexes Depending on their Classification. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2026; 28(3): 90–102. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-90-102>. EDN: EQJHLO

Введение

Лечебно-оздоровительные учреждения традиционно являются важнейшим элементом системы охраны здоровья и рекреации в РФ. Растущий спрос на оздоровительный туризм, а также совершенствование медицинских технологий и реабилитационных методик предъявляют новые требования к архитектурно-планировочным решениям и техническому оснащению зданий. В связи с этим особую актуальность приобретает задача выявления и систематизации классификационных особенностей лечебно-оздоровительных учреждений для выявления универсальных типологических моделей и разработки на их основе

современных стандартов проектирования, отвечающих динамично меняющимся запросам отрасли.

Перечень санаторно-курортных организаций включает¹ санатории, санатории для детей, в том числе для детей с родителями; санатории-профилактории; курортные поликлиники; грязелечебницы; бальнеологические лечебницы; санаторно-оздоровительные лагеря круглогодичного действия. К перечисленным типам, не указанным в приказе, также могут быть отнесены здания пансионатов, если они располагаются на курортах в непосредственной близости от санатория или курортной поликлиники, а также дома отдыха и турбазы, где основными оздоровительными факторами являются физическая культура и спорт, ближний и дальний туризм, природные лечебные факторы, используемые для закаливания организма [1]. В действующем нормативном документе представлен лишь перечень обобщенных категорий учреждений санаторно-курортной сферы без их подробного определения и описания.

Сложившаяся на практике система названий лечебно-оздоровительных учреждений включает следующие наименования: медицинский отель, спортивно-реабилитационный центр, медицинский спа-санаторий с минеральной водой, спа-отель, резорт (курорт), санаторно-курортный комплекс, здоровье и резорт, спа и резорт, грязелечебный санаторий, велнес резорт и т. д. Во-первых, данная система хаотична и противоречит перечню утвержденных санаторно-курортных организаций. Во-вторых, заложенные в названия понятия не в полной мере отражают всю специфику деятельности этих организаций, что, в свою очередь, требует систематизации и учета необходимых требований архитектурно-планировочных решений. Предлагается ввести понятие «лечебно-оздоровительный комплекс» для обобщения разрозненных понятий в единую классификационную сетку, устранив разрыв между чисто медицинским подходом предоставления услуг и индустрией гостеприимства.

В исследованиях, посвященных классификации санаторно-курортных организаций, выявлена определенная ограниченность. С одной стороны, классификация строится на основе медицинской специализации, статуса и наличия лицензии на медицинскую деятельность, климатических условий, а также на перечне предоставляемых медицинских, оздоровительных и дополнительных услуг (включая спа, косметологию) [2].

Основная задача данной классификации сводится к совершенствованию системы управленческой деятельности учреждений, при этом архитектурно-планировочные аспекты остаются без должного внимания. С другой стороны, классификация ограничивается разделением учреждений по типам, и используемые классификационные признаки не позволяют в полной мере создать актуальную номенклатуру современных лечебно-оздоровительных учреждений [3]. Так, обобщая результаты этих исследований, можно сделать вывод о необходимости разработки новой, более совершенной классификации, способной учесть все значимые аспекты. Авторами предлагается классификация лечебно-оздоровитель-

¹ Об утверждении Порядка организации санаторно-курортного лечения: приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 7 апреля 2025 г. № 169н // ГРАНТ.РУ. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/411896696/> (дата обращения: 22.02.2026).

ных комплексов по ряду систематизированных параметров, представленных в исследовании. По степени важности приведены систематизированные группы параметров и классификация внутри каждого из них.

Обсуждение

Месторасположение и градостроительный контекст. Классификация по этому параметру определяет взаимосвязь с инфраструктурой, характер застройки, принцип организации территории, степень автономности комплекса и его связь с внешней средой, потенциал развития [4].

Интегрированные в курортный город (городского типа). Встраиваются в плотную ткань города, имеют компактную, часто вертикальную планировку, используют общегородскую инфраструктуру и в данном случае ограничены в территориальном развитии.

Обособленные в курортной зоне (паркового типа). Располагаются в отдельных парковых массивах (курортный парк), обладают обширной рекреационной территорией, развиваются по павильонной или смешанной планировочной структуре и обладают автономной инфраструктурой. В данном случае есть возможность создать полноценную лечебно-рекреационную среду.

Пригородные (зеленая зона). Находятся в лесопарковой полосе крупных и малых городов. Расположение в такой зоне характерно для санаториев-профилакториев с кратковременным пребыванием пациентов.

Экологически-изолированные (удаленные). Расположены в заповедных, труднодоступных местах. Ключевым преимуществом является уникальная экологическая среда, изоляция от окружающего мира и стрессовых факторов городской среды. Полностью автономны.

Природно-климатические ресурсы. Данная классификация непосредственно вытекает из научной курортологии и является основой для формирования функционального ядра комплекса, медицинского профиля и задает его экономическую модель лечебно-оздоровительного учреждения.

Курортные (бальнеологические, грязевые, климатические, смешанные)². Располагаются в границах официально утвержденного курорта, где основными лечебно-оздоровительными ресурсами являются природные лечебные факторы, которые используются под медицинским контролем. Архитектурно-планировочные особенности обусловлены ресурсами, имеющимися на курорте.

Бальнеологические. Наличие водолечебницы, питьевого бювета, является главным технологическим и композиционным центром для группы лечебно-оздоровительных учреждений.

Грязевые. Грязелечебница является специализированным корпусом со сложным технологическим циклом (хранение, регенерация, подготовка, очистка, подогрев лечебной грязи).

Климатические. Главный ресурс – комплексное воздействие среды: морской воздух, горный воздух и инсоляция, фитонциды хвойных лесов и т. д.

² Российская Федерация. Законы. О природных лечебных ресурсах, лечебно-оздоровительных местностях и курортах: Федеральный закон от 23.02.1995 № 26-ФЗ: Принят Государственной Думой 27 января 1995 г. // КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_6001/ (дата обращения: 22.02.2026).

Архитектурно-планировочные решения максимально открыты ландшафту и подчинены ему.

Смешанные. Обладают сочетанием двух и более природных лечебных факторов в равной степени или с выраженным акцентом. Это наиболее комплексный и эффективный тип, часто встречающийся на курортах мирового значения. Их архитектурно-планировочная организация отличается повышенной сложностью, т. к. должна интегрировать технологические схемы разных ресурсов.

Внекурортные (местные). Расположены в благоприятной, но не уникальной экологической среде. Основным лечебно-оздоровительным фактором является диетотерапия, физиотерапия, аппаратные методы, лечебная физкультура. Архитектурно-планировочное решение свободно от технологических ограничений, связанных с природными ресурсами.

Функциональное назначение. Профиль лечения является основным критерием формирования функциональной схемы и технологического оснащения.

Моноспециализированные/однопрофильные санатории. В современных условиях встречаются крайне редко, но как элемент классификации необходимы для рассмотрения. Они представлены следующими типами: кардиологические, туберкулезные, гастроэнтерологические, неврологические и т. д. Архитектурно-планировочные решения максимально ориентированы на конкретные лечебные циклы и технологии.

Мультипрофильные (общего профиля). Ориентированы на комплексное оздоровление и лечение широкого спектра заболеваний. Имеют сложную, гибкую структуру лечебно-диагностического корпуса с универсальными и специализированными отделениями.

Санатории-профилактории. Предназначены для профилактики заболеваний, часто находятся при предприятиях. Отличаются кратковременным пребыванием и упрощенной лечебной базой.

Лечебно-оздоровительный комплекс. Учреждение, в котором лечение и профилактика объединены с премиальным отдыхом.

Функционально-планировочная композиция. Этот параметр определяет пространственную структуру комплекса, способ взаиморасположения основных функциональных блоков [5].

Централизованные. Все основные функции объединены в одном объеме или плотно сблокированных корпусах. Характерно для стесненных участков или сурового климата.

Павильонные. Отдельные здания для проживания, лечения, питания и досуга, связанные между собой системой пешеходных дорог, галерей. Оптимальны для парковых территорий, теплого климата.

Блочные. Застройка из нескольких отдельных корпусов, соединенных между собой отопливаемыми переходами.

Смешанные (групповые). Чаще всего централизованное лечебно-диагностическое отделение и/или общественное ядро, вокруг которого группируются отдельные спальные корпуса.

Архитектурно-композиционное решение. Оно определяет эстетическую и пространственную идентичность комплекса, его визуальное взаимодействие с ландшафтом и общий архитектурный стиль.

По взаимодействию с ландшафтом можно выделить следующие комплексы: акцентирующие (доминанты), интегрированные (адаптированные по форме и масштабу), растворенные (подчинены рельефу и растительности).

По стилистике лечебно-оздоровительные объекты выявлены как исторические комплексы, выполненные в стиле советского модернизма или регионального модернизма, и более современные – хай-тек или био-тек.

Вместимость/емкость. Этот параметр непосредственно влияет на масштаб архитектурно-планировочного решения, экономику и социально-психологическую атмосферу, которая является критически важным фактором для лечебного учреждения.

Малые (до 100 мест). Тип, которому свойственны камерная, почти семейная атмосфера, высокая степень персонализации услуг. Относится к высшей категории и решает не социальные, а частные проблемы.

Средние (до 500 мест). Наиболее распространенный и экономически сбалансированный тип. Позволяет организовать полноценный лечебный процесс и разнообразную досуговую инфраструктуру, сохраняя относительный комфорт.

Крупные (до 1000 мест). Обладают развитой, часто централизованной инфраструктурой. Могут содержать мощные диагностические и лечебные базы. При такой вместимости существует риск обезличенности среды и «конвейерного» обслуживания.

Сверхкрупные (санаторные комплексы на 2000–5000 мест). Сравнимы с целым поселком со сложной градостроительной структурой. Требуют развитой транспортно-пешеходной системы на территории, грамотного разграничения функций и равномерного распределения людских потоков.

Контингент. Формирует требования к безопасности, комфорту и специализации архитектурно-пространственной среды.

Для взрослых. Стандартная типология.

Для детей и подростков (включая санаторные лагеря круглогодичного действия). Необходимо предусмотреть усиленные меры безопасности, развитые игровые и спортивно-развивающие пространства, изолированные учебные помещения, специальное оборудование и мебель.

Для родителей с детьми (семейные). Нуждаются в особой типологии жилых ячеек (семейные номера, смежные блоки), детских игровых комнатах, гибком графике процедур.

Для лиц пожилого возраста и маломобильных групп населения. Архитектурно-планировочные решения должны отвечать принципам универсального дизайна (отсутствие порогов, пандусы, лифты, поручни, специально оборудованные санузлы).

Сезонность эксплуатации. Влияет на экономическую эффективность, инженерное оснащение и планировку помещений.

Круглогодичные. Имеют мощную инженерную инфраструктуру (отопление, вентиляция, подогрев воды и т. д.), развитую сеть закрытых помещений (крытые бассейны, спортзал, досуговый центр).

Сезонные (летние/зимние). Часто используются облегченные строительные конструкции. Летние учреждения делают акцент на открытых простран-

ствах (террасы, летние эстрады, открытые бассейны), зимние – на закрытых рекреационных зонах и близости к зимним рекреационным услугам (горнолыжные трассы).

С расширенным или смешанным сезоном. Используются особенности микроклимата региона расположения.

Объем и качество предоставляемых услуг. Этот параметр определяет социально-экономические принципы формирования архитектурно-планировочного решения и переводит медицинское учреждение в категорию услуг, формируя при этом соответствующую архитектурно-предметную среду (от отделки до состава помещений). Обязательным является лицензирование медицинской деятельности, необязательным – классификация по звездам, категориям, спа-услугам, стандартизация санаторно-курортных услуг по государственным стандартам [6].

Медицинская лицензия. Обязательное условие для санаториев, чья классификация и профиль подразумевают оказание конкретных видов медицинской помощи.

Звездность. Классификация санаториев по звездам оценивает только качество проживания и сервиса (как в гостиницах), но никак не отражает уровень и эффективность санаторно-курортного лечения. Существует сложность оценки по звездам санаторных организаций по причине формальных требований к различным категориям предоставляемых услуг [7].

Категория качества национальной курортной ассоциации (НКА) [8]: эконом (бюджетный, базовый лечебный пакет) – минимально необходимый набор услуг (проживание, базовое лечение, питание), минимальное благоустройство территории, устаревшая архитектура; *стандарт (расширенный пакет)* – базовый набор лечебных процедур, стандартные условия проживания, питания, без избыточных дополнительных услуг, типовые, стандартные планировочные решения; *бизнес* – широкий спектр лечебных и оздоровительных услуг, хорошая медицинская база, комфортабельные номера, развитая досуговая инфраструктура, современная, качественная архитектура с хорошо организованной территорией и развитой инфраструктурой; *премиум (полный пакет)* – предполагает максимальную степень персонализации (личный врач-куратор, индивидуальная программа), эксклюзивные процедуры, высочайший уровень сервиса, изысканная архитектура и дизайн. Система полного пансиона с широким выбором услуг.

Европейский сертификат качества. Требования сертификации по всем параметрам выдерживают новые санатории или те, что принадлежат крупным международным сетям, стремящимся к поддержанию имиджа.

Стандартизация санаторно-курортных услуг. Регламентирует основные критерии качества и безопасности услуг оздоровительного туризма.

Тип носителя историко-культурной ценности. Параметр, который определяет режим и методы работы с архитектурным объектом и накладывает проектные и правовые ограничения.

Санатории-памятники (выявленные объекты культурного наследия). Необходим особый подход к реконструкции и приспособлению с сохранением всех ценных архитектурно-художественных элементов.

Санатории, расположенные на территории объектов культурного наследия (в исторических парках, усадьбах). Ограничения касаются в первую очередь объемно-пространственных решений на территории.

Современные санатории без охрannого статуса. Не имеют ограничений по реконструкции, кроме градостроительных регламентов.

Форма собственности и характер управления. Параметр определяет источники финансирования, целевую аудиторию, идеологию обслуживания, градостроительную стратегию и архитектурную выразительность [9].

Государственные. Являются правопреемниками советской санаторно-курортной системы, ориентированы на предоставление льготных и социальных путевок, что, в свою очередь, влияет на экономику содержания и уровень комфорта. Часто располагаются в зданиях, построенных по типовым проектам, что определяет их планировочную структуру.

Частные (коммерческие). Принадлежат коммерческим структурам или частным лицам. Были сформированы в постсоветский период через приватизацию или новое строительство. Архитектурно-планировочные решения непосредственно подчинены маркетинговой концепции и конкурентной борьбе. Акцент на уникальность, брендинг, высокий уровень сервиса. Есть возможность привлечения значительных инвестиций в радикальную реконструкцию, новое строительство, авторскую архитектуру и дизайн. Частные санатории часто являются пионерами внедрения новых спа-технологий и стандартов гостиничного сервиса. Четкое деление на экономкласс, комфорт-премиум-класс. Отражается на площади номеров, качестве отделки, составе дополнительных услуг.

Собственность общественных организаций. Принадлежат профсоюзам, крупным корпорациям (Газпром, РЖД, Сбербанк и т. д.) или ведомствам для обслуживания своих сотрудников. Формируют стабильный, но не всегда высокий спрос. По архитектурно-планировочному решению часто близки к государственным, по потенциальному качеству услуг – к частным.

Смешанной формы собственности (государственно-частное партнерство). Порождает компромисс между социальной функцией (сохранение доступных мест) и коммерческой логикой (дорогие номера, дополнительные услуги). Это отражается в сложном функциональном зонировании территории и часто приводит к появлению комплексов, где санаторные функции совмещаются с гостиничными и апартаментами.

Иностранные (управление иностранными сетями или инвесторами). Привносят на российский рынок международные стандарты в области медицинских услуг, гостиничного сервиса архитектуры велнес-центров (биофилософия, экоустойчивость). Архитектурные решения следуют общеевропейским или мировым трендам, работают на привлечение иностранных пациентов или туристов, что требует соответствующей инфраструктуры [10].

Для апробации разработанной многопараметрической классификации был выбран показательный пример трансформации советского санатория «Наука» в г. Сочи (рис. 1) в современный лечебно-оздоровительный комплекс «Swissôtel Resort Сочи Камелия» (рис. 2).

Все параметры классификации и их признаки сведены и продемонстрированы на примере изменения лечебно-оздоровительного комплекса до и после его модернизации, что показано в таблице.

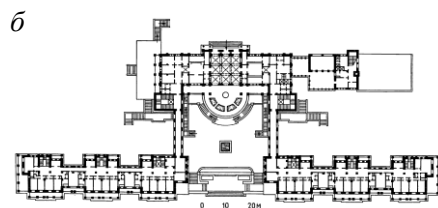


Рис. 1. Сочи. Санаторий «Наука». Архит. А. Самойлов. 1935–1954 гг.³;

a – общий вид; *б* – план

Fig. 1. Sanatorium "Nauka" in Sochi, 1935–1954. Architect A. Samoylov:
a – general view; *b* – plan view



Рис. 2. Сочи. «Swissôtel Resort Сочи Камелия». Архит. А. Гинзбург. 2007–2013 гг.:

a – общий вид⁴; *б* – генплан⁵

Fig. 2. Swissôtel Resort Kameli in Sochi, 2007–2013. Architect A. Ginzburg:
a – general view; *b* – master plan

Параметры классификации лечебно-оздоровительных комплексов и их признаки Parameters for classifying health and wellness complexes

№ п/п	Параметры классификации	Признаки		«Swissôtel Resort Сочи Камелия»	
				Было (санаторий «Наука»)	Стало (Accor SA)
1	Месторасполо- жение и градо- строительный контекст	Интегрированные в курортный город		–	–
		Обособленные в курортной зоне		+	+
		Пригородные		–	–
		Экологически изолированные		–	–
2	Природно-кли- матические ресурсы	Курортные	Бальнеологические	+	+
			Грязевые	–	+
			Климатические	+	+
		Внекурортные		–	–
		Смешанные		–	–

³ URL: https://ussr.totalarch.com/general_history_architecture/1941_1954/public?utm_medium=organic&utm_source=yandexsmartcamera

⁴ URL: https://archi.ru/projects/russia/10370/otel-kameliya-vsочи?utm_medium=organic&utm_source=yandexsmartcamera

⁵ URL: <https://arch-sochi.ru/2011/11/sanatoriy-nauka-ministerstva-obrazovaniya/>

Продолжение таблицы
Continuation

№ п/п	Параметры классификации	Признаки	«Swissôtel Resort Сочи Камелия»			
			Было (санаторий «Наука»)		Стало (Accor SA)	
3	Функциональ- ное назначение	Моноспециализированные санатории	—		—	
		Мультипрофильные санатории	+		+	
		Санатории-профилактории	—		—	
		Лечебно-оздоровительные комплексы	—		+	
4	Функцио- нально-плани- ровочная ком- позиция	Централизованные	—		—	
		Блочные	+		+	
		Павильонные	+		+	
		Смешанные (групповые)	—		—	
5	Архитектурно- композицион- ное решение	По взаимодействию с ландшафтом	+		+	
		По стилистике	+		+	
6	Вмести- мость/емкость	Малые (до 100 мест)	+		—	
		Средние (до 500 мест)	+		+	
		Крупные (до 1000 мест)	—		—	
		Сверхкрупные (санаторные ком- плексы 1000–5000 мест)	—		—	
7	Контингент	Для взрослых	+		+	
		Для детей и подростков	—		+	
		Для родителей с детьми	—		+	
		Для лиц пожилого возраста и маломо- бильных групп населения	—		+	
8	Сезонность эксплуатации	Круглогодичные	—		+	
		Сезонные (летние/зимние)	+		—	
		С расширенным или смешанным сезо- ном	—		+	
9	Объем и каче- ство предо- ставляемых услуг	Обязательные	о		о	
		Необязательные	н		н	
		Лицензирование	+	—	+	+
		Звездность		—		—
		Категории		—		+
		ЕСК		—		+
10	Тип носителя историко- культурной ценности	ГОСТ	+		+	
		Санатории-памятники	—		+	
		Санатории, расположенные на терри- тории объектов культурного наследия	—		—	
		Современные санатории без охранный статуса	+		+	

Окончание таблицы
End of table

№ п/п	Параметры классификации	Признаки	«Swissôtel Resort Сочи Камелия»	
			Было (санаторий «Наука»)	Стало (Accor SA)
11	Форма собственности и характер управления	Государственные	+	–
		Частные (коммерческие)	–	+
		Собственность общественных организаций	–	–
		Смешанной формы собственности	–	–
		Иностранные	–	+

Сравнительный анализ параметров и их признаков показывает, что наиболее существенные изменения зафиксированы по параметрам функционального назначения, контингента, сезонности, объема услуг и формы собственности. Переход от государственного санатория к частному комплексу под управлением международной сети повлек расширение целевой аудитории, переход к круглогодичному режиму эксплуатации, внедрение звездности и европейского сертификата качества. При этом неизменным осталось расположение в курортной зоне, природно-климатические ресурсы и сложившаяся блочная и павильонная композиция, что подчеркивает устойчивость градостроительных и ландшафтных факторов. Классификация наглядно разделяет параметры на две группы: подвижные (форма собственности, состав отдыхающих, сезонность, качество и количество услуг), изменения которых влекут за собой перестройку объемно-планировочной структуры, и устойчивые (месторасположение, природные ресурсы, тип застройки), которые сохраняются при реконструкции и задают архитектурную идентичность объекта [11].

Заключение

Комплексная классификация санаторно-курортных учреждений по предложенным параметрам не только позволяет систематизировать существующее многообразие лечебно-оздоровительных учреждений, но и является инструментом для проектирования новых гибких, экономически эффективных и функционально адаптированных лечебно-оздоровительных комплексов. Она задает систему координат для создания современных стандартов, которые будут отвечать медицинским, рекреационным задачам, рыночным запросам в сфере оздоровительного туризма, обеспечивая переход от устаревшей типологии к индивидуализированным и комплексным решениям, способным формировать полноценную, здоровую и комфортную среду для лечения, профилактики и гармоничного отдыха.

Апробация предложенной классификации демонстрирует ее практическую значимость. Сравнительный параметр «было/стало» наглядно показывает, как изменение формы собственности и функционального назначения в сторону лечебно-оздоровительного комплекса повлекло за собой расширение

контингента, переход к круглогодичной эксплуатации, внедрение международных стандартов качества. Это подтверждает, что разработанная классификация позволяет не только систематизировать существующие типы учреждений, но и отслеживать вектор их развития в условиях современного рынка.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ветитнев, А.М., Войнова, Я.А. Организация санаторно-курортной деятельности. Москва : Федеральное агентство по туризму, 2014. 272 с. ISBN 978-5-4365-0140-6.
2. Гришина, Н.К., Соловьева, Н.Б., Гайдук, С.В. К вопросу о классификации санаторно-курортных учреждений // Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья имени Н.А. Семашко. 2015. № 4–5. С. 97–106.
3. Терентьева, О.В. Классификационные особенности и основные архитектурно-градостроительные характеристики санаториев // Achievement of High School – 2013 : материалы 9-й Международной научно-практической конференции. 2013. № 43. URL: https://www.rusnauka.com/33_DWS_2013/Stroitelstvo/1_149795.doc.htm (дата обращения: 02.03.2026).
4. Маркина, К.Г., Моргун, Н.А. Особенности территориально-функционального формирования приморских санаторно-курортных учреждений юга России // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 8 (110). DOI: 10.23670/IRJ.2021.110.8.016
5. Бобр, В.И., Коновалова, М.Д., Калугин, А.Н. Формирование архитектурного образа рекреационно-оздоровительных центров в современной России // Мир современной науки. 2011. № 4. С. 31–34.
6. Лицензирование, стандартизация и сертификация санаториев и санаторно-курортного лечения. URL: <https://www.kurort26.ru/journal/news/47661.php?ysclid=mls0nox827306296717> (дата обращения: 02.03.2026).
7. Об утверждении Положения о классификации средств размещения : постановление Правительства РФ от 27.12.2024 г. № 1951 : утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2024 г. № 1951 // КонсультантПлюс: [сайт]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_495340/900910777f3217c00bda3f2f831ed6d26e7c67e6/ (дата обращения: 02.03.2026).
8. Национальная курортная ассоциация. Система оценки санаторно-курортных организаций с присвоением категорий качества. URL: <https://rusnka.ru/> (дата обращения: 02.03.2026).
9. Ветитнев, А.М. Маркетинг санаторно-курортных услуг. Москва : Академия, 2008. 368 с. ISBN 978-5-7695-4943-4.
10. Страчкова, Н.В., Ракова, О.С. Подходы к классификации SPA-центров // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2014. Т. 27 (66). № 3. С. 31–40. EDN: VSMBLB
11. Cohen, M., Bodeker, G. Understanding the Global Spa Industry: Spa Management. Oxford : Butterworth-Heinemann, 2008. 488 p. ISBN 978-0-7506-8464-4.

REFERENCES

1. Vetitnev, A.M., Voynova, Ya.A. Organization of Sanatorium-Resort Activities: A Study Guide. Moscow: Federal Agency for Tourism, 2014. 272 p. ISBN 978-5-4365-0140-6. (In Russian)
2. Grishina, N.K., Solovieva, N.B., Gaiduk, S.V. Classification of Sanatorium-Resort Institutions. *Byulleten' Natsional'nogo nauchno-issledovatel'skogo instituta obshchestvennogo zdorov'ya imeni N.A. Semashko*. 2015; (4–5): 97–106. (In Russian)
3. Terentyeva, O.V. Classification and Main Architectural and Urban Development Characteristics of Sanatoriums. In: *Proc. 9th Int. Sci. Conf. 'Achievement of High School – 2013'*. Available: www.rusnauka.com/33_DWS_2013/Stroitelstvo/1_149795.doc.htm (accessed March 2, 2026). (In Russian)
4. Markina, K.G., Morgun, N.A. Territorial and Functional Formation of Coastal Sanatorium-Resort Institutions in the South of Russia. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*. 2021; 8(110). DOI: 10.23670/IRJ.2021.110.8.016 (In Russian)
5. Bobr, V.I., Konovalova, M.D., Kalugin, A.N. Architectural Image Formation of Recreational and Health Centers in Modern Russia. *Mir sovremennoi nauki*. 2011; (4): 31–34. (In Russian)

6. Licensing, standardization, and certification of sanatoriums and spa treatment. Available: www.kurort26.ru/journal/news/47661.php?ysclid=mls0nox827306296717 (accessed March 2, 2026). (In Russian)
7. On approval of the regulation on the classification of accommodation facilities: RF Government Resolution No. 1951, 27. 12. 2024. Available: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_495340/900910777f3217c00bda3f2f831ed6d26e7c67e6/ (accessed March 2, 2026). (In Russian)
8. National Resort Association. System for assessing health resort organizations with the assignment of quality categories. Available: <https://rusnka.ru/> (accessed March 2, 2026). (In Russian)
9. Vetitnev, A.M. Marketing of Health Resort Services. Moscow: Akademiya, 2008. 368 p. ISBN 978-5-7695-4943-4. (In Russian)
10. Strachkova, N.V., Rakova, O.S. Approaches to the classification of SPA centers. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya*. 2014; 27(66)(3): 31–40. EDN: VSMBLB (In Russian)
11. Cohen, M., Bodeker, G. Understanding the Global Spa Industry: Spa Management. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2008. 488 p. ISBN 978-0-7506-8464-4.

Сведения об авторах

Калугин Александр Николаевич, ст. преподаватель, Российский университет дружбы народов, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, kalugin-alnk@rudn.ru

Калинина Наталья Сергеевна, доцент, Российский университет дружбы народов, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6; доцент, Московский архитектурный институт (государственная академия), 107031, г. Москва, ул. Рождественка, д. 11, корп. 1, стр. 4, kalinina-ntsr@rudn.ru

Authors Details

Aleksandr N. Kalugin, Senior Lecturer, RUDN University, 6, Miklukho-Maklay Str., 117198, Moscow, Russia, kalugin-alnk@rudn.ru

Natalia S. Kalinina, A/Professor, RUDN University, 6, Miklukho-Maklay Str., 117198, Moscow, Russia, Architectural Institute (State Academy), 11, Rozhdestvenka Str., 107031, Moscow, Russia. kalinina-ntsr@rudn.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 16.03.2026
Одобрена после рецензирования 08.04.2026
Принята к публикации 13.04.2026

Submitted for publication 16.03.2026
Approved after review 08.04.2026
Accepted for publication 13.04.2026

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2026. Т. 28. № 3. С. 103–116.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2026; 28 (3): 103–116.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 712.25

<https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-103-116>



EDN: HIRBLS

ОЦЕНКА ВСЕСЕЗОННОСТИ АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЫ ОТКРЫТЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ КРАСНОЯРСКА

Дарья Владимировна Бабарыкина

*Новосибирский государственный университет архитектуры,
дизайна и искусств имени А.Д. Крайкова, г. Новосибирск, Россия*

Аннотация. Актуальность исследования заключается в том, что в условиях резко континентального климата Красноярска открытые общественные пространства нередко сохраняют полноценную функциональную активность преимущественно в теплый период года, что обуславливает необходимость повышения их всесезонной пригодности.

Целью исследования является выявление приоритетных направлений архитектурной трансформации открытых общественных пространств Красноярска, обеспечивающих повышение их всесезонной пригодности, на основе сравнительной оценки реализации принципов всесезонности.

Материал исследования представляет собой пять открытых общественных пространств Красноярска: природно-рекреационный комплекс «Красноярские Столбы», набережная Енисея, площадь Революции, сквер имени Сурикова и о. Татышев. Оценка проводилась по системе из восемнадцати архитектурных принципов всесезонности, объединяющих микроклиматические, озеленительные, световые, инфраструктурные и событийные характеристики среды.

Методы. Использованы сравнительный и функционально-пространственный анализ, визуально-морфологическое обследование, фотофиксация, анализ картографических и официальных интернет-ресурсов, а также пользовательских отзывов.

Результаты исследования показали, что наибольший уровень адаптации к круглогодичному использованию характерен для о. Татышев и набережной Енисея. Площадь Революции и сквер имени Сурикова демонстрируют частичную и взаимодополняющую реализацию принципов всесезонности, тогда как Красноярские Столбы используются в разные сезоны преимущественно благодаря природным особенностям территории при ограниченном развитии инфраструктуры.

Наиболее реализованными в исследуемых пространствах оказались природное затенение, декоративная иллюминация, наличие точек питания, арт-объектов и различных зимних сценариев использования. Наименее развиты мобильная ветрозащита, геопластика и системно организованное всесезонное озеленение. Исследование показывает, что всесезонность общественных пространств Красноярска выражена неравномерно и требует комплексной архитектурной трансформации. К приоритетным направлениям такой трансформации отнесены повышение микроклиматической комфортности, развитие гибких сезонных сценариев, расширение зимней инфраструктуры и более полная интеграция озеленения, световых и событийных компонентов.

Ключевые слова: всесезонность, общественные пространства, архитектурная среда, Красноярск, климатическая адаптация

Для цитирования: Бабарыкина, Д.В. Оценка всесезонности архитектурной среды открытых общественных пространств Красноярск // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2026. Т. 28. № 3. С. 103–116. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-103-116>. EDN: HIRBLS

ORIGINAL ARTICLE

ASSESSMENT OF ALL-SEASON SUITABILITY OF ARCHITECTURAL ENVIRONMENT OF OPEN PUBLIC SPACES IN KRAS-NOYARSK

Darya V. Babarykina

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

Abstract. Harsh continental climate of Krasnoyarsk, open public spaces often retain full functional activity primarily during the warm season necessitate the improvement of their all-season suitability.

Purpose: Identification of priority directions for the architectural transformation of open public spaces in Krasnoyarsk that ensure an increased all-season suitability, based on a comparative assessment of implementing all-season principles.

Methodology: The comparative and functional-spatial analyses, visual-morphological survey, photographs, the analysis of cartographic materials and official online resources, and user reviews.

Research findings: It is shown that the highest level of adaptation to year-round use is characteristic of Tatyshev Island and the Yenisei embankment. The Revolution Square and Surikov Square demonstrate a partial and complementary implementation of all-season principles, whereas the Stolby complex is used in different seasons mainly due to the nature, with infrastructure remaining underdeveloped. The most fully implemented are natural shading, decorative illumination, food service facilities, art objects, and various winter scenarios. The least developed are the mobile wind protection, geoplastics, and systematically organized all-season landscaping.

Value: It is shown that the all-season character of public spaces is unevenly expressed and requires comprehensive architectural transformation. Priority directions for such transformation include improving microclimatic comfort, developing flexible seasonal scenarios, expanding winter infrastructure, and achieving a more complete integration of landscaping, lighting, and event-related components.

Keywords: all-season suitability, public space, architectural environment, Krasnoyarsk, climatic adaptation

For citation: Babarykina, D.V. Assessment of All-Season Suitability of Architectural Environment of Open Public Spaces in Krasnoyarsk. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2026; 28(3): 103–116. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-103-116>. EDN: HIRBLS

Введение

Формирование открытых общественных пространств в крупных сибирских городах связано с необходимостью обеспечения их круглогодичного функционирования. Для территорий Сибири устойчивость городской среды определяется не только планировочной и композиционной организацией, но и способностью пространства адаптироваться к продолжительному холодному периоду, сезонной смене сценариев использования и воздействию неблагоприятных

ятных климатических факторов [1–3]. Для Красноярска данная проблема усиливается сочетанием природно-климатических условий и высокой антропогенной нагрузки, характерной для крупного промышленного центра¹, что повышает значение качественных открытых пространств как элементов экологического и рекреационного каркаса города [4, 5].

Вопросы формирования общественных пространств в условиях холодного климата рассматриваются в научной литературе в теоретическом, средовом и прикладном аспектах. Основы восприятия и функционирования городской среды раскрываются в трудах Я. Гейла, К.Э. Линча, И.В. Кукиной, Н.А. Унагаевой, И.Г. Федченко, А.Ю. Липовки, Я.В. Чуя, Е.Н. Логуновой, К.В. Камаловой. В контексте Красноярска исследованы экологические последствия развития крупного промышленного города, эволюция зеленых общественных пространств, трансформация городской среды, особенности формирования открытых общественных пространств исторического центра, проблемы озеленения и реновации общественных территорий в работах А.И. Пыжева, Р.А. Шарафутдинова, Е.В. Зандер, О.Н. Блянкинштейн, Н.А. Попковой, М.В. Савельева, Н.А. Унагаевой, И.Г. Федченко и др. При наличии исследований, посвященных общественным пространствам Красноярска, их экологическому состоянию, озеленению и реновации, вопросы сравнительной оценки всесезонной архитектурной адаптации открытых общественных пространств на основе единой системы принципов остаются разработанными недостаточно полно.

В российском нормативно-правовом поле открытые общественные пространства рассматриваются через категорию территорий общего пользования. К ним относятся территории, «которыми беспрепятственно пользуется неограниченный круг лиц», включая площади, улицы, проезды, набережные, скверы и бульвары². Однако действующее регулирование фиксирует преимущественно правовой статус таких территорий и не задает критериев их климатической адаптации, вследствие чего вопрос всесезонности остается преимущественно в поле архитектурно-градостроительного анализа и проектной интерпретации.

Актуальность исследования определяется противоречием между потребностью крупных сибирских городов в круглогодично функционирующих общественных пространствах и недостаточной разработанностью критериев их климатической адаптации в российской нормативной и проектной практике.

Объект исследования – открытые общественные пространства г. Красноярска как элементы городской архитектурной среды. В качестве объектов исследования рассмотрены природно-рекреационный комплекс «Красноярские Столбы», набережная Енисея, площадь Революции, сквер имени Сурикова и остров Татышев.

Предмет исследования – принципы всесезонности и особенности их реализации в архитектурной среде открытых общественных пространств Красноярска.

¹ Росгидромет. Государственный доклад о состоянии и загрязнении окружающей среды в Российской Федерации за 2024 год. URL: https://www.meteorf.gov.ru/upload/iblock/88f/Обзор%20за%202024%20год_300625.pdf (дата обращения: 18.03.2026).

² Российская Федерация. Законы. Градостроительный кодекс Российской Федерации: с изменениями и дополнениями на 30 января 2026 года // КонсультантПлюс: [сайт]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (дата обращения: 27.03.2026).

Целью исследования является выявление приоритетных направлений архитектурной трансформации открытых общественных пространств Красноярска, обеспечивающих повышение их всесезонной пригодности, на основе сравнительной оценки реализации принципов всесезонности.

Для достижения поставленной цели был выполнен ряд задач.

1. Провести сравнительную оценку открытых общественных пространств Красноярска по системе принципов всесезонности.

2. Выявить наиболее выраженные и наименее реализованные признаки всесезонности в исследуемых объектах.

3. Определить приоритетные направления архитектурной трансформации исследуемых территорий, ориентированные на повышение их всесезонной пригодности.

Научная новизна исследования – применение авторской системы из восемнадцати архитектурных принципов всесезонности к сравнительной оценке открытых общественных пространств Красноярска, а также в выявлении зависимости уровня всесезонной устойчивости от сочетания природного потенциала, инфраструктурной насыщенности и событийного программирования пространства.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования полученных результатов при разработке рекомендаций по благоустройству и архитектурной трансформации открытых общественных пространств Красноярска, а также при адаптации подходов к оценке всесезонности для других городов с неблагоприятными климатическими условиями.

Материалы и методы исследования

Материал исследования составили шесть открытых общественных пространств Красноярска, различающихся по типу, масштабу и положению в городской структуре: природно-рекреационный комплекс «Красноярские Столбы», набережная Енисея, Центральный парк, площадь Революции, сквер имени Сурикова и о. Татышев. Выбор объектов обусловлен их репрезентативностью для основных типов открытых пространств города: природно-рекреационных, прибрежных, парковых, центральных площадных, а также их различной степенью включенности в повседневные и сезонные сценарии использования.

Система из восемнадцати архитектурных принципов всесезонности разработана автором в рамках диссертационного исследования на основе анализа нормативных и методических документов, регулирующих формирование городской среды, а также сравнительного изучения международного и российского опыта проектирования общественных пространств в условиях холодного климата [2, 6]. Данная система объединяет микроклиматические, озеленительные, световые, инфраструктурные и событийные характеристики среды, определяющие способность открытых общественных пространств к круглогодичному использованию. Для каждого объекта фиксировалась степень реализации каждого признака по трехуровневой шкале: «соответствует», «неполное соответствие», «отсутствует» (таблица).

В качестве методов использовались сравнительный и функционально-пространственный анализ, визуально-морфологическое обследование террито-

рий, фотофиксация части объектов в летний период, а также анализ открытых источников, включая официальные сайты и аккаунты в социальных сетях исследуемых пространств, картографические сервисы, отражающие летнее и зимнее состояние объектов, и пользовательские отзывы, рассматриваемые как дополнительный источник сведений о восприятии среды, ее достоинствах и проблемных характеристиках. Такой подход позволил сопоставить архитектурные решения, фактические сценарии эксплуатации, общественное восприятие пространств и сезонную трансформацию среды, а также выявить типовые дефициты в структуре открытых общественных пространств Красноярска.

**Оценка общественных пространств Красноярска
по принципам всесезонности**

Assessment of public spaces in Krasnoyarsk according to all-season principles

№ п/п	Принцип	Красно- ярские Столбы	Набе- режная Енисея	Площадь Револю- ции	Сквер им. Су- рикова	Остров Таты- шев
1	Ветрозащита мобильными конструкциями	О	О	О	О	О
2	Ветрозащита озеленением	С	ЧС	О	С	ЧС
3	Ветрозащита геопластикой	С	О	О	О	О
4	Теневые навесы	О	С	О	С	ЧС
5	Отапливаемые временные павильоны	ЧС	ЧС	С	О	С
6	Всесезонное озеленение	С	ЧС	О	ЧС	ЧС
7	Капитальные павильоны	ЧС	С	О	О	ЧС
8	Арт-объекты, инсталляции	О	С	С	С	С
9	Интерактивные объекты	О	ЧС	ЧС	С	С
10	Пешеходно-лыжные дорожки	ЧС	ЧС	О	О	С
11	Декоративная иллюминация	О	С	С	С	С
12	Подсветка озеленения	О	ЧС	О	ЧС	О
13	Новогодние инсталляции	О	С	С	ЧС	С
14	Подсветка архитектурных элементов	ЧС	С	С	С	ЧС
15	Зимние развлечения	О	С	С	О	С
16	Природное затенение	С	ЧС	О	С	С
17	Постоянные точки питания	ЧС	С	ЧС	О	С
18	Велодорожки	О	С	О	О	С

Примечание. С – соответствует; ЧС – частичное соответствие; О – отсутствует.

При подготовке статьи инструменты искусственного интеллекта использовались на вспомогательном этапе предварительного отбора, группировки и систематизации эмпирических данных по исследуемым объектам. Окончательный отбор и проверка источников, разработка исследовательской логики, интерпретация результатов и подготовка текста статьи выполнены автором.

Результаты исследования

Исследуемые общественные пространства Красноярска формируют неоднородную, но взаимосвязанную систему открытых территорий, в которой выделяются две основные группы объектов. К первой относятся центральные и прибрежные пространства, включенные в структуру общественного центра города: набережная Енисея, Центральный парк, площадь Революции и сквер имени Сурикова. Ко второй группе относятся крупные природно-рекреационные территории общегородского значения – о. Татышев и природно-рекреационный комплекс «Красноярские Столбы» (рис. 1). Такая структура определяется не только функциональным зонированием города, но и его ландшафтной организацией: Красноярск сформировался в тесной связи с долиной Енисея, предгорным рельефом и развитой гидрографической сетью, а природный ландшафт продолжает играть важную роль в пространственном восприятии городских открытых пространств [7]. Вместе с тем в современной практике благоустройства нередко преобладает работа с отдельными объектами, тогда как единая система открытых общественных и рекреационных пространств остается выраженной не в полной мере [8].

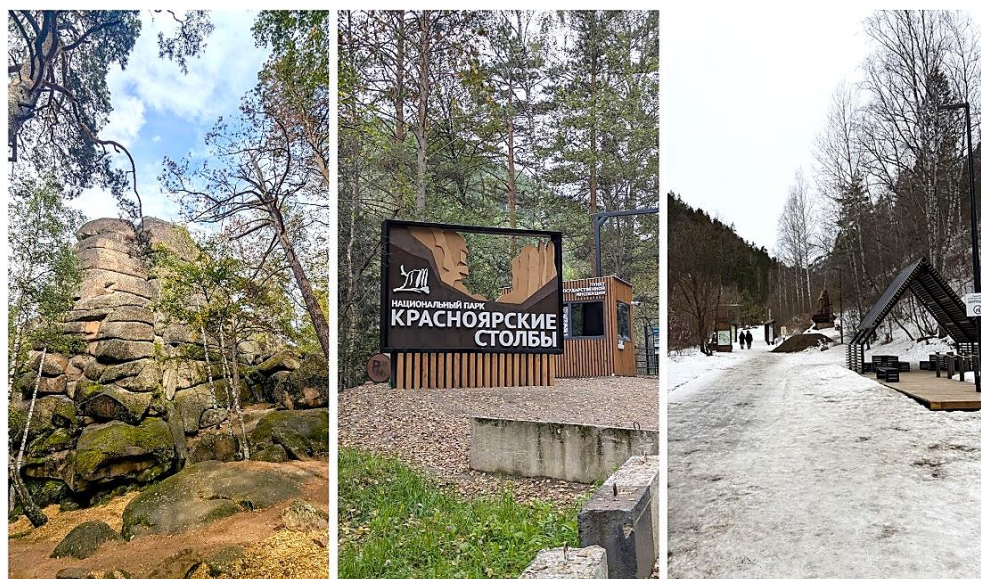


Рис. 1. Красноярские Столбы³
Fig. 1. Krasnoyarsk Pillars

³ URL: <https://kras-stolby.ru/news/ostorozhno-skolzko-2642/>

Сопоставление объектов по системе из восемнадцати принципов всесезонности показало (таблица), что среди фактически функционирующих общественных пространств наибольший уровень адаптации к круглогодичному использованию характерен для о. Татышев (рис. 2) и набережной Енисея (рис. 3). Именно в этих пространствах наблюдается наиболее полное сочетание летних и зимних сценариев эксплуатации, развитой рекреационной инфраструктуры, освещения, точек питания, декоративной среды и возможностей для длительного пребывания посетителей. Анализ пользовательских отзывов дополнительно подтверждает, что оба объекта воспринимаются как повседневно используемые всесезонные пространства: набережная – как протяженный прогулочный и визуально выразительный маршрут с разнообразными сценариями движения и отдыха, о. Татышев – как ключевое пространство активной рекреации, сочетающее природную среду, спортивную инфраструктуру, семейные и событийные форматы использования.



Рис. 2. Остров Татышев⁴
Fig. 2. Tatyshev Island

Вместе с тем фиксируются и локальные дефициты, связанные с нехваткой навесов и укрытий на набережной, отдельными ограничениями безбарьерной доступности, а также с недостатком туалетов, скамеек, парковочных мест и перегрузкой зимней инфраструктуры на о. Татышев. Это позволяет уточнить, что наиболее высокий уровень всесезонной устойчивости в Красноярске формируется там, где природный потенциал сочетается с инфраструктурным и событийным насыщением пространства.

⁴ URL: <https://vk.com/ostrovtatyshev>



Рис. 3. Набережная Енисея⁵
Fig. 3. Yenisei River Embankment

Центральный парк Красноярска (рис. 4), исторически являющийся одним из ключевых общественных пространств центра города, в период подготовки статьи находился в стадии масштабной реконструкции и оставался закрытым для посещения, вследствие чего не может быть сопоставлен с функционирующими объектами на основе единой системы признаков всесезонности. Вместе с тем проект реконструкции⁶ предусматривает создание исторического кластера, восстановление утраченных объектов, устройство фонтанов, скейт-парка, прогулочных дорожек, зон отдыха и обновленного озеленения, что позволяет рассматривать парк как перспективный объект дальнейшего исследования после завершения работ.

Площадь Революции и сквер имени Сурикова характеризуются менее полной, но пространственно взаимодополняющей реализацией принципов всесезонности. Площадь Революции (рис. 5) в большей степени ориентирована на событийные, праздничные и репрезентативные сценарии, прежде всего в зимний период, когда здесь активизируются новогодние инсталляции, декоративная иллюминация и временные объекты обслуживания.

Сквер имени Сурикова (рис. 6), напротив, выполняет функцию более камерного и повседневного пространства кратковременного пребывания, компенсируя дефицит тени, озеленения и локального рекреационного комфорта в структуре центрального узла. Дополнительный анализ пользовательских отзывов показывает, что площадь Революции воспринимается как знаковое пространство центра города, особенно выразительное в вечернее и зимнее время, однако ее текущее восприятие частично нарушено строительством метро и воздействием транспортного окружения. Сквер имени Сурикова, в свою очередь,

⁵ URL: <https://kwakin-misha.livejournal.com/9824034.html>

⁶ Конкурсный проект Центрального парка им. Горького в г. Красноярске // Архитектурное бюро MAParchitects: [сайт]. URL: <https://maparchitects.ru/projects/tsentralnyj-parka-im-gorkogo-v-g-krasnoyarsk> (дата обращения: 27.03.2026).

устойчиво оценивается как более уютное, озелененное и повседневно используемое пространство отдыха, востребованное для кратковременного пребывания, прогулок с детьми и спокойного досуга, но сохраняющее отдельные микроклиматические и сервисные дефициты, включая ветровой дискомфорт, шум со стороны магистрали и отсутствие туалета.

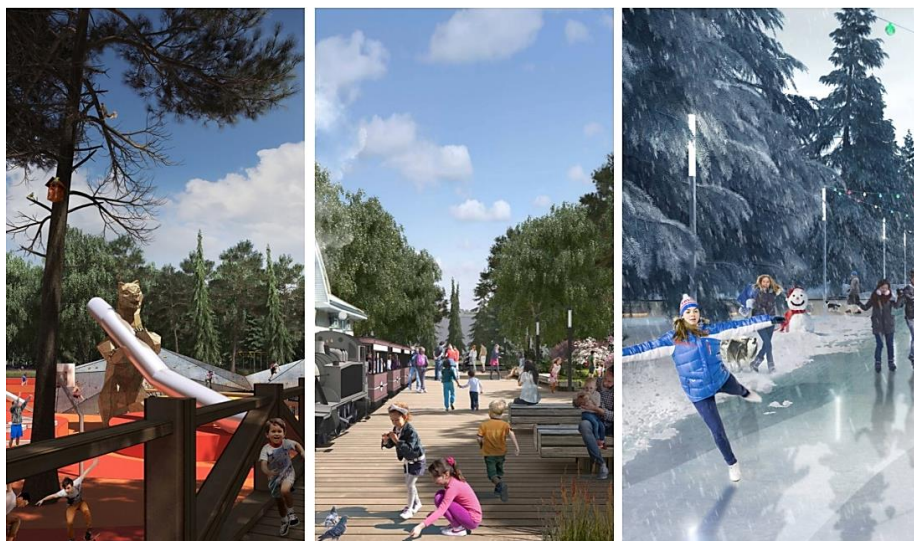


Рис. 4. Проект Центрального парка⁷
Fig. 4. Central Park redevelopment project



Рис. 5. Площадь Революции⁸
Fig. 5. Revolution Square

⁷ URL: <https://maparchitects.ru/projects/tsentralnyj-parka-im-gorkogo-v-g-krasnoyarsk>

⁸ URL: <https://krasgorpark.ru/parki/ploshhad-revolyutsii>



Рис. 6. Сквер имени Сурикова⁹
Fig. 6. Surikov Square

В этом случае дефицит отдельных функций в одном объекте частично компенсируется наличием смежных качеств в соседнем пространстве. Такая связка особенно важна для исторического центра Красноярска, где площадь Революции, Центральный парк и прилегающая к ним часть набережной рассматриваются как элементы единого ансамбля «площадь – парк – набережная», что влияет на характер возможных архитектурных вмешательств и ограничивает применение типовых решений благоустройства [9].

Полученные результаты согласуются и с исследованиями системы озеленения исторического центра Красноярска, в которых выявлены существенный дефицит озелененной площади, дискретность распределения зеленых объектов и неравномерность их структуры. Для центральной части города также отмечены слабая насыщенность пешеходных трасс насаждениями, недостаточное участие хвойных и кустарниковых форм и общее снижение средообразующего потенциала озеленения. Эти обстоятельства позволяют объяснить, почему именно в центральных общественных пространствах Красноярска сравнительно слабо выражены такие принципы, как всесезонное озеленение, природное затенение и ветрозащита озеленением [10]. Следовательно, даже при наличии благоустройства и событийного наполнения микроклиматическая устойчивость центрального узла остается ограниченной.

Особое положение в выборке занимает природно-рекреационный комплекс «Красноярские Столбы». По ряду критериев, связанных с природным затенением, естественной ветрозащитой озеленением и геопластикой, данный объект демонстрирует высокий уровень соответствия. Вместе с тем по инфра-

⁹ URL: <https://www.krsk.kp.ru/daily/27747/5195270/>; <https://krasgorpark.ru/parki/skver-im-v-i-surikova>

структурным, световым и событийным признакам он существенно уступает урбанизированным общественным пространствам. Анализ пользовательских отзывов показывает, что основными достоинствами территории воспринимаются природная выразительность, разнообразие маршрутов и ощущение уникального рекреационного ландшафта, тогда как среди наиболее часто отмечаемых проблем выделяются дефицит промежуточных мест отдыха, нестабильная работа санитарной инфраструктуры, ограниченная доступность отдельных участков для семейных и маломобильных групп, а также конфликт между природоохранным характером территории и присутствием автомобильного трафика, снижающего рекреационное качество среды.

Также отмечается, что в зимний период появляется проблема со скользкостью маршрутов и необходимостью специальной экипировки, а в летний период – с риском клещевой активности. В данном случае всесезонность обеспечивается преимущественно природными характеристиками территории, а не архитектурно-инженерными средствами адаптации. Это позволяет рассматривать Красноярские Столбы как особый тип общественного пространства, в котором природный потенциал частично компенсирует недостаток искусственных элементов климатической и функциональной поддержки, но не формирует полноту круглогодичного городского сценария использования.

Анализ сводной таблицы показал, что наиболее устойчиво в исследуемых пространствах реализуются принципы, связанные с природным затенением, точками питания, декоративной иллюминацией, арт-объектами и зимними сценариями использования в наиболее посещаемых городских локациях (таблица). При этом характер распределения данных признаков различается в зависимости от типа пространства. В урбанизированных объектах лучше представлены световые и событийные решения, а в природно-рекреационных – ландшафтные и климатически компенсирующие качества.

Наименее развитыми во всей выборке оказались мобильные средства ветрозащиты, геопластика как специальный инструмент микроклиматической адаптации, а также системно организованное всесезонное озеленение. Велосипедная инфраструктура сосредоточена преимущественно на набережной Енисея и о. Татышев, тогда как зимняя рекреация тяготеет либо к масштабным событийным пространствам, либо к крупнейшим природно-рекреационным территориям. Сходные выводы прослеживаются и в исследованиях общественных пешеходных пространств Красноярска, где значительная часть центральных территорий оценивается как нуждающаяся в повышении качества и привлекательности, а среди ключевых дефицитов фиксируются недостаточная функциональная насыщенность, дефицит мест кратковременного пребывания и необходимость дополнительной защиты от атмосферных воздействий [11, 12]. Результаты сравнительной оценки объектов по восемнадцати принципам всесезонности приведены в таблице.

Заключение

Проведенное исследование показало, что всесезонность открытых общественных пространств Красноярска формируется неравномерно и зависит от типа пространства, его положения в городской структуре, характера функцио-

нального наполнения и степени климатической адаптации. Наиболее высокий уровень соответствия совокупности принципов всесезонности выявлен у о. Татышев и набережной Енисея, как у фактически функционирующих пространств с наиболее полным сочетанием летних и зимних сценариев использования, развитой рекреационной инфраструктурой, световой организацией среды и возможностями длительного пребывания посетителей. Площадь Революции и сквер имени Сурикова демонстрируют более фрагментарную, но взаимодополняющую реализацию этих принципов в составе центрального городского узла. Природно-рекреационный комплекс «Красноярские Столбы» занимает особое положение, поскольку его всесезонная устойчивость обеспечивается, прежде всего, природными характеристиками территории. В целом наиболее устойчиво в исследуемых пространствах представлены признаки, связанные с природным затенением, декоративной иллюминацией, точками питания, арт-объектами и зимними сценариями использования, тогда как наименее развитыми остаются мобильные средства ветрозащиты, геопластика как инструмент микроклиматической адаптации и системно организованное всесезонное озеленение.

Таким образом, дальнейшая архитектурная трансформация открытых общественных пространств Красноярска должна быть направлена не только на дооснащение отдельных объектов, но и на формирование более целостной системы открытых территорий как части природного, рекреационного и общественного каркаса города. Приоритетными направлениями выступают усиление микроклиматического комфорта, развитие гибких сезонных сценариев эксплуатации, расширение зимней инфраструктуры, повышение качества пешеходной среды и более полная интеграция озеленения, световых и событийных компонентов. В этом отношении всесезонность может рассматриваться как один из ключевых критериев архитектурной устойчивости и круглогодичной востребованности общественных пространств крупного сибирского города.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Медведева, А.А.* Вопросы обустройства общественных пространств и парков в крупнейших городах Сибири // Актуальные вопросы функционирования экономики Алтайского края. 2020. № 12. С. 46–55. EDN: АНОQKX
2. *Бабарыкина, Д.В.* Международный опыт проектирования общественных пространств в условиях холодного климата // АМІТ. 2024. № 2 (67). С. 130–142. DOI: 10.24412/1998-4839-2024-2-130-142
3. *Гейл, Я.* Жизнь среди зданий: использование общественных пространств. Москва : Альпина Паблишер, 2012. 200 с. ISBN 978-5-9614-1948-1.
4. *Пыжжев, А.И., Шарафутдинов, Р.А., Зандер, Е.В.* Экологические последствия развития крупных промышленных городов в ресурсных регионах (на примере Красноярска) // ЭКО. 2021. № 7 (565). С. 40–55. DOI: 10.30680/ЕСО0131-7652-2021-7-40-55
5. *Блянкинштейн, О.Н., Попкова, Н.А.* Эволюция и социокультурная значимость «зеленых» общественных пространств Красноярска // Вестник Томского государственного университета. Культурология и искусствоведение. 2021. № 42. С. 29–41. DOI: 10.17223/22220836/42/3
6. *Бабарыкина, Д.В.* Российский опыт проектирования общественных пространств всесезонного использования // Архитектон: известия вузов. 2025. № 1 (89). [https://doi.org/10.47055/19904126_2025_1\(89\)_21](https://doi.org/10.47055/19904126_2025_1(89)_21)

7. Линч, К. Образ города. Москва : Стройиздат, 1982. 328 с.
8. Кукина, И.В., Унагаева, Н.А., Федченко, И.Г., Липовка, А.Ю., Чуй, Я.В., Логанова, Е.Н., Камалова, К.В. Особенности трансформации среды современного города (на примере Красноярска) // Вестник Томского государственного университета. Культурология и искусствоведение. 2021. № 43. С. 55–74. DOI: 10.17223/22220836/43/4
9. Савельев, М.В., Унагаева, Н.А., Федченко, И.Г. Особенности формирования открытых общественных пространств Красноярска в зоне влияния объектов культурного наследия // Вестник Томского государственного университета. Культурология и искусствоведение. 2021. № 42. С. 135–157. DOI: 10.17223/22220836/42/12
10. Романова, А.Б., Братилова, Н.П., Корниенко, И.А. Проблемы системы озеленения урбанизированной территории на примере исторического центра города Красноярска // Хвойные бореальной зоны. 2021. Т. XXXIX. № 6. С. 462–468.
11. Звонарева, П.П., Филиппская, И.В., Янгуюлова, И.В. Рациональный подход к реновации общественных пространств г. Красноярска // Урбанистика. 2021. № 3. С. 42–49. DOI: 10.7256/2310-8673.2021.3.36219
12. Вагнер, Е.А. Комплексный потенциал и оценка эффективности функционирования архитектурной среды общественных пешеходных пространств в контексте сложившейся городской застройки // Урбанистика. 2017. № 1. С. 35–50. DOI: 10.7256/2310-8673.2017.1.22465

REFERENCES

1. Medvedeva, A.A. Arranging Public Spaces and Parks in the Largest Cities of Siberia. *Aktual'nye voprosy funktsionirovaniya ekonomiki Altaiskogo kraya*. 2020; (12): 46–55. EDN: AHOQKX (In Russian)
2. Babarykina, D.V. International Experience in Public Space Design in Cold Climate Conditions. *AMIT*. 2024; 2(67): 130–142. DOI: 10.24412/1998-4839-2024-2-130-142 (In Russian)
3. Gehl, J. Life Between Buildings: Using Public Space. Washington: Island Press, 2011. 200 p.
4. Pyzhev, A.I., Sharafutdinov, R.A., Zander, E.V. Environmental Consequences of the Development of Large Industrial Cities in Resource Regions: The Case of Krasnoyarsk. *ECO*. 2021; 7(565). DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2021-7-40-55 (In Russian)
5. Blyankinshtein, O.N., Popkova N.A. Evolution and Sociocultural Significance of Krasnoyarsk's Green Public Spaces. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Kul'turologiya i iskusstvovedenie*. 2021; (42): 29–41. DOI: 10.17223/22220836/42/3 (In Russian)
6. Babarykina, D.V. Russian Experience in Public Space Design for Year-Round Use. *Arkhiton: izvestiya vuzov*. 2025; 1(89). [https://doi.org/10.47055/19904126_2025_1\(89\)_21](https://doi.org/10.47055/19904126_2025_1(89)_21) (In Russian)
7. Lynch, K. The Image of the City. Moscow: Stroiizdat, 1982. 328 p. (Russian translation)
8. Kukina, I.V., Unagaeva, N.A., Fedchenko, I.G., Lipovka, A.Yu., Chui, Ya.V., Logunova, E.N., Kamalova K.V. Environmental Transformation of Modern City: the Case of Krasnoyarsk. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Kul'turologiya i iskusstvovedenie*. 2021; (43): 55–74. DOI: 10.17223/22220836/43/4 (In Russian)
9. Saveliyev, M.V., Unagaeva, N.A., Fedchenko, I.G. Open public spaces in Krasnoyarsk within the Zone of Influence of Cultural Heritage Sites. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Kul'turologiya i iskusstvovedenie*. 2021; (42): 135–157. DOI: 10.17223/22220836/42/12 (In Russian)
10. Romanova, A.B., Bratilova, N.P., Kornienko, I.A. Problems of Landscaping of Urbanized Territory: The Case of the Historic Center of Krasnoyarsk. *Khvoynye boreal'noi zony*. 2021; XXXIX(6): 462–468. (In Russian)
11. Zvonareva, P.P., Filipinskaya, I.V., Yangulova, I.V. A Rational Approach to Renovation of Public Spaces in Krasnoyarsk. *Urbanistika*. 2021; (3): 42–49. DOI: 10.7256/2310-8673.2021.3.36219 (In Russian)
12. Wagner, E.A. Comprehensive Analysis and Assessment of Architectural Environment of Public Pedestrian Spaces in Urban Development. *Urbanistika*. 2017; (1): 35–50. DOI: 10.7256/2310-8673.2017.1.22465 (In Russian)

Сведения об авторе

Бабарыкина Дарья Владимировна, доцент, член Союза архитекторов России, Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств имени А.Д. Крячкова, 630099, г. Новосибирск, Красный пр., 38, d.babarykina@nsuada.ru

Author Details

Darya V. Babarykina, A/Professor, Member of the Union of Architects of Russia, Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Fine Arts, 38, Krasnyi Ave., 630099, Novosibirsk, Russia, d.babarykina@nsuada.ru

Статья поступила в редакцию 08.04.2026
Одобрена после рецензирования 22.04.2026
Принята к публикации 22.04.2026

Submitted for publication 08.04.2026
Approved after review 22.04.2026
Accepted for publication 22.04.2026

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2026. Т. 28. № 3. С. 117–132.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2026; 28 (3): 117–132.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 72.01

<https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-117-132>



EDN: LIUBBF

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАВУЧЕЙ АРХИТЕКТУРЫ: МОДЕЛЬ ОМНИПОТЕНТНОСТИ

Артур Анварович Ахунов, Ильнар Ингельевич Ахтямов

*Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Казань, Россия*

Аннотация. Статья посвящена формированию теоретической модели плавучей архитектуры в условиях климатической нестабильности и трансформации водных территорий.

Актуальность исследования обусловлена тем, что современные климатические изменения, рост уровня мирового океана и трансформация прибрежных территорий требуют перехода к адаптивным моделям плавучей архитектуры.

Цель исследования – обосновать всемогущество как системное свойство плавучих структур и выявить принципы, обеспечивающие их многопотенциальность.

Методы. Методика основана на сравнительном анализе реализованных объектов конца XX – начала XXI в., типологическом сопоставлении их пространственных и функциональных характеристик и обобщении современных научных публикаций.

Результаты. В результате сформирована модель, включающая девять взаимосвязанных принципов: временность, гибридность, модульность, масштабируемость, мобильность, пользовательскую адаптацию, самоорганизацию, экологическую устойчивость и технологическую интеграцию. Установлено, что их совокупность формирует всемогущую архитектурную систему, способную к трансформации и смене сценариев использования. Научная новизна заключается в интерпретации плавучей архитектуры как многосценарной адаптивной среды.

Ключевые слова: всемогущество, плавучая архитектура, адаптивные системы, модульность, климатическая адаптация

Для цитирования: Ахунов, А.А., Ахтямов, И.И. Особенности формирования плавучей архитектуры: модель всемогущности // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2026. Т. 28. № 3. С. 117–132. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-117-132>. EDN: LIUBBF

ORIGINAL ARTICLE

SPECIFICS OF FLOATING ARCHITECTURE:
AN OMNIPOTENCE MODEL

Artur A. Akhunov, Il'nar I. Akhtyamov

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia

Abstract. Climatic changes of today rise sea levels, and the transformation of coastal areas requires a transition to adaptive models of the floating architecture. The article is devoted to the development of a theoretical model of the floating architecture in the context of climatic changes and the transformation of water areas.

Purpose: The aim of the work is to substantiate omnipotence as a systemic property of floating structures and identify principles that ensure their multi-potentiality.

Methodology: A comparative analysis of projects realized late in the 20th and early 21st centuries, typological comparison of their spatial and functional characteristics, and synthesis of contemporary scholarly publications.

Research findings: The model comprising nine interrelated principles is formulated: temporality, hybridity, modularity, scalability, mobility, user adaptability, self-organization, ecological sustainability, and technological integration. It is found that their interaction forms an omnipotent architectural system capable of transformation and scenario shifts.

Value: The scientific novelty of the study lies in the interpretation of the floating architecture as a multi-scenario adaptive environment.

Keywords: omnipotence, floating architecture, adaptive systems, modularity, climate adaptation

For citation: Akhunov, A.A., Akhtyamov, I.I. Specifics of Floating Architecture: An Omnipotence Model. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2026; 28(3): 117–132. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-117-132>. EDN: LIUBBF

Введение

Современные климатические изменения, рост уровня мирового океана и трансформация прибрежных территорий требуют переосмысления традиционных моделей освоения пространства [1]. Водная среда рассматривается не только как природное ограничение, но и как ресурс пространственного развития, предполагающий внедрение адаптивных стратегий проектирования [2].

Современные исследования в области устойчивой архитектуры и темпорального планирования подчеркивают необходимость перехода от статичных форм к динамическим системам, способным функционировать в условиях неопределенности и фазовой трансформации городской среды [3, 4].

В этих условиях возрастает значение плавучей архитектуры как пространственной модели, ориентированной на адаптацию к изменяющимся гидрологическим, экологическим и урбанистическим параметрам [5]. Несмотря на увеличение числа реализованных проектов и развитие концепций плавучего урбанизма, существующие исследования преимущественно сосредоточены на отдельных характеристиках: мобильности, устойчивости, модульности – без формирования интегральной системной модели.

Объект исследования – плавучая архитектура как тип пространственной организации.

Предмет исследования – принципы ее формирования в условиях современных экологических и урбанистических вызовов.

Цель исследования – сформировать систему взаимосвязанных принципов формирования плавучей архитектуры и обосновать omnipotentность как ее интегральное свойство.

Гипотеза исследования заключается в том, что плавучая архитектура формируется как адаптивная многослойная система, обеспечивающая многосценарность функционирования и устойчивость к климатической неопределенности.

Методологическая основа исследования базируется на методах описательной классификации и комплексного сравнительного анализа реализованных объектов плавучей архитектуры. Исследование носит качественный аналитический характер и направлено на выявление повторяющихся закономерностей формирования архитектурных структур на воде.

Эмпирическую базу составили реализованные и проектные объекты гражданского назначения конца XX – начала XXI в. Отбор осуществлялся по следующим критериям: размещение на водной поверхности; наличие архитектурно выраженной пространственной структуры; документированная информация о функциональной и конструктивной организации; репрезентативность в контексте современных тенденций развития плавучей архитектуры.

Анализ проводился поэтапно. На первом этапе осуществлялось структурное сопоставление объектов с целью выявления повторяющихся пространственных и функциональных характеристик независимо от их масштаба и географического положения. На втором этапе применялся типологический и классификационный анализ, позволивший систематизировать выявленные признаки по группам (функционально-временные, пространственно-структурные, системно-адаптивные параметры) и перейти от описания отдельных случаев к формированию обобщенной модели. На третьем этапе результаты сопоставлялись с положениями современных научных исследований в области устойчивой архитектуры, климатической адаптации и модульных систем; использовался тезаурусный и концептуальный анализ [6, 7].

Дополнительным источником данных послужили полевые наблюдения автора, фиксировавшие особенности эксплуатации, трансформации и взаимодействия объектов с окружающей средой и пользователями. Полученные материалы использовались для уточнения и верификации выявленных принципов.

Систематизация результатов осуществлялась методом моделирования: на основе индуктивного анализа отдельных объектов сформирована структурная модель принципов формирования плавучей архитектуры. Критерии отбора и этапы анализа обеспечивают воспроизводимость исследования и допускают расширение массива данных.

Обсуждение

В условиях климатической нестабильности архитектура все чаще рассматривается как динамическая система. Плавучие структуры обладают повышенной адаптивностью, поскольку их связь с изменчивой водной средой предполагает постоянную трансформацию.

В настоящем исследовании вводится понятие omnipotentности, под которым понимается системная способность архитектурного объекта реализовывать

множественные пространственные и функциональные возможности при сохранении структурной целостности. Ранее этот термин (от лат. *omnis* – все; *potentia* – сила, возможность) применялся преимущественно в философии (как абсолютная потенция), психологии и биологии (например, тотипотентность клеток, способных развиваться в любом направлении). В теории архитектуры он до настоящего времени практически не использовался, уступая место более узким частным понятиям, таким как «гибкость», «трансформируемость» или «адаптивность».

Введение и адаптация понятия omnipotentности в контекст плавучей архитектуры обоснованы тем, что традиционная терминология не охватывает специфики водной среды. Акватория требует от объекта не просто единичной трансформируемости, а интегральной готовности к непредсказуемым и многофакторным изменениям (климатическим, гидрологическим, социальным). Авторский вклад в развитие концепции заключается в переводе философско-биологической метафоры в рабочую архитектурную категорию: в данном исследовании omnipotentность впервые рассматривается не как абстрактная характеристика, а как измеримая системная модель.

Эта модель раскрывается через совокупность девяти взаимосвязанных пространственно-структурных принципов, взаимодействие которых обеспечивает изменяемость масштаба, конфигурации и сценариев использования объекта.

В результате анализа выделены девять ключевых принципов: временность и сценарная изменяемость, гибридность, пользовательская адаптация, модульность, масштабируемость, мобильность, самоорганизация и совместимость, экологическая устойчивость и саморегуляция, технологическая интеграция.

Для репрезентации выявленных закономерностей предложена структурная модель принципов формирования плавучей архитектуры (рис. 1).

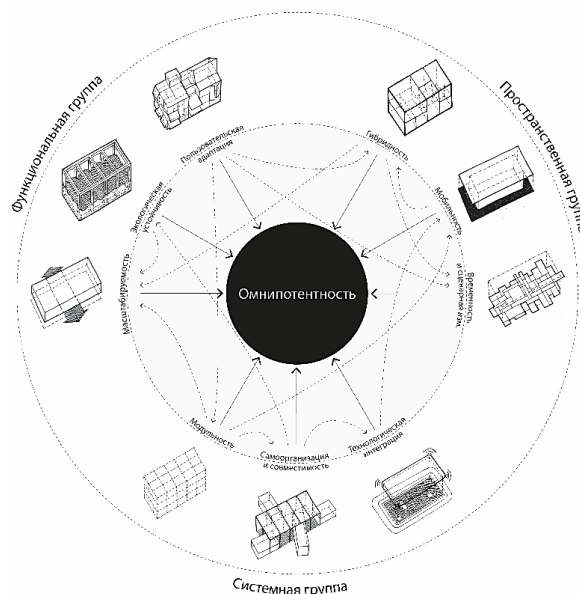


Рис. 1. Структурная модель принципов формирования плавучей архитектуры
Fig. 1. The model of floating architecture principles

Схема отражает группировку девяти принципов по трем взаимосвязанным уровням – пространственному, функциональному и системному.

Пространственный блок включает временность, гибридность и мобильность и определяет динамику формы и сценариев использования в водной среде.

Функциональный блок объединяет пользовательскую адаптацию, масштабируемость и экологическую устойчивость, характеризуя режимы эксплуатации архитектурной системы.

Системный блок представлен модульностью, самоорганизацией и технологической интеграцией и формирует конструктивно-организационную основу адаптивности.

Ниже будут подробнее рассмотрены все перечисленные принципы.

1. Принцип временности и сценарной изменчивости отражает переход от понимания архитектуры как завершенной формы к ее трактовке как процесса, разворачивающегося во времени. В контексте плавучей архитектуры этот принцип приобретает структурный характер, поскольку динамика уровня воды, сезонные колебания и трансформация прибрежных территорий изначально предполагают режим существования, основанный на изменчивости.

Теоретическое осмысление архитектуры как временной системы представлено в работах Бернара Люпена, рассматривающего здание как структуру, функционирующую в различных временных фазах и способную к трансформации без утраты конструктивной основы [8]. В рамках данной концепции здание понимается как долговечный каркас, допускающий смену функциональных сценариев в течение жизненного цикла.

Современные исследования в области планирования расширяют понимание временности, трактуя ее как системный параметр пространственного развития, влияющий на стратегии проектирования и управления городской средой [3]. В работах по устойчивым трансформациям подчеркивается межпоколенческое измерение временности и необходимость учета долгосрочных адаптивных циклов в условиях климатической неопределенности [4]. В отечественных исследованиях трансформация городской структуры во временном измерении также рассматривается как фактор постиндустриального развития и изменения пространственной логики города.

Таким образом, временность в рамках настоящего исследования понимается не как краткосрочность или временный характер использования, а как способность архитектурной системы последовательно проходить через различные режимы существования при сохранении структурной целостности.

Показательным примером является Плавучий университет Берлина (Floating University Berlin, архитектурная группа Raumlabor, 2018), функционирующий как открытая образовательная платформа в акватории бывшего резервуара. Структура развивалась поэтапно, допуская трансформацию конфигурации в зависимости от сценариев использования. Архитектура здесь выступает не завершенным объектом, а динамической средой, изменяющейся во времени.

Тем самым принцип временности и сценарной изменчивости задает фазовую логику развития плавучей архитектуры и формирует основу ее многосценарности.

2. Принцип гибридности предполагает интеграцию различных функциональных программ в пределах единой плавучей структуры. В водной среде ги-

бридность особенно значима, поскольку ограниченность акватории и специфика инфраструктурного подключения стимулируют компактное и многоуровневое использование пространства. В отличие от монофункциональных объектов, гибридные сооружения устойчивее к изменению социального и экономического запроса, т. к. допускают смену сценариев эксплуатации без радикальной реконструкции.

Показательным примером является плавучий арт-центр «Флюктуарт» (Fluctuart, бюро Seine Design, 2019), объединяющий выставочные пространства, книжный магазин, бар и общественную террасу (рис. 2).



Рис. 2. Вид с набережной на галерею «Флюктуарт»¹

Fig. 2. View from the embankment over the Fluctuart Gallery

Трансформируемая организация внутренних зон позволяет адаптировать объект к различным форматам – от экспозиций до публичных мероприятий. Гибридность здесь проявляется как сочетание культурной, коммерческой и общественной функций в компактной структуре, интегрированной в городскую среду.

Социально ориентированная модель гибридности реализована в дневном психиатрическом центре «Адамант» (Adamant, бюро Seine Design, 2019). Помимо медицинской программы, объект включает пространства для групповой работы и культурных событий, формируя среду, сочетающую лечебные и общественные функции (рис. 3). Тем самым учреждение выходит за рамки изолированной медицинской инфраструктуры и становится частью городской жизни.

Теоретически гибридность может рассматриваться как стратегия преодоления функциональной фрагментации: совмещение программ в одном водном объекте обеспечивает устойчивость эксплуатации и снижает зависимость от единственного сценария использования. Гибридные и временно адаптивные модели городской среды рассматриваются как важный элемент современного урбанистического дискурса [9]. В сочетании с временной изменчивостью и масштабируемостью гибридность усиливает многосценарность функционирования и выступает одним из механизмов реализации omnipotентности.

¹ URL: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSbigU1JfOjpywhrmDbO_D1BqKX_KhmVmTiBA&s



Рис. 3. Вид с реки на психиатрический центр «Адамант»²
Fig. 3. View from the river over “Adamant” Psychiatric Center

3. Принцип пользовательской адаптации отражает способность плавучей архитектуры трансформироваться в соответствии с изменяющимися потребностями обитателей и участников пространственного процесса. В отличие от статичной модели эксплуатации, в которой здание функционирует по заранее заданному сценарию, адаптивная среда допускает вариативность использования и участие пользователя в формировании пространственной конфигурации.

В водной среде данный принцип приобретает дополнительное значение, поскольку условия эксплуатации нередко связаны с сезонными, климатическими и социальными изменениями. Возможность трансформации внутренних пространств, переориентации функциональных зон и гибкого распределения площадей повышает устойчивость архитектурной системы и снижает зависимость от жестко фиксированной программы.

Показательным примером пользовательской адаптации является Плавающий университет Берлина, функционирующий как открытая образовательная и исследовательская платформа.

Элементы пользовательской адаптации проявляются и в культурной инфраструктуре, такой как Флюктуарт, где трансформируемые внутренние пространства позволяют варьировать характер мероприятий – от выставок до публичных дискуссий и музыкальных событий. В данном случае адаптация реализуется через многофункциональность и сценарную гибкость пространства.

Теоретически пользовательская адаптация сближает плавучую архитектуру с концепциями соучаствующего проектирования (participatory design) и открытых систем, где архитектурная форма рассматривается как процесс, а не заверченный результат. Концепция архитектурной гибкости подчеркивает значимость способности здания к функциональной трансформации в течение жизненного цикла [10].

² URL: https://images.adsttc.com/media/images/5e50/6baa/6ee6/7e77/9e00/01d6/large_jpg/feature_-_SEINE_DESIGN_Adamant_Hospital_4_Exterior_view_open_fa%C3%A7ade__Sergio_Grazia.jpg?1582328729

Тем самым пользовательская адаптация усиливает социально-функциональную вариативность архитектурной системы.

4. Принцип модульности предполагает формирование архитектурной структуры из автономных элементов, допускающих замену, перестановку и реконфигурацию. В условиях водной среды модульность приобретает особую значимость, поскольку конструктивные и эксплуатационные требования стимулируют создание стандартизированных и повторяемых блоков, обеспечивающих устойчивость платформы и управляемость инженерных систем.

Модульность выступает структурной основой масштабируемости и мобильности. Разделение системы на функционально и конструктивно завершенные элементы позволяет осуществлять поэтапное наращивание объема, частичную реконструкцию или перенос отдельных фрагментов без демонтажа всей структуры. Таким образом, модульность обеспечивает архитектуре способность к постепенной эволюции.

Современные плавучие комплексы демонстрируют использование унифицированных платформенных решений, в которых каждый модуль обладает собственной конструктивной и инженерной автономностью. Примером может служить Плавучий офис в Роттердаме (Floating Office Rotterdam, бюро Powerhouse, 2021), где здание размещено на плавучем основании, допускающем адаптацию инженерных систем и потенциальную реконфигурацию надводной части (рис. 4). Конструктивная логика объекта предполагает разделение несущей и функциональной оболочки, что усиливает гибкость эксплуатации.



Рис. 4. Вид на Плавучий офис в Роттердаме³
Fig. 4. View over the Floating Office in Rotterdam

В водной среде модульность снижает строительные риски, упрощает транспортировку и обеспечивает контролируемую интеграцию новых элемен-

³ URL: https://n1s1.hsmedia.ru/77/c3/8d/77c38dae06759b0e33d4095585ccb884/2364x1330_0xac120003_4099516651666722247.jpeg

тов в существующую систему. Современные исследования плавающих систем подтверждают значимость модульной логики и технологической осуществимости сборки [6, 7].

Модульность выступает конструктивной основой омпотентности, обеспечивая архитектуре структурную способность к изменению без потери идентичности.

5. Принцип масштабируемости отражает способность системы к поэтапному расширению и изменению конфигурации. В водной среде он выступает альтернативой линейному градостроительному росту, допуская формирование кластеров из автономных элементов, объединенных общей инфраструктурой.

Масштабируемость опирается на модульность: совместимые конструктивные блоки позволяют системе развиваться эволюционно – через добавление новых элементов без радикальной реконструкции. Плавучие структуры способны наращиваться поэтапно, адаптируясь к изменению внешних условий.

Примером является жилой кластер «Схонсхип» (Schoonschip, бюро Space&Matter, Амстердам, 2020), объединяющий автономные дома в распределенную энергетическую сеть (рис. 5). Масштабирование реализуется здесь через формирование взаимосвязанной экосистемы, сочетающей самоорганизацию и экологическую устойчивость. Подобные кластеры отражают переход от единичных объектов к сетевым моделям освоения акваторий [11].



Рис. 5. Вид на «Схонсхип» сверху⁴
Fig. 5. View over the Schoonschip

В институциональном масштабе принцип проявляется как воспроизводимость типологии. Плавучий офис в Роттердаме реализован в рамках более широкой стратегии освоения водных территорий и допускает тиражирование платформенной модели в структуре города.

Тем самым масштабируемость обеспечивает переход от единичного объекта к сетевой архитектурной системе.

⁴ URL: https://images.adsttc.com/media/images/60d8/c977/447a/9252/1e67/7f46/large_jpg/schoonschip-spaceandmatter-12-c-isabel-nabuurs.jpg?1624820100

6. Принцип мобильности отражает способность архитектурных структур изменять свое пространственное положение в зависимости от внешних условий. В отличие от закрепленных в акватории сооружений, мобильные объекты допускают изменение положения в пространстве, адаптируясь к трансформации природных и градостроительных условий.

В условиях повышения уровня моря и изменения береговой линии мобильные решения рассматриваются как перспективная стратегия освоения водной среды. Исследования мобильных морских и портовых структур демонстрируют потенциал гибких инфраструктур в условиях климатических рисков [11].

В архитектурной практике мобильность проявляется и как пространственно-культурный механизм. Плавающий Театр Мира (Teatro del Mondo, Альдо Росси (Aldo Rossi), 1979–1980), созданный для Венецианской биеннале, после завершения выставочного периода был перемещен в другую акваторию. Здесь мобильность выступала не только техническим решением, но и концептуальным приемом, подчеркивающим событийный характер архитектуры.

Современную интерпретацию принципа демонстрирует павильон «Аква-Праса» (AquaPraça, Эрик Хевелер (Eric Höweler), 2019) – автономная платформа для общественных мероприятий, способная функционировать в различных водных пространствах. В данном случае мобильность становится инструментом временной активации городской акватории.

Мобильность усиливает системную адаптивность архитектуры, обеспечивая ее функционирование в изменяющихся пространственных и климатических условиях.

7. Принцип самоорганизации и совместимости отражает способность плавучих систем формировать устойчивые структуры через взаимодействие автономных элементов. В отличие от иерархически заданной композиции, такие системы развиваются по сетевой логике – посредством кооперации и объединения совместимых модулей в более сложные образования.

В водной среде этот принцип особенно значим, поскольку акватория допускает пространственное формирование не только через централизованное проектирование, но и через постепенное объединение элементов. Устойчивость определяется степенью конструктивной, инженерной и функциональной совместимости компонентов.

Показательным примером является кластер «Схонсхип», где индивидуальные плавучие дома объединены общей энергетической и инженерной инфраструктурой. Система функционирует как распределенная экосистема: модули сохраняют автономность, но связаны через коллективные ресурсообменные механизмы.

Социальное измерение самоорганизации проявляется в проекте Плавающего университета Берлина, развивавшемся поэтапно и допускавшем изменение конфигурации в процессе эксплуатации. В данном случае взаимодействие архитектурной структуры и пользовательской активности формирует динамическую среду.

Тем самым данный принцип задает системную логику развития архитектурной структуры.

8. Принцип экологической устойчивости и саморегуляции отражает способность плавучей архитектуры функционировать в согласии с динамикой

водной среды, минимизируя антропогенное воздействие и формируя адаптивные ресурсные циклы. В отличие от традиционной инженерной логики жесткой фиксации береговой линии, плавучие структуры допускают обратимую интеграцию в экосистему и адаптацию к изменению уровня воды и климатических условий.

Экологическая устойчивость проявляется через снижение углеродной нагрузки, использование возобновляемых источников энергии [12], локальных материалов, естественной вентиляции и водоочистки, а также отказ от капитального закрепления в донных структурах. Понтонные основания сохраняют возможность трансформации территории и уменьшают необратимость вмешательства. В смежных исследованиях рассматривается амфибийная архитектура – тип конструктивных решений, предполагающий сезонный или эпизодический переход здания от стационарного состояния в режим плавучести при замене уровня воды [13].

Показательным примером является Плавучая школа Макоко (Makoko Floating School, бюро NLÉ Architects, 2013), разработанная с учетом регулярных колебаний уровня воды и основанная на простой конструкции и локальных ресурсах. Здесь плавучесть выступает инструментом адаптации сообщества к гидрологической нестабильности, а не технологическим эффектом.

Теоретически данный принцип соотносится с критикой инженерной стабилизации водных систем. Современные подходы к климатической адаптации подчеркивают необходимость перехода от инженерного контроля к адаптивным стратегиям [1]. В этом контексте omnipotentность определяется не доминированием над средой, а способностью изменять режимы функционирования в ответ на ее колебания.

Экологическая саморегуляция усиливается через распределенные энергетические и инженерные системы, поддерживающие устойчивость за счет внутренних механизмов. Экологическая саморегуляция задает адаптивную стратегию развития архитектуры в условиях климатической неопределенности.

9. Принцип технологической интеграции предполагает включение цифровых, инженерных и энергетических систем в структуру плавучей архитектуры для обеспечения ее адаптивности и управляемости. В водной среде стабильность функционирования зависит от мониторинга гидрологических параметров, энергопотребления и конструктивной устойчивости.

Технологическая интеграция проявляется в использовании интеллектуальных систем управления энергией, датчиков контроля плавучести, распределенных сетей мониторинга и автоматизированных инженерных узлов. Эти решения позволяют архитектуре реагировать на изменения внешней среды и поддерживать устойчивый режим работы. Концепция умных водных городов подчеркивает значимость интеграции цифровых и энергетических систем в структуру плавающей архитектуры [14].

Примером комплексной интеграции является Плавучий офис в Роттердаме, где реализованы системы накопления энергии, адаптивное управление климатом и решения, обеспечивающие высокую энергетическую автономность. Технология здесь становится структурным элементом архитектурной концепции. Экспериментальную интерпретацию демонстрирует павильон «Здание-облако» (The Blur Building, бюро Diller Scofidio + Renfro, 2002), в ко-

тором инженерная система распыления воды формировала саму пространственную оболочку.

В контексте omnipotency технологическая интеграция выполняет координирующую функцию, связывая пространственные, функциональные и экологические принципы в единую управляемую систему. Она поддерживает экологическую устойчивость через мониторинг ресурсов, усиливает самоорганизацию сетевыми решениями, обеспечивает масштабируемость совместимости систем и способствует пользовательской адаптации за счет гибкого управления средой.

Технологическая интеграция выступает инструментом управления адаптивными процессами архитектурной среды.

Сопоставительный анализ реализованных объектов

Для систематизации выявленных закономерностей выполнено сопоставление реализованных и экспериментальных объектов с выделенными принципами (таблица). В выборку включены проекты различного масштаба – от временных павильонов до общественных и институциональных зданий. Анализ направлен на выявление характера проявления принципов и их взаимосвязей.

Сопоставительный анализ реализованных объектов

Comparative analysis of implemented projects

Проект	Временность и сценарная изменчивость	Гибридность	Пользовательская адаптация	Модальность	Масштабируемость	Мобильность	Самоорганизация и совместимость	Экологическая устойчивость	Технологическая интеграция
Театр Мира (Teatro del Mondo)	✓	–	–	–	–	✓	–	–	–
Здание-облако (The Blur Building)	✓	–	–	–	–	–	–	–	✓
Плавучая школа Макоко (Makoko Floating School)	✓	–	✓	–	–	–	✓	✓	–
Плавучий университет Берлина (Floating University Berlin)	✓	✓	✓	–	–	–	✓	–	–
Флюктуарт (Fluctuart)	–	✓	✓	–	–	–	–	–	✓
Адамант (Adamant)	–	✓	✓	–	–	–	✓	✓	–
Плавучий офис (Floating office Rotterdam)	–	✓	–	✓	–	–	–	✓	✓
АкваПраца (AquaPraça)	✓	–	–	–	–	✓	–	–	✓
Схонсхип (Schoonschip)	–	✓	✓	✓	✓	–	✓	✓	–

Примечание. ✓ – принцип выражен системно и является структурообразующим; «–» – принцип не является определяющим для проекта.

Аналитическое обобщение данных, представленных в таблице, позволяет проследить эволюцию плавучей архитектуры и выявить типологические закономерности. Во-первых, очевиден исторический сдвиг: если ранние экспериментальные проекты (например, Театр Мира) опирались преимущественно на одиночные принципы (мобильность, временность), то современные объекты демонстрируют их системную интеграцию. Во-вторых, прослеживается зависимость между функцией объекта и ядром его omnipotentности: для общественных и культурных пространств структурообразующей становится связка «гибридность и пользовательская адаптация», в то время как жилые и институциональные кластеры базируются на триаде «модульность, масштабируемость и экологическая устойчивость».

Таким образом, сопоставление подтверждает, что системные свойства плавучей архитектуры формируются не через случайный набор признаков, а через гибкую матрицу omnipotentности, которая адаптируется под конкретную типологию и масштаб структуры.

Результаты

В ходе исследования сформирована структурная модель принципов формирования плавучей архитектуры. Установлено, что выявленные принципы функционируют во взаимосвязи и образуют многослойную адаптивную систему.

Зафиксирован переход от единичных экспериментальных объектов к кластерным и сетевым структурам освоения водных территорий. Наиболее устойчивыми оказываются решения, сочетающие модульность, гибридность и пользовательскую адаптацию.

Полученные результаты подтверждают гипотезу о системном характере формирования плавучей архитектуры в условиях климатической неопределенности.

Результаты исследования соотносятся с публикациями, в которых отдельные характеристики плавучей архитектуры – мобильность, устойчивость, трансформируемость – рассматриваются изолированно [5, 13, 14]. В отличие от таких подходов, данная работа предлагает интегральную модель, объединяющую их в систему взаимосвязанных принципов.

Введение понятия omnipotentности позволяет рассматривать плавучую архитектуру как многослойную адаптивную среду, в которой модульность, гибридность и технологическая интеграция обеспечивают масштабируемость и сценарную изменчивость. Это смещает акцент с отдельных технических решений к системной логике развития.

Модель может использоваться при проектировании прибрежных территорий и водных объектов в условиях климатической неопределенности.

Ограничения исследования связаны с преобладанием гражданских объектов в выборке и отсутствием анализа экономических и правовых аспектов. Перспективы дальнейших исследований предполагают разработку критериев количественной оценки адаптивности плавучих систем.

Заключение

В ходе исследования на основе анализа реализованных и проектных объектов конца XX – начала XXI в. выявлены устойчиво повторяющиеся простран-

ственные, функциональные и системные характеристики плавучей архитектуры. Их типологическое обобщение позволило сформировать систему взаимосвязанных принципов и разработать структурную модель их группировки по пространственному, функциональному и системному уровням.

Сопоставление полученных результатов с современными подходами в области устойчивого и темпорального планирования подтверждает обоснованность интерпретации плавучей архитектуры как динамической многослойной системы. Установлена тенденция перехода от единичных экспериментальных объектов к кластерным и сетевым формам освоения водных территорий.

Полученные результаты подтверждают гипотезу о формировании плавучей архитектуры как omnipotentной системы, обеспечивающей многосценарность функционирования и устойчивость к условиям климатической неопределенности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Pacheco-Torgal, F., Granqvist, C.-G., Attia, S. Adapting the Built Environment for Climate Change: Design Principles for Climate Emergencies // Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering. 2023. P. 349–370. DOI: 10.1016/B978-0-323-95336-8.00011-1
2. Feldzer, T., Liotta, J.S., Dufrasnes, E. Floating Urbanism, the Bold Vision of Streetless Cities // Proceedings of the Fourth World Conference on Floating Solutions: WCFS 2024, 2–4 December, Hong Kong. Singapore : Springer, 2025. P. 933–941. DOI: 10.1007/978-981-96-4569-5_97
3. Chang, R.A., Wunderlich, F.M., Hutter, G., Wiechmann, T., Schinagl, M., Schroeder, B., Korniyenko, G. Making Space for Time: Temporal and Time-Sensitive Perspectives in Planning Theory and Practice // Planning Theory & Practice. 2025. V. 26. № 5. P. 723–762. DOI: 10.1080/14649357.2025.2593809
4. Hawken, S., Isendahl, C., Barthel, S. Towards intergenerational neutrality in urban planning and governance: Reflections on temporality in sustainability transitions research // Urban Studies. 2025. V. 62. № 3. P. 435–451. DOI: 10.1177/00420980241307907
5. Storbjörk, S., Hjerpe, M. Stuck in experimentation: exploring practical experiences and challenges of using floating housing to climate-proof waterfront urban development in Sweden // Journal of Housing and the Built Environment. 2022. V. 37. P. 2263–2284. DOI: 10.1007/s10901-022-09942-4
6. Calcagni, L., Hensel, D.S., Hensel, M.U., Battisti, A. A performance-based design framework for floating architecture: Trade-offs and correlations between requirements for multiple criteria decision-making optimization // Proceedings of the Third World Conference on Floating Solutions: WCFS 2023, 28–29 August, Tokyo, Japan. Singapore : Springer, 2024. P. 185–208. DOI: 10.1007/978-981-97-0495-8_12
7. Saharinen, K. Modularity and feasible installation // Proceedings of the Fourth World Conference on Floating Solutions: WCFS 2024, 2–4 December. Singapore : Springer, 2025. P. 405–411. https://doi.org/10.1007/978-981-96-4569-5_43
8. Leupen, B. Toward Time-Based Architecture // Time-Based Architecture. Rotterdam : 010 Publishers, 2005. P. 12–20.
9. Andres, L., Bayat, A. Adaptable cities and temporary urbanisms. Columbia University Press, 2025. 328 p. ISBN 978-0-231-55725-2.
10. Kronenburg, D. Flexible: Architecture that Responds to Change. London : Laurence King Publishing, 2007. 240 p. ISBN 978-1-85669-461-2.
11. Weerasinghe, B.A., Spekkink, W., Duin, J.H.R., Edelenbos, J. Floating into the Future: A Systematic Review of Floating Ports' Evolution as a Resilient Maritime Solution // Transportation Research Procedia. 2025. V. 92. P. 100–107. DOI: 10.1016/j.trpro.2025.12.100
12. Attar, H., Alahmer, A., Borowski, G., Alsaqoor, S. Comprehensive review of advancements, challenges, design, and environmental impact in floating photovoltaic systems // Ecological Engineering & Environmental Technology. 2025. V. 26. № 2. P. 301–322. DOI: 10.12912/27197050/199520

13. Ameh, H., Lamond, J., Badarnah, L. Amphibious Architecture: A Review of the Construction Methods Adopted in Existing Designs // *Sustainability Across the Built and Natural Environments*. Springer, Cham, 2026. P. 209–222. DOI:10.1007/978-3-031-94316-4_13
14. Wang, J., Tamprasirt, A. “Smart city” and its implementation in concepts of cities of future (floating cities) // *AIS – Architecture Image Studies*. 2024. V. 5. № 2. P. 34–51. DOI: 10.62754/ais.v5i2.97

REFERENCES

1. Pacheco-Torgal, F., Granqvist, C.-G., Attia, S. Adapting the Built Environment for Climate Change: Design Principles for Climate Emergencies. *Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering*. 2023. Pp. 349–370. DOI: 10.1016/B978-0-323-95336-8.00011-1
2. Feldzer, T., Liotta, J.S., Dufrasnes, E. Floating Urbanism, the Bold Vision of Streetless Cities. In: *Proc. 4th World Conf. on Floating Solutions: WCFS 2024*, 2–4 December, Hong Kong. Singapore: Springer, 2025. Pp. 933–941. DOI: 10.1007/978-981-96-4569-5_97
3. Chang, R.A., Wunderlich, F.M., Hutter, G., Wiechmann, T., Schinagl, M., Schroeder, B., Korniyenko, G. Making Space for Time: Temporal and Time-Sensitive Perspectives in Planning Theory and Practice. *Planning Theory & Practice*. 2025; 26(5): 723–762. DOI: 10.1080/14649357.2025.2593809
4. Hawken, S., Isendahl, C., Barthel, S. Towards Intergenerational Neutrality in Urban Planning and Governance: Reflections on Temporality in Sustainability Transitions Research. *Urban Studies*. 2025; (3): 435–451. DOI: 10.1177/00420980241307907
5. Storbjörk, S., Hjerpe, M. Stuck in Experimentation: Exploring Practical Experiences and Challenges of using Floating housing to Climate-Proof Waterfront Urban Development in Sweden. *Journal of Housing and the Built Environment*. 2022; 37: 2263–2284. DOI: 10.1007/s10901-022-09942-4
6. Calcagni, L., Hensel, D.S., Hensel, M.U., Battisti, A. A performance-based design Framework for Floating Architecture: Trade-offs and Correlations Between Requirements for Multiple Criteria Decision-Making Optimization. In: *Proc. 3rd World Conf. on Floating Solutions: WCFS 2023*, 28–29 August, Tokyo, Japan. Singapore: Springer, 2024. Pp. 185–208. DOI: 10.1007/978-981-97-0495-8_12
7. Saharinen, K. Modularity and Feasible Installation. In: *Proc. 4th World Conf. on Floating Solutions: WCFS 2024*, 2–4 December. Singapore: Springer, 2025. Pp. 405–411. https://doi.org/10.1007/978-981-96-4569-5_43
8. Leupen, B. Toward Time-Based Architecture. In: *Time-Based Architecture*. Rotterdam: 010 Publishers, 2005. Pp. 12–20.
9. Andres, L., Bayat, A. *Adaptable Cities and Temporary Urbanisms*. Columbia University Press, 2025. 328 p. ISBN 978-0-231-55725-2.
10. Kronenburg, D. *Flexible: Architecture that Responds to Change*. London: Laurence King Publishing, 2007. 240 p. ISBN 978-1-85669-461-2.
11. Weerasinghe, B.A., Spekkink, W., Duin, J.H.R., Edelenbos, J. Floating into the Future: A Systematic Review of Floating Ports’ Evolution as a Resilient Maritime Solution. *Transportation Research Procedia*. 2025; 92: 100–107. DOI: 10.1016/j.trpro.2025.12.100
12. Attar, H., Alahmer, A., Borowski, G., Alsaqoor, S. Comprehensive Review of Advancements, Challenges, Design, and Environmental Impact in Floating Photovoltaic Systems. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2025; 26(2): 301–322. DOI: 10.12912/27197050/199520
13. Ameh, H., Lamond, J., Badarnah, L. Amphibious Architecture: A Review of the Construction Methods Adopted in Existing Designs. In: *Sustainability Across the Built and Natural Environments*. Springer, Cham, 2026. Pp. 209–222. DOI: 10.1007/978-3-031-94316-4_13
14. Wang, J., Tamprasirt, A. “Smart City” and its Implementation in Concepts of Cities of Future (floating cities). *AIS – Architecture Image Studies*. 2024; 5(2): 34–51. DOI: 10.62754/ais.v5i2.97

Сведения об авторах

Ахунов Артур Анварович, магистрант, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1, art.akhunov@gmail.com

Ахтямов Ильнар Ингельевич, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1, beznenadres@gmail.com

Authors Details

Artur A. Akhunov, Graduate Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, 1, Zelenaya Str., 420043 Kazan, Russia, art.akhunov@gmail.com

Ilnar I. Akhtiamov, A/Professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, 1, Zelenaya Str., 420043 Kazan, Russia, beznenadres@gmail.com

Вклад авторов

Ахунов А.А. – исследование; написание исходного текста; иллюстрации; итоговые выводы.

Ахтямов И.И. – научное руководство; концепция исследования; доработка текста; итоговые выводы.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

Akhunov A.A. – investigation; writing–original draft preparation; illustrations; conclusions.

Akhtiamov I.I. – supervision; conceptualization; writing–review and editing; conclusions.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 04.03.2026
Одобрена после рецензирования 01.04.2026
Принята к публикации 01.04.2026

Submitted for publication 04.03.2026
Approved after review 01.04.2026
Accepted for publication 01.04.2026

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2026. Т. 28. № 3. С. 133–147.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2026; 28 (3): 133–147.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 725.53.59

<https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-133-147>



EDN: NPQKWM

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И МИРОВОЙ ОПЫТ

Екатерина Андреевна Ерилова, Алла Евгеньевна Лихачева

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

Аннотация. Актуальность. В условиях роста потребности в реабилитационной помощи, обусловленного последствиями пандемии COVID-19, увеличением числа хронических заболеваний, травм и послеоперационных осложнений, возрастает значение эффективной организации реабилитационной среды. Современные подходы к реабилитации, появление высокотехнологичного медицинского оборудования требуют формирования «исцеляющей» архитектурной среды и гибких архитектурно-планировочных решений.

Целью исследования является выявление универсальных принципов и тенденций проектирования реабилитационных центров, применимых в условиях Западной Сибири.

Методы. В работе используется графоаналитический и сравнительный анализ градостроительного размещения и функционально-планировочных решений. Исследование основано на изучении реализованных реабилитационных центров по трем основным направлениям: отечественный подход, европейский подход и азиатский подход к проектированию медицинских учреждений.

Результаты. В ходе исследования выявлены характерные закономерности в архитектурных решениях по каждому направлению, которые могут быть применены в проектировании будущих объектов здравоохранения, а также их особенности. Отдельное внимание уделено интеграции объектов в природную и городскую среду с целью формирования устойчивой, доступной и безопасной архитектурной среды, способствующей восстановлению и социальной адаптации пациентов. Проведенный анализ актуализирует потребность в адаптации мирового опыта в отечественном проектировании для формирования реабилитационных центров в условиях Западной Сибири.

Ключевые слова: сравнительный анализ, реабилитационные центры, тенденции развития, «исцеляющая» архитектура, функционально-планировочные особенности, пространственная организация, отечественный опыт, зарубежный опыт

Для цитирования: Ерилова, Е.А., Лихачева, А.Е. Анализ функционально-планировочных и градостроительных решений реабилитационных центров: современные тенденции и мировой опыт // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2026. Т. 28. № 3. С. 133–147. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-133-147>. EDN: NPQKWM

ORIGINAL ARTICLE

ANALYSIS OF FUNCTIONAL, PLANNING AND URBAN DESIGN SOLUTIONS FOR REHABILITATION CENTERS: CURRENT TRENDS AND GLOBAL EXPERIENCE**Ekaterina A. Erilova, Alla E. Likhacheva***Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Fine Arts, Novosibirsk, Russia*

Abstract. Given the growing need for rehabilitation services, driven by consequences of COVID-19 pandemic, the rise in chronic diseases, injuries, and postoperative complications, the importance of the effective rehabilitation environment is increasing. Modern approaches to rehabilitation and high-tech medical equipment require the creation of the healing architectural environment and flexible architectural and planning solutions.

Purpose: The aim of this study is to identify universal principles and trends in the design of rehabilitation centers that are applicable in Western Siberia.

Methodology/approach: This study employs a graphical and comparative analysis of urban planning layouts and functional and spatial planning solutions. The study is based on examination of rehabilitation centers across three main approaches: domestic, European, and Asian to the design of medical facilities.

Research findings: The study identifies characteristics and patterns of architectural solutions for each approach, which can be applied to the design of future healthcare facilities. Special attention is paid to the integration of facilities into the natural and urban environment with a view to create a sustainable, accessible, and safe architectural environment that promotes recovery and social adaptation of patients. The analysis highlights the need to adapt international experience to domestic design practices for the development of rehabilitation centers in Western Siberia.

Keywords: comparative analysis, rehabilitation centers, development trends, healing architecture, function and planning, spatial organization, Russian and foreign experience

For citation: Erilova, E.A., Likhacheva, A.E. Analysis of Functional, Planning and Urban Design Solutions for Rehabilitation Centers: Current Trends and Global Experience. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2026; 28(3): 133–147. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-133-147>. EDN: NPQKWM

Введение

На фоне пандемии COVID-19, последствия которой продолжают проявляться в виде постковидного синдрома, роста количества хронических заболеваний и увеличения послеоперационных осложнений, возникает потребность в повышении доступности и эффективности реабилитационной помощи. По данным ВОЗ, около 2,4 млрд чел. во всем мире нуждаются в реабилитации, причем более 15 % населения [1] страдают от постоянных проблем со здоровьем, которые влияют на их повседневную деятельность. В России процент населения, нуждающегося в реабилитационной помощи, оценивается примерно в 25–30 %, включая пациентов с хроническими неинфекционными заболеваниями, последствиями травм и оперативных вмешательств. Существенным фактором, определяющим рост потребности в реабилитационной помощи, является увеличение числа посттравматических осложнений: ежегодно в России регистрируются миллионы

случаев травм различной степени тяжести, из которых 10–15 % сопровождаются длительными функциональными нарушениями опорно-двигательного аппарата, неврологическими дефицитами и психическими расстройствами, требующими длительной медицинской и социальной реабилитации.

Актуальность исследования обусловлена не только количественным ростом потребности в реабилитационных услугах, но и изменениями в подходах к их организации. Раньше реабилитация сводилась в основном к физиотерапии и восстановлению двигательных функций. Сегодня это комплексный процесс, предполагающий работу с психологом, социальную адаптацию, профессиональное обучение и создание поддерживающей среды, включающей широкий спектр реабилитационного оборудования. Кроме того, стремительное развитие медицинских технологий, внедрение цифрового оборудования предъявляют новые требования к архитектурной среде. Современное оборудование требует адаптированных пространств и возможности быстрой трансформации помещений. В связи с этим архитектура реабилитационных центров должна формировать благоприятную «исцеляющую» среду, способствующую выздоровлению и повышению качества жизни пациентов, путем создания гибких архитектурно-планировочных решений с наиболее оптимальной коммуникацией основных процессов.

Проблема исследования: современные реабилитационные центры требуют разработки архитектурных подходов, обеспечивающих не только функциональную эффективность, но и гибкость при размещении в различных архитектурно-планировочных и объемно-пространственных решениях. Однако на практике нередко используются типовые проектные схемы, не учитывающие динамично развивающиеся реабилитационные процессы и их взаимосвязи. Это, в свою очередь, снижает их эффективность, увеличивает затраты на строительство и ограничивает комфорт для пациентов и сотрудников. Таким образом, проблема исследования заключается в необходимости выявления основных функционально-планировочных подходов и процессов, обеспечивающих доступную и безопасную среду, способную адаптироваться к разнообразным условиям.

Объект исследования – современные реабилитационные медицинские центры.

Предмет исследования – функционально-планировочные и объемно-пространственные модели реабилитационных центров в России, Европе и странах Азии.

Цель исследования – выявление универсальных принципов функционально-планировочных и объемно-пространственных решений, тенденций и приемов проектирования, которые могут быть использованы для создания благоприятной реабилитационной среды в Западной Сибири.

В рамках исследования стоят следующие задачи:

- выявить характерные особенности архитектурно-планировочной и градостроительной организации;
- определить универсальные принципы и приемы размещения реабилитационных центров, способствующие формированию благоприятной среды в различных градостроительных условиях.

В работе используется несколько методов:

- системный анализ, в т. ч. анализ нормативно-правовой документации в области проектирования медицинских учреждений;
- анализ проектных решений существующих реализованных объектов реабилитационных центров в России, Европе и Азии;
- сравнительный анализ при помощи графоаналитического метода, включающий анализ градостроительного расположения, функциональных связей, сравнение архитектурных схем и пространственной организации.

Анализ отечественного опыта проектирования реабилитационных центров

Архитектура реабилитационных учреждений в России была основана на советской системе здравоохранения, где реабилитация рассматривалась как дополнительная функция в рамках санаторно-курортных и больничных комплексов. Реабилитационное лечение в современном понимании как самостоятельное направление появилось в России не так давно, особенно острая потребность в нем возникла после реформ 1991 г. в связи с критическим снижением уровня здоровья населения [2].

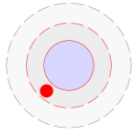
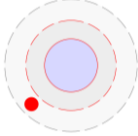
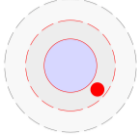
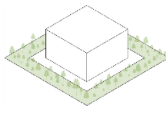
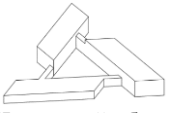
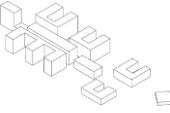
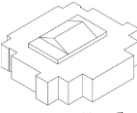
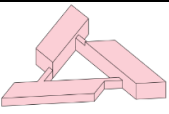
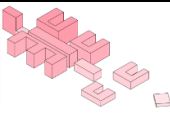
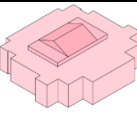
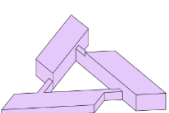
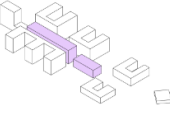
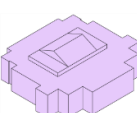
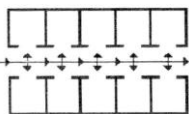
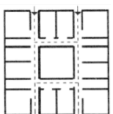
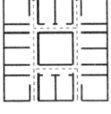
В подавляющем большинстве случаев человек, родившийся и выросший на постсоветском пространстве, имеет дело с наследием модернизма в виде типовых панельных поликлиник или массивных больничных комплексов с жесткой типовой планировкой, которые в большинстве своем недоступны для маломобильных групп населения (МГН) [3]. Однако для современных объектов характерен переход от разрозненной застройки к многофункциональным комплексным решениям. Ярким примером является новое здание медицинского кластера «Хадасса» в Сколково. Контекст «дружественности пространства» является одним из главных критериев высокотехнологичных больниц будущего и представляет собой симбиоз инноваций в лечении и гуманного отношения к больным [4].

В России в последние годы наблюдается тенденция к периферийному размещению реабилитационных центров, что обусловлено несколькими факторами. Во-первых, это позволяет снизить уровень шума и загрязнения, что способствует созданию более благоприятной среды для восстановления пациентов. Во-вторых, пригородные зоны часто предоставляют больше пространства для строительства и создания рекреационных зон, что позволяет развивать инфраструктуру для длительного пребывания пациентов.

Современные реабилитационные центры в России все чаще строятся в составе крупных медицинских кластеров или интегрируются в существующую городскую систему. При выборе места расположения учитываются такие факторы, как транспортная развязка, санитарно-защитные зоны и связь с городской инфраструктурой. Помещения адаптированы для различных категорий пациентов, таких как дети, взрослые и МГН.

Сравнительная характеристика отечественных реабилитационных центров представлена в табл. 1. В ней отражены 3 наиболее показательных объекта, характеризующих основные направления организации реабилитационной помощи в России: современные узкоспециализированные реабилитационные центры, реабилитационные блоки в составе многофункциональных медицинских комплексов и узкоспециализированные реабилитационные центры старого профиля.

Таблица 1
Сводная аналитическая таблица по реабилитационным центрам России
Table 1
Summary analytical table of rehabilitation centers in Russia

Название	 Центр медицинской реабилитации «Территория здоровья» ¹	 Московский многопрофильный клинический центр «Коммунарка» ²	 Центр социальной реабилитации инвалидов и детей-инвалидов Невского района Санкт-Петербурга ³
Градостроительное расположение	 На окраине города	 За чертой города	 На окраине города
Благоустройство и озеленение	 Закрытый двор	 Скверы	 Озеленение заднего двора
Тип застройки	 Целостный объем	 Отдельно стоящие корпуса	 Целостный объем
Этажность	 2–4 этажа	 3–11 этажей	 3 этажа
Тип размещения реабилитации	 Целое здание	 В составе основного корпуса (на этаже)	 Целое здание
Планировочная система	 Коридорная	 Коридорно-кольцевая	 Коридорно-кольцевая с атриумом

¹ URL: https://www.babyblog.ru/community/calendar/post/595685?utm_medium=organic&utm_source=yandexsmartcamera

² URL: https://gorodskoyportal.ru/moskva/news/news/83776586/?utm_medium=organic&utm_source=yandexsmartcamera

³ URL: https://archi.ru/projects/russia/8981/centr-socialnoi-reabilitacii-invalidov-i-detei-invalidov?utm_medium=organic&utm_source=yandexsmartcamera

В последнее время отмечается также улучшение качества российских медицинских учреждений благодаря реализации принципа «безбарьерная среда + терапевтическая среда», что делает эти объекты не только лечебными, но и социально-реабилитационными пространствами. На основе сравнительного анализа 15 отечественных реабилитационных центров были определены следующие *характерные особенности формирования отечественных реабилитационных центров*:

- тенденция к созданию реабилитационных блоков в составе крупных медицинских комплексов (кластеров);
- преобладание горизонтального размещения центров на участке;
- преобладание коридорно-кольцевой планировочной системы;
- линейное расположение объектов вдоль магистралей для обеспечения быстрой логистики, скорой помощи и удобства пациентов из пригородов и областей;
- увеличение доли зеленых насаждений, для формирования рекреационных зон – газонов, цветников, групповых посадок деревьев и кустарников – до 30–40 % территории;
- преобладание *эволюционного типа медицинских центров*, что предполагает возможность будущего развития и расширения за счет заложения значительных резервных территорий [5].

Анализ зарубежного европейского опыта проектирования реабилитационных центров

Реабилитационные учреждения в Европе начали свое развитие в ответ на необходимость восстановления здоровья после травм и заболеваний. Первые специализированные центры появились в середине XX в., когда последствия Второй мировой войны потребовали создания мест для реабилитации военных и гражданских лиц. На ранних этапах значительная часть таких учреждений формировалась на базе реконструируемых и перепрофилированных госпиталей, что во многом определило их функционально-планировочную структуру. Тенденция объединения всех функций больницы под одной крышей пришла из Америки, Скандинавских стран и Швейцарии [3]. В XXI в. модернизация реабилитационных центров продолжилась путем формирования новых обособленных узкоспециализированных центров, при этом акцент сместился на интеграцию с природной средой, использование инновационных технологий и создание условий для комплексного восстановления пациентов.

Этажность зданий реабилитационных центров в Европе проектируется с учетом потребностей пациентов с ограниченными возможностями путем формирования линейной планировки и коридорно-кольцевой планировочной системы. В Нидерландах большинство таких учреждений представляют собой одно- или двухэтажные здания. Этот подход обеспечивает удобство перемещения для пациентов и уменьшает необходимость использования лифтов и других вспомогательных механизмов.

Также в европейской практике сейчас наблюдается тенденция к созданию гибких, трансформируемых пространств, которые могут меняться в зависимости от этапа реабилитации.

Объемно-пространственные решения, в свою очередь, стремятся к интеграции в природный ландшафт с созданием исцеляющих рекреационных зон и гармоничного архитектурно-стилистического облика реабилитационного центра.

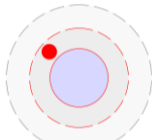
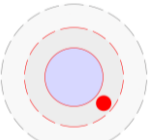
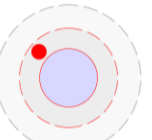
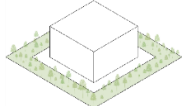
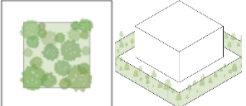
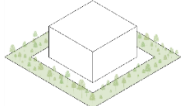
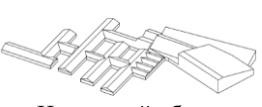
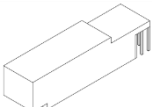
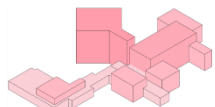
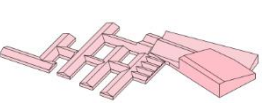
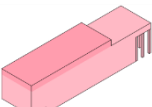
Сравнительная характеристика европейских реабилитационных центров дана в табл. 2. В ней представлены 3 объекта, позволяющие наиболее полно отразить основные тенденции организации европейских реабилитационных центров: современные планировочные решения, комплексный подход к реабилитации пациентов и сочетание медицинских функций с созданием условий для психологического комфорта и социальной адаптации посредством взаимодействия с окружающей средой.

Таблица 2

Сводная аналитическая таблица по реабилитационным центрам Европы

Table 2

Summary analytical table of rehabilitation centers in Europe

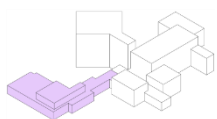
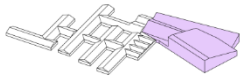
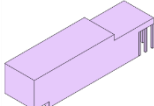
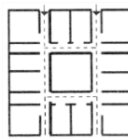
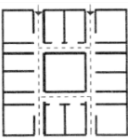
Название	 Реабилитационный центр Сент Джонса ⁴	 Реабилитационный центр «Вандхалла Эгмонт» ⁵	 Реабилитационный центр «Грут Климмендал» ⁶
Градостроительное расположение	 На окраине города	 На окраине города	 На окраине города
Благоустройство и озеленение	 Озеленение территории, рядом лесной массив	 Закрытый двор, озеленение территории	 Озеленение территории, «зеленая» зона
Тип застройки	 Целостный объем	 Целостный объем	 Целостный объем
Этажность	 2–4 этажа	 1–2 этажа	 5 этажей

⁴ URL: <https://www.archdaily.com/211220/st-johns-rehab-montgomery-sisam-architects-farro%25e2%2580%258bw-partnership-architects>

⁵ URL: <https://www.archdaily.com/474130/vandhalla-egmont-rehabilitation-centre-cubo-arkitekter-force4-architects>

⁶ URL: <https://www.archdaily.com/126290/rehabilitation-centre-groot-klimmendaal-koen-van-velsen>

Окончание табл. 2
End of table 2

Тип размещения реабилитации	 В составе основного корпуса	 Целое здание	 Целое здание
Планировочная система	 Коридорно-кольцевая	 Коридорно-кольцевая	 Коридорно-кольцевая

Европейские центры ориентированы на создание разнообразной рекреационной среды, способствующей восстановлению через взаимодействие с природой: от тишины и приватности до визуальной открытости и общественной активности. На основе сравнительного анализа 25 европейских реабилитационных центров были определены следующие *особенности формирования европейских реабилитационных центров*:

- здания преимущественно 3–5 этажей для комфортного психоэмоционального восприятия и связи с природой;
- наличие эксплуатируемой кровли, зимние сады и внутренние дворы как ключевые терапевтические элементы «исцеляющей» архитектуры;
- преобладание коридорно-кольцевой планировочной системы;
- наличие общественных пространств на территории или в составе реабилитационных центров (кафе, галереи, зоны отдыха) для социальной адаптации пациентов.

Анализ восточноазиатского опыта проектирования реабилитационных центров

Развитие реабилитационных центров в Азии имеет богатую историю, начавшуюся с середины XX в. В 1949 г. в Японии был основан первый специализированный реабилитационный центр, который стал частью национальной программы восстановления после Второй мировой войны.

Азиатские страны, столкнувшиеся с бурной урбанизацией и дефицитом площадей, разработали уникальные модели реабилитационных центров с акцентом на вертикальную компоновку и технологическую интеграцию. В Японии с 1990-х гг. реализуются проекты, где функциональные блоки размещаются на разных уровнях одного здания. Примером служат больницы в Токио, предусматривающие этажи для ЛФК, реабилитации и социального восстановления.

В Китае многоэтажные здания проектируются с акцентом на зонирование. Пространства выстроены по принципу вертикального кластера: нижние этажи отводятся под медицинские и реабилитационные услуги, в то время как верхние используются для жилых помещений. Такой подход не только опти-

мизирует пространство в условиях плотной городской застройки, но и обеспечивает удобство для пациентов и медицинского персонала.

Азия лидирует во внедрении биофильных технологий в архитектуре реабилитационных центров. Здесь широко применяют зеленые фасады, террасы-сады на каждом уровне и центральные атриумы с вертикальными садами. Такой подход особенно оправдан при ограниченной площади участка. При этом зеленые элементы выполняют не только декоративную функцию, но и способствуют улучшению микроклимата, очищая воздух и снижая уровень шума, что повышает комфорт и здоровье пациентов и персонала.

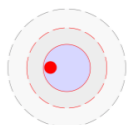
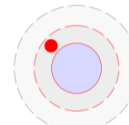
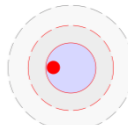
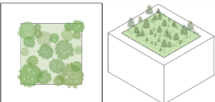
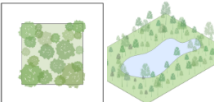
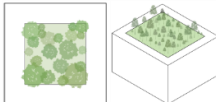
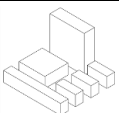
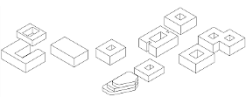
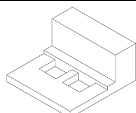
Сравнительная характеристика азиатских реабилитационных центров представлена в табл. 3. В ней отражены наиболее показательные объекты, демонстрирующие современные подходы к организации реабилитационной среды в странах Азии. Выбранные центры отличаются высоким рейтингом, современным подходом к проектированию медицинских учреждений, эффективной организацией функциональных процессов и комплексным подходом к восстановлению пациентов.

Таблица 3

Сводная аналитическая таблица по реабилитационным центрам Азии

Table 3.

Summary analytical table of rehabilitation centers in Asia

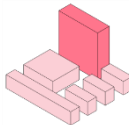
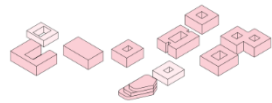
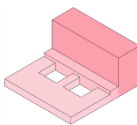
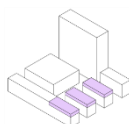
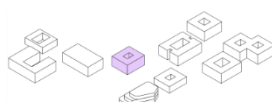
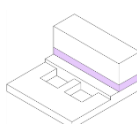
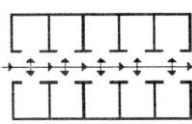
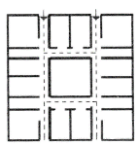
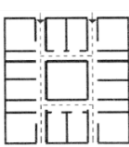
Название	 Шэньчжэньская больница охраны здоровья матери и ребенка Баоань ⁷	 Первый институт социального обеспечения Ханчжоу ⁸	 Больница Ратчапрук ⁹
Градостроительное расположение	 В черте города	 На окраине города	 В черте города
Благоустройство и озеленение	 Децентрализованное озеленение, озеленение крыш, закрытые дворы	 Закрытые дворы, лес, центр находится на территории с прудом	 Децентрализованное озеленение, озеленение крыш, закрытые дворы
Тип застройки	 Многокорпусный центр	 Отдельно стоящие здания	 Целостный объем

⁷ URL: <https://www.archdaily.com/944794/shenzhen-baoan-district-maternal-and-child-health-hospital-capol>

⁸ URL: <https://www.archdaily.com/1021648/hangzhou-n-social-welfare-institute-uad-group-four>

⁹ URL: <https://www.archdaily.com/1012241/ratchaphruek-hospital-arsomsilp-community-and-environmental-architect>

Окончание табл. 3
End of table 3

Этажность	 5–23 этажа	 2–3 этажа	 3–14 этажей
Тип размещения реабилитации	 В составе основного корпуса (на этаже)	 Отдельный корпус	 В составе основного корпуса (на этаже)
Планировочная система	 Коридорная	 Коридорно-кольцевая с атриумом	 Коридорно-кольцевая

Культурные и социальные особенности оказали значительное влияние на развитие реабилитационных центров в Азии, формируя их уникальные черты. В странах Азии, таких как Япония, проектирование медицинских учреждений часто основывается на принципах дзен-архитектуры. На основе сравнительного анализа 10 азиатских реабилитационных центров были определены следующие *особенности формирования азиатских реабилитационных центров*:

- вертикальная организация функций: каждый уровень здания предназначен для определенной программы (ЛФК, трудотерапия, социальная адаптация);
- озеленение преимущественно находится внутри здания или на самом здании из-за нехватки территории и повышения энергоэффективности зданий, например, зеленые стены, террасы-сады, центральные атриумы с растениями;
- тесная интеграция с транспортными узлами (метро, автобусы, такси-стоянки) и городской инфраструктурой.

Сравнительный анализ

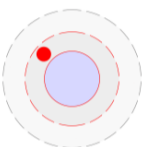
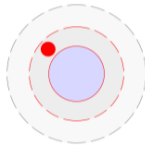
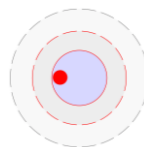
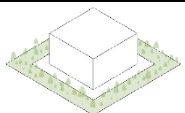
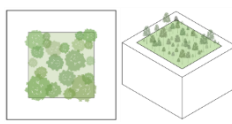
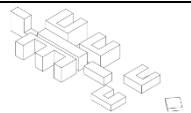
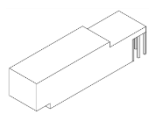
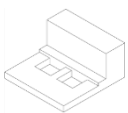
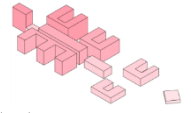
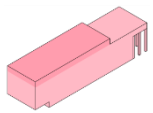
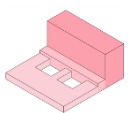
Для сравнительного и графоаналитического анализа (табл. 1–3) реабилитационных центров России, Европы и Азии были выбраны критерии, отражающие ключевые аспекты архитектурного и функционального проектирования. При проведении анализа были выявлены схожие особенности в их функционально-планировочном и градостроительном формировании (табл. 4): размещение медицинских комплексов в составе научно-исследовательских кластеров, увеличение процента озеленения, активное благоустройство территории (закрытые дворы, террасы, скверы, прогулочные зоны), объединение объемов в единую взаимофункционирующую систему, среднеэтажная застройка (до 7 этажей), применение коридорно-кольцевой планировочной схемы.

Таблица 4

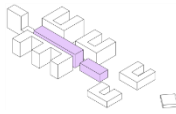
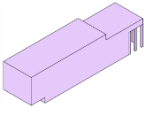
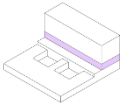
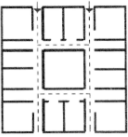
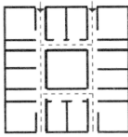
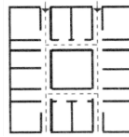
Сводная сравнительная таблица по трем направлениям:
отечественный, европейский и азиатский опыт

Table 4

Summary comparative table for Russian, European and Asian experience

Подход	Отечественный	Европейский	Азиатский
Градостроительное расположение	 На окраине города Большинство центров находится в пределах города; это обусловлено наличием развитой инфраструктуры внутри города	 На окраине города Обычно реабилитационные центры размещаются почти за городом для создания ощущения камерности и спокойствия, однако немало объектов находится на окраине города	 В черте города В основном все реабилитационные центры находятся в городе, ближе к центру, из-за отсутствия свободной территории
Благоустройство и озеленение	 Скверы, озеленение по периметру, закрытые дворы Тенденция создания разнородного благоустройства и озеленения, создание рекреационных зон	 Озеленение по периметру, интеграция центра в природную зону Размещение объектов здравоохранения в существующих экологических озелененных зонах	 Децентрализованное озеленение, озеленение крыши, закрытые дворы, зимние сады Создание «внутреннего» разнообразного озеленения
Тип застройки	 Горизонтальная застройка Преобладание деления центра на функциональные корпуса	 Единый объем Создание единого объема, в котором располагаются все функциональные зоны	 Вертикальная застройка В основном объекты имеют цельную структуру, редко дробятся на блоки
Этажность	 Средняя этажность 2–7 этажей Большая этажность только в составе многофункционального медицинского центра	 Средняя этажность: 3–5 этажей В основном невысокие здания	 Более 15 этажей Преобладает высотная застройка

Окончание табл. 4
End of table 4

Тип размещения блока реабилитации	 Реабилитационный блок находится в многофункциональном медицинском центре Чаще всего реабилитационный блок находится в составе большого медицинского центра	 Реабилитационный блок располагается во всем здании Строительство отдельных объектов без дополнительных медицинских функций	 Реабилитационный блок находится в многофункциональном медицинском центре Под размещение реабилитационного блока чаще всего выделяются этажи в большом медицинском центре
Планировочная система	 Коридорно-кольцевая	 Коридорно-кольцевая	 Коридорно-кольцевая

Так, чем ближе медицинский комплекс к городскому центру, тем плотнее его застройка, что создает жесткие ограничения для дальнейшего расширения учреждения [4].

На основе анализа схожих черт были выявлены тенденции укрупнения медцентров и объединения их в кластеры, предполагающие возможность будущего развития и расширения за счет заложения значительных резервных территорий.

Можно перечислить следующие универсальные принципы и приемы проектирования реабилитационных центров:

- *принцип многофункциональности объектов* размещение медицинских комплексов в составе многофункциональных медицинских кластеров;
- *принцип гибких планировочных решений*, использование модульных и универсальных пространств, позволяющих легко менять конфигурацию в зависимости от потребностей;
- *принцип приоритета доступности*, обеспечение безбарьерной среды для людей с ограниченными возможностями;
- *принцип связи с природной средой* увеличение процента озеленения, оборудование террас, садов и пешеходных дорожек для повышения психологического комфорта;
- *принцип климатически адаптивного проектирования* формирование рекреационных зон в атриумах и переходах, меридиональная ориентация палатных блоков, компактные энергосберегающие архитектурно-планировочные решения;
- *принцип ориентации на пациента*, создание пространств для общения с близкими: семейные комнаты, зоны психологической разгрузки;
- *установление связей с городской инфраструктурой и окружающей природой*;

- применение среднеэтажной застройки (до 7 этажей) для обеспечения интеграции объекта в природную среду;
- применение коридорно-кольцевой планировочной схемы.

Заключение

В рамках проведенного исследования были рассмотрены функционально-планировочные и градостроительные аспекты проектирования современных реабилитационных центров в различных странах. Детальный анализ отечественных, европейских и азиатских практик позволил выявить ряд характерных тенденций и общих принципов формирования планировочных решений по каждому направлению.

1. По результатам аналитического исследования отечественного опыта проектирования реабилитационных центров удалось выделить ключевые особенности архитектурно-планировочной организации. Формируются более *гибкие планировочные структуры*, усиливается *ориентация на потребности маломобильных граждан*, создается *комфортная среда* и увеличивается процент озеленения территории. Прослеживается тенденция к созданию реабилитационных блоков в составе крупных медицинских *кластеров*.

2. Исследование европейского опыта показало, что архитектура реабилитационных центров в Европе отличается *системностью* и высоким уровнем *интеграции здания с природой и городской средой*, акцентом на *безбарьерную среду*. Широко применяются «зеленые» крыши, зимние сады и внутренние дворы как средства терапевтического лечения.

3. В процессе изучения азиатского опыта было установлено, что в странах Азии проектирование реабилитационных центров характеризуется более выраженной *вертикальной ориентацией объектов*, внедрением *новых технологий* при проектировании внутреннего и *наружного озеленения* («зеленые» крыши, гидропоника, зимние сады).

На основании сопоставительного анализа отечественных, европейских и азиатских практик можно выделить ряд универсальных принципов, применимых при проектировании реабилитационных центров. К ним относятся: *принцип приоритета доступности*, *принцип гибких планировочных решений*, *принцип связи с природной средой*, *принцип климатически адаптивного проектирования*, *принцип ориентации на пациента*, *принцип многофункциональности объектов* (размещение таких центров в составе крупных медицинских кластеров), *принцип «исцеляющей» архитектуры*. Выявленные типологические особенности – преобладание проектирования центров средней этажности с применением коридорно-кольцевой планировочной системы, наличие дополнительных пространств как внутри здания, для общения и психологической разгрузки, так и прогулочных рекреационных зон снаружи – формируют теоретическую базу для оптимизации архитектурно-планировочных решений.

Полученные результаты могут служить основой для разработки практических рекомендаций по проектированию реабилитационных центров в условиях российской практики, ориентированной на международные стандарты качества, доступности и терапевтической эффективности архитектурной среды, которые могут быть использованы для формирования реабилитационных центров в условиях Западной Сибири.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аксенова, Е.И., Горбатов, С.Ю. Реабилитационные услуги: мировой опыт // *Московская медицина*. 2022. № 4 (50). С. 82–95. EDN: APWSBB
2. Zvyagintseva, M., Skripkina, J., Fedorchenko, N. Principles and examples of design of rehabilitation centers in russia and abroad // *Journal of Applied Engineering Science*. 2019. V. 17. № 4. P. 567–570. DOI: 10.5937/jaes17-23722
3. *Пространства исцеления*. От массового обслуживания к гостинице для пациентов: развитие больничной архитектуры с 1900-х годов // *Проект Россия* : [сайт]. 2020. URL: <https://prorus.ru/interviews/prostranstva-isceleniya-ot-massovogo-obsluzhivaniya-k-gostinice-dlya-pacientov-razvitie-bolnichnoj-arhitektury-s-1900-h-godov/> (дата обращения: 10.05.2025).
4. Душкина, И.В., Лихачева, А.Е. Тенденции развития архитектурно-планировочных и градостроительных решений высокотехнологичных медицинских центров // *Творчество и современность*. 2023. № 1 (19). С. 5–20. DOI: 10.37909/2542-1352-2023-1-1001
5. Еремеев, С.Н., Лихачев, Е.Н. К вопросу о проблемах размещения высокотехнологичных медицинских центров в структуре сибирского города // *Творчество и современность*. 2018. № 2 (6). С. 80–89.

REFERENCES

1. Aksenova, E.I., Gorbato, S.Yu. Rehabilitation Services: Global Experience. *Moskovskaya meditsina*. 2022; 4(50): 82–95. (In Russian)
2. Zvyagintseva, M., Skripkina, J., Fedorchenko, N. Principles and Examples of Design of Rehabilitation Centers in Russia and Abroad. *Journal of Applied Engineering Science*. 2019; 17(4): 567–570. DOI: 10.5937/jaes17-23722
3. Moizer, F., Shreimer, K. Healing spaces. From mass service to patient hotel: development of hospital architecture since 1900. *Proekt Rossiya*. 2020. Available: <https://prorus.ru/interviews/prostranstva-isceleniya-ot-massovogo-obsluzhivaniya-k-gostinice-dlya-pacientov-razvitie-bolnichnoj-arhitektury-s-1900-h-godov/> (accessed June 10, 2015). (In Russian)
4. Dushkina, I.V., Likhacheva, A.E. Trends in Architectural and Urban Planning Solutions for High-Tech Medical Centers. *Tvorchestvo i sovremennost'*. 2023; 1(19): 5–20. (In Russian)
5. Eremeev, S.N., Likhachev, E.N. Towards the Placement of High-Tech Medical Centers in a Siberian City. *Tvorchestvo i sovremennost'*. 2018; 2(6): 80–89. (In Russian)

Сведения об авторах

Ерилова Екатерина Андреевна, магистрант, Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств им. А.Д. Крячкова, 630099, г. Новосибирск, Красный пр., 38, cat.erilova@yandex.ru

Лихачева Алла Евгеньевна, канд. архитектуры, зав. кафедрой, Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств им. А.Д. Крячкова, 630099, г. Новосибирск, Красный пр., 38, aelikhacheva@nsuada.ru

Authors Details

Ekaterina A. Erilova, Graduate Student, Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Fine Arts, 38, Krasnyi Ave., 630099, Novosibirsk, Russia, cat.erilova@yandex.ru

Alla E. Likhacheva, PhD, A/Professor, Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Fine Arts, 38, Krasnyi Ave., 630099, Novosibirsk, Russia, aelikhacheva@nsuada.ru

Вклад авторов

Ерилова Е.А. – сбор материала; обработка материала; написание исходного текста; доработка текста; иллюстрации; итоговые выводы.

Лихачева А.Е. – научное руководство; концепция исследования; научное редактирование текста; итоговые выводы.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

Erilova E.A. – data collection and processing; writing–original draft preparation; writing–review and editing.

Likhacheva A.E. – conceptualization, supervision; writing–review and editing.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 03.04.2026

Одобрена после рецензирования 08.04.2026

Принята к публикации 13.04.2026

Submitted for publication 03.04.2026

Approved after review 08.04.2026

Accepted for publication 13.04.2026

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2026. Т. 28. № 3. С. 148–159.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2026; 28 (3): 148–159.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 721.012

<https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-148-159>



EDN: MUQLSX

ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ТУРИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ

Карина Евгеньевна Бритвина, Виктор Михайлович Молчанов

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

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена ростом популярности внутреннего туризма и интереса со стороны государства к созданию объектов и условий для качественного отдыха в России.

Цель работы – выявление особенностей архитектурной организации современных туристических центров на примерах зарубежного и отечественного опыта проектирования и строительства подобных объектов.

В результате исследования были выявлены основные черты, характеризующие устройство современного туристического центра, описаны его функциональное наполнение и объемно-планировочное решение, а также тенденции расположения и внешней отделки. Подчеркнута особая градостроительная роль туристических центров и влияние таких объектов на стимулирование всевозможных видов туризма в регионе из размещения.

Ключевые слова: архитектура, архитектурная организация, туризм, туристический центр, визит-центр, функциональное зонирование

Для цитирования: Бритвина, К.Е., Молчанов, В.М. Особенности архитектурной организации современных туристических центров // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2026. Т. 28. № 3. С. 148–159. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-148-159>. EDN: MUQLSX

ORIGINAL ARTICLE

ARCHITECTURE OF MODERN TOURIST CENTERS

Karina E. Britvina, Victor M. Molchanov

*The Academy of Architecture and Arts of the Southern Federal University,
Rostov-on-Don, Russia*

Abstract. The relevance of the study is due to the growing popularity of tourism in Russia and the government interest in creating facilities for the quality recreation in the country.

Purpose: The aim of this study is to identify the architecture of modern tourist centers based on the Russian and foreign experience in design and construction of recreation facilities.

Research findings: The main features characterizing the structure of a modern tourist center are identified together with its functions and spatial planning solution, trends in location and

exterior decoration. The special urban planning role of tourist centers and the influence of recreation facilities on various types of tourism in the region are highlighted.

Keywords: architecture, tourism, tourist center, visitor center, functional zoning

For citation: Britvina, K.E., Molchanov, V.M. Architecture of Modern Tourist Centers. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2026; 28(3): 148–159. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-148-159>. EDN: MUQLSX

Туризм – это путешествие с постоянного места жительства в другую страну или местность, осуществляемое людьми в свободное от работы время в развлекательных, познавательных, профессионально-деловых, медицинских, спортивных и иных целях [1]. Туризм представляет собой форму активного досуга, способствующего снятию стресса, получению новых впечатлений и эмоциональному восстановлению, а также культурному обмену. Такое путешествие оказывает положительное влияние как на духовное, так и на физическое состояние человека.

Сами путешествия имеют многовековую историю и с течением времени претерпевают сильные изменения. Исторически они служили инструментом для экспансии, распространения верований и формирования торговых связей. Сейчас же для многих стран туризм является ключевой сферой экономики, влияющей, кроме того, на их историческую и культурную деятельность [2]. Туризм становится катализатором роста национального дохода в первую очередь для регионов с уникальной природой, благоприятным климатом, достопримечательностями, а также самобытной культурой [3].

Туристические центры – это точки притяжения путешественников, нуждающихся в удовлетворении различных потребностей или в информационной помощи, поэтому проведение анализа их архитектурных решений приобретает в условиях повсеместного распространения туризма, ставшего неотъемлемой частью жизни большинства людей, особую значимость.

Целью настоящей работы является выявление особенностей архитектурной организации современных туристических центров. Для этого сначала расшифруем термин «туристический центр», затем определим, какой набор функций реализуется в таком типе объектов, и выявим его функционально-планировочную структуру, после чего рассмотрим мировой опыт проектирования туристических центров и, наконец, выделим особенности их архитектурной организации.

Изучением туристических центров, а также визит-центров, туристических информационных и этнокультурных центров среди отечественных авторов занимаются О.Л. Банцорова [4], Д.В. Бойцова [5], Е.К. Булатова [6], Е.В. Кондрашова [7], О.В. Котлярова [8], О.В. Киселева, С.Н. Огородников [3], О.С. Рыбачева, Е.О. Плотникова [2] и др. В то время как эти и другие авторы рассматривают туристические центры как многоуровневые городские пространства или разнообразные комплексы учреждений туризма, часто связанные с существующими памятниками или другими достопримечательностями, данная работа на основе сравнительного анализа современного опыта проектирования и строительства туристических центров в России и Азии впервые выявляет архитектурные особенности и принципы, которые делают подобные объ-

екты самодостаточными градостроительными доминантами, детерминирующими развитие прилегающей территории.

В трудах перечисленных выше исследователей определения термина «туристический центр» расходятся. Авторы настоящей работы придерживаются трактовки *туристического центра* как специализированного многофункционального центра, который реализует функции обслуживания туристов, выставочной и образовательной деятельности, при этом отражает культурную идентичность места своего расположения и является самостоятельной туристической достопримечательностью. Такое определение делает термин «туристический центр» наиболее всеобъемлющим и способным подразумевать под собой аналогичные объекты, называемые *туристическими визитно-информационными центрами* (визит-центрами), *туристическими информационными центрами* (ТИЦ) и *этнокультурными центрами*.

Туристический центр, как следует из определения, может реализовывать широкий спектр функций, главной из которых является функция обслуживания туристов, включающая в себя следующие элементы [7]:

- 1) организацию различных экскурсий;
- 2) создание и распространение материалов для путешественников: карт, буклетов, схем и т. д.;
- 3) проведение тематических мероприятий, мастер-классов и выставок;
- 4) продажу сувенирной и другой продукции;
- 5) организацию проката инвентаря (туристического, спортивного и т. д.).

Обслуживание туристов осуществляется в центральной зоне любого туристического центра – *туристско-информационной зоне*. Здесь происходит информирование туристов, координация работы между экскурсоводами, предоставление маршрутов и многое другое. Туристско-информационная зона вмещает в себя информационную стойку, зону бронирования, интернет-зону, пространство для отдыха туристов, а также колл-центр, универсальные пространства и санитарные узлы (рис. 1). Эта зона обычно организована рядом с главной входной группой, а ее площадь может варьироваться в зависимости от мощности объекта, обеспечивая простор и беспрепятственное перемещение потоков туристов.

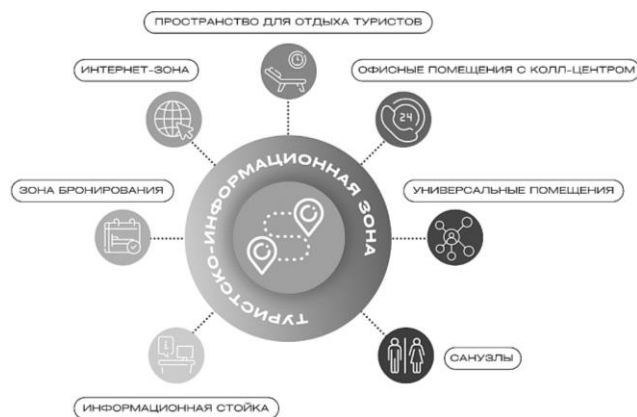


Рис. 1. Туристско-информационная зона современного туристического центра
Fig. 1. Information area of the modern tourist center

Современные туристические центры часто проектируются *многофункциональными*, чтобы обеспечить круглогодичное пользование объектом с расчетом на широкий круг посетителей. В связи с этим современные туристические центры обычно включают в себя не только обязательную туристско-информационную и административную зоны, но и выставочную, торговую зоны, а также зону с офисами и конференц-пространствами (рис. 2). Дополнительно в них могут располагаться зоны творчества, читальные залы, игровые комнаты и другие пространства, привлекающие посетителей разного статуса и возраста.

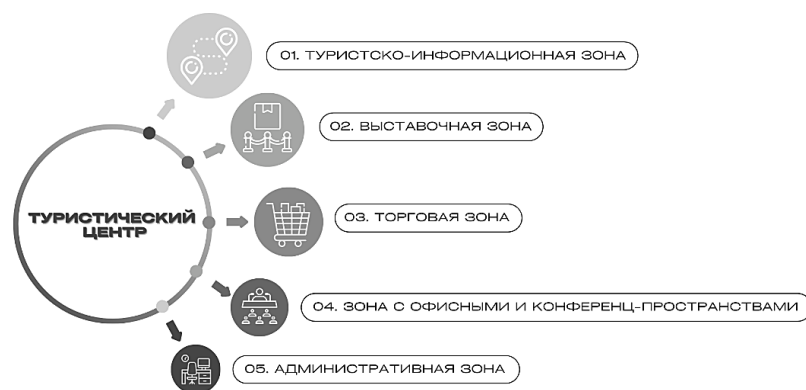


Рис. 2. Функциональное зонирование современного туристического центра

Fig. 2. Functional zoning of a modern tourist center

Выставочная зона может быть организована в виде открытого или разделенного перегородками пространства, в котором устраиваются экспозиции, рассказывающие о местных достопримечательностях, истории, флоре и фауне региона, проводятся выставки мастеров декоративно-прикладного искусства и народного творчества.

Торговая зона туристического центра обычно организована вблизи выставочной и туристско-информационной зоны, в ней осуществляется продажа сувенирной и другой продукции, произведенной в том числе местными жителями, продажа изделий локальных мастеров декоративно-прикладного искусства.

Зона с офисными и конференц-пространствами обычно обособлена от туристско-информационной зоны и может включать несколько ячеистых офисных пространств или представлять собой зону для коворкинга. Конференц-залы в туристическом центре, как правило, имеют вместимость 100–200 чел. и используются для проведения лекций, конкурсов и других тематических мероприятий, для выступлений фольклорных творческих коллективов.

Административная зона туристического центра, как правило, организована вблизи туристско-информационной зоны и представляет собой ячеистую структуру, включающую офис руководства с приемной, кабинеты администрации и бухгалтерии, медпункт, комнату отдыха персонала, а также санитарно-бытовые помещения.

Рассмотрим мировой опыт проектирования и строительства туристических центров, чтобы выявить особенности их архитектурной организации.

Туристический информационный центр «Канала Дафа» (Dafa Canal Tourist Information Center) был спроектирован архитектурным бюро ZJJZ и построен в 2018 г. в Китае (рис. 3). Здание площадью 3280 м² располагается в отдаленной деревне Туаньцзе, его строительство было реализовано в рамках государственной политики, направленной на сокращение сельской бедности путем внедрения сельскохозяйственного туризма [9]. Туристический центр имеет ступенчатую форму и находится в окружении крутых склонов на естественной платформе с десятиметровым перепадом высот и живописным видом на близлежащую реку и горы. Фасад туристического информационного центра Канала Дафа облицован местным камнем и деревом. Функциональная программа центра включает туристско-информационную и выставочную зоны, зоны хранения и отдыха, конференц-залы, административные и офисные помещения, арт-пространство и открытую террасу. Туристический центр строился с целью стать главной достопримечательностью деревни, стимулирующей дальнейшее ее развитие.

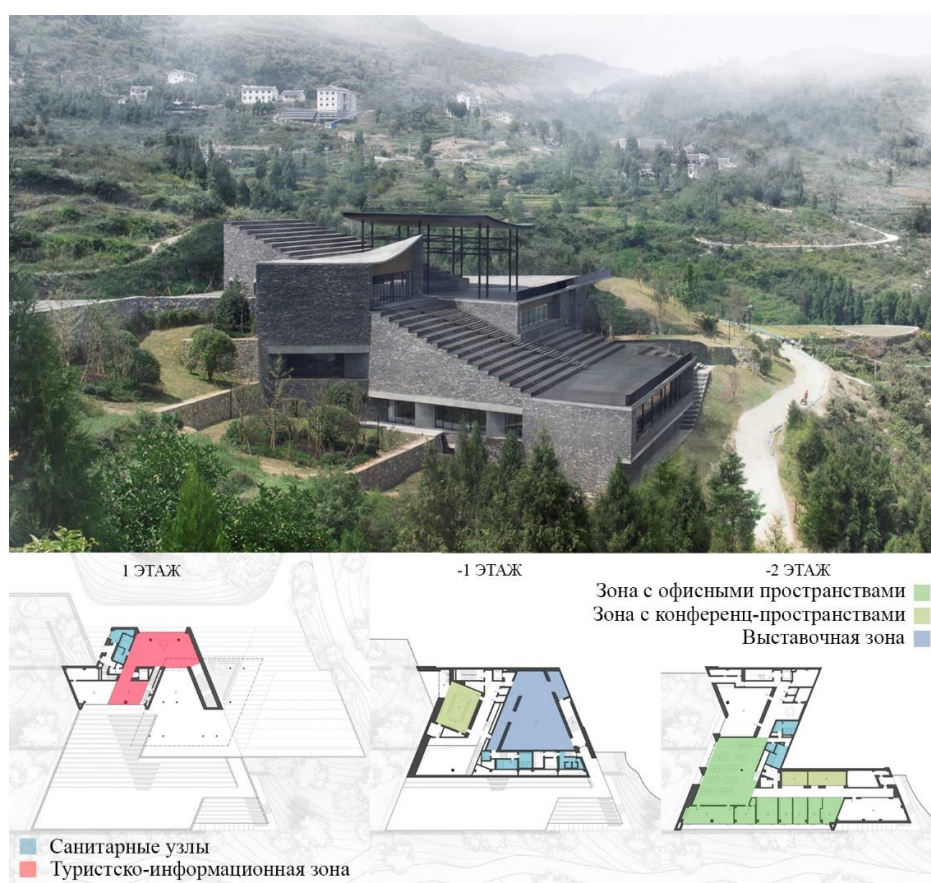


Рис. 3. Туристический информационный центр «Канала Дафа» [9]

Fig. 3. "Dafa Canal" tourist information center

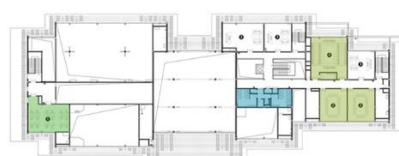
Туристический центр «Лесной кислородный бар Вэнчэнь» (Wencheng Forest Oxygen Bar) был спроектирован архитектурным бюро GLA Design и по-

строен в 2019 г. в г. Вэньчжоу, Китай (рис. 4). Здание площадью 10 800 м² располагается на склоне горы, главным фасадом обращаясь к дороге, оно гармонизирует с лесистым рельефом позади. Архитекторы вдохновлялись узорами цветных лент, характерными для местного народа, и архетипом китайской ковшообразной арки при создании внешнего облика здания [10]. Функциональная программа центра включает подземную парковку, туристско-информационную зону, ресторан, выставочный зал, конференц-зал, многофункциональный зал, офисы, административные помещения, санитарные узлы. Фасады отделаны плиткой в китайском стиле и кирпичной кладкой. Туристический центр «Лесной кислородный бар Вэнчэнь» призван быть витриной города, демонстрируя его имидж, а также местные особенности и региональную культуру.



1 ЭТАЖ

2 ЭТАЖ



- Санитарные узлы
- Выставочная зона
- Туристско-информационная зона

- Зона общественного питания
- Зона с офисными пространствами
- Зона с конференц-пространствами

Рис. 4. Туристический центр «Лесной кислородный бар Вэнчэнь» [10]

Fig. 4. "Wenchen Forest Oxygen Bar" Tourist Center

Культурно-туристический центр «Ледяные кубы» (*Ice Cubes*) был спроектирован Mathieu Forest Architecte и Zone of Utopia и построен в 2021 г. в г. Синьсян, Китай (рис. 5). Здание задумывалось как масштабная скульптура на воде; оно представляет собой девять «кубов льда», расположенных друг над другом, а также взаимно смещенных и повернутых. Фасады кубов украшены

рисунками из множества переплетенных полупрозрачных кристаллов [11]. Функциональная программа центра включает туристско-информационную зону, медиазону, читальный зал, магазин, кафе, ресторан, административные и офисные помещения, конференц-залы, игровую комнату для детей. Культурно-туристический центр «Ледяные кубы» призван стать знаковым местом нового туристического района, насыщенного объектами зимних видов спорта, в том числе включающего крытый горнолыжный склон.



Рис. 5. Культурно-туристический центр «Ледяные кубы» [11]

Fig. 5. "Ice Cubes" cultural tourist center

В качестве первого примера из отечественной практики строительства туристических центров рассмотрим визит-центр «Байкал заповедный», который расположен на территории исторического порта Танхой и входит в инфраструктуру Байкальского государственного заповедника (рис. 6). Строительство визит-центра осуществлялось в рамках национальной программы по развитию познавательного и экологического туризма России [12]. Функциональная программа визит-центра включает туристско-информационную зону, выставочную зону, кафе и смотровую площадку. Первый этаж визит-центра включает три выставочных зала: зал «Байкал уникальный» посвящен озеру и его истории,

флоре и фауне региона; зал «Заповедная Россия» представляет заповедную систему России и рассказывает о живых символах страны; зал «Человек и Байкал» раскрывает тему отношений человека и байкальской природы через интерактивную экспозицию. На территории возле визит-центра также расположена экспозиция под открытым небом «Рыбак Байкала» и вольерный комплекс «Баргузинский соболь» [12]. Туристический центр является визитной карточкой заповедных территорий своего региона.



Рис. 6. Визит-центр «Байкал заповедный» [12]

Fig. 6. "Baikal Zapovedny" visitor center

Визит-центр национального парка «Угра» расположен в Калуге (рис. 7). Один корпус историко-архитектурного комплекса «Гостиный двор» делят между собой сразу два визит-центра: региональный и национального парка «Угра». Функциональная программа визит-центра парка включает туристско-информационную зону, сувенирную лавку и интерактивную выставочную экспозицию на первом этаже, а также конференц-зал с учебным классом на втором этаже. Выставка знакомит посетителей с особенностями территории парка, животным и растительным миром, а также с достопримечательностями и важными историческими событиями [13].



Рис. 7. Визит-центр национального парка «Угра» [13]

Fig. 7. Visitor Center in the Ugra National Park

В качестве последнего примера рассмотрим *визит-центр «Сарыкумские Барханы»*, который был спроектирован ООО «АВК» и построен в 2019 г. в с. Коркмаскала на территории Дагестанского государственного природного заповедника в Республике Дагестан (рис. 8).



Рис. 8. Визит-центр «Сарыкумские Барханы» [14]

Fig. 8. "Sarykumsky Dunes" visitor center

Здание в форме трилистника площадью 542 м² символизирует три сарыкумских бархана. Функциональная программа визит-центра включает конференц-зал, зону для приема посетителей и музей с экспозицией, посвященной природным особенностям. Вход в здание расположен в объеме смотровой башни, которая является отсылкой к образам дозорных башен дагестанских крепостей [14].

Выводы

В результате анализа зарубежного и отечественного опыта проектирования и строительства туристических центров сделан ряд выводов.

1. Неотъемлемой частью проектирования современных туристических центров является применение контекстуального подхода, который выражается в стремлении сохранить существующую флору и фауну на месте строительства, создать внешний облик, позволяющий объекту органично сливаться с окружающим ландшафтом и подчеркивать при этом региональную идентичность с помощью отсылок на историческую архитектуру и других приемов.

2. Современный туристический центр включает в себя не только туристско-информационную зону, он может выполнять множество различных функций, среди которых широкое распространение получили выставочная, торговая, зрелищная, офисная функции и функции общественного питания. В подобном объекте также допускается проектирование арт-пространств, учебных классов, читальных залов, игровых комнат для детей, подземных парковок и открытых прогулочных террас. Многофункциональность позволяет обеспечить продолжение работы объекта в нетуристический сезон и сокращает время окупаемости строительства.

3. В эстетике фасадов современных туристических центров отмечается распространенность применения витражного остекления, за счет чего обеспечивается визуальный контакт посетителей с окружающим ландшафтом, этому

способствует и наличие на территории открытых прогулочных террас и смотровых площадок. Широкое остекление фасадов также зрительно расширяет внутреннее пространство туристического центра, делает его помещения более светлыми и просторными.

4. Современные туристические центры размещаются преимущественно в живописных местах: на берегах рек, озер, морей, у подножий гор или у природных достопримечательностей. Объекты, расположенные в структуре города, нередко находятся возле главных автомагистралей или на путях туристических маршрутов. В любом случае современные туристические центры из-за своего выгодного местоположения часто играют важную градостроительную роль, становясь местной доминантой и способствуя экологическому, сельскохозяйственному и другим видам туризма.

Таким образом, в ходе исследования были выявлены особенности архитектурной организации современных туристических центров на примерах зарубежного и отечественного опыта проектирования и строительства подобных объектов. Установлено, что современный туристический центр не только реализует функции обслуживания туристов, но и сам является туристической достопримечательностью.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Винокуров, М.А.* Что такое туризм? // Известия Байкальского государственного университета. 2004. № 3 (40). С. 19–24.
2. *Рыбачева, О.С., Плотникова, Е.О.* Влияние архитектурно-ландшафтного контекста на проектирование туристических центров // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре : материалы 79-й Всероссийской научно-технической конференции, 18–22 апреля 2022 г. Самара : Самарский государственный технический университет, 2022. С. 138–145. EDN: XOWFSG
3. *Киселева, О.В., Огородников, С.Н.* Принципы формирования туристических центров на северных и арктических территориях России // Культура. Наука. Производство. 2020. № 5. С. 73–80. EDN: ZIINEQ
4. *Банцерева, О.Л., Касимова, А.Р.* Формирование архитектурно-планировочной структуры этнокультурных центров в системе туристического обслуживания // Перспективы науки. 2018. № 12 (111). С. 76–79.
5. *Бойцова, Д.В.* Общие принципы формирования архитектуры туристических визит-центров при загородных парках // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 10. С. 59–69. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-10-59-69. EDN: TANKCL
6. *Булатова, Е.К., Ульчицкий, О.А.* Архитектура туризма и туристических комплексов. Магнитогорск : Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2017. 85 с.
7. *Кондрашова, Е.В., Старкова, И.И., Пинюгина, В.А.* Туристические визитно-информационные центры как стратегический ресурс развития туризма // Вестник Бурятского государственного университета. Экономика и менеджмент. 2017. № 3. С. 111–122. DOI: 10.18101/2304-4446-2017-3-111-122. EDN: ZRBPXD
8. *Котлярова, О.В., Бай, Т.В., Горбунова, И.А.* Туристический информационный центр Челябинской области как обучающий центр для продвижения и популяризации туристического потенциала региона // Наука ЮУрГУ : материалы 70-й научно-практической конференции, 25 апреля – 04 мая 2018 г. Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2018. С. 598–605. EDN: YQVMHR
9. *Dafa Canal Tourist Information Center* // Archdaily.com : [сайт]. URL: https://archdaily.com/908179/dafa-canal-tourist-information-center-zjjz?ad_source=myad_bookmarks&ad_medium=bookmark-open (дата обращения: 26.01.2026).

10. *Wencheng Forest Oxygen Bar Town Parlor* // Archdaily : [сайт]. URL: https://www.archdaily.com/935162/wencheng-forest-oxygen-bar-town-parlor-gla-design?ad_source=myad_bookmarks&ad_medium=bookmark-open (дата обращения: 26.01.2026).
11. *Ice Cubes Cultural Tourist Center* // Archdaily : [сайт]. URL: https://www.archdaily.com/972937/ice-cubes-cultural-tourist-center-zone-of-utopia-plus-mathieu-forest-architecte?ad_source=myad_bookmarks&ad_medium=bookmark-open (дата обращения: 26.01.2026).
12. *Визит-центр «Байкал заповедный»* // ФГБУ «Байкальский государственный заповедник» : [сайт]. URL: <https://baikalecotourism.ru/baikalreserved> (дата обращения: 26.01.2026).
13. *Визит-центр национального парка «Угра»* // Туристический портал Калужской области : [сайт]. URL: <https://visit-kaluga.ru/catalog/entry/vizit-centr-nacionalnogo-parka-ugra/> (дата обращения: 26.01.2026).
14. *Визит-центр «Сарыкумские Барханы»* // ООО «Объединенные проекты» : [сайт]. URL: <https://prorus.ru/projects/vizit-centr-zapovednika-sarykumskie-barhany/> (дата обращения: 26.01.2026).

REFERENCES

1. Vinokurov, M.A. What is Tourism? *Izvestiya Baikalskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2004; (3): 19–24. Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/chto-takoe-turizm> (accessed January 26, 2026). (In Russian)
2. Rybacheva, O.S., Plotnikova, E.O. Architectural and Landscape Influence on Tourist Center Design. In: *Proc. All-Rus. Sci. Conf. 'Traditions and Innovations in Construction and Architecture'*, Samara, 2022. Pp. 138–145. EDN: XOWFSG (In Russian)
3. Kiseleva, O.V., Ogorodnikov, S.N. Principles of Formation of Tourist Centers in the Northern and Arctic Territories of Russia. *Kultura. Nauka. Proizvodstvo*. 2020; (5): 73–80. EDN: ZIINEQ (In Russian)
4. Bantserova, O.L., Kasimova, A.R. Architectural and Planning Structure of Ethnocultural Centers in the System of Tourist Services. *Perspektivy nauki*. 2018; (12): 76–79. (In Russian)
5. Boitsova, D.V. General Principles of Architecture of Tourist Visitor Centers in Country Parks. *Vestnik BGTU*. 2022; (10): 59–69. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-10-59-69 EDN: TANKCL (In Russian)
6. Bulatova, E.K., Ul'chitskii, O.A. Architecture of Tourism and Tourist Complexes. Magnitogorsk, 2017. 85 p. (In Russian)
7. Kondrashova, E.V., Starkova, I.I., Pinyugina, V.A. Tourist Visiting and Information Centers as a Strategic Resource for Tourism Development. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Ehkonomika i menedzhment*. 2017; (3): 111–122. DOI: 10.18101/2304-4446-2017-3-111-122. EDN: ZRBPXD (In Russian)
8. Kotlyarova, O.V., Bai, T.V., Gorbunova, I.A. Tourist Information Center in Chelyabinsk as a Training Center of Promotion and Popularization of the Tourism Potential. In: *Proc. Sci. Conf. 'Nauka YUURGU'*, Chelyabinsk, 2018. Pp. 598–605. EDN: YQBMHR (In Russian)
9. "Dafa Canal" tourist information center. Available: https://archdaily.com/908179/dafa-canal-tourist-information-center-zjjz?ad_source=myad_bookmarks&ad_medium=bookmark-open (accessed January 26, 2026).
10. "Wencheng Forest Oxygen Bar" Town Parlor. Available: www.archdaily.com/935162/wencheng-forest-oxygen-bar-town-parlor-gla-design?ad_source=myad_bookmarks&ad_medium=bookmark-open (accessed January 26, 2026).
11. "Ice Cubes" cultural tourist center. Available: www.archdaily.com/972937/ice-cubes-cultural-tourist-center-zone-of-utopia-plus-mathieu-forest-architecte?ad_source=myad_bookmarks&ad_medium=bookmark-open (accessed January 26, 2026).
12. "Baikal Zapovedny" visitor center. Available: <https://baikalecotourism.ru/baikalreserved> (accessed January 26, 2026). (In Russian)
13. Visitor Center in the Ugra National Park. Available: <https://visit-kaluga.ru/catalog/entry/vizit-centr-nacionalnogo-parka-ugra/> (accessed January 26, 2026). (In Russian)
14. "Sarykumsky Dunes" visitor center. Available: <https://prorus.ru/projects/vizit-centr-zapovednika-sarykumskie-barhany/> (accessed January 26, 2026). (In Russian)

Сведения об авторах

Бритвина Карина Евгеньевна, магистрант, Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета, 344082, г. Ростов-на-Дону, пр. Буденновский, 39, georgin_0803@mail.ru

Молчанов Виктор Михайлович, канд. архитектуры, профессор, зав. кафедрой, Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета, 344082, г. Ростов-на-Дону, пр. Буденновский, 39, vimolchanov@yandex.ru

Authors Details

Karina E. Britvina, Graduate Student, The Academy of Architecture and Arts of the Southern Federal University, 39, Budennovskii Ave., 344082, Rostov-on-Don, Russia, georgin_0803@mail.ru

Victor M. Molchanov, PhD, Professor, The Academy of Architecture and Arts of the Southern Federal University, 39, Budennovskii Ave., 344082, Rostov-on-Don, Russia, vimolchanov@yandex.ru

Вклад авторов

Бритвина К.Е. – исследование; написание исходного текста; иллюстрации; итоговые выводы.

Молчанов В.М. – научное руководство; концепция исследования; доработка текста.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

Britvina K.E. – investigation; writing–original draft preparation; visualization; conclusions.

Molchanov V.M. – supervision; conceptualization; writing–review and editing.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 04.02.2026
Одобрена после рецензирования 13.05.2026
Принята к публикации 13.05.2026

Submitted for publication 04.02.2026
Approved after review 13.05.2026
Accepted for publication 13.05.2026

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2026. Т. 28. № 3. С. 160–174.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2026; 28 (3): 160–174.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 711.1(4/9):711.27

<https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-160-174>



EDN: MIGWEC

РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОЦЕНКИ ТЕРРИТОРИЙ ПОСЕЛЕНИЙ В РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ РАССЕЛЕНИЯ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ПАРКОВ

Наталья Геннадиевна Юшкова¹, Дмитрий Георгиевич Донцов²,
Татьяна Павловна Харламова^{1,3}

¹Волгоградский государственный технический университет,
г. Волгоград, Россия

²Волгоградское областное архитектурно-планировочное бюро,
г. Волгоград, Россия

³Московский архитектурный институт (государственная академия),
г. Москва, Россия

Аннотация. Актуальность исследования определяется тем, что территориальное планирование в современной России образует ядро системы принятия градостроительных решений: оно концентрирует в себе весь комплекс мер по обеспечению перспективного развития региональных систем и их составляющих, соответствующих сложившемуся административно-территориальному делению страны. В этой системе нерешенной является проблема рационального выбора территорий для размещения объектов градостроительной деятельности.

Цель работы заключается в установлении потенциально возможных направлений формирования способов диагностической оценки территории для получения развернутых характеристик как имеющихся, так и выявляемых ресурсов развития систем расселения.

Методы. Основу исследования составляет системно-структурный анализ крупных территориальных объектов, теоретическое и картографическое моделирование, а также натурные обследования и анализ научной литературы. В качестве исходной информации, необходимой для решения поставленных задач, применяются картографические и статистические материалы, характеризующие процессы территориального использования муниципальных образований, размещаемые на официальных сайтах органов государственной власти Российской Федерации.

Результаты. Разработан методологический подход, позволяющий выявлять структуру систем расселения с ее дифференциацией на элементы и компоненты. Сформулировано содержание выполняемых в его рамках расчетно-аналитических процедур и комплекса графических построений. Благодаря им могут быть получены уточняющие диагностические характеристики систем расселения, позволяющие повышать обоснованность планируемых вариантов градостроительных решений с учетом принципов рационального использования территорий поселений. Обосновано, что территории промышленных парков относятся к разряду особых объектов градостроительной деятельности, благодаря оказываемому ими влиянию на выбор перспективных векторов развития региональных систем расселения.

Ключевые слова: региональная система, рациональное использование территории, оценка, территориальное планирование, индустриальный парк

Для цитирования: Юшкова, Н.Г., Донцов, Д.Г., Харламова, Т.П. Расширение возможностей оценки территорий поселений в региональных системах расселения для размещения индустриальных парков // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2026. Т. 28. № 3. С. 160–174. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-160-174>. EDN: MIGWEC

ORIGINAL ARTICLE

EXPANDED ASSESSMENT OF REGIONAL SETTLEMENTS FOR INDUSTRIAL PARK PLACEMENT

Natalya G. Yushkova¹, Dmitry G. Dontsov², Tatiana P. Kharlamova^{1,3}

¹Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

²Volgograd Region Architectural and Planning Bureau, Volgograd, Russia

³Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow, Russia

Abstract. The relevance of the study is determined by the fact that territorial planning in Russia forms the urban planning decision-making system, i.e., it concentrates the whole range of measures to ensure the prospective development of regional systems and their components of the administrative-territorial division of the country. In this system, the choice of territories for the urban development is unresolved.

Purpose: The purpose of the study is to establish possible directions for the territory assessment in order to obtain detailed information about both available and identified resources for the development of resettlement systems.

Methodology: The structural analysis of large territories, theoretical and cartographic modeling, field surveys and analysis of the literature. Cartographic and statistical documents are used as initial information necessary for solving the tasks, characterizing the territorial use of municipalities, posted on the official websites of state authorities of the Russian Federation.

Research findings: A methodological approach is developed to identify the structure of resettlement systems with differentiation into elements and components. Diagnostic characteristics of settlement systems are obtained taking into account the principles of rational use of territories. It is shown that territories of industrial parks belong to special objects of urban planning due to their influence on development trends of regional settlement systems.

Keywords: regional system, rational use of territory, assessment, territorial planning, industrial park

For citation: Yushkova, N.G., Dontsov, D.G., Kharlamova, T.P. Expanded Assessment of Regional Settlements for Industrial Park Placement. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2026; 28(3): 160–174. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-160-174>. EDN: MIGWEC

Введение

Разработка и реализация проектов освоения территорий индустриальных парков относится к разряду наиболее заметных явлений последнего десятилетия в профессиональной среде урбанистов, градостроителей, девелоперов, застройщиков. Причины, вызывающие их появление, носят двойственный характер. Их реализация отражает, с одной стороны, потребность муниципальных

образований в сохранении и воспроизводстве их населения и рационального использования территории, а с другой стороны, наличие объективных условий, повышающих привлекательность существующих населенных мест для проживания и миграции. Принято считать, что в современных социально-экономических условиях такую роль способны на себя принять территории производственного назначения, а высокий статус градостроительных объектов, размещаемых в их границах, становится гарантом существенных качественных улучшений условий жизнедеятельности.

Создание индустриальных парков всячески поощряется со стороны органов государственного и муниципального управления и поддерживается институциональным базисом, что способствует практической реализации таких проектов [1–4]. Высокий интерес к их созданию объясняется многосложностью этого процесса. Он соотносится со сферой приложения бизнес-интересов, с надежными цивилизованными каналами оборота инвестиционных средств для органов власти, со стабильными источниками формирования человеческого капитала для общества.

Научный интерес к исследованию накопленного отечественного опыта концептуального формирования индустриальных парков и его практической реализации в российских регионах подтвержден множественностью научных разработок. Но они в большинстве своем ограничиваются рассмотрением социальных, экономических и юридических аспектов их создания и функционирования. Указанные вопросы не могут не находиться вне поля зрения ученых и специалистов в сфере градостроительства [5, 6]. Соответственно, возрастает потребность в исследованиях, раскрывающих территориальное содержание современных тенденций и принципов их планирования, с последующей систематизацией и классификацией [7–9]. Важным представляется и такой аспект исследований, как определение особенностей и специфики влияния территорий индустриальных парков на процессы перспективного развития региональных систем расселения в прогнозном периоде [10–12].

Таким образом, совершенствование системы территориального планирования индустриальных парков обусловлено следующими факторами:

- закономерностями развития систем расселения как совокупности объектов живой и неживой природы [13, 14];
- требованиями обеспечения сбалансированности систем расселения, определяющих направленность градостроительных решений (урбанизированных сред в природной среде) [15, 16];
- появлением новых драйверов локального ускоренного развития территорий разных рангов и повышения качества среды жизнедеятельности человека [17–19].

Однако детальное изучение научных публикаций, иных имеющихся разработок не дает полноты ответа на вопросы, связанные с решением проблемы повышения целенаправленности поиска и выбора территорий, удовлетворяющих условиям их рационального использования. Гипотетически обоснованность разрабатываемых решений по территориальному планированию значимых объектов градостроительной деятельности, и в частности индустриальных парков в границах поселений, повышается при условии максимально полного

учета имеющихся и выявляемых территориальных ресурсов развития региональных систем расселения.

Цель исследования, таким образом, заключается в разработке методологических основ системы диагностической оценки крупных территориальных объектов, имеющих иерархическую структуру их функционально-пространственной организации.

Результаты исследований

Территориальное планирование является приоритетным видом градостроительной деятельности благодаря его способности обеспечивать решение задач устойчивого функционирования региональных систем расселения, не отрицая при этом возможности их постоянного обновления.

Методическую основу разработки градостроительных решений по территориальному планированию составляют стандартные положения, раскрывающие его сущность. Они изложены в Градостроительном кодексе Российской Федерации¹. Его принятие в 2004 г. в статусе федерального закона показало высокую эффективность, особенно в части упорядочения разнонаправленных действий участников градостроительной деятельности.

На первой стадии переноса положений кодекса в плоскость их практической реализации они имели выраженную связь с научной методологией территориального планирования. В это время они воспринимались в большей степени как средства организации процесса разработки градостроительных решений и в меньшей степени как средства регламентации возможных вмешательств в региональные системы расселения, а также последующего контроля над недопущением изменения их состояния. Проблемная ситуация способствовала активности методологических разработок в данной сфере (Ю. Алексеев, Е. Ахмедова, В. Владимиров, Д. Донцов, Т. Каракова, А. Крашенинников, В. Лексин, С. Митягин, Ю. Моисеев, Е. Перцик, И. Смоляр, А. Швецов).

Анализ структуры документов территориального планирования, разработанных за все время существования Градостроительного кодекса в течение последних двадцати лет, а также их содержания показывает наличие как позитивных, так и негативных тенденций, сопровождающих процесс их разработки. В разработке документов присутствуют технологические признаки, благодаря которым обеспечивается достаточно высокая управляемость региональных систем расселения. В то же время вследствие формализации этого процесса документы утрачивают свои «пионерные» качества, которые ранее позволяли закладывать основы осуществления стратегического выбора в пользу обоснованности градостроительных решений.

Среди причин, вызывающих подобные негативные проявления в системе территориального планирования, выделяется невостребованность ею методов и приемов анализа, неотделимых от реализации системного подхода [20–24]. Постепенно системная аналитика, ранее обязательная составляющая градостроительной деятельности, стала подменяться фрагментарными исследовательскими разработками с минимальным включением элементов строгих научных обосно-

¹ Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ.

ваний. Следствием этого является ослабление стратегических позиций территориального планирования в общей системе управления системами расселения.

Вместе с тем значимость оценочных категорий для совершенствования действующих принципов территориального планирования сложно переоценить по объективным основаниям. Она возрастает, если оценка универсальна и может быть применена к потенциально максимальному количеству планируемых объектов. Поэтому при разработке системы оценки принципиально важно устанавливать признаки сходства таких объектов, которые обеспечивают их сопоставимость. При этом не следует умалывать значение их различных признаков, благодаря которым расширяется их типологический ряд.

При совершенствовании территориального планирования важным представляется также учет следующих требований:

- требований целостности организации структуры региональных систем расселения для сохранения их сбалансированности при различных режимах жизнедеятельности, выполнение которых связано с ограничением внешнего вмешательства для изменения существующего состояния, вплоть до его недопущения [10, 12, 24];

- требований, выдвигаемых со стороны планируемых к размещению промышленных парков в границах муниципальных образований, касающихся существенного изменения их исходного состояния, сопряженных с обязательностью активного вмешательства в сложившиеся пространственные структуры [7–9, 25, 26].

При сопоставлении указанных требований к формированию региональных систем расселения и их отдельных составляющих выявляется их противоречивость, которая объясняется реализацией ее различных потребностей.

В рамках исследования выявлено также наличие несоответствия требований развития региональных систем, определяемых на современном этапе, требованиям предшествующего этапа, в рамках которого при разработке градостроительных решений превалировал инвестиционный фактор [12, 27–29].

Учет инвестиционного фактора проявляется во взаимодействии самой системы расселения и ее фрагментов, испытывающих реальную потребность в изменениях, и так называемых инвестиционно-привлекательных территорий [24]. В настоящее время инвестиционный фактор сохраняет свою значимость, но утрачивает возможности тотального влияния на процессы освоения территории.

В свою очередь, инновационный подход к территориальному планированию в стремлении к своему доминированию вызывает неизбежное преобразование действующих методик градостроительной деятельности [10–12, 30]. При этом инноватизация градостроительных решений не должна становиться их единственно возможной концептуальной подоплекой. Ее целесообразно использовать как направление совершенствования методологии территориального планирования на современном этапе ее развития. Следовательно, при планировании территорий промышленных парков важно не допустить их перерождения в средства интервенции систем расселения. Различия требований заключаются, прежде всего, в обоснованности разрабатываемых градостроительных мероприятий (градостроительных вмешательств) наличием строго определенных источников их последующей реализации и, соответственно, объемов ресурсов.

Ослабление или ликвидация негативных последствий, проявляющихся на постпроектных стадиях градостроительных решений, – сложный процесс, не всегда показывающий результативность. Следовательно, одной из целевых функций территориального планирования является разработка комплекса профессиональных действий всех уровней по превентивному разрешению (максимально допустимому предотвращению) потенциально существующих конфликтных ситуаций [10, 12].

С учетом типологических особенностей исследуемых объектов – промышленных парков – реализовать указанную функцию представляется возможным посредством «вживления» специально разработанной оценки в систему принятия градостроительных решений. Тем самым достигается трансляция заданного изначально импульса в региональную систему и получения запланированного отклика в форме компенсаторных реакций, которые получают соответствующее отражение в составе документов территориального планирования.

Основу предлагаемой для территориального планирования системы оценки формирует разработанный алгоритм действий, реализующих функциональную программу рационального выбора строго определенных составляющих конкретных региональных систем. В технологическом отношении система оценки увязана с многоуровневой информационной моделью, объединяющей векторные и атрибутивные базы данных, используемые последовательно при выполнении необходимых расчетно-аналитических процедур.

Для проведения проектного эксперимента в рамках исследования решались задачи последовательного получения аргументов в пользу выбора характерного примера региональной системы в Центральном федеральном округе, занимающем лидирующее положение в Российской Федерации по активности разработки и реализации проектов создания промышленных парков. Активность может быть выражена в том числе общим количеством проектируемых, созданных и функционирующих объектов, составляющих практически половину от их общего количества в нашей стране [10].

В исследовании также проводилось обоснование выбора региональной системы, отличающейся от других высокой интенсивностью рассматриваемых процессов. В качестве объекта рассмотрения была определена Калужская область, к которой применена методическая последовательность действий, направленных на аргументацию решений по изменению существующего состояния территорий, предназначенных для формирования промышленных парков (рис. 1).

Обобщение прогрессивного опыта формирования территорий промышленных парков позволяет признать их локальными средовыми структурами распространения инноваций, обладающими способностью оказывать влияние на объекты и субъекты экономических отношений в зоне их влияния, а также выявить объективные факторы, использование которых целесообразно при разработке градостроительных решений в статусе территориального планирования [10].

Сообразно выделенным в исследовании характеристикам рассматриваемых территорий предлагается осуществлять планирование их развития, увязывая его с прогнозами возможных градостроительных реакций на интенсивность градостроительного вмешательства. Учет прогнозов представляется важным для того, чтобы верификация «форсайта» градостроительных решений по из-

менению сложившейся структуры поселений происходила на основе научно обоснованных стратегий и сценариев их развития.

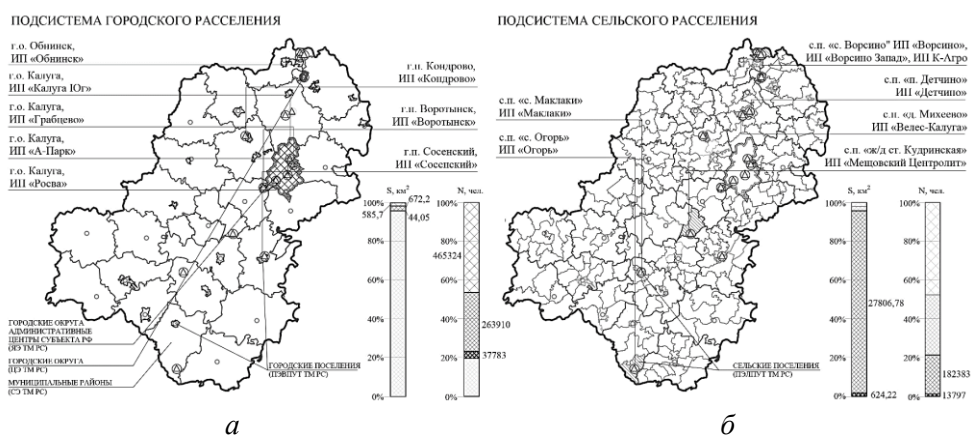


Рис. 1. Принципы разработки информационной модели региональной системы расселения Калужской области:

а – подсистема городского расселения; б – подсистема сельского расселения

Fig. 1. Development principles of information model for the regional settlement system in Kaluga: urban (a) and rural (b) settlement subsystems

Разработанная система оценки предусматривает поэтапное распознавание признаков региональных систем как многоуровневой сложной структуры. Для этого использована разработанная авторская модель теоретического описания структуры, в которой последовательно выделяются ее отдельные составляющие, соответствующие элементам планировочной модели – муниципальным образованиям. Так, сформулирован принцип описания неоднородного строения региональных систем расселения, который положен в основу методики оценки (рис. 1). Каждая группа элементов выделяется последовательно, посредством перехода от одного этапа оценки к другому.

В результате анализа структуры региональной системы расселения Калужской области выделились следующие группы элементов теоретической модели (ТМ РС) и планировочной модели (ПМ РС) региональных систем соответственно:

– ядерные и центральные элементы ТМ РС, имеющие приоритетное значение для развития урбанизированного (городского) типа расселения региональной системы – городские округа – административные центры субъектов и рядовые городские округа в составе ПМ РС (рис. 1, а);

– срединные элементы ТМ РС, имеющие нейтральное значение для определения типа развития региональной системы до момента ее последующей дифференциации (рис. 1, а);

– периферические элементы с выявленным потенциалом урбанизированного типа развития региональной системы в составе срединных элементов ТМ РС, имеющие преимущественное значение для развития урбанизированного (городского) типа расселения (городские поселения муниципальных районов в составе ПМ РС) (рис. 1, а);

– периферические элементы с латентным потенциалом урбанизированного типа развития региональной системы в составе срединных элементов ТМ РС, имеющие преимущественное значение для развития дезурбанизированного типа расселения (сельские поселения муниципальных районов в составе ПМ РС) (рис. 1, б).

Для региональных систем расселения ступенчатая дифференциация элементов имеет принципиальный характер, т. к. позволяет устанавливать ресурс развития на различных уровнях пространственной организации. В этом назначении подсистемы срединных элементов, как и подсистемы периферических территорий латентного типа, имеют сопоставимые приоритеты. Именно в составе этих подсистем определяется потенциал изменений региональных систем. Определяя данный территориальный ресурс, можно рассчитать объем требуемого градостроительного вмешательства в периферические элементы ТМ РС (сельские поселения ПМ) посредством целенаправленного размещения исследуемых типов объектов – промышленных парков.

Действия, выполняемые на следующем этапе оценки, связаны с выявлением свойств периферических элементов с латентным потенциалом урбанизированного типа развития ТМ РС (сельских поселений ПМ РС).

Первая группа свойств периферических элементов с латентным потенциалом урбанизированного типа развития ТМ РС устанавливается на основании расчета соответствующих показателей принятого параметра – численности населения (рис. 2). Выделяются следующие подтипы элементов: низкоурбанизированные (N_1); с урбанизированностью ниже средней (N_2); со средней урбанизированностью (N_3); с урбанизированностью выше средней (N_4) (рис. 2). В соответствии с выделенными характеристиками весь информационный массив полученных значений N распределяется, в результате образуются слои информационной карты региональной системы с входящими в них выборками данных периферических элементов. Произведенное ранжирование удовлетворяет условиям решения как обобщенных, так и локальных градостроительных задач, опирающихся на оценку N .

Однако принятие решений, связанных с размещением промышленных парков, требует получения дополнительной информации, достаточной для полноты описания характеристик периферических элементов латентного типа. Для этого каждый из выделенных ранее периферических элементов региональных систем представлен в виде совокупности наполняющих их компонентов. Таким образом, выделяется *вторая группа свойств периферических элементов с латентным потенциалом урбанизированного типа развития*.

В данной работе принят универсальный подход к определению состава компонентов при наполнении баз данных. Он развивает положения оценки, представленные в ранее опубликованных работах [7, 8]. Результаты показали, что целесообразно выделять в составе периферических элементов группы природных и антропогенных компонентов, каждая из которых детализируется (рис. 3). Искомые характеристики компонентов определяются посредством установления их фактической принадлежности соответствующим видам функционального использования территорий. Определяя далее расчетные показатели функциональных процессов в установленных границах элементов систем расселения по величине отводимых для них площадей территории (в абсолютных и в относительных значениях), представляется возможным получить сводные характеристики

существующего положения периферических элементов в установленных границах путем обобщения частных характеристик. Детерминантные компоненты используются при последующем анализе как средства идентификации региональных систем, позволяющие проводить сравнительную оценку различных периферических элементов (муниципальных образований систем расселения низового уровня) и выполнять требуемое их ранжирование рейтинговым способом.

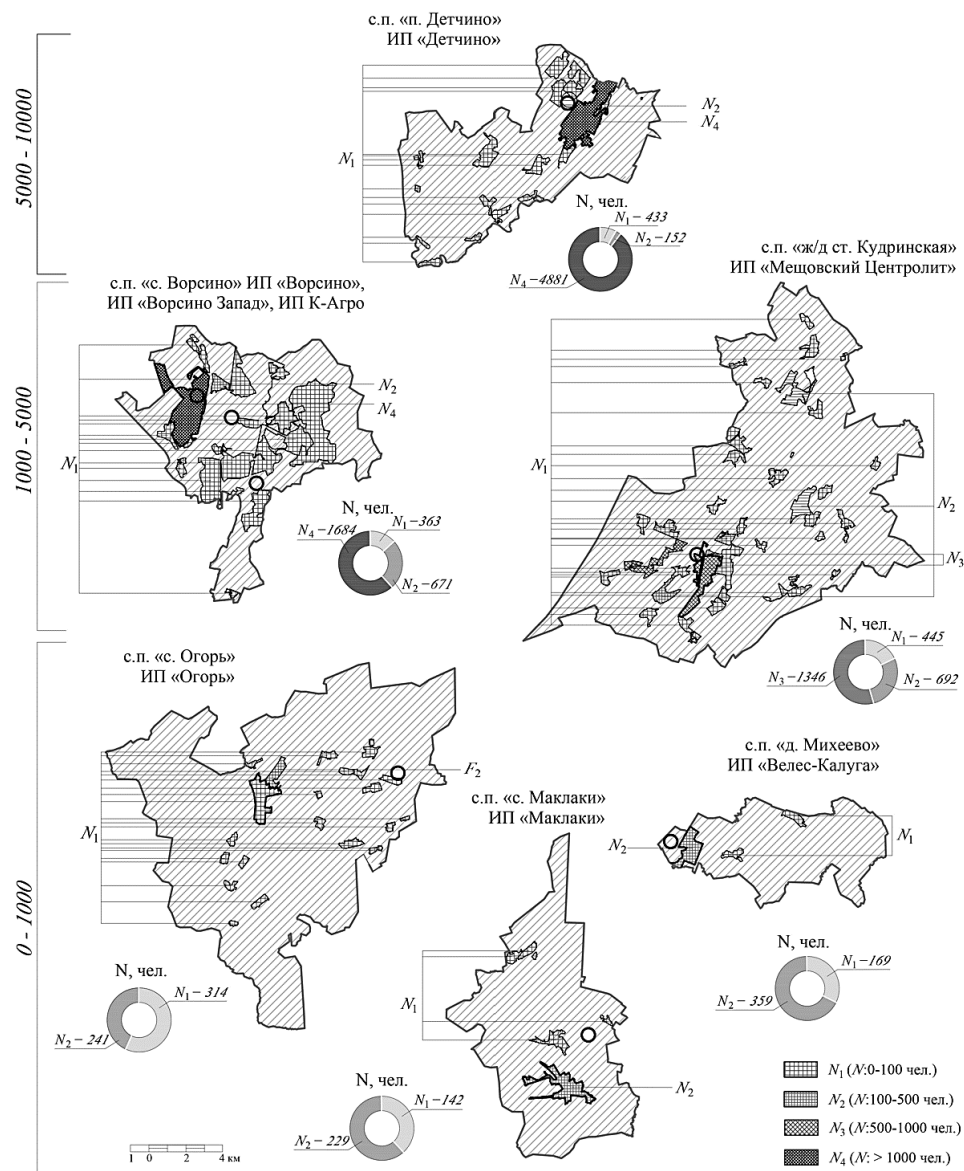


Рис. 2. Сводные характеристики периферических элементов региональной системы расселения Калужской области, полученные в результате анализа их структуры
Fig. 2. Peripheral elements of the regional settlement system of the Kaluga region based on the structure analysis

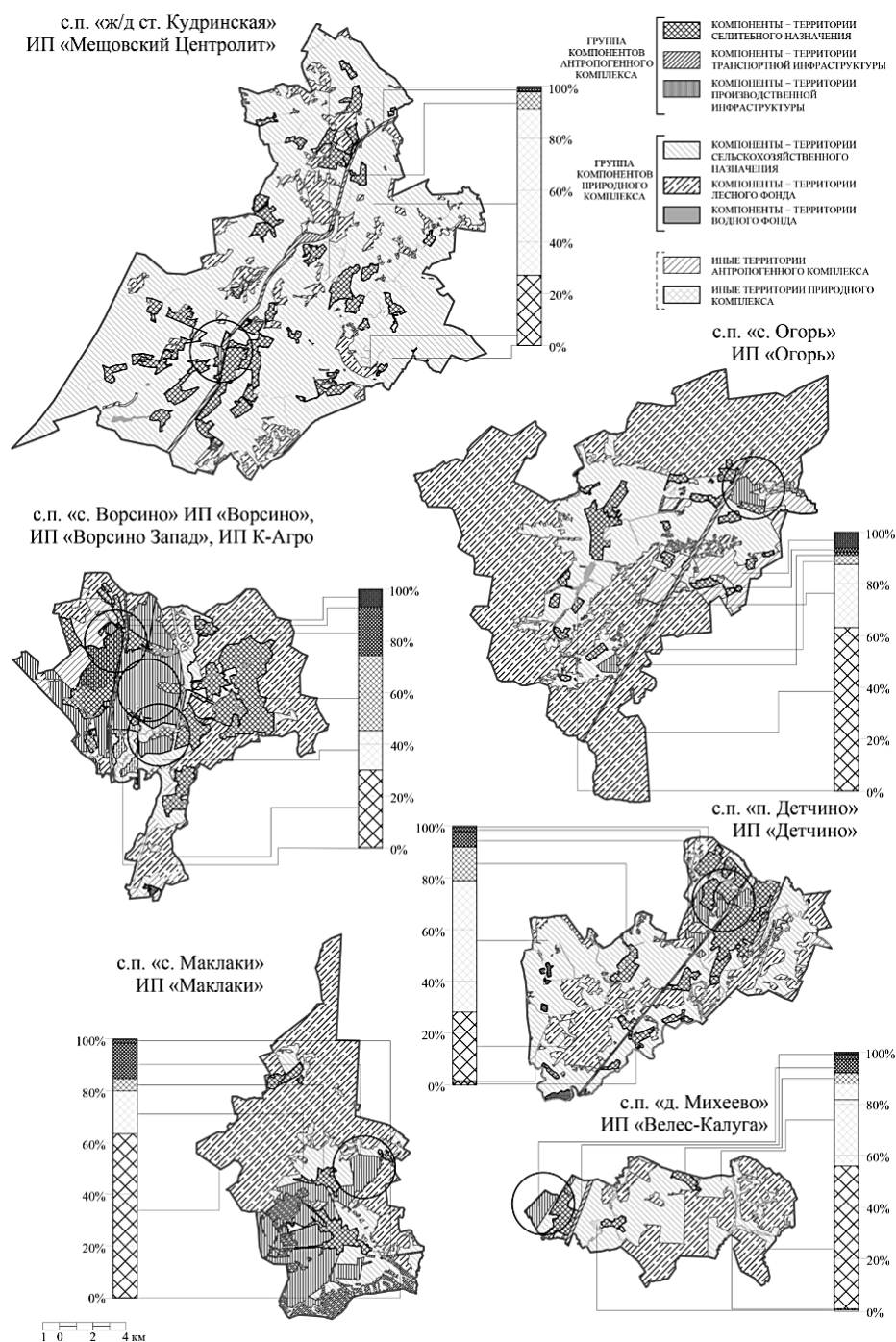


Рис. 3. Сводные характеристики периферических элементов региональной системы расселения Калужской области, полученные в результате анализа ее компонентной организации

Fig. 3. Peripheral elements of the regional settlement system of the Kaluga region based on the analysis of its components

Для этого используется следующий принцип: от наиболее благоприятной существующей ситуации, испытывающей наименьшую потребность во внешних вмешательствах, к ситуации, удовлетворяющей требованиям нормального функционирования в меньшей степени, испытывающей наибольшую потребность во вмешательствах, приводящих к ее улучшению.

Полученные по результатам выполнения расчетно-аналитических процедур диагностические данные о состоянии региональных систем расселения, а также ряд графических построений не являются окончательными и могут быть дополнены и расширены в зависимости от поставленных задач территориального планирования. В этом случае рассмотренный подход к анализу исследуемых объектов сохраняется: при необходимости осуществляются отдельные методические уточнения. Кроме того, предлагается использовать полученные результаты диагностики для проведения скрининг-анализа территорий, что важно для оперативной работы специалистов с действующими документами территориального планирования в условиях конкретного региона. Таким образом, результативность диагностической оценки территорий промышленных парков в структуре региональных систем расселения зависит от качества информационного описания ее элементов и компонентов. Результаты диагностики используются при разработке документов территориального планирования.

Заключение

Современная система территориального планирования испытывает потребность в усилении обосновывающих начал принятия градостроительных решений, включая системы оценки региональных систем расселения и их частей. Оценка позволяет повысить точность описания их существующего и перспективного состояний, без которой обеспечить принцип рационального использования территории проблематично. В разработанной системе оценки пространственная организация систем расселения рассматривается как совокупность элементов, состоящих, в свою очередь, из компонентов. Использование обоих способов дифференциации в совокупности, в их применении к конкретным территориальным объектам, позволяет определить их потребность в изменениях и осуществлении определенных объемов градостроительного вмешательства. Количественное измерение градостроительного вмешательства устанавливается пропорционально расчетным параметрам планируемых изменений составных частей региональных систем. Они также непосредственно зависят от их выявленного потенциала развития и от функционала объектов, планируемых к размещению в границах поселенческих структур, объединяющих муниципальные образования.

Для совершенствования технологий территориального планирования принцип обеспечения рационального использования территории имеет большое значение. Его реализация при разработке градостроительных решений по размещению значимых объектов регионального значения – промышленных парков – связана с характерной спецификой. Специфика заключается в дифференциации элементов, составляющих региональные системы таким образом, чтобы различать их качества через определяемые с помощью специальных методик свойства. Выделяя подобным образом муниципальные образования в структуре региональных систем расселения, можно получить строго ограниченное количество

территориальных объектов, являющихся наиболее целесообразными для размещения индустриальных парков. Таким образом, происходит выбор территорий, предназначенных для перспективного развития, закрепляемых в содержании документов территориального планирования соответствующих уровней.

Проведенное исследование показало также возможные направления дальнейших исследований обозначенной проблемы совершенствования методик территориального планирования развития региональных систем расселения на основе их диагностической оценки, таких как обоснование рациональных вариантов территориально-пространственной организации фрагментов муниципальных образований в зоне влияния исследуемых объектов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Иванова, Л. Российские индустриальные парки как естественные институты развития АТР // Федерализм. 2019. № 3. С. 17–34. <https://doi.org/10.21686/2073-1051-2019-3-17-34>
2. Навроцкий, Р.О., Щеглов, А.А. Научно-методические подходы к формированию индустриальных парков на современном этапе: теоретический анализ // ИнноЦентр. 2015. № 1. С. 70–84. EDN: VSZBUT
3. Нога, В.И., Данюкова, М.Н. Экономика замкнутого цикла в России: тенденции и перспективы // Human Progress. 2023. Т. 9. Вып. 1. С. 12. DOI: 10.34709/IM.191.12. EDN: XGVGNX
4. Макаров, И.Н., Журавлева, О.В., Широкова, О.В., Донской, Д.А. Индустриальные парки как инструмент реализации промышленной политики // Экономические отношения. 2019. Т. 9. № 2. С. 1151–1166. DOI: 10.18334/eo.9.2.40520. EDN: CICIPWC
5. Akhmedova, E.A., Leonova, V.A. Urban land planning for public spaces according to established zoning of cities and towns // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Moscow, March 10, 2020. Moscow, 2020. Art. 012144. DOI: 10.1088/1755-1315/579/1/012144. EDN: JRYTOP
6. Ахмедова, Е.А. Индустриальные парки и технопарки в Среднем Поволжье. Архитектурно-градостроительные аспекты // Теоретические основы градостроительства: X Владимирские чтения : сборник статей, Самара, 27 февраля 2020 г. Самара : Самарский государственный технический университет, 2020. С. 126–138. DOI: 10.17673/RAACS.2020.1.13. EDN: PJAQPR
7. Caroli, M., Cavallo, M., Valentino, A. Eco-Industrial Parks: A Green and Place Marketing Approach. Italy : Luiss University Press, 2015. 114 p. ISBN 978-88-6856-042-3.
8. Methodology for the implementation of a circular economy at the local and regional scale. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2022. 166 p. ISBN 978-92-76-56241-2.
9. Mishenin, Ye.V., Koblianska, I.I. Perspectives and mechanisms of “circular” economy global development // Marketing and Management of Innovations. 2017. № 2. P. 328–343.
10. Юшкова, Н.Г., Донцов, Д.Г., Никифорова, Д.Н., Овчарова, Т.П. Диверсификация направлений пространственного развития мегаполисов и формирование региональных систем поселений // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14. № 2 (55). С. 165–174. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.21. EDN: GYSNOR
11. Юшкова, Н.Г. Институциональные основания совершенствования методологии регионального стратегирования // Региональное развитие. 2016. № 3. С. 12. EDN: WFKFOX
12. Yushkova, N.G. Improvement of tool support of the spatial approach to regional planning: problems, specifics, trends // Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. 2014. № 6 (36). P. 225–242. DOI: 10.15838/esc/2014.6.36.17. EDN: TNRGTP
13. Шубенков, М.В., Шубенкова, М.Ю. К вопросу поиска сбалансированного сосуществования природных и урбанизированных территорий // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2019. № 3 (27). С. 3–16. DOI: 10.21869/23-11-1518-2019-27-3-3-16. EDN: NDVORI
14. Ахмедова, Е.А. Градостроительное регулирование региональной среды обитания // Самарский государственный архитектурно-строительный университет. Самара : Самарский государственный университет, 1993. 163 с. EDN: SSOJSR
15. Shcherbina, E., Gorbenkova, E. Factors influencing the rural settlement development // IFAC-PapersOnLine, 2019. V. 52. I. 25. P. 231–235. DOI: 10.1016/j.ifacol.2019.12.478

16. Bakaeva, N.V., Tchaikovskaya, L.V., Zuleta, D.P. Toward the construction of a comfort model for urban environment // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Conference on Civil, Architectural and Environmental Sciences and Technologies, CAEST 2019, Samara, November 19, 2019. Samara : Institute of Physics Publishing, 2020. Art. 012006. DOI: 10.1088/1757-899X/775/1/012006. EDN: SHPMKE
17. Ptichnikova, G., Antyufeyev, A. "Smart city", man and architecture // E3S Web of Conferences: Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019, Moscow, November 20–22, 2019. Moscow : EDP Sciences, 2020. Art. 05027. DOI: 10.1051/e3sconf/202016405027. EDN: WJHIGH
18. Крашенинников, А.В. Градостроительные принципы реабилитации малых поселений // Архитектура и современные информационные технологии. 2024. № 4 (69). С. 169–178. DOI: 10.24412/1998-4839-2024-4-169-178
19. Перекопская, М.А., Алексеев, Ю.В. Планирование поселений в лесопромышленных районах (на примере Архангельской области) // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. Вып. 9. С. 1124–1135. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.9.1124-1135. EDN: QDLVDF
20. Мусеев, Ю.М. Вызовы развития и меняющиеся горизонты градостроительного планирования // Архитектура и современные информационные технологии. 2022. № 4 (61). С. 280–291. DOI: 10.24412/1998-4839-2022-4-280-291
21. Yenin, A.E., Liventceva, A.V. System approach in urban planning. History // General foundations. Russian journal of building construction and architecture. 2017. № 1 (33). P. 91–101.
22. Ильичев, В.А., Колчунов, В.И., Бакаева, Н.В. Принципы стратегического планирования развития территорий (на примере федеральной земли Бавария) // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. № 2 (125). С. 158–168. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.2.158-168. EDN: VUZJVS
23. Balducci, A., Pasqui, G., Fedeli, V. Strategic Planning for Contemporary Urban Regions // City of Cities: a project for Milan. In: Urban and Regional Planning and Development Series. Farnham, England : Ashgate, 2010. P. 130–136. ISBN 978-1138247253.
24. Dontsov, D.G., Yushkova, N.G., Gushchina, E.G. A New Spatial Strategy Approach in Russian Regions: From the Reflexing Planning Solutions to Territorial Integration Conception // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2018. № 463. Art. 032055. DOI: 10.1088/1757-899X/463/3/032055
25. Pandey, A.K., Prakash, R. Impact of Industrial Symbiosis on Sustainability // Open Journal of Energy Efficiency. 2019. № 8. P. 81–93. <https://doi.org/10.4236/ojee.2019.82006>
26. Graboviy, P. Reconstruction and modernization of industrial parks // E3S Web of Conferences: 2018 Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics, TPACEE 2018, Moscow, December 03–05, 2018. V. 91. Moscow : EDP Sciences, 2019. Art. 08028. DOI: 10.1051/e3sconf/20199108028
27. Кабанов, В.Н., Донцов, Д.Г., Юшкова, Н.Г., Михайлова, Е.В. Пространственно-стратегическое развитие территории. Волгоград : Волгоградский государственный аграрный университет, 2018. 276 с. ISBN 978-5-4479-0156-1. EDN: YTKCST
28. Миронов, Д.С. Индустриальные парки как результат эволюции форм производственной организации // Теоретическая и прикладная экономика. 2020. № 2. С. 9–27. DOI: 10.25136/2409-8647.2020.2.32718
29. Миронов, Д.С. Системная модель условий и факторов развития индустриальных парков // Горизонты экономики. 2020. № 6 (59). С. 37–50. EDN: FXKQPP
30. Мацкова, М.В., Колясников, В.А. Инновационное градостроительство: понятие и закономерности // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2015. № 2. С. 34–39. EDN: UCTJQD

REFERENCES

1. Ivanova, L.N. Russian Industrial Parks as Natural Institutes of Development. Federalism. 2019; (3): 17–34. <https://doi.org/10.21686/2073-1051-2019-3-17-34> (In Russian)
2. Navrotski, R.O., Scheglov, A.A. Scientific Approaches to the Creation of Industrial Parks at the Present Stage: Theoretical Analysis. *InnoCenter*. 2015; (1): 70–84. EDN: VSZBUT (In Russian)
3. Noha, V., Daniukova, M. Circular Economy in Russia: Trends and Prospects. *Human Progress*. 2023; 9(1): 12. DOI: 10.34709/IM.191.12. EDN: XVGVMX (In Russian)
4. Makarov, I.N., Zhuravleva, O.V., Shirokova, O.V., Donskoy, D.A. Industrial Parks as a Tool of Industrial Policy Implementation. *Ekonomicheskie otnosheniya*. 2019; 9(2): 1151–1166. DOI: 10.18334/eo.9.2.40520. EDN: CICPWC (In Russian)

5. Akhmedova, E.A., Leonova, V.A. Urban Land Planning for Public Spaces According to Established Zoning of Cities and Towns. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Moscow, March 10 2020. Moscow, 2020. P. 012144. DOI: 10.1088/1755-1315/579/1/012144. EDN: JRYTOP
6. Akhmedova, E.A. Industrial and Technological Parks at Middle Volga Region. Architecture and City Planning Aspects. In: *Col. Papers 10th Vladimirov Readings 'Theoretical Foundations of Urban Planning'*, Samara, February 27, 2020. Samara: Samara State Technical University, 2020. Pp. 126–138. DOI: 10.17673/RAACS.2020.1.13. EDN: PJAQPR (In Russian)
7. Caroli, M., Cavallo, M., Valentino, A. Eco-Industrial Parks. A Green and Place Marketing Approach. Italy: Luiss University Press, 2015. 114 p. ISBN 978-88-6856-042-3.
8. Bianchi M., et al. (Eds.) Methodology for the Implementation of a Circular Economy at the Local and Regional Scale. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2022. 166 p. ISBN 978-92-76-56241-2.
9. Mishenin, Ye.V. Koblianska, I.I. Perspectives and Mechanisms of "Circular" Economy Global Development. *Marketing and Management of Innovations*. 2017; (2): 328–343.
10. Yushkova, N.G., Dontsov, D.G., Nikiforova, D.N., Ovcharova, T.P. Diversification as Spatial Development Megacities and its Impact on Regional Systems. *Gradostroitelstvo i arkhitektura*. 2024; 14(2(55)): 165–174. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.21. EDN: GYSNOR (In Russian)
11. Yushkova, N.G. Institutional Grounds for Improving the Methodology of Regional Strategy. *Regional'noe razvitie*. 2016; (3): 12. EDN: WFKFOX (In Russian)
12. Yushkova, N.G. Improvement of Tool Support of the Spatial Approach to Regional Planning: Problems, Specifics, Trends. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*. 2014; 6(36): 225–242. DOI: 10.15838/esc/2014.6.36.17. EDN: TNRGTP
13. Shubenkov, M.V., Shubenkova, M.Y. Towards Searching a Balanced Coexistence of Natural and Urbanized Territories. *Biosfernaya sovmestimost: chelovek. region. Tekhnologii*. 2019; 3(27): 3–16. DOI: 10.21869/23-11-1518-2019-27-3-3-16. EDN: NDVORI (In Russian)
14. Akhmedova, E.A. Urban regulation of regional habitat. In: Samara State University of Architecture and Civil Engineering. Samara: Samara State University, 1993. 163 p. EDN: SSOJSR (In Russian)
15. Shcherbina, E., Gorbenkova, E. Factors Influencing the Rural Settlement Development. *IFAC-PapersOnLine*. 2019; 52(25): 231–235. DOI: 10.1016/j.ifacol.2019.12.478
16. Bakaeva, N.V., Tchaikovskaya, L.V., Zuleta, D.P. Toward the Construction of a Comfort Model for Urban Environment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Conference on Civil, Architectural and Environmental Sciences and Technologies, CAEST 2019*, Samara, November 19, 2019. Samara, 2020. Article 012006. DOI: 10.1088/1757-899X/775/1/012006. EDN: SHPMKE
17. Ptichnikova, G., Antyufeyev, A. "Smart City", Man and Architecture. *E3S Web of Conferences: Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019*, Moscow, November 20–22, 2019. Moscow: EDP Sciences, 2020. Article 05027. DOI: 10.1051/e3sconf/202016405027. EDN: WJHIGH
18. Krashenninnikov, A.V. Urban Planning Principles of Rehabilitation of Small Settlements. *Arkitektura i sovremennye informatsionnye tekhnologii*. 2024; 4(69): 169–178. DOI: 10.24412/1998-4839-2024-4-169-178 (In Russian)
19. Perekopskaya, M.A., Alekseev, Y.V. Planning of Settlements in Timber-Producing Areas (on the example of the Arkhangelsk region). *Vestnik MGSU*. 2021; (16). DOI: 10.22227/1997-0935. 2021.9.1124-1135. EDN: QDLVDF (In Russian)
20. Moiseev, I.M. Development Challenges and Evolution of Urban Planning Cultures. *Arkitektura i sovremennye informatsionnye tekhnologii*. 2022; 4(61): 280–291. DOI: 10.24412/1998-4839-2022-4-280-291 (In Russian)
21. Yenin, A.E., Liventceva, A.V. System Approach in Urban Planning. History. General Foundations. *Russian Journal of Building Construction and Architecture*. 2017; 1(33): 91–101.
22. Ilyichev, V.A., Kolchunov, V.I., Bakaeva, N.V. Area Development Strategic Planning in Bavaria. *Vestnik MGSU*. 2019. 14(2 (125)): 158–168. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.2.158-168. EDN: VUZJVS (In Russian)
23. Balducci, A., Pasqui, G., Fedeli, V. Strategic planning for contemporary urban regions. City of cities: A project for Milan. In: *Urban and Regional Planning and Development Series*. Farnham, England: Ashgate, 2010. Pp. 130–136. ISBN: 978-1138247253.
24. Dontsov, D.G., Yushkova, N.G., Gushchina, E.G. A New Spatial Strategy Approach in Russian Regions: From the Reflexing Planning Solutions to Territorial Integration Conception. *IOP*

- Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2018; 463: 032055. DOI: 10.1088/1757-899X/463/3/032055
25. Pandey, A.K., Prakash, R. Impact of Industrial Symbiosis on Sustainability. *Open Journal of Energy Efficiency*. 2019; (8): 81–93. <https://doi.org/10.4236/ojee.2019.82006>
 26. Graboviy, P. Reconstruction and Modernization of Industrial Parks. *E3S Web of Conferences: Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics, TPACEE*, Moscow, December 03–05, 2018. Vol. 91. Moscow: EDP Sciences, 2019; 08028. DOI: 10.1051/e3sconf/20199108028
 27. Kabanov, V.N., Dontsov, D.G., Yushkova, N.G., Mikhailova, E.V. Spatial and Strategic Development of the Territory. Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2018. 276 p. ISBN 978-5-4479-0156-1. EDN: YTKCST (In Russian)
 28. Mironov, D.S. Industrial Parks as Evolution of Industrial Organization. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekonomika*. 2020; (2): 9–27. DOI: 10.25136/2409-8647.2020.2.32718 (In Russian)
 29. Mironov, D.S. System Model of Industrial Park Creation and Development. *Gorizonty ekonomiki*. 2020; 6(59): 37–50. EDN: FXXQPP (In Russian)
 30. Matskova, M.V., Kolyasnikov, V.A. Innovative Urban Planning: Concept and Patterns. *Akademicheskii vestnik UralNIiproekt RAASN*. 2015; (2): 34–39. EDN: UCTJQD (In Russian)

Сведения об авторах

Юшкова Наталья Геннадиевна, канд. архитектуры, доцент, советник РААСН, Волгоградский государственный технический университет, 400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28, ng_yushkova-v@mail.ru

Донцов Дмитрий Георгиевич, докт. архитектуры, профессор, гл. градостроитель, Волгоградское областное архитектурно-планировочное бюро, 400066, г. Волгоград, ул. Мира, 19а, ng_yushkova-v@mail.ru

Харламова Татьяна Павловна, магистрант, Волгоградский государственный технический университет, 400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28; Московский архитектурный институт (государственная академия), 107031, г. Москва, ул. Рождественка, 11/4, корп. 1, стр. 4, ovcharova.tanya2017@yandex.ru

Authors Details

Natalya G. Yushkova, PhD, A/Professor, Adviser RAACS, Volgograd State Technical University, 28, Lenin Ave., 400005, Volgograd, Russia, ng_yushkova-v@mail.ru

Dmitry G. Dontsov, DSc, Professor, Volgograd Region Architectural and Planning Bureau, 19a, Mira Str., 400066, Volgograd, Russia, ng_yushkova-v@mail.ru

Tatiana P. Kharlamova, Graduate Student, Volgograd State Technical University, 28, Lenin Ave., 400005, Volgograd, Russia; Moscow Architectural Institute (State Academy), 11, Rozhdestvenka Str., 107031, Moscow, Russia, ovcharova.tanya2017@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 10.04.2026
Одобрена после рецензирования 13.05.2026
Принята к публикации 15.05.2026

Submitted for publication 10.04.2026
Approved after review 13.05.2026
Accepted for publication 15.05.2026

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

BUILDING AND CONSTRUCTION

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2026. Т. 28. № 3. С. 175–190.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2026; 28 (3): 175–190.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 699.844

<https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-175-190>



EDN: VWBSCM

РАЗВИТИЕ ПОДХОДОВ И РЕФОРМИРОВАНИЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКЕ РФ И КНР

Михаил Дмитриевич Васильев, Полина Владимировна Шишкина

Архитектурное бюро RVLN, г. Москва, Россия

Аннотация. В статье представлен сравнительный анализ современных систем технического нормирования в строительной отрасли РФ и КНР с учетом фундаментальных реформ 2022–2024 гг.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью адаптации проектной документации при реализации совместных инвестиционно-строительных проектов.

Цель работы заключается в выявлении концептуальных различий между обновленными нормативными базами двух стран.

Методы. Основным методом исследования послужил структурно-компаративный анализ актуализированного Единого цифрового реестра требований РФ и новейших обязательных сводов правил КНР.

В **результате** исследования выявлено фундаментальное различие регуляторных моделей: законодательный переход России к детально предписывающему (микроуровневому) подходу и внедрение в Китае функционального (макроуровневого) нормирования. Доказана методологическая некорректность прямого количественного сопоставления объемов нормативных баз из-за разницы в их гранулярности.

На основе сопоставления архитектурно-планировочных и инженерных параметров установлено, что новейшие китайские стандарты императивно закрепляют более высокие требования к комфорту и экологической безопасности для массового строительства, включая обязательный расчет углеродного следа и внедрение возобновляемых источников энергии. Сформулированные выводы обладают высокой практической значимостью для инжиниринговых и девелоперских компаний, а изученный опыт КНР по функциональному нормированию может быть применен для дальнейшего совершенствования отечественного технического регулирования.

Ключевые слова: техническое нормирование, техническое регулирование, стандартизация в строительстве, Единый цифровой реестр, китайские стандарты GB, энергоэффективность зданий

Для цитирования: Васильев, М.Д., Шишкина, П.В. Развитие подходов и реформирование нормативно-технической базы в строительной практике РФ и КНР // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2026. Т. 28. № 3. С. 175–190. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-175-190>. EDN: VWBSCM

ORIGINAL ARTICLE

DEVELOPMENT OF APPROACHES AND REFORM OF TECHNICAL STANDARDS IN CONSTRUCTION INDUSTRY IN RUSSIA AND CHINA

Mikhail D. Vasiliev, Polina V. Shishkina

Architectural Bureau RVLN, Moscow, Russia

Abstract. The article analyzes modern technical regulation systems in the construction sector of the Russian Federation and the People's Republic of China, accounting for the fundamental reforms of 2022–2024. The relevance of the study is driven by the need to adapt design documentation during the implementation of joint investment and construction projects.

Purpose: The research aims to identify conceptual differences between the updated regulatory frameworks of the two countries.

Methodology: The structural and comparative analysis of the updated Unified Digital Registry of Requirements in Russia and the latest mandatory codes of practice in China.

Research findings: The study reveals a fundamental divergence in regulatory models: legislative transition in Russia toward a detailed prescriptive (micro-level) approach versus the implementation of functional (macro-level) standardization in China. The paper demonstrates the methodological inaccuracy of direct quantitative comparison of regulatory documents due to differences in granularity. Based on a comparison of architectural, planning, and engineering parameters, it is established that the latest Chinese standards imperatively mandate higher requirements for basic comfort and environmental safety in mass construction, including mandatory carbon footprint calculations and the integration of renewable energy sources.

Practical implications: The work holds high practical significance for engineering and development companies, while the Chinese experience in functional regulation can be utilized to further enhance technical regulation in Russia.

Keywords: technical regulations, technical standards, standardization in construction, Unified Digital Registry, Chinese national standards, building energy efficiency

For citation: Vasiliev, M.D., Shishkina, P.V. Development of Approaches and Reform of Technical Standards in Construction Industry in Russia and China. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2026; 28(3): 175–190. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-175-190>. EDN: VWBSCM

Введение

В условиях активного развития российско-китайских экономических отношений [1, 2] и реализации совместных инвестиционно-строительных проектов [3, 4] критическое значение приобретает глубокое взаимопонимание в сфере норма-

тивно-технического регулирования [5, 6]. В 2022–2024 гг. происходят реформы нормирования в строительстве обеих стран: РФ перешла к централизованному нормированию через Единый цифровой реестр требований¹, в то время как КНР внедрила систему обязательных обновленных сводов правил (серия GB 55XXX, утверждены Уведомлением² – аналог постановления Правительства РФ). Понимание механики этих разнонаправленных векторов нормирования остро необходимо для успешной адаптации проектной документации и повышения конкурентоспособности инжиниринговых компаний на международных рынках [7, 8].

Анализ последних публикаций в области строительного ценообразования и нормирования показывает, что большинство отечественных и зарубежных исследований традиционно фокусировалось на сопоставлении советских/российских сводов правил (СНиП/СП) и старых версий китайских стандартов (GB, JGJ, DB), имевших строгий обязательный статус до 2022 г.³ [9, 10]. Однако последствия новейших реформ остаются практически неизученными.

В современном академическом дискурсе отсутствует комплексное сравнение новых регуляторных парадигм: перехода РФ к детально предписывающему микроуровню (более 60 000 отдельных единичных требований) и перехода КНР к функциональному макроуровню (около 5000 статей). До настоящего времени не было проведено предметного исследования того, как эти макроэкономические и юридические изменения отражаются на конкретных параметрах проектирования гражданских зданий и экологических стандартах.

Цель исследования заключается в проведении комплексного сравнительного анализа современных моделей технического нормирования в строительстве РФ и КНР для выявления их концептуальных отличий и сопоставления ключевых архитектурно-планировочных, инженерных и экологических требований на базе новых регламентов.

Обсуждение

Для глубокого понимания современного состояния российской строительной отрасли необходимо рассмотреть ретроспективу изменения регуляторных механизмов.

До 1 сентября 2024 г. архитектура технического нормирования в РФ базировалась на ФЗ № 384 «Технический регламент о безопасности зданий и со-

¹ Российская Федерация. Законы. О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты РФ: Федеральный закон № 507-ФЗ: принят Государственной Думой 18 декабря 2025 г.; одобрен Советом Федерации 24 декабря 2025 г. // КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_523025/ (дата обращения: 21.02.2026).

² Уведомление об углублении реформы стандартизации инженерного строительства: уведомление Министерства жилья и городского-сельского строительства КНР от 19.04.2016 г. № 166. URL: <https://www.waizi.org.cn/law/12360.html> (дата обращения: 21.02.2026).

³ О стандартизации: закон Китайской Народной Республики: принят Постоянным комитетом Всекитайского собрания народных представителей // PRG. URL: https://prg.kz/document/?doc_id=34793388 (дата обращения: 21.02.2026); Об утверждении национального стандарта «Общий свод правил по энергоэффективности и применению возобновляемых источников энергии в зданиях»: объявление Министерства жилья и городского-сельского строительства КНР от 13.10.2021 г. № 173; Об утверждении национального стандарта «Общий свод правил для гражданских зданий»: Министерство жилья и городского-сельского строительства КНР от 25.08.2022 г. № 134.

оружений»⁴, предписывая деление нормативной базы на два перечня: обязательный (утверждаемый постановлениями Правительства РФ)⁵ и добровольный (утверждаемый приказами Росстандарта)⁶. В последние годы применения данной модели наблюдалась устойчивая тенденция к дерегулированию и сокращению бюрократических барьеров. Так, если в постановлении Правительства РФ № 815⁷ (действовавшем до 20 мая 2022 г.) обязательный перечень включал 74 нормативных документа (61 СП и 13 ГОСТ), то в последующей редакции (ПП РФ № 914, действовавшее вплоть до 1 сентября 2024 г.⁸) их количество было радикально сокращено до 5 документов (4 СП и 1 ГОСТ). Подобное сокращение, однако, не устранило правовых коллизий при прохождении государственной экспертизы проектной документации, что потребовало фундаментального пересмотра самой концепции нормирования.

С 1 сентября 2024 г. – дата вступления в силу ФЗ № 653⁹, внесшего критические изменения в ФЗ № 384, – полностью упразднено деление нормативных документов на обязательные и добровольные. На смену документоориентированному подходу пришел датацентричный подход: единственным крите-

⁴ Российская Федерация. Законы. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федеральный закон № 384-ФЗ: принят Государственной думой 23 декабря 2009 г.: одобрен Советом Федерации 25 декабря 2009 г. // КонсультантПлюс: [сайт]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720/ (дата обращения: 22.02.2026).

⁵ Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», и о признании утратившим силу постановления Правительства Российской Федерации от 4 июля 2020 г. № 985: постановление Правительства РФ от 28 мая 2021 г. № 815 // Гарант: [сайт]. URL: <https://base.garant.ru/400832303/> (дата обращения: 22.02.2026).

¹¹ Российская Федерация. Законы. О внесении изменений в Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и отдельные законодательные акты РФ: Федеральный закон № 653-ФЗ: принят Государственной Думой 15 декабря 2023 г.: одобрен Советом Федерации 22 декабря 2023 г. // КонсультантПлюс: [сайт]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_465504/ (дата обращения: 22.02.2026).

⁶ Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и СП), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», и о признании утратившими силу некоторых актов Правительства РФ: ПП РФ от 4.07.2020 г. № 985. URL: <http://static.government.ru/media/files/exhz8l7Kkz0VBONHUXUAr8IKMfJaTOnh.pdf> (дата обращения: 22.02.2026).

⁷ Об утверждении перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований ФЗ от 30 декабря 2009 г. 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»: Приказ Росстандарта от 02.04.2020 г. № 687 (ред. от 20.04.2021): утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 2 апреля 2020 г. № 687 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: [сайт]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/564577621> (дата обращения: 22.02.2026).

⁸ О бюджетном прогнозе РФ на долгосрочный период: ПП РФ от 31.08.2015 № 914 (ред. от 24.07.2025) // Гарант: [сайт]. URL: <https://base.garant.ru/71179722/> (дата обращения: 22.02.2026).

⁹ Российская Федерация. Законы. О внесении изменений в Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и отдельные законодательные акты РФ: Федеральный закон № 653-ФЗ: принят Государственной Думой 15 декабря 2023 г.: одобрен Советом Федерации 22 декабря 2023 г. // КонсультантПлюс: [сайт]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_465504/ (дата обращения: 22.02.2026).

рием безопасности стало соответствие проектной документации требованиям Единого цифрового реестра (ЕЦР), размещенного на базе портала «Стройкомплекс.рф». Данный реестр представляет собой беспрецедентную по масштабу машиночитаемую базу данных, оцифровавшую весь массив отечественной инженерной мысли. По состоянию на момент внедрения ЕЦР содержит более 60 000 атомарных (неделимых) требований.

Глубина гранулярности российской нормативной базы наглядно демонстрируется структурой источников реестра.

1. **Свод правил (СП):** ядро системы, формирующее 56 360 микротребований, извлеченных из 416 действующих документов.

2. **Национальные стандарты (ГОСТ Р):** 37 документов содержат 2353 требования.

3. **Межгосударственные стандарты (ГОСТ):** 931 документ выступает источником 996 требований.

4. **Санитарные правила и нормы (СанПиН):** 7 основополагающих документов транслируют 908 санитарно-эпидемиологических требований.

В то время как Российская Федерация двигалась по пути максимальной детализации и цифровизации требований, строительная отрасль Китайской Народной Республики в 2022 г. реализовала прямо противоположную – функциональную парадигму нормирования. Для объективной оценки глубины этих изменений необходимо рассмотреть традиционную китайскую систему кодификации нормативных документов, исторически опирающуюся на статус и уровень компетенции документа.

До 2022 г. техническое регулирование в КНР обеспечивалось разветвленной иерархией. В категорию обязательных документов входили: общенациональные государственные стандарты (GB – Guobiao)¹⁰, общенациональные отраслевые строительные стандарты (JGJ – Jianzhugongcheng Hangye Biaozhun), являющиеся функциональным аналогом российских СП¹¹, а также местные (провинциальные) нормы (DB – Difang Biaozhun)¹². Параллельно существовал обширный пласт добровольных документов, маркируемых индексом /T (Tuijian – рекомендованный), к которым относились справочные стандарты (GB/T, JGJ/T, DB/T) и стандарты профессиональных ассоциаций (T/XXX)¹³.

В 2022 г. Государственный совет и Министерство жилья и городского-сельского строительства КНР (MOHURD) полностью пересмотрели архитектуру безопасности зданий и сооружений¹⁴. В рамках реформы были одномоментно отменены обязательные требования тысяч действующих стандартов серий GB, JGJ и DB – весь этот колоссальный массив технической документации

¹⁰ Министерство жилья и городского-сельского строительства КНР. Меры по управлению национальными стандартами инженерного строительства : приказ от 18.12. 1992 г. № 24.

¹¹ Министерство жилья и городского-сельского строительства КНР. Меры по управлению отраслевыми стандартами инженерного строительства : приказ от 18.12. 1992 г. № 25.

¹² Министерство жилья и городского-сельского строительства КНР. Меры по управлению местными стандартами инженерного строительства : приказ от 18.12. 1992 г. № 26.

¹³ Государственный комитет по стандартизации КНР, Министерство гражданских дел КНР. Положения об управлении стандартами профессиональных ассоциаций : уведомление от 09.01.2019 г.

¹⁴ Национальный план развития стандартизации КНР: уведомление от 10.10.2021 г.

был законодательно переведен в статус добровольных справочников и руководств по проектированию¹⁵. Взамен утративших обязательный статус документов правительство утвердило компактный пакет из 39 новых общенациональных, полностью обязательных отраслевых сводов правил серии GB 55XXX¹⁶ (табл. 1).

Таблица 1

Национальные обязательные отраслевые своды правил КНР

Table 1

National mandatory industry codex of China

Шифр	Наименование стандарта
<i>Строительные конструкции и проектирование</i>	
GB 55001–2021	Общий свод правил по инженерным конструкциям
GB 55002–2021	Общий свод правил по сейсмостойкому проектированию
GB 55003–2021	Общий свод правил по основаниям и фундаментам
GB 55004–2021	Общий свод правил по композитным конструкциям
GB 55005–2021	Общий свод правил по деревянным конструкциям
GB 55006–2021	Общий свод правил по стальным конструкциям
GB 55007–2021	Общий свод правил по каменным и армокаменным конструкциям
GB 55008–2021	Общий свод правил по бетонным и железобетонным конструкциям
GB 55030–2022	Общий свод правил по гидроизоляции зданий и объектов
<i>Инженерные сети, экология и комфорт</i>	
GB 55015–2021	Общий свод правил по энергоэффективности и применению ВИЭ
GB 55016–2021	Общий свод правил по внутренней среде зданий
GB 55020–2021	Общий свод правил по водоснабжению, водоотведению и водосбережению зданий
GB 55024–2022	Общий свод правил по электрике и интеллектуальным системам
GB 55041–2025	Свод правил по инженерному проекту сети проводного радио и ТВ
<i>Пожарная безопасность, охрана и инклюзивность</i>	
GB 55019–2021	Общий свод правил по безбарьерной (инклюзивной) среде
GB 55029–2022	Общий свод правил по инженерно-технической укреплённости и охранным системам (видеонаблюдение, СКУД)
GB 55036–2022	Общий свод правил по пожарным установкам и оборудованию
GB 55037–2022	Общий свод правил по пожарной безопасности зданий
<i>Типы зданий и специфика объектов</i>	
GB 55025–2022	Свод правил по проектам общежитий и гостиниц
GB 55031–2022	Общий свод правил для гражданских (общественных) зданий

¹⁵ Министерство жилья и городского-сельского строительства КНР. План развития стандартизации в сфере жилья и городского-сельского строительства на период 14-й пятилетки: уведомление от 23.02.2022 г.

¹⁶ Министерство жилья и городского-сельского строительства КНР. Об утверждении национального стандарта «Общий свод правил по внутренней среде зданий»: объявление от 13.10.2021 г. № 165.

Окончание табл. 1
End of table 1

Шифр	Наименование стандарта
GB 55035–2023	Свод правил по проектам сохранения и использования исторического и культурного наследия
GB 55038–2025	Свод правил по жилым объектам
<i>Организация стройки, изыскания и контроль качества</i>	
GB 55017–2021	Общий свод правил по инженерным изысканиям (геология)
GB 55018–2021	Общий свод правил по инженерной геодезии (измерения)
GB 55023–2022	Общий свод правил по строительным лесам и временным подмостям
GB 55032–2022	Общий свод правил по контролю качества строительства зданий и муниципальных объектов
GB 55034–2022	Общий свод правил по безопасности, гигиене и охране труда на строительных площадках
<i>Эксплуатация и реконструкция существующих зданий</i>	
GB 55021–2021	Общий свод правил по технической экспертизе и усилению существующих зданий
GB 55022–2021	Общий свод правил по техническому обслуживанию и реконструкции существующих зданий
<i>Муниципальная инфраструктура, транспорт и экология</i>	
GB 55009–2021	Свод правил по проектам газоснабжения
GB 55010–2021	Свод правил по проектам теплоснабжения
GB 55011–2021	Свод правил по проектам городских автодорог и инфраструктуры
GB 55012–2021	Свод правил по проектам переработки и утилизации бытовых отходов
GB 55013–2021	Свод правил по проектам городской санитарии и благоустройства
GB 55014–2021	Свод правил по проектам садово-паркового строительства и озеленения
GB 55026–2022	Свод правил по проектам городского водоснабжения
GB 55027–2022	Свод правил по проектам городского и сельского водоотведения
GB 55028–2022	Свод правил по проектам специальных инженерных сооружений
GB 55033–2022	Свод правил по проектам городского рельсового транспорта

Юридически эти кодексы получили наивысший статус, сопоставимый с федеральными законами РФ. Важнейшей особенностью новой системы является ее макроуровневый характер: объем всех 39 кодексов серии GB 55 составляет лишь около 5000 нормативных статей, формулируя исключительно конечный результат и целевой предел безопасности (например, требуемую степень огнестойкости, предельные значения энергопотребления или санитарные минимумы), технический инструментарий для достижения этих государственных макротребований делегирован на уровень добровольных стандартов (индекс /Т), применение которых остается на усмотрение проектной организации при условии доказанного выполнения требований кодексов серии GB 55.

На первый взгляд, рассматриваемые системы технического регулирования вызывают существенный статистический диссонанс: массив обязательных требований в РФ оценивается более чем в 60 000 единиц, тогда как новейшие обязательные кодексы КНР содержат в совокупности лишь около 5000 статей. Однако прямое количественное сопоставление данных показателей является методологически некорректным, т. к. оно не учитывает кардинальную разницу в базовых подходах к формированию нормативных требований. Фундаментальное различие заключается в уровне детализации и объекте контроля.

1. Китайская модель (макроуровень). Новые обязательные своды правил серии GB 55XXX реализуют строго *функциональный подход*. В рамках данной парадигмы государство контролирует исключительно конечный результат. Таким образом, одна китайская нормативная статья формулирует лишь базовую концептуальную задачу (например, достижение определенного класса энергоэффективности здания), в то время как конкретные физические размеры, расчетные формулы и инженерные характеристики вынесены в тысячи добровольных (рекомендательных) стандартов (с индексом /Т), которые не учитываются в статистике обязательных кодексов.

2. Российская модель (микроуровень). После перехода строительной отрасли на использование Единого цифрового реестра (ЕЦР) окончательно закрепился *детально предписывающий подход*. Процесс оцифровки сводов правил и государственных стандартов привел к дроблению текста на атомарные единицы. В результате каждое отдельное условие – будь то значение коэффициента, предел температуры, допустимая физическая нагрузка или ширина проема с точностью до миллиметра – классифицируется и учитывается как самостоятельное, юридически обособленное обязательное требование.

Проведенный анализ показывает, что техническая или функциональная задача, которая в китайском обязательном кодексе лаконично прописана в виде 1 макростатьи, при переносе в парадигму российского цифрового реестра декомпозируется и представляется массивом из 10–20 отдельных микротребований. Исходя из этого, можно сделать обоснованный вывод: несмотря на десятикратную разницу в номинальном количестве утвержденных пунктов (5000 против 60 000), реальный объем нормативной нагрузки, а также конечное количество фактических требований к безопасности и качеству проектируемых объектов в Российской Федерации и Китайской Народной Республике являются сопоставимыми.

Практическая имплементация функционального и предписывающего подходов в большей степени проявляется при детальном сопоставлении новейшего китайского обязательного СП по жилым объектам GB 55038–2025¹⁷, иных стандартов КНР и соответствующих нормативных актов РФ: СП 54.13330.2022¹⁸,

¹⁷ GB 55038–2025. Проектный свод правил для жилых зданий: национальный стандарт Китайской Народной Республики: утвержден Министерством жилья и городского-сельского строительства КНР 13.03.2025: введен в действие 01.05.2025. Пекин: Изд-во Китайской архитектуры и строительства, 2025.

¹⁸ СП 54.13330.2022. Здания жилые многоквартирные СНиП 31-01–2003: утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 13.05.2022 г. № 361/пр: введен в действие 14.06.2022. Москва: ФАУ «ФЦС», 2022. 44 с.

СП 59.13330.2020¹⁹, СП 51.13330.2011²⁰, СП 52.13330.2016²¹, СП 134.13330.2022²², СП 256.1325800.2016²³.

Проведенный анализ десяти ключевых параметров проектирования выявляет существенные различия в определении государственного базового стандарта безопасности и комфорта (табл. 2).

Таблица 2

**Сравнительный анализ инженерно-технических
и архитектурно-планировочных требований
(на примере гражданских зданий) в КНР и РФ**

Table 2

**Comparative analysis of engineering and architectural planning requirements
for civic buildings in Russia and China**

Ключевой параметр	КНР	РФ
1. Высота жилых помещений (в чистоте)	Не менее 2,60 м (GB 55038–2025)	Не менее 2,50 м или 2,70 м в зависимости от климата (СП 54.13330.2022)
2. Обязательная установка лифтов	Во всех жилых зданиях от 4 этажей и выше (GB 55038–2025)	При отметке пола верхнего этажа 13,5 м и более (обычно от 6 этажей) (СП 54.13330.2022)
3. Размещение санузлов	Запрещено над спальнями, гостинными, кухнями и столовыми соседей (GB 55038–2025)	Запрещено над жилыми комнатами и кухнями (СП 54.13330.2022)
4. Высота ограждений балконов	Не менее 1,20 м (GB 55038–2025)	Не менее 1,20 м (при высоте здания до 30 м) (СП 54.13330.2022)
5. Габариты дверных проемов в свету	Входные: ≥ 0,90 м ; спальни: ≥ 0,80 м ; санузлы: ≥ 0,70 м (GB 55038–2025)	Входные: ≥ 0,90 м (для МГН). Внутренние двери не нормируются (СП 59.13330.2020)

¹⁹ СП 59.13330.2020. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. СНиП 35-01–2001: утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 30.12.2020 г. № 904/пр: введен в действие 01.07.2021. Москва: ФАУ «ФЦС». 61 с.

²⁰ СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03–2003: утвержден приказом Министерства регионального развития РФ от 28.12.2010 г. № 825: введен в действие 20.05.2011. Москва: Минрегион РФ, 2011. 55 с.

²¹ СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05–95: утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 7.11.2016 г. № 777/пр: введен в действие 08.05.2017. Москва: Минстрой России. 89 с.

²² СП 134.13330.2022. Системы электросвязи зданий и сооружений. Основные положения проектирования: утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 28 декабря 2022 г. № 1133/пр: введен в действие 29.01.2023. Москва: ФАУ «ФЦС», 2022. 44 с.

²³ СП 256.1325800.2016. Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа: утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 29 августа 2016 г. № 602/пр: введен в действие 01.03.2017. Москва: Минстрой России, 2016. 84 с.

Окончание табл. 2
End of table 2

Ключевой параметр	КНР	РФ
6. Вводной силовой кабель в квартиру	Только медь, сечение не менее 10 мм² (GB 55038–2025)	Медь, сечение определяется по расчету нагрузок (СП 256.1325800.2016)
7. Площадки для наружных блоков кондиционеров	Обязательная обслуживаемая площадка со сроком службы несущих конструкций здания (GB 55038–2025)	Предусматриваются корзины/экраны на фасаде и отвод конденсата (СП 54.13330.2022)
8. КЕО для высокоточных производств	Усредненный КЕО не менее 5,0 % (класс I) (GB 50033–2013)	Раздельный КЕО: $\geq 10,0 \%$ (верхнее освещение) или $\geq 3,5 \%$ (боковое) (СП 52.13330.2016)
9. Межэтажные перекрытия (жилье)	Монолитная плита толщиной не менее 100 мм (GB 55038–2025)	Толщина не нормируется напрямую, задан требуемый индекс изоляции шума (СП 51.13330.2011)
10. Покрытие сигналом сотовой связи	Обязательное покрытие в МОП и кабинах лифтов (GB 55038–2025)	Не является строго обязательным федеральным требованием (СП 134.13330.2022)

Ряд параметров демонстрирует различие в методологии контроля: Китай нередко устанавливает жесткие физические лимиты, в то время как Россия использует расчетные эксплуатационные индексы. Ярким примером является проектирование межэтажных перекрытий жилых зданий: GB 55038–2025 императивно требует применения монолитной плиты толщиной не менее 100 мм. Российский СП 51.13330.2011 напрямую толщину не нормирует, предписывая лишь соблюдение требуемого индекса изоляции воздушного и ударного шума. В вопросах санитарной безопасности Китай также демонстрирует расширительный подход. Если СП 54.13330.2022 запрещает размещение санузлов над жилыми комнатами и кухнями соседей, то китайский кодекс дополняет этот перечень строгим запретом на размещение санузлов над столовыми зонами. При этом базовые требования к физической безопасности, такие как высота ограждений балконов, в обеих странах синхронизированы и составляют не менее 1,20 м (для РФ – при высоте здания до 30 м). В сфере производственного комфорта (естественное освещение высокоточных производств) нормы также сопоставимы, однако используют разные метрики: усредненный КЕО 5,0 % (класс I) в КНР (GB 50033–2013) против раздельного нормирования верхнего (10,0 %) и бокового (3,5 %) освещения в РФ (СП 52.13330.2016). Существенный контраст выявляется в требованиях к инженерным сетям и телекоммуникациям. Китайские кодексы переводят ряд параметров, ранее считавшихся опциональными, в разряд строгих государственных обязательств. Наряду с объемно-планировочными решениями глубокие концептуальные расхождения между нормативными базами КНР и РФ

прослеживаются в подходах к энергосбережению и экологической безопасности зданий. Анализ общенационального обязательного кодекса Китая GB 55015–2021²⁴ и соответствующих российских регламентов (ФЗ № 261²⁵, СП 50.13330.2012²⁶, СП 336.1325800.2017²⁷ и ГОСТ Р 70346-2022²⁸) демонстрирует различный уровень интеграции глобальной климатической повестки в строительное законодательство (табл. 3).

Таблица 3

**Сравнительный анализ требований GB 55015–2021
и соответствующих российских регламентов к энергосбережению
и экологической безопасности зданий**

Table 3

**Comparative analysis of GB 55015-2021 requirements and relevant
Russian regulations for energy saving and environmental safety**

Ключевой параметр	КНР GB 55015–2021	РФ
1. Юридический статус экологических норм	Строго обязательный «Общий кодекс» высшего уровня	Разделен на обязательные и добровольные («зеленые» стандарты) требования
2. Базовая метрика оценки	Интенсивность выбросов углерода (углеродный след)	Удельный расход тепловой энергии и энергоресурсов (СП 50.13330.2012)
3. Расчет углеродного следа	Строго обязателен для проектной документации новых и реконструируемых зданий	Добровольен (применяется при ESG-сертификации)
4. Целевые показатели снижения выбросов CO ₂	Императивное снижение в среднем на 40 % (не менее 7 кг CO ₂ /м ² в год)	Прямые целевые показатели по углеродному следу отсутствуют

²⁴ GB 55015–2021. Общий свод правил по энергоэффективности и применению возобновляемых источников энергии в зданиях: национальный стандарт КНР: утвержден Министерством жилья и городского-сельского строительства КНР 13.10.2021: введен в действие 01.04.2022. Пекин: Изд-во Китайской архитектуры и строительства, 2021.

²⁵ Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ: Федеральный закон № 261-ФЗ: принят Государственной Думой 11.11.2009 г.: одобрен Советом Федерации 18.11.2009 г.

²⁶ СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий: утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 30.06.2012 г. № 265: введен в действие 01.07.2013. Москва: Минрегион РФ. 139 с.

²⁷ СП 336.1325800.2017. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха с использованием геотермальной теплоты. Правила проектирования: утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 17.11.2017 г. № 1561/пр: введен в действие 18.05.2018. Москва: Стандартинформ. 31 с.

²⁸ ГОСТ Р 70346–2022. «Зеленые» стандарты. Здания многоквартирные жилые. Методика оценки и критерии проектирования, строительства и эксплуатации : национальный стандарт РФ: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 09.08.2022 г. № 745-ст: введен в действие 2022-09-01. URL: https://nav.tn.ru/cloud/iblock/20e/20ea983510eaa4d068ae83a5723a3d21/GOST-R-70346_2022-_Zelenye_-standarty.-Zdaniya-mnogokvartirnye-zhilye_-Metodika-otsenki-i-kriterii-proektirovaniya_-stroitelstva-i-ekspluatatsii.pdf (дата обращения: 12.02.2026).

Окончание табл. 3
End of table 3

Ключевой параметр	КНР GB 55015–2021	РФ
5. Энергопотребление общественных зданий	Жесткий лимит: снижение на 20 % (по сравнению с 2016 г.)	Зависит от класса (ФЗ № 261) энергоэффективности
6. Энергопотребление жилых зданий	Снижение примерно на 30 % (общий уровень энергосбережения зафиксирован на 65–75 %)	Регламентируется расчетными пределами удельного расхода энергии (СП 50.13330.2012)
7. Статус применения возобновляемых источников энергии	Строго обязательный для всех новых зданий	Рекомендательный , применяется на основании ТЗ (СП 336.1325800.2017)
8. Конкретизация обязательных систем ВИЭ	Обязательное применение солнечной энергии (панели или коллекторы)	Опциональное применение (геотермальные тепловые насосы, панели и др.)
9. Этап интеграции ВИЭ	Системы ВИЭ обязаны разрабатываться синхронно с архитектурным проектом	Интеграция вариативна, может внедряться на стадии модернизации
10. Охват жизненного цикла здания	Обязательный контроль выбросов и энергопотребления на всем протяжении жизненного цикла	Оценка полного жизненного цикла (LCA) носит добровольный характер (ГОСТ Р 70346–2022)

Результаты

Китайская модель технического регулирования совершила переход от классического контроля теплопотерь к комплексному лимитированию выбросов парниковых газов. Согласно GB 55015–2021, для каждого нового или реконструируемого гражданского здания проектировщик обязан выполнить расчет интенсивности выбросов углерода. Норматив устанавливает жесткий целевой предел: снижение эксплуатационных выбросов в среднем на 40 % (или не менее чем на 7 кг CO₂ на квадратный метр в год) по сравнению с нормами 2016 г.

В Российской Федерации прямого аналога данному обязательному требованию нет. Российские нормы оперируют показателями тепловой эффективности и расхода энергоресурсов (кВт·ч/м²), в то время как подсчет углеродного следа вынесен в систему добровольной «зеленой» сертификации зданий ГОСТ Р 70346–2022 и не является блокирующим критерием при прохождении государственной экспертизы проектной документации [11, 12].

РФ традиционно реализует стратегию энергосбережения через нормирование удельных теплозащитных характеристик ограждающих конструкций СП 50.13330.2012 и поэтапное повышение требований к классу энергоэффективности (ФЗ № 261). Китайский подход, сохраняя требования к теплоизоляции, вводит требования по обязательной генерации энергии.

Стандарт GB 55015–2021 императивно предписывает оснащать все новые здания системами возобновляемых источников энергии (ВИЭ), такими

как солнечные коллекторы для нагрева воды или фотоэлектрические панели. При этом интеграция ВИЭ должна закладываться синхронно с разработкой архитектурного проекта. В гражданском строительстве РФ внедрение альтернативных источников энергии регулируется локальными нормами, например, СП 336.1325800.2017 «Системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Правила эксплуатации» для геотермальных систем и на сегодняшний день носит исключительно рекомендательный характер, оставаясь прерогативой коммерческого технического задания заказчика.

Таким образом, если в РФ передовые экологические и энергоэффективные решения (ВИЭ, расчет CO₂) остаются маркерами добровольного устойчивого развития (ESG) и инфраструктурных проектов премиум-сегмента, то в Китае они законодательно интегрированы в базовый, строго обязательный технический регламент для любого нового строительства.

Заключение

Проведенный комплексный сравнительный анализ современных систем технического нормирования строительных отраслей Российской Федерации и Китайской Народной Республики позволяет сформулировать основные выводы.

1. Установлено, что новейшие реформы закрепили в двух странах диаметрально противоположные подходы к стандартизации. В РФ внедрен детально предписывающий (микроуровневый) подход, оцифровавший процесс проектирования в виде более 60 000 атомарных требований ЕЦР. В КНР реализован функциональный (макроуровневый) подход, где государственный контроль ограничен ~5000 статьями обязательных кодексов (серия GB 55), задающих исключительно целевые пределы безопасности. Доказано, что объем нормативных требований в РФ и КНР сопоставим.

2. Сравнение новейших регламентов (GB 55038–2025 и актуальных СП РФ) выявило, что китайская нормативная база императивно закрепляет более высокую планку базового комфорта для массового жилья. Требования, которые в российской практике часто относятся к опциональным или применяются в жилье повышенной комфортности (обязательная установка лифтов, начиная с 4-го этажа, высота потолков в чистоте не менее 2,6 м, сечение вводного кабеля от 10 мм², обеспечение сотовой связью кабин лифтов), в КНР возведены в ранг жесткого государственного минимума.

3. Выявлено фундаментальное различие в статусе экологических норм. В то время как в РФ передовые метрики (расчет углеродного следа, комплексное внедрение ВИЭ) остаются в контуре добровольной сертификации (ESG, ГОСТ Р 70346–2022), в КНР стандарт GB 55015–2021 интегрировал их в строго обязательный технический регламент. Для любого нового здания в Китае теперь юридически обязательны расчет снижения выбросов CO₂ (в среднем на 40 %) и архитектурная интеграция систем возобновляемой энергии (солнечных панелей/коллекторов).

Научная новизна работы заключается в том, что в ней впервые в отечественной практике осуществлен системный сопоставительный анализ не устаревших СНиПов и китайских стандартов прошлых лет, а новейших регулятор-

ных парадигм – актуализированного Единого цифрового реестра РФ (2024 г.) и вступающих в силу китайских обязательных кодексов (2022–2025 гг.).

Результаты исследования имеют высокую практическую значимость для российских инжиниринговых и девелоперских компаний, планирующих выход на строительный рынок КНР или участие в совместных проектах, т. к. позволяют избежать критических ошибок при адаптации проектной документации. Кроме того, выявленный опыт КНР по функциональному нормированию и обязательной интеграции ВИЭ может быть использован профильными ведомствами РФ (Минстрой России) при дальнейшей оптимизации отечественной нормативной базы.

Логическим продолжением данной работы станет исследование влияния выявленных нормативных различий на экономику строительства. Перспективным направлением является сравнительный анализ систем сметного нормирования (российского ресурсно-индексного метода и китайского метода расчета по комплексным расценкам), а также изучение механизмов проведения государственной экспертизы и независимого строительного аудита в двух странах.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Железняк, М.Н., Сериков, С.И., Шац, М.М. Современный этап создания ГТС «Сила Сибири-2»: проблемы и перспективы // Известия АО РГО. 2021. № 2 (61). С. 27–39. DOI: 10.24412/2410-1192-2021-16103. EDN: TQEXUH
2. Silvana, M. Russia and China in the 21st century. Moving towards cooperative behavior // Journal of Eurasian Studies. 2017. V. 8. № 2. P. 136–150. <https://doi.org/10.1016/j.euras.2017.02.003>
3. Кэфань, Ч. Региональное экономическое сотрудничество между Китаем и Россией: общий обзор // Вестник науки и образования. 2023. № 10. С. 19–21.
4. Ельзаров, Т.В. Международно-правовое регулирование энергетического сотрудничества России и Китая // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. № 10-2 (97). С. 204–206. DOI: 10.24412/2500-1000-2024-10-2-204-206
5. Li, W., Gao, F., Guo, P. China-Russia cooperation in arctic governance and sustainable development: A conference report from the 13th China-Russia Arctic Workshop // Marine Policy. 2025. V. 175. Art. 106649. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2025.106649>
6. Салыгин, В.И., Белодедов, М.И. Опыт России в экспорте атомных энергетических технологий в азиатском регионе как один из ключевых элементов противодействия проблемам устойчивого развития и климатическим рискам // Общество: политика, экономика, право. 2022. № 12. P. 64–71. <https://doi.org/10.24158/per.2022.12.10>
7. Ефремова, Т.В., Груздо, А.Ю., Вичкалов, А.А. Исследование различий в пожарных нормах России и Китая при проектировании распределительных газопроводов // Инженерный вестник Дона. 2024. № 5 (113). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-razlichiy-v-pozharnyh-normah-rossii-i-kitaya-pri-proektirovanii-raspredelitelnyh-gazoprovodov> (дата обращения: 22.02.2026).
8. Баулин, А.В., Чжоу, Б. Сравнительный анализ процедур входного контроля качества строительных материалов и изделий в России и Китае // ИВД. 2024. № 12 (120). С. 655–665.
9. Лю, Ч., Фомин, Н.И., Сяо, Ш., Ли, Ц. Технологии строительства высотных зданий в Китае и конструкции высотных зданий // Инженерный вестник Дона. 2024. № 3. С. 421–436. EDN: OSTNVH
10. Кузнецов, П.Н., Лыкова, А.Б. Сравнительный анализ системы стандартизации и сертификации России и Китая // Наука и образование. 2024. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-sistemy-standartizatsii-i-sertifitatsii-rossii-i-kitaya> (дата обращения: 22.02.2026).
11. Малинина, Е.В., Гиясова, И.В., Васильев, М.Д. Определение энергоэффективности зданий поликлиник г. Москвы при их реконструкции // Инженерный вестник Дона. 2023. № 4 (100).

URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-energoeffektivnosti-zdaniy-poliklinik-g-moskvy-pri-ih-rekonstruktsii> (дата обращения: 22.02.2026).

12. Kharchevina, E.G., Iblyaminova, M.R. The necessity of conducting construction expertise of project documentation // Вестник науки. 2024. № 12 (81). С. 1801–1804.

REFERENCES

1. Zheleznyak, M.N., Serikov, S.I., Shats, M.M. Modern Stage of Creating the Gas Transmission System "Power of Siberia-2": Problems and Prospects. *Izvestiya AO RGO*. 2021; 2(61): 27–39. DOI: 10.24412/2410-1192-2021-16103. EDN: TQEXUH (In Russian)
2. Silvana, M. Russia and China in the 21st Century. Moving Towards Cooperative Behaviour. *Journal of Eurasian Studies*. 2017; 8(2): 136–150. DOI: 10.1016/j.euras.2017.02.003
3. Kefan, Ch. Regional Economic Cooperation between China and Russia: A General Overview. *Vestnik nauki i obrazovaniya*. 2023; (10): 19–21. (In Russian)
4. Elzarov, T.V. International Legal Regulation of Energy Cooperation between Russia and China. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. 2024; 10-2(97): 204–206. DOI: 10.24412/2500-1000-2024-10-2-204-206 (In Russian)
5. Li, W., Gao, F., Guo, P. China-Russia Cooperation in Arctic Governance and Sustainable Development. In: A conference report from the 13th China-Russia Arctic Workshop. *Marine Policy*. 2025; 175: 106649. DOI: 10.1016/j.marpol.2025.106649
6. Salygin, V.I., Belodedov, M.I. Russian Experience in Exporting Nuclear Energy Technologies in the Asian Region as One of the Key Elements in Countering Sustainable Development Problems and Climate-Related Risks. *Obshchestvo: politika, ekonomika, pravo*. 2022; (12): 64–71. <https://doi.org/10.24158/pep.2022.12.10> (In Russian)
7. Efremova, T.V., Gruzdo, A.Yu., Vichkalov, A.A. Differences in Fire Safety Standards of Russia and China in Gas Pipeline Design. *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2024; 5(113). Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-razlichiy-v-pozharnykh-normah-rossii-i-kitaya-pri-proektirovanii-raspredeletelnykh-gazoprovodov> (accessed February 22, 2026). (In Russian)
8. Baulin, A.V., Chzhou, B. Comparative Analysis of Incoming Quality Control for Construction Materials and Products in Russia and China. *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2024; 12(120): 655–665 (In Russian)
9. Lyu, Ch., Fomin, N.I., Syao, Sh., Li, Ts. High-Rise Construction and Buildings in China. *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2024; (3): 421–436. EDN: OSTNVH (In Russian)
10. Kuznetsov, P.N., Lykova, A.B. Comparative Analysis of Standardization and Certification System in Russia and China. *Nauka i obrazovanie*. 2024; (4). Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-sistemy-standartizatsii-i-sertifikatsii-rossii-i-kitaya> (accessed February 22, 2026). (In Russian)
11. Malinina, E.V., Giyasova, I.V., Vasiliev, M.D. Energy Efficiency of Polyclinic Buildings in Moscow during their Reconstruction. *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2023; 4(100). Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-energoeffektivnosti-zdaniy-poliklinik-g-moskvy-pri-ih-rekonstruktsii> (accessed February 22, 2026). (In Russian)
12. Kharchevina, E.G., Iblyaminova, M.R. The Necessity of Conducting Construction Expertise of Project Documentation. *Vestnik nauki*. 2024; 12(81): 1801–1804.

Сведения об авторах

Васильев Михаил Дмитриевич, руководитель отдела, архитектурное бюро RVLN, 115054, г. Москва, Новокузнецкая ул., 35-37с2, mick03vasil@mail.ru

Шишкина Полина Владимировна, инженер, архитектурное бюро RVLN, 115054, г. Москва, Новокузнецкая ул., 35-37с2, pshishkina638@gmail.com

Authors Details

Mikhail D. Vasiliev, Head of the Department, RVLN Architectural Bureau, 35-37s2, Novokuznetskaya Str., 115054, Moscow, Russia, mick03vasil@mail.ru

Polina V. Shishkina, Engineer, RVLN Architectural Bureau, 35-37s2 Novokuznetskaya Str., 115054, Moscow, Russia, pshishkina638@gmail.com

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 03.04.2026
Одобрена после рецензирования 09.04.2026
Принята к публикации 13.04.2026

Submitted for publication 03.04.2026
Approved after review 09.04.2026
Accepted for publication 13.04.2026

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2026. Т. 28. № 3. С. 191–202.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2026; 28 (3): 191–202.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 697.137.2

<https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-191-202>



EDN: HRWYEE

РАСЧЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

Кирилл Павлович Зубарев^{1,2,3}, Виктор Львович Добшиц³,
Вячеслав Владимирович Казунин³, Левон Гарегинович Гаранян³,
Дарья Сергеевна Синельникова³

¹Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, г. Москва, Россия

²Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук,
г. Москва, Россия

³Российский университет дружбы народов,
г. Москва, Россия

Аннотация. В статье представлен обзор современных методов математического моделирования температурных полей ограждающих конструкций зданий.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения энергетической эффективности строительных объектов, поскольку традиционные аналитические методы не позволяют в полной мере учитывать сложную геометрию узлов, неоднородность материалов, влияние влажности и конвекцию.

Цель работы: провести обзор литературы по исследованиям в области изучения температурных полей ограждающих конструкций зданий.

Были проанализированы российские и зарубежные источники, посвященные применению специализированных программных комплексов, таких как COSMOS DesignStar и COMSOL Multiphysics. Рассмотрены подходы к моделированию сложных узлов примыканий, учету совместного теплообмена в пористых материалах (на примере газобетона), а также методы оценки конвективного теплообмена в вентилируемых прослойках и нестационарных процессов в грунтовых массивах.

Результаты обзора показывают, что использование численных методов (конечных элементов, конечных разностей) и комбинированных моделей позволяет с высокой достоверностью прогнозировать зоны риска образования конденсата и промерзания, оптимизировать толщину теплоизоляции и снижать эксплуатационные затраты. Сделан вывод о высокой эффективности математического моделирования.

Ключевые слова: температурные поля, ограждающие конструкции, математическое моделирование, теплоперенос, нестационарная теплопроводность, энергоэффективность зданий, численные методы

Для цитирования: Зубарев, К.П., Добшиц, В.Л., Казунин, В.В., Гаранян, Л.Г., Синельникова, Д.С. Расчетные исследования температурных полей ограждающих конструкций зданий // Вестник Томского государственного архитектурно-

строительного университета. 2026. Т. 28. № 3. С. 191–202. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-191-202>. EDN: HRWYEE

ORIGINAL ARTICLE

TEMPERATURE FIELD ANALYSIS
OF ENCLOSING STRUCTURES

Kirill P. Zubarev^{1,2,3}, Victor L. Dobshits³, Vyacheslav V. Kazunin³,
Levon G. Garanyan³, Darya S. Sinelnikova³

¹National Research Moscow State University of Civil Engineering,
Moscow, Russia

²Research Institute of Building Physics RAACS, Moscow, Russia

³RUDN University, Moscow, Russia

Abstract. The article provides an overview of advanced mathematical modeling methods of temperature fields of enclosing structures. The relevance of the study is due to the need to increase the energy efficiency of construction sites, since traditional analytical methods do not fully consider the geometry of nodes, heterogeneity of materials, humidity and convection.

Purpose: The purpose is the literature review in the field of temperature fields of enclosing structures.

Methodology: Russian and foreign research into specialized software, such as COSMOS DesignStar and COMSOL Multiphysics, are analyzed. Considered are approaches to modeling complex junctions, accounting for joint heat and moisture transfer in porous materials (aerated concrete) and evaluation of convective heat transfer in ventilated layers and non-stationary processes in groundwater.

Research findings: It is shown that numerical methods (finite elements, finite differences) and combined models allow predicting condensation and freezing with high reliability, optimizing the thickness of thermal insulation and reducing operating costs. The high efficiency of mathematical modeling is shown as a tool to design energy-efficient buildings, taking into account complex physical processes.

Keywords: temperature field, building envelope, mathematical modeling, heat transfer, non-stationary heat conduction, energy efficiency, numerical methods

For citation: Zubarev, K.P., Dobshits, V.L., Kazunin, V.V., Garanyan, L.G., Sinelnikova, D.S. Temperature Field Analysis of Enclosing Structures. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2026; 28(3): 191–202. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-191-202>. EDN: HRWYEE

Введение

Обеспечение энергетической эффективности зданий является одной из приоритетных задач современной строительной науки. Снижение теплотерь через наружные ограждающие конструкции – стены, светопрозрачные элементы и узлы примыкания – способствует уменьшению эксплуатационных затрат и снижению антропогенного воздействия на окружающую среду [1–3].

Традиционные аналитические методы теплотехнического расчета, основанные на стационарной теплопередаче, не позволяют в полной мере учесть сложную геометрию узлов, неоднородность материалов, влияние влажности и конвекции на теплоперенос в ограждающей конструкции [4–7].

Современные исследования активно используют методы математического моделирования в специализированных программных комплексах [8–11]. Учеными показана эффективность применения COSMOS DesignStar и COMSOL Multiphysics для этих целей [8, 9]. Важным направлением является моделирование сложных узлов, таких как примыкания стен к фундаментам, стыки оконных блоков, узлы внутреннего утепления и т. д. [11]. Также математические модели можно использовать для оптимизации параметров вертикальной периметральной теплоизоляции и исследования факторов, влияющих на теплопотери подземной части здания [12].

Существенный вклад в развитие методов вносят работы, учитывающие взаимное влияние различных теплотехнических характеристик строительных материалов. Теплопроводность строительного материала зависит от влагосодержания [13]. Учет влажности повышает точность расчета теплопереноса [14]. Учет конвективного теплообмена в воздушных прослойках вентилируемых фасадов может существенно повысить точность определения теплового потока через стену [15].

Цель настоящей работы – провести обзор литературы по исследованиям в области изучения температурных полей ограждающих конструкций зданий, который заключался в изучении и описании как российских, так и зарубежных источников. Использовались российские статьи из списка ВАК. Описывались зарубежные источники, проиндексированные в международных базах данных (Scopus и Web of Science).

Обсуждение и результаты

Математическое моделирование температурных полей сложных узлов стен зданий с применением специализированных программных комплексов

П.В. Семякин и соавторы провели сопоставительный анализ фактических температурных показателей, снятых с ограждающих конструкций, с данными теоретической модели. Инструментом для проведения теплотехнической симуляции послужил программный комплекс COSMOS DesignStar, ориентированный на 3D-моделирование. Возможности этой среды позволяют воссоздать наглядную объемную тепловую картину и произвести расчет средних значений температуры на внутренних гранях конструкции (рис. 1). Основой расчетной модели выступает система дифференциальных уравнений теплового переноса в элементах здания, которая аппроксимируется с помощью метода конечных элементов для лучшего совпадения с критикой [8]. Условия на границах модели авторы принимали, опираясь на СП 50.13330.2012¹ [8].

В результате были достоверно определены зоны риска (образование конденсата и промерзание в узлах) при экстремально низких температурах [8].

С.В. Саргсян и В.В. Агафонова выполнили исследование теплопереноса через двуслойную ограждающую конструкцию с помощью численного моделирования в программном комплексе COMSOL Multiphysics. Они оценили возможность уменьшения толщины слоя утеплителя в составе фасадного пирога.

¹ СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий: Свод правил: издание официальное: актуализированная редакция СНиП 23-02-2003: дата введения 2013-07-01. Москва: Минрегион России, 2012. 100 с.

Задача решалась в стационарной трехмерной постановке с граничными условиями III рода, а теплотехнические характеристики материалов были приняты по нормативной литературе [9].

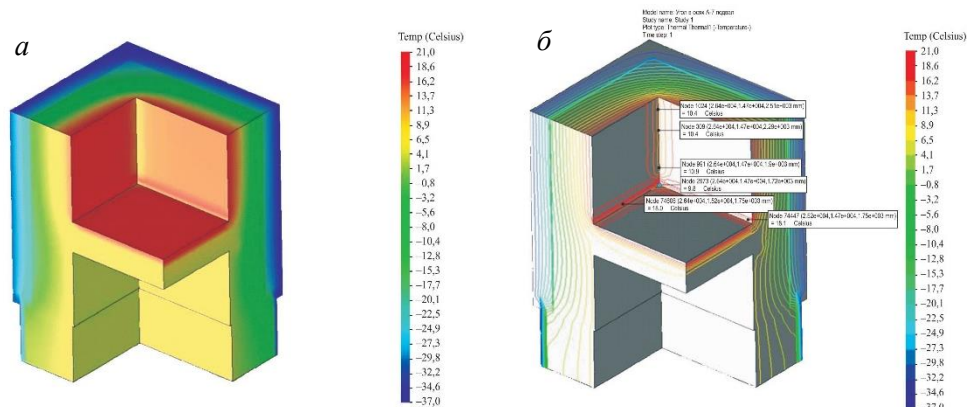


Рис. 1. Математическое моделирование трехмерного узла здания по данным П.В. Семкина с соавторами [8]:

a – угол, образованный плитой над подвалом и наружными стенами; *б* – изотермы

Fig. 1. FEM of a three-dimensional building node based on data from Semkin et al. [8]:

a – angle between the slab above the basement and outer walls; *b* – isotherms

Во всех регионах наблюдается разный климат, поэтому универсальные решения для утепления часто неэффективны или экономически неоправданны. Предложенная расчетная методика учитывает это, благодаря чему можно достаточно точно определить наименьшую толщину слоя, необходимого для утепления стены. Эффективность такого подхода подтверждается хорошей сходимостью результатов математического моделирования с результатами инженерно-аналитического расчета. В итоге индивидуальный подход при выборе теплоизоляционных материалов и определении их толщины значительно уменьшает стоимость стеновых панелей при устройстве фасадов жилого здания [9].

Учет влажности в математическом моделировании температурного поля

Н.А. Цветков с соавторами выполнили численное моделирование нестационарных процессов совместного тепло- и массопереноса в плоской однородной стене из газобетона марки D400. В расчете учитывались климатические условия г. Томска [14].

Модель базируется на одномерных уравнениях нестационарного тепло-массопереноса в пористых средах [11, 14]. Теплопроводность газобетона задавалась как функция от удельного влагосодержания и текущей температуры [14].

Влияние штукатурных слоев учитывалось через коэффициенты сопротивления паропрооницанию [Там же].

Для большей наглядности полученные данные были представлены в виде графиков. На них можно увидеть, как влага распределяется по толщине различных вариантов штукатурки. С помощью этих данных можно предполагать накопление влаги в стене из газобетона. Пример результатов представлен на рис. 2.

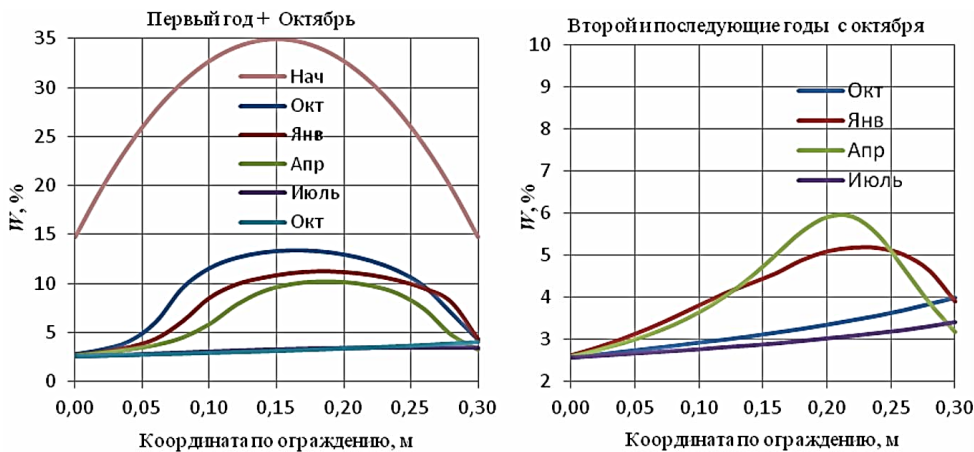


Рис. 2. Распределение влажности по толщине стены из газобетона [14]
Fig. 2. Moisture distribution across the wall thickness made of aerated concrete [14]

Учет конвекции при математическом моделировании теплопередачи

В исследовании А.Ю. Окунева и Е.В. Левина предложена гибридная физико-математическая модель нестационарного теплопереноса (рис. 3). Особенность модели заключается в совместном решении двух связанных подобластей, между которыми обмен тепловыми потоками описывается посредством сопряженных граничных условий [15].

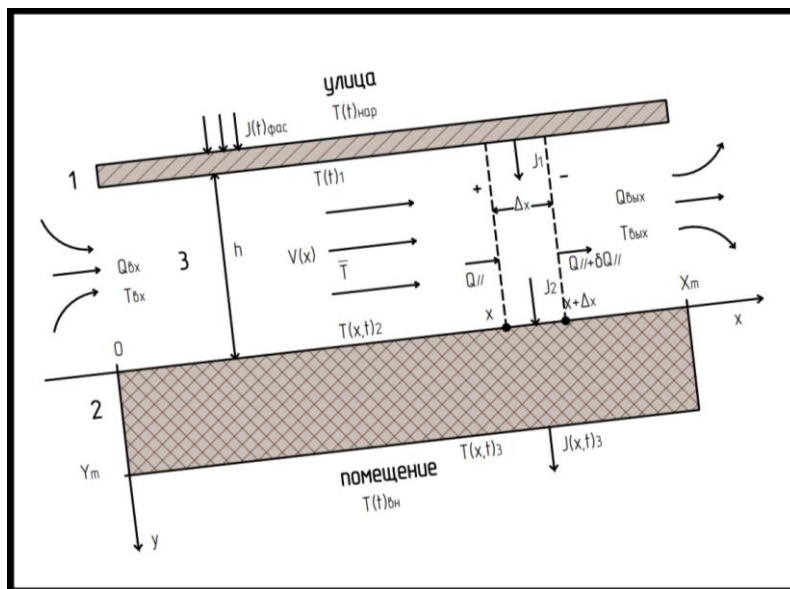


Рис. 3. Схематическое устройство фасадной системы с плоским вентилируемым зазором [15]:
1 – внешняя граница вентиляционного канала; 2 – основание, теплоизоляционный слой; 3 – воздушная полость зазора
Fig. 3. Schematic of facade system with air-ventilated gap [15]:
1 – outer boundary of the ventilation duct; 2 – foundation, heat-insulating layer; 3 – air gap

Конвективная подобласть включает в себя элемент 1 (внешний слой) и элемент 3 (воздушную полость). Вычисления в этой зоне выполняются итерационным способом [15].

Для элемента прослойки длиной Δx , шириной B и толщиной h уравнение теплового баланса записывается в виде

$$\begin{cases} \delta Q_{//} = B\Delta x (J_1 - J_2); \\ J_1 = L_1(T_1 - \bar{T}) + \sigma\epsilon_{\text{прив}}(T_1^4 - T_2^4); \\ J_2 = L_2(\bar{T} - T_2) + \sigma\epsilon_{\text{прив}}(T_1^4 - T_2^4), \end{cases} \quad (1)$$

где L_1, L_2 – локальные коэффициенты теплоотдачи, Вт/(м²·К); $\delta Q_{//}$ – изменение среднего по сечению продольного теплового потока, который переносится воздухом, Вт; J_1, J_2 – плотности тепловых потоков, проходящих соответственно через внешнюю и внутреннюю границы вентилируемой прослойки, Вт/м²; $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴) – постоянная Стефана – Больцмана; T_1, T_2 – температуры ограничивающих прослойку поверхностей: внешнего покрытия и наружной поверхности основной стены, К; $\bar{T}$ – осредненная по поперечному сечению температура воздушной среды внутри прослойки, К; $\epsilon_{\text{прив}}$ – приведенный коэффициент излучения.

Изменение продольного конвективного потока вычисляется по следующей формуле:

$$\delta Q_{//} = Bh\rho VC_B(\bar{T}_- - \bar{T}_+), \quad (2)$$

где ρ – плотность воздуха, заполняющего прослойку, кг/м³; V – осредненная по сечению скорость движения воздуха внутри прослойки, м/с; C_B – удельная теплоемкость воздуха, Дж/(кг·К).

Из (1) и (2) получается выражение для температуры воздуха на выходе из элемента

$$\bar{T}_- = \frac{\Delta x (J_1 - J_2)}{h\langle\rho\rangle\langle V\rangle C_B} + \bar{T}_+. \quad (3)$$

Для определения коэффициентов теплоотдачи L используются числа Рейнольдса (Re), Грасгофа (Gr), Прандтля (Pr) и Нуссельта (Nu). В зависимости от режима течения (ламинарный/турбулентный) и типа конвекции применяются различные критериальные уравнения для нахождения Nu, а затем и L [15].

Транмиссионная подобласть включает конструкцию 2 и внутренний объем помещения. В рамках предложенной физико-математической модели оценивается теплообмен, происходящий между гранью $[0-X_m; 0]$ и помещением через границу $[0-X_m; Y_m]$ (рис. 3). Для этого численно решается двумерное нестационарное уравнение теплопроводности методом конечных разностей с использованием схемы Дюфорта – Франкеля, что обеспечивает устойчивость счета при крупных временных шагах [Там же]:

$$C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \left[\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right], \quad (4)$$

где C_p – объемная теплоемкость материала, Дж/(м³·К); λ – теплопроводность, Вт/(м·К); x – координата вдоль прослойки, y – по толщине стены.

На каждом шаге по времени результаты из «конвективной области» (тепловой поток J_2) передаются как граничное условие для расчета в «трансмиссионной области», и наоборот. Это позволяет эффективно связывать быстрые и медленные процессы [15].

Разработанная модель позволяет учитывать конвективный теплообмен (как вынужденный, так и естественный) в вентилируемой прослойке через критерии подобия, рассчитывать нестационарные тепlopоступления с высокой эффективностью за счет комбинирования аналитических и численных методов, применять полученные результаты для оптимизации теплoзащиты зданий с вентилируемыми фасадами и кровлями [Там же].

Расчеты процессов нестационарного теплопереноса в грунте

В исследовании Д.В. Крайнова и И.А. Масленникова анализируется нестационарный режим теплопередачи через заглубленную часть стены. Авторам удалось выявить ключевые параметры, оказывающие значительное влияние на величину тепlopотерь подземной части сооружения [12].

Для достижения поставленной цели были применены численные методы, позволяющие решать двумерное нестационарное уравнение теплопроводности. В качестве расчетной геометрической модели был выбран отдельный фрагмент заглубленной конструкции здания. Важно отметить, что данный фрагмент со всех сторон контактирует с грунтом, т. е. полностью окружен им (соответствующая схема приведена на рис. 4).

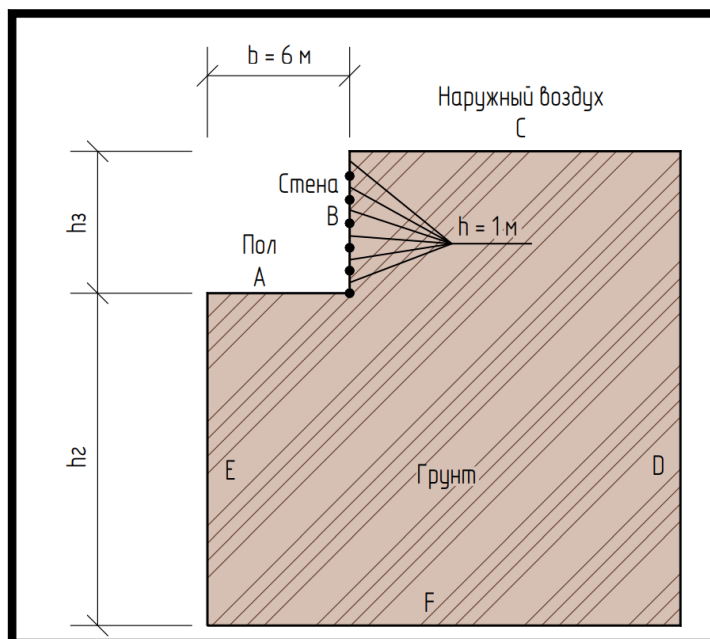


Рис. 4. Расчетная модель [12]
Fig. 4. Calculation model [12]

Во избежание искажений, вносимых отдельными слоями ограждения, ряд материалов стен и перекрытий был намеренно исключен из расчетной схемы. Грунтовое основание моделировалось как изотропная среда, теплофизические характеристики которой (коэффициент теплопроводности, объемная масса и удельная теплоемкость) принимались неизменными по всей толще. Величины этих параметров задавались в диапазоне, характерном для массовых разновидностей почв. Указанный прием позволил количественно установить, насколько вариация грунтовых условий сказывается на утечке тепла через стеновую конструкцию. В роли обобщенного критерия выступал коэффициент температуропроводности почвы. Совокупность полученных данных была визуализирована в форме графических зависимостей [12].

Заключение

В рамках проведенного обзора были подробно проанализированы работы, посвященные различным аспектам математического моделирования температурных полей ограждающих конструкций.

П.В. Семикин с соавторами выполнил сопоставление результатов натуральных измерений с теплотехническими расчетами в программе трехмерного твердотельного моделирования COSMOS DesignStar. Использование метода конечных элементов позволило авторам с высокой достоверностью определить зоны риска образования конденсата и промерзания в узлах ограждающих конструкций при экстремально низких температурах.

С.В. Саргсян и В.В. Агафонова провели численный анализ теплопроводности двухслойной стеновой панели, используя программный комплекс COMSOL Multiphysics. Сопоставление результатов численного моделирования с инженерно-аналитическим расчетом показало их хорошую корреляцию. Это послужило подтверждением того, что предложенная методика способна точно определять минимальную толщину наружного утеплителя для зданий, возводимых в конкретных климатических условиях.

Н.А. Цветков с соавторами выполнил численное моделирование нестационарных процессов совместного тепловлагопереноса в плоской однородной стене из газобетона. Учет зависимости теплопроводности материала от влагосодержания и температуры, а также сопротивления паропрооницанию штукатурных слоев позволил авторам получить распределение влажности по толщине стены и спрогнозировать возможное накопление влаги в конструкции.

А.Ю. Окунев и Е.В. Левин разработали комбинированную модель, описывающую нестационарный перенос тепла в двух связанных областях: конвективной (вентилируемая прослойка) и трансмиссионной (твердые элементы конструкции). Применение критериальных уравнений для определения коэффициентов теплоотдачи и схемы Дюфорта – Франкеля для решения уравнения теплопроводности позволило эффективно связывать быстрые и медленные процессы, учитывая как вынужденную, так и естественную конвекцию.

Д.В. Крайнов и И.А. Масленников исследовали нестационарную теплопередачу стены, контактирующей с грунтом. Для этого они применили численные методы решения двумерного уравнения теплопроводности. Из расчетной модели были исключены материалы, из которых выполнены стена и пол,

что позволило авторам выявить, в какой степени свойства грунта (прежде всего его коэффициент теплопроводности) влияют на теплопотери через заглубленную часть здания. Все полученные результаты были оформлены в виде графиков.

Проведенный обзор литературы позволяет сделать вывод о том, что современные методы математического моделирования являются высокоэффективным инструментом для исследования температурных полей ограждающих конструкций зданий. Применение специализированных программных комплексов дает возможность с высокой точностью решать задачи стационарной и нестационарной теплопроводности для узлов со сложной геометрией и физической неоднородностью.

Перспективы дальнейших исследований лежат в плоскости интеграции различных физико-математических моделей в единые мультифизические расчетные комплексы, а также в совершенствовании методов экспериментальной верификации – создании масштабированных физических моделей и проведении длительных натурных испытаний. Это позволит повысить достоверность результатов численного моделирования и обеспечить принятие обоснованных проектных решений при создании энергоэффективных зданий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Jezierski, W., Sadowska, B., Pawłowski, K. Impact of Changes in the Required Thermal Insulation of Building Envelope on Energy Demand, Heating Costs, Emissions, and Temperature in Buildings // *Energies*. 2021. V. 14. I. 1. Art. 56. <https://doi.org/10.3390/en14010056>
2. Черноиван, В.Н., Торхова, А.В., Черноиван, Н.В., Новосельцев, В.Г. Предложения по нормированию сопротивления теплопередаче утепленных стен жилых зданий в Республике Беларусь // *Вестник МГСУ*. 2021. Т. 16. № 7. С. 828–837. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.7.828-837. EDN: CPYESX
3. Вытчиков, Ю.С., Вытчиков, А.Ю., Сапарёв, М.Е., Чулков, А.А. Особенности расчета расхода тепла на отопление энергоэффективных зданий // *Градостроительство и архитектура*. 2021. Т. 11. № 4 (45). С. 66–71. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.8. EDN: SUJPEX
4. Ponechal, R., Barňák, P., Ďurica, P. Comparison of Simulation and Measurement in a Short-Term Evaluation of the Thermal Comfort Parameters of an Office in a Low-Carbon Building // *Buildings*. 2022. V. 12. I. 3. Art. 349. <https://doi.org/10.3390/buildings12030349>
5. Kočí, J., Maděra, J., Khmurovská, Y., Štemberk, P., Černý, R. A Fuzzy Logic Concept for Predicting the Seasonal Thermal Performance of Building Envelopes Based on Structural and Geographical Parameters // *Energies*. 2023. V. 16. I. 23. Art. 7719. <https://doi.org/10.3390/en16237719>
6. Козлов, В.В., Тимирханов, Л.П. Проблемы назначения нормативных требований к приведенному сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций // *Известия вузов. Строительство*. 2022. № 4 (760). С. 67–74. DOI: 10.32683/0536-1052-2022-760-4-67-74. EDN: GLXEUR
7. Rendu, M., Le Dréau, J., Salagnac, P., Doya, M. Influence of Boundary Conditions on the Estimation of Thermal Properties in Insulated Building Walls // *Buildings*. 2024. V. 14. I. 12. Art. 3706. <https://doi.org/10.3390/buildings14123706>
8. Семикин, П.В., Должиков, В.Н., Бацунова, Т.П. Натурное обследование и теплотехнический расчет термически неоднородных ограждающих конструкций зданий // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2021. № 5 (749). С. 97–106. DOI: 10.32683/0536-1052-2021-749-5-97-106. EDN: NXIDWK
9. Саргсян, С.В., Агафонова, В.В. Учет влияния неоднородностей в стеновой панели на величину сопротивления теплопередаче // *Вестник МГСУ*. 2024. Т. 19. № 4. С. 631–644. DOI: 10.22227/1997-0935.2024.4.631-644. EDN: BIPYSM

10. Выхчиков, Ю.С., Беляков, И.Г., Сапарёв, М.Е. Оценка теплозащитных характеристик строительных ограждающих конструкций здания гостиницы мужского монастыря // Градостроительство и архитектура. 2021. Т. 11. № 4 (45). С. 72–80. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.9. EDN: NVTJXW
11. Mukin, D., Valdaytseva, E., Turichin, G., Vildanov, A. An Extended Analytical Solution of the Non-Stationary Heat Conduction Problem in Multi-Track Thick-Walled Products during the Additive Manufacturing Process // Materials. 2021. V. 14. I. 23. Art. 7291. <https://doi.org/10.3390/ma14237291>
12. Крайнов, Д.В., Масленников, И.А. К вопросу определения теплотерь через стену в грунте // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. № 4 (62). С. 96–107. DOI: 10.52409/20731523_2022_4_96. EDN: JSPCJU
13. Chen, Y., Mao, C., Chen, G., He, Y. Impact of Moisture Migration on Heat Transfer Performance at Vertical Joints of 'One-Line' Sandwich Insulation Composite Exterior Walls // Buildings. 2025. V. 15. I. 7. Art. 1084. <https://doi.org/10.3390/buildings15071084>
14. Цветков, Н.А., Толстых, А.В., Дорошенко, Ю.Н., Абдулин, А.А. Взаимосвязанный тепло- и массоперенос в наружной стене из газобетона со слоями штукатурного раствора на ее поверхностях // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 3. С. 208–219. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-3-208-219. EDN: XFZSRD
15. Окунев, А.Ю., Левин, Е.В. Моделирование нестационарного теплообмена через ограждающие конструкции с легкими вентилируемыми фасадами и кровлями // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 1. С. 142–156. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-1-142-156. EDN: OQCXZQ

REFERENCES

1. Jezierski, W., Sadowska, B., Pawłowski, K. Impact of Changes in the Required Thermal Insulation of Building Envelope on Energy Demand, Heating Costs, Emissions, and Temperature in Buildings. *Energies*. 2021; 14(1): 56. DOI: <https://doi.org/10.3390/en14010056>
2. Chernoiivan, V.N., Torkhova, A.V., Chernoiivan, N.V., Novoseltsev, V.G. Standardization Proposals for Heat Transfer Resistance of Insulated Walls of Residential Buildings in Belarus. *Vestnik MGSU*. 2021; 16(7): 828–837. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.7.828-837. EDN: CPYESX (In Russian)
3. Vytchikov, Yu.S., Vytchikov, A.Yu., Saparev, M.E., Chulkov, A.A. Heat Consumption Analysis for Heating of Energy-Efficient Building. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura*. 2021; 11(4 (45)): 66–71. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.8. EDN: SUJPEX (In Russian)
4. Ponechal, R., Barňák, P., Ďurica, P. Comparison of Simulation and Measurement in a Short-Term Evaluation of the Thermal Comfort Parameters of an Office in a Low-Carbon Building. *Buildings*. 2022; 12(3): 349. <https://doi.org/10.3390/buildings12030349>
5. Kočí, J., Maděra, J., Khmurovská, Y., Štemberk, P., Černý, R. A Fuzzy Logic Concept for Predicting the Seasonal Thermal Performance of Building Envelopes Based on Structural and Geographical Parameters. *Energies*. 2023; 16(23): 7719. <https://doi.org/10.3390/en16237719>
6. Kozlov, V.V., Timirkhanov, L.R. Problems of Establishing Regulatory Requirements for the Reduced Heat Transfer Resistance of Enclosing Structures. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2022; 4(760): 67–74. DOI: 10.32683/0536-1052-2022-760-4-67-74. EDN: GLXEUR (In Russian)
7. Rendu, M., Le Dréau, J., Salagnac, P., Doya, M. Influence of Boundary Conditions on the Estimation of Thermal Properties in Insulated Building Walls. *Buildings*. 2024; 14(12): 3706. <https://doi.org/10.3390/buildings14123706>
8. Semikin, P.V., Dolzhikov, V.N., Batsunova, T.P. Field Survey and Engineering Calculation of Thermally Inhomogeneous Enclosing Structures. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo*. 2021; 5(749): 97–106. DOI: 10.32683/0536-1052-2021-749-5-97-106. EDN: NXIDWK (In Russian)
9. Sargsyan, S.V., Agafonova, V.V. Influence of Wall Panel Inhomogeneities on Heat Transfer Resistance. *Vestnik MGSU*. 2024; 19(4): 631–644. DOI: 10.22227/1997-0935.2024.4.631-644. EDN: BIPYSM (In Russian)

10. Vytchikov, Yu.S., Belyakov, I.G., Saparev, M.E. Thermal Protection of Enclosing Structures of Men's Monastery Hotel Building. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura*. 2021; 11(45): 72–80. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.9. EDN: NVTJXW (In Russian)
11. Mukin, D., Valdaytseva, E., Turichin, G., Vildanov, A. An Extended Analytical Solution of the Non-Stationary Heat Conduction Problem in Multi-Track Thick-Walled Products during the Additive Manufacturing Process. *Materials*. 2021; 14(23): 7291. <https://doi.org/10.3390/ma14237291>
12. Krainov, D.V., Maslennikov, I.A. On Heat Loss through a Wall in Soil. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2022; 4(62): 96–107. DOI: 10.52409/20731523_2022_4_96. EDN: JSPCJU (In Russian)
13. Chen, Y., Mao, C., Chen, G., He, Y. Impact of Moisture Migration on Heat Transfer Performance at Vertical Joints of 'One-Line' Sandwich Insulation Composite Exterior Walls. *Buildings*. 2025; 15(7): 1084. <https://doi.org/10.3390/buildings15071084>
14. Tsvetkov, N.A., Tolstykh, A.V., Doroshenko, Yu.N., Abdulin, A.A. Correlation Between Heat and Mass Transfer in Foam Concrete External Wall Covered with Plaster Mortar. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2025; 27 (3): 208–219. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-3-208-219. EDN: XFZSRD (In Russian)
15. Okunev A.Yu., Levin E.V. Modeling of Unsteady Heat Transfer through Building Envelopes with Light Ventilated Facades and Roofs. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2025; 27(1): 142–156. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2025-27-1-142-156>. EDN: OQCXZQ (In Russian)

Сведения об авторах

Кирилл Павлович Зубарев, канд. техн. наук, доцент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; ст. научный сотрудник, Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук, 127238, г. Москва, Локомотивный проезд, 21; доцент, ведущий научный сотрудник, Российский университет дружбы народов, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, zubarevkirill93@mail.ru

Виктор Львович Добшиц, аспирант, Российский университет дружбы народов, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, 89153383886@mail.ru

Вячеслав Владимирович Казунин, аспирант, Российский университет дружбы народов, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, kvv-vyacheslav@yandex.ru

Левон Гарегинович Гаранян, аспирант, Российский университет дружбы народов, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, Levongaranyan@yandex.ru

Синельникова Дарья Сергеевна, студентка, лаборант-исследователь, Российский университет дружбы народов, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, aap86758@mail.ru

Authors Details

Kirill P. Zubarev, PhD, A/Professor, The National Research Moscow State University of Civil Engineering, 26, Yaroslavskoe Road, 129337, Moscow, Russia; Research Institute of Building Physics RAACS, 21, Lokomotivnyi Ave., 127238, Moscow, Russia; RUDN University, 6, Miklukho-Maklay Str., 117198, Moscow, Russia, zubarevkirill93@mail.ru

Victor L.Dobshits, Research Assistant, RUDN University, 6, Miklukho-Maklay Str., 117198, Moscow, Russia, 89153383886@mail.ru

Vyacheslav V. Kazunin, Research Assistant, RUDN University, 6, Miklukho-Maklay Str., 117198, Moscow, Russia, kvv-vyacheslav@yandex.ru

Levon G. Garanyan, Research Assistant, RUDN University, 6, Miklukho-Maklay Str., 117198, Moscow, Russia, Levongaranyan@yandex.ru

Darya S. Sinelnikova, Student, Research Assistant, RUDN University, 6, Miklukho-Maklay Str., 117198, Moscow, Russia, aap86758@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 21.04.2026
Одобрена после рецензирования 21.05.2026
Принята к публикации 21.05.2026

Submitted for publication 21.04.2026
Approved after review 21.05.2026
Accepted for publication 21.05.2026

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2026. Т. 28. № 3. С. 203–213.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2026; 28 (3): 203–213.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 69.01

<https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-203-213>



EDN: OBEOJY

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

Сергей Владимирович Деордиев¹, Павел Андреевич Радченко²,
Андрей Васильевич Радченко²

¹Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

²Институт физики прочности и материаловедения
Сибирского отделения Российской академии наук, г. Томск, Россия

Аннотация. Актуальность исследования поведения анизотропных материалов при ударе определяется потребностью в получении знаний об их свойствах и прогнозировании реакции на динамическую нагрузку элементов конструкций, состоящих из анизотропных материалов.

Цель – экспериментальные и численные исследования динамической прочности и деформативности древесины сосны в зависимости от направления и скорости действия нагрузки.

Методы. В рамках работы предложена математическая модель поведения древесины при динамических нагрузках, учитывающая анизотропию ее упругих и прочностных свойств. Модель учитывает зависимость прочностных свойств от скорости нагружения и влажности материала. Моделирование проводится в рамках феноменологического подхода механики деформируемого твердого тела в трехмерной постановке, численное моделирование – методом конечных элементов.

Результаты. Исследовано влияние ориентации волокон на прогиб образца, выявлена зависимость между направлением и скоростью действия нагрузки и динамической прочностью и деформативностью древесины сосны.

Ключевые слова: математическая модель, анизотропия, древесина, прочность, динамическое нагружение, моделирование, граничные условия

Финансирование: математическая модель и программный комплекс EFES созданы в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, проект FWRW-2026-0003.

Для цитирования: Деордиев, С.В., Радченко, П.А., Радченко, А.В. Моделирование деформирования и разрушения древесины при динамических нагрузках // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2026. Т. 28. № 3. С. 203–213. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-203-213>. EDN: OBEOJY

ORIGINAL ARTICLE

**MODELING OF WOOD DEFORMATION
AND DESTRUCTION UNDER DYNAMIC LOADING****Sergey V. Deordiev¹, Pavel A. Radchenko², Andrey V. Radchenko²**¹*Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia*²*Institute of Strength Physics and Materials Science of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia*

Abstract. Purpose: Experimental investigation of the dynamic strength and deformability of pine wood as a function of the loading direction and rate; numerical simulation of deformation and failure of small, clean specimens under dynamic load.

Methodology/approach: Modeling is carried out within the framework of the phenomenological approach to the mechanics of a deformable solid in a three-dimensional formulation, numerical modeling is carried out by the finite element method.

Research findings: A model is proposed for the wood behavior under dynamic loads, taking into account the anisotropy of its elastic and strength properties. The model considers the dependence of strength properties on the loading rate and moisture content of the material.

Practical implications: The anisotropic model allows describing real properties of wood: the difference in elastic and strength properties of the material in different directions, as well as their different values under compression and tension.

Value: The proposed approach has no restrictions on the geometry and number of elements, and allows using any initial and boundary conditions. In the future, it will allow modeling the behavior of complex wooden structures under dynamic loading.

Keywords: mathematical model, anisotropy, wood, strength, dynamic loading, modeling, boundary conditions

Funding: This work and proprietary EFES software were conducted and designed under the government contract for the Institute of Strength Physics and Materials Science SB RAS, research line FWRW-2026-0003.

For citation: Deordiev, S.V., Radchenko, P.A., Radchenko, A.V. Modeling of Wood Deformation and Destruction under Dynamic Loading. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2026; 28(3): 203–213. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-203-213>. EDN: OBEOJY

Имеющиеся результаты об особенностях поведения анизотропных материалов касаются в основном статических нагрузок и охватывают класс задач, основанных на приближениях теории тонких оболочек [1, 2]. Проведенные исследования механических свойств древесины различных пород при статических нагрузках широко представлены в работах С.Б. Турковского [3] и В.Н. Волынского [4]. Большой вклад в исследование зависимости прочности древесины от времени действия нагрузки внесли Н.Л. Леонтьев [5], Ю.М. Иванов [6], Л.М. Перельгин [7], W. Madsen [8]. Это относится как к экспериментальным исследованиям, так и к математическому и численному моделированию. Существующие инженерные методики [9], основанные на упрощенных подходах, не позволяют проследить за динамикой разрушения анизотропных материалов и влияния на этот процесс волновых явлений, эволюция которых при ударном воздействии является одним из определяющих факторов. Экспериментальным исследованиям деформационно-прочностных свойств древесины различных пород при динамических

нагрузках посвящены работы зарубежных (S.R. Reid, J.J. Hartigan, L. Severa, J. Buchar [10–13]) и отечественных (А.П. Большаков, М.А. Балакшина, Н.Н. Гердюков [14–17]) авторов. Развитие технологии изготовления конструкций из древесины расширяет возможности ее использования в составе несущих систем, в том числе уникальных зданий. При определении напряженно-деформированного состояния деревянных конструкций от действия технологических и аварийных нагрузок большой интенсивности возникает необходимость уточнения деформационно-прочностных свойств древесины. Таким образом, актуальность исследований поведения анизотропных материалов при ударе определяется потребностью в получении знаний об их свойствах и прогнозированием реакции на динамическую нагрузку элементов конструкций, состоящих из анизотропных материалов [18].

Цель работы – экспериментальным путем исследовать динамическую прочность и деформативность древесины сосны в зависимости от направления и скорости действия нагрузки, а также провести численное моделирование деформирования и разрушения при динамических нагрузках на малых чистых образцах.

В рамках исследуемой модели рассмотрим результаты экспериментальных исследований, которые включали испытания на поперечный изгиб по трехточечной схеме 40 малых образцов из древесины сосны влажностью 8 % со скоростями перемещения захвата – 4 мм/мин (квазистатические испытания), 1 м/с, 13 м/с (скорость относительных деформаций $4,38 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$; $6,934 \text{ с}^{-1}$; $52,2 \text{ с}^{-1}$). На каждой скорости нагружения было испытано 24 образца, 12 образцов нагружались в радиальном направлении и 12 – в тангенциальном. Геометрические размеры образцов принимались в соответствии с размерами захватов на поперечный изгиб испытательной машины. Длина образцов (вдоль волокон) принята 55 мм (расчетный пролет составил 40 мм), ширина и высота – 10 мм. Образцы изготовлены в заводских условиях из древесины сосны. Погрешность геометрических размеров образцов не превышала 0,1 мм, прямые углы между смежными гранями проверялись контрольным угольником.

Все испытания проводились до разрушения образцов. Экспериментальные исследования осуществлялись на сервогидравлической испытательной машине для испытаний с высокой интенсивностью и скоростью деформаций – Instron VHS 8802 (рис. 1). При динамическом испытании подвижный захват набирал заданную скорость, и образец вступал в контакт с неподвижным индентором. Скорость захвата до контакта с образцом, в момент контакта и после оставалась неизменной, что позволило не учитывать инерционные силы. Наконечник индентора для динамических испытаний сферический, диаметром 20 мм.

На основании всех полученных данных были определены зависимости напряжения, модуля упругости, касательного напряжения и предела пропорциональности от скорости нагружения.

Также были посчитаны коэффициенты вариации (табл. 1, 2) для каждого исследуемого параметра по формулам

$$Xm = \frac{\sum Xi}{n}; \quad S = \sqrt{\frac{1}{1-n} \sum (Xm - Xi)^2}; \quad v = \frac{S}{Xm} B,$$

где Xm – средний показатель механической характеристики; Xi – значения характеристик отдельных образцов; n – число малых образцов.

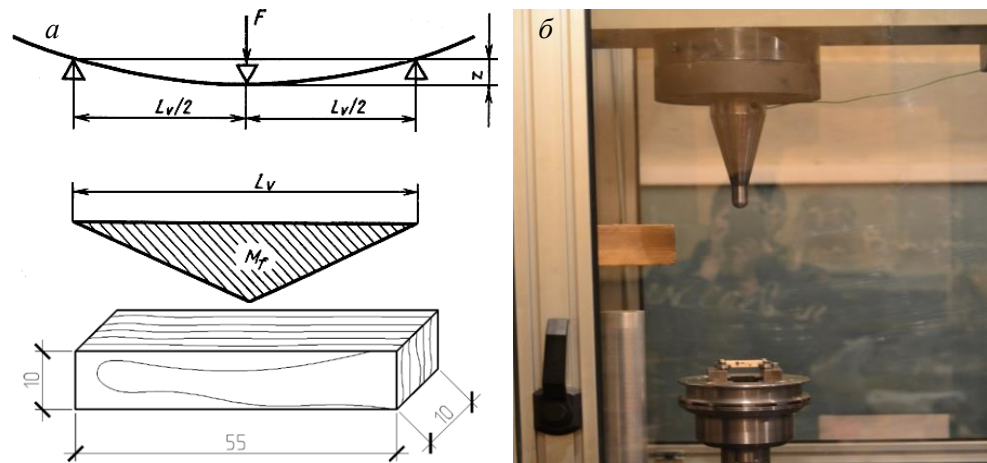


Рис. 1. Общий вид испытания на динамическую нагрузку:

a – трехточечная схема нагружения при изгибе; общий вид образца для испытаний; *b* – сервогидравлическая испытательная машина Instron VHS 8802

Fig. 1. General view of the dynamic load test:

a – three-point bending; *b* – Instron VHS 8802 servo-hydraulic testing machine

Таблица 1

Средние показатели механических характеристик малых образцов

Table 1

Mechanical properties of small samples

Скорость, с^{-1}	Предел прочности σ , МПа	Касательное напряжение τ , МПа	Модуль упругости E , МПа	Предел пропорциональности $\sigma_{\text{пр}}$, МПа
$4,38 \cdot 10^{-4}$	64,118	16,397	11 944,2	30,0
6,934	73,87	17,935	11 503,49	44,1
52,2	91,153	23,162	11 738,0	81,3

Таблица 2

Значения коэффициентов вариации механических характеристик малых образцов

Table 2

Variation coefficients of mechanical properties of small samples

Скорость, с^{-1}	Коэффициент вариации предела прочности σ , %	Коэффициент вариации касательного напряжения τ , %	Коэффициент вариации модуля упругости E , %	Коэффициент вариации предела пропорциональности $\sigma_{\text{пр}}$, %
$4,38 \cdot 10^{-4}$	22,67	20,85	16,12	18,68
6,934	14,82	14,34	10,86	12,43
52,2	8,12	8,13	6,89	8,12

В результате проведенных испытаний были построены зависимости (рис. 2).

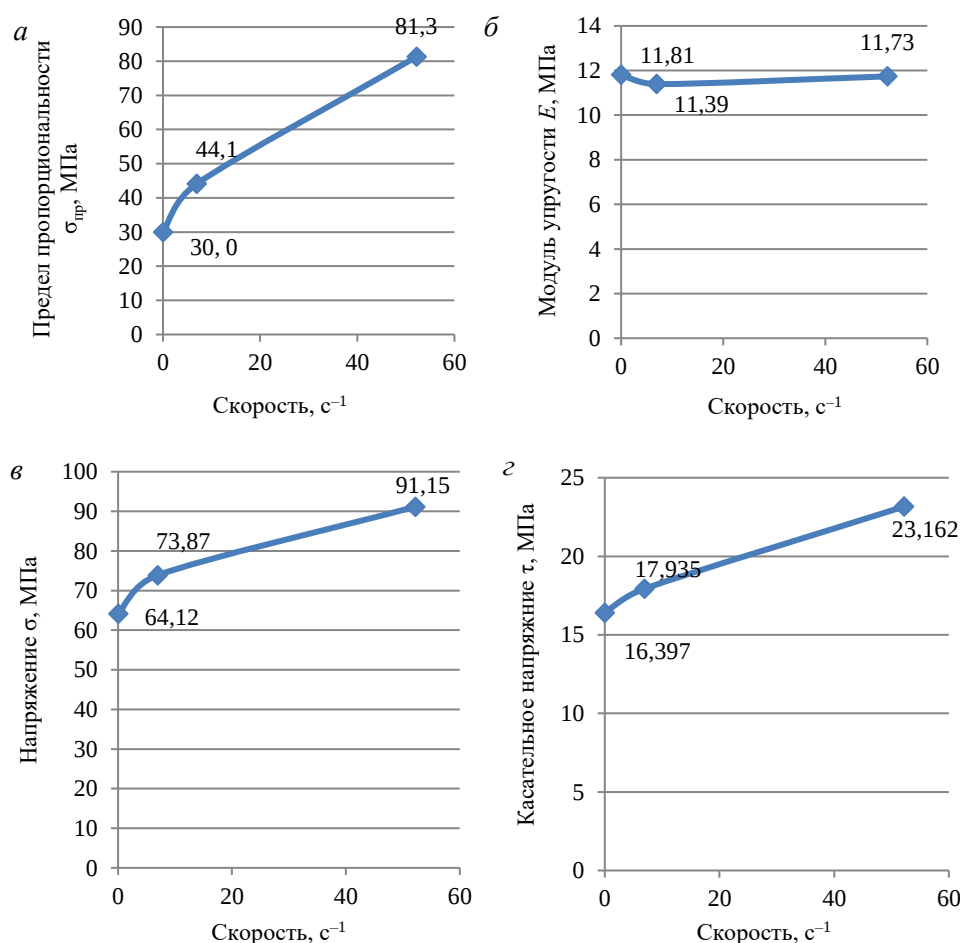


Рис. 2. Зависимости от скорости нагружения:

а – предела пропорциональности; б – модуля упругости; в – временного сопротивления; г – касательного напряжения

Fig. 2. Loading rate dependences obtained for different parameters:

a – proportionality limit; b – modulus of elasticity; c – time resistance; d – tangential stress

По данным зависимостям были сделаны следующие выводы: временное сопротивление с увеличением скорости нагружения увеличивается на 42,2 %, касательное напряжение увеличивается на 41,3 %, модуль упругости остается практически неизменным и колеблется в районе 11 700 МПа. Предел пропорциональности увеличивается более чем в два раза. Значения коэффициентов вариации практически не превышают 10 %.

Далее был проведен численный эксперимент по динамическому деформированию и разрушению древесины. Задача решалась в трехмерной динамической постановке явным методом конечных элементов с использованием авторского программного комплекса EFES [1, 9]. Общее число конечных элементов в расчетной сетке составляло около 4 млн. Рассматривалось взаимодействие k тел в общей трехмерной постановке в декартовой системе координат XYZ . Форма

каждого тела и занимаемая им область D_k ($k=1, 2, 3, \dots$), ограниченная поверхностью Σ_k , определены изначально. Поверхности Σ_k каждого тела разделяются на свободные $\Sigma_k^{\text{своб}}$ и контактные $\Sigma_k^{\text{конт}}$.

Основная система уравнений математической модели, описывающих нестационарные адиабатные движения сжимаемой среды в произвольной системе координат ($i = 1, 2, 3$), включает следующие уравнения [1]:

– уравнение неразрывности

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div} \rho \vec{v} = 0;$$

– уравнение движения

$$\rho a^k = \nabla_i \sigma^{ki} + F^k,$$

$$\text{где } a^k = \frac{\partial v^k}{\partial t} + v^i \nabla_i v^k;$$

$$\nabla_i \sigma^{ki} = \sigma_i^{ki} + \sigma^{mi} \Gamma_{mi}^k + \sigma^{ki} \Gamma_{mi}^m;$$

– уравнение энергии

$$\frac{dE}{dt} = \frac{1}{\rho} \sigma^{ij} e_{ij},$$

где ρ – плотность среды; $\vec{v}$ – вектор скорости; a^k – компоненты вектора ускорения; F^k – компоненты вектора массовых сил; Γ_{mi}^k – символы Кристоффеля; σ^{ij} – контравариантные компоненты симметричного тензора напряжений; E – удельная внутренняя энергия; e_{ij} – компоненты симметричного тензора скоростей деформаций: $e_{ij} = \frac{1}{2} (\nabla_i v_j + \nabla_j v_i)$.

Связь компонент тензора напряжений и тензора скоростей деформаций до разрушения проходит по обобщенному закону Гука:

$$\frac{D\sigma^{ij}}{Dt} = C^{ijkl} e_{kl},$$

где C^{ijkl} – упругие константы материала;

$$C^{1111} = \frac{1}{E_2 A} \left(\frac{1}{E_3} - \frac{v_{23}^2}{E_2} \right); \quad C^{1122} = \frac{1}{E_3 A} \left(\frac{v_{31} v_{23}}{E_2} + \frac{v_{12}^2}{E_1} \right);$$

$$C^{1133} = \frac{1}{E_2 A} \left(\frac{v_{12} v_{23}}{E_1} + \frac{v_{31}}{E_3} \right); \quad C^{2222} = \frac{1}{E_3 A} \left(\frac{1}{E_1} - \frac{v_{31}^2}{E_3} \right);$$

$$C^{2233} = \frac{1}{E_1 A} \left(\frac{v_{12} v_{31}}{E_3} + \frac{v_{23}}{E_2} \right); \quad C^{3333} = \frac{1}{E_1 A} \left(\frac{1}{E_2} - \frac{v_{12}^2}{E_1} \right);$$

$$C^{1212} = G_{12}; \quad C^{2323} = G_{23}; \quad C^{1313} = G_{13};$$

$$A = \frac{1}{E_1 E_2 E_3} \left(v_{12} v_{23} v_{31} - \frac{E_1}{E_3} v_{31}^2 - \frac{E_2}{E_1} v_{12}^2 - \frac{E_3}{E_2} v_{23}^2 \right).$$

Зная девять величин технических постоянных в главных осях симметрии ортотропного материала, можно определить величину любой постоянной в произвольном направлении, что необходимо при определении деформированного состояния в случае, когда направление действующих напряжений не совпадает с направлением осей симметрии.

Разрушение дерева описывалось при помощи критерия прочности по предельным деформациям. Учитывалось различие прочностных характеристик не только по каждому из направлений, но и между растяжением и сжатием.

На рис. 3 представлено распределение в образце нормальных компонент тензора напряжений σ_{xx} , σ_{yy} , σ_{zz} в плоскости ZX. Растягивающие напряжения локализованы вблизи тыльной поверхности образца, сжимающие – на лицевой поверхности в контактной области. Влияние ориентации волокон на прогиб образца можно оценить по графикам на рис. 4.

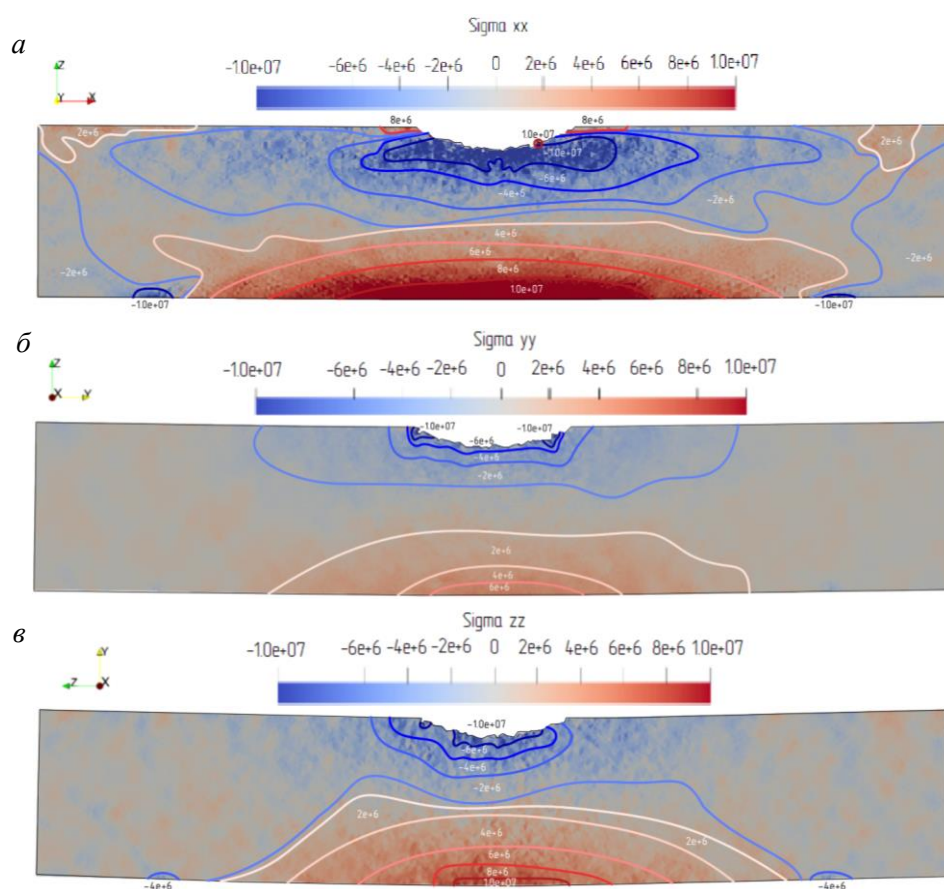


Рис. 3. Распределение нормальных компонент тензора напряжений в образце в сечении ZX при скорости нагружения $V = 13$ м/с:

a – продольная ориентация волокон; *б* – тангенциальная ориентация волокон; *в* – радиальная ориентация волокон

Fig. 3. Distribution of normal stress tensor components in ZX section at 13 m/s loading rate and different fiber orientations:

a – longitudinal; *b* – tangential; *c* – radial

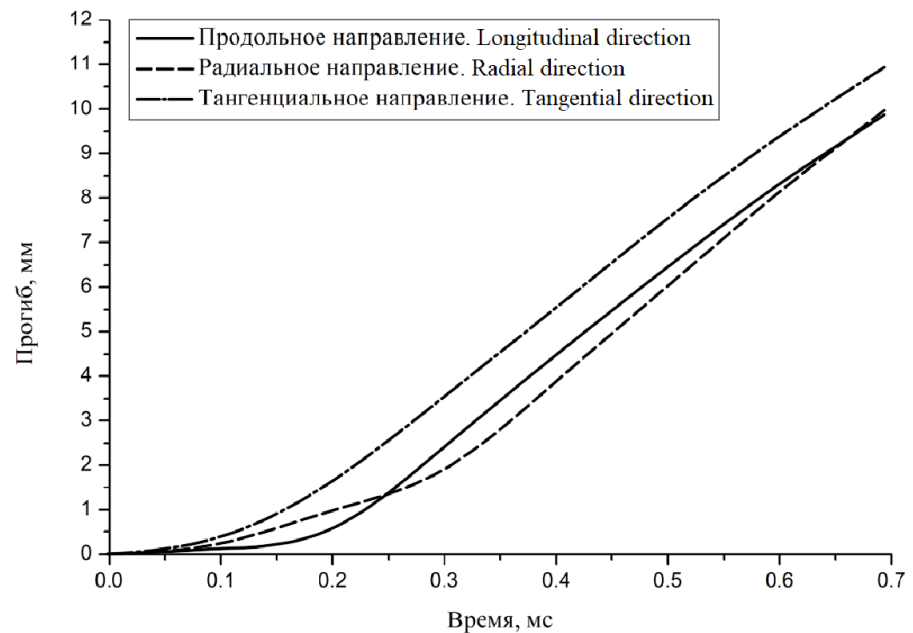


Рис. 4. Сравнение прогиба образцов в зависимости от ориентации волокон

Fig. 4. Sample bending vs. fiber orientation

Расчеты показывают, что максимальные значения прогиба образца наблюдаются при тангенциальной ориентации волокон, они на 10,5 % превышают значения прогибов при продольной и радиальной ориентации в момент времени 0,7 мс.

Выводы

1. Экспериментально исследована динамическая прочность и деформативность древесины сосны в зависимости от направления и скорости действия нагрузки. Установлено, что временное сопротивление с повышением скорости нагружения увеличивается на 42,2 %, касательное напряжение – на 41,3 %, модуль упругости остается практически неизменным и колеблется в районе 11 700 МПа. Предел пропорциональности увеличивается более чем в два раза. Значения коэффициентов вариации практически не превышают 10 %.

2. В рамках феноменологического подхода предложена модель деформирования и разрушения древесины при динамических нагрузках с учетом анизотропии упругих и прочностных свойств.

3. Создана численная методика, позволяющая проводить исследования свойств широкого класса таких материалов с различной степенью анизотропии и симметрией свойств, напряженно-деформированного состояния и разрушения конструкций в трехмерной постановке.

4. Численно исследовано влияние ориентации волокон на прогиб образца. Установлено, что максимальные значения прогиба образца наблюдаются при тангенциальной ориентации волокон. Они на 10,5 % превышают значения прогибов при продольной и радиальной ориентации в момент времени 0,7 мс.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Радченко, А.В., Радченко, П.А.* Ударно-волновые процессы и разрушение в анизотропных материалах и конструкциях. Томск : Изд-во ТГАСУ, 2015. 204 с. ISBN 978-5-93057-672-6. EDN: WNNIFD
2. *Ашкенази, Е.К.* Анизотропия древесины и древесных материалов. Москва : Лесная промышленность, 1978. 224 с.
3. *Турковский, С.Б.* Разработка и экспериментальные исследования несущих деревянных конструкций на основе соединений с наклонно вклеенными связями : специальность 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Турковский Станислав Борисович. Москва, 2001. 96 с.
4. *Волынский, В.Н.* Взаимосвязь и изменчивость показателей физико-механических свойств древесины. 2-е изд. Санкт-Петербург : Лань, 2019. 218 с. ISBN 978-5-8114-1308-9.
5. *Леонтьев, Н.Л.* Длительное сопротивление древесины. Москва : Гослесбумиздат, 1957. 130 с.
6. *Иванов, Ю.М., Славик, Ю.Ю.* Оценка длительной прочности древесины при изгибе по результатам кратковременных испытаний // Лесной журнал. 1981. № 2. URL: <https://lesnoizhurnal.ru/apxiv/1981/%E2%84%962-1981.pdf> (дата обращения: 21.04.2026).
7. *Перельгин, Л.М.* Древесиноведение. Москва : Лесная промышленность, 1962, 284 с.
8. *Madsen, B.* Duration of load test for wet lumber in bending // *Forer Products Journal*. 1975. № 5. P. 33–40.
9. *Radchenko, P.A., Radchenko, A.V., Batuev, S.P., Kanutkin, A.V.* Application of the finite element method to evaluate the effectiveness of spacecraft protective screens // *Acta Astronautica*. 2025. V. 229. P. 466–470.
10. *Reid, S.R., Peng, C.* Dynamic uniaxial crushing of wood // *International Journal of Impact Engineering*. 1997. V. 19. P. 531–570. DOI: 10.1016/S0734-743X(97)00016-X. EDN: AQNWRL
11. *Harrigan, J.J., Reid, S.R., Reddy, T.R.* Inertial effects on the crushing strength of wood loaded along the grain // *Experimental Mechanics*. Balkema, Rotterdam. P. 193–198.
12. *Severa, L., Buchar, J., Vlach, B., Havlichek, M.* Behaviour of wood under dynamic three point bending // *Acta Universitatis Agriculturae Silviculturae Mendelinae Brunensis*. 1999. V. XLVIII. P. 27–32.
13. *Buchar, J., Rolc, S., Lisy, J., Schwengmeier, J.* Model of wood response to the high velocity of loading // 19th International Symposium of Ballistics. Interlaken, Switzerland, 2001. P. 1447–1453.
14. *Большаков, А.П., Балакишина, М.А., Гердюков, Н.Н., Зотов, Е.В., Музыря, А.К., Плотников, А.Ф., Новиков, С.А., Синицын, В.А., Шестаков, Д.И., Щербак, Ю.И.* Демпфирующие свойства секвойи, березы, сосны и осины при ударном нагружении // *Прикладная механика и техническая физика*. 2001. Т. 42. № 2 (246). С. 23–32. EDN: ONTJIB
15. *Большаков, А.П., Гердюков, Н.Н., Зотов, Е.В.* Исследование влияния скорости нагружения, угла ориентации волокон и температуры на прочностные характеристики березы // *ПМТФ*. 1998. Т. 39. № 6. С. 153–158.
16. *Деордиев, С.В., Копаница, Д.Г., Копаница, Г.Д., Тутатчиков, Р.С.* Экспериментальные исследования клеодошчатых балок на поперечный изгиб при действии статической и кратковременной динамической нагрузки // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2014. № 3 (44). С. 96–111.
17. *Деордиев, С.В., Копаница, Д.Г., Тутатчиков, Р.С., Бирсенов, А.И.* Экспериментальные исследования клеодошчатых стоек на продольное сжатие при действии статической и динамической нагрузки // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2015. № 6 (53). С. 106–115.
18. *Глухих, В.Н. Черных, А.Г.* Анизотропия древесины. Технологический аспект. Санкт-Петербург : Изд-во СПбГАСУ, 2013. 240 с.

REFERENCES

1. *Radchenko, A.V., Radchenko, P.A.* Shock-Wave Processes and Destruction in Anisotropic Materials and Structures. Tomsk: TSUAB, 2015. 204 p. ISBN 978-5-93057-672-6. EDN: WNNIFD (In Russian)

2. Ashkenazi, E.K. Anisotropy of Wood and Wooden Materials. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1978. 224 p. (In Russian)
3. Turkovsky, S.B. Development and Experimental Studies of Load-Bearing Timber Structures Based on Joints with Angled Glulam Members: Specialization 05.23.01 Building Structures, Buildings, and Structures. DSc Abstract. Moscow. 2001. 96 p. (In Russian)
4. Volynsky, V.N. Interrelation and Variability of Physical and Mechanical Properties of Wood. 2nd edn. Saint-Petersburg: Lan', 2019. 218 p. ISBN 978-5-8114-1308-9. (In Russian)
5. Leontiev, N.L. Long-term Resistance of Wood. Moscow: Goslesbumizdat, 1957, 130 p. (In Russian)
6. Ivanov, Yu.M., Slavik, Yu.Y. Prolonged Bending Strength of Wood Measured in Dynamic Tests. *Lesnoy zhurnal*, 1981; (2). Available: <https://lesnoi-zhurnal.ru/apxiv/1981/%E2%84%962-1981.pdf> (accessed April 21, 2026). (In Russian)
7. Pereygin, L.M. Wood Science. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1962, 284 p. (In Russian)
8. Madsen, B. Duration of Load Test for Wet Lumber in Bending. *Forest Products Journal*. 1975; (5): 33–40.
9. Radchenko, P.A., Radchenko, A.V., Batuev, S.P., Kanutkin, A.V. Application of the Finite Element Method to Evaluate the Effectiveness of Spacecraft Protective Screens. *Acta Astronautica*, 2025; 229: 466–470.
10. Reid, S.R., Peng, C. Dynamic Uniaxial Crushing of Wood. *International Journal of Impact Engineering*. 1997; 19: 531–570. DOI: 10.1016/S0734-743X(97)00016-X. EDN: AQNWRL
11. Harrigan, J.J., Reid, S.R., Reddy, T.R. Inertial Effects on the Crushing Strength of Wood Loaded along the Grain. In: *Experimental Mechanics*. Allison, Ed. Balkema, Rotterdam. Pp. 193–198.
12. Severa, L., Buchar, J., Vlach, B., Havlichek, M. Behaviour of Wood under Dynamic Three-Point Bending. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelinae Brunensis*. 1999; XLVIII: 27–32.
13. Buchar, S. Rolc, J., Lisy, J. Schwengmeier. Model of wood response to the high velocity of loading. In: *Proc. 19th Int. Symp. of Ballistics*, 7–11 May 2001, Interlaken, Switzerland. Pp. 1447–1453.
14. Bolshakov, A.P., Balakshina, M.A., Gerdyukov, N.N., Zotov, E.V., Muzyria, A.K., Plotnikov, A.F., Novikov, S.A., Sinitsyn, V.A., Shestakov, D.I., Shcherbak, Yu.I. Damping Properties of Sequoia, Birch, Pine and Aspen under Shock Loading. *Journal of Applied Mechanics and Technical Physics*. 2001; 42(2): 202–210. EDN: YYGNVE
15. Bolshakov, A.P., Gerdyukov, N.N., Zotov, E.V. Influence of Loading Speed, Fiber Orientation Angle and Temperature on Strength properties of Birch. *Prikladnaya mekhanika i tekhnicheskaya fizika*. 1998; 39(6): 153–158. (In Russian)
16. Deordiev, S.V., Kopanitsa, D.G., Kopanitsa, G.D., Tutatchikov, R.S. Transverse Bending Tests of Laminated Beams under Static and Short-Term Dynamic Loads. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2014; 3(44): 96–111. (In Russian)
17. Deordiev, S.V., Kopanitsa, D.G., Tutatchikov, R.S., Bersenev, A.I. Longitudinal Compression Tests of Laminated Beams under Static and Dynamic Loads. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2015; 6(53): 106–115. (In Russian)
18. Glukhykh, V.N., Chernykh, A.G. Anisotropy of Wood. Technological Aspect. Saint-Petersburg, 2013. 240 p. (In Russian)

Сведения об авторах

Деордиев Сергей Владимирович, канд. техн. наук, доцент, Инженерно-строительный институт Сибирского федерального университета, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82, deordievsv@yandex.ru

Радченко Павел Андреевич, докт. физ.-мат. наук, доцент, Институт физики прочности и материаловедения им. В.Е. Панина Сибирского отделения РАН, 634055, пр. Академический, 2/4, pavel@ispms.ru

Радченко Андрей Васильевич, докт. физ.-мат. наук, профессор, Институт физики прочности и материаловедения им. В.Е. Панина Сибирского отделения РАН, 634055, пр. Академический, 2/4, andrey-radchenko@live.ru

Authors Details

Sergey V. Deordiev, PhD, A/Professor, Siberian Federal University, 79, Svobodnyi Ave., 660041, Krasnoyarsk, Russia, deordievsv@yandex.ru

Pavel A. Radchenko, DSc, Professor, The Institute of Strength Physics and Materials Science SB RAS, Tomsk, Russia, 8/2, Akademicheskii Ave., 634021, Tomsk, Russia, pavel@ispms.ru

Andrey V. Radchenko, DSc, Professor, The Institute of Strength Physics and Materials Science SB RAS, Tomsk, Russia, 8/2, Akademicheskii Ave., 634021, Tomsk, Russia, andrey-radchenko@live.ru

Вклад авторов

Деордиев С.В. – постановка и проведение экспериментальных исследований, обработка и анализ полученных данных.

Радченко П.А. – численная реализация расчетной схемы, проведение численных экспериментов, анализ результатов расчетов.

Радченко А.В. – создание численной методики, создание математической модели деформирования и разрушения древесины.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

Deordiev S.V. – experiments, data curation.

Radchenko P.A. – numerical calculations and experiments, data curation.

Radchenko A.V. – numerical methodology, mathematical model of wood deformation and destruction.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 12.02.2026
Одобрена после рецензирования 12.05.2026
Принята к публикации 13.05.2026

Submitted for publication 12.02.2026
Approved after review 12.05.2026
Accepted for publication 13.05.2026

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

HEATING, VENTILATION, AIR CONDITIONING (HVAC), LIGHTING SYSTEMS AND GAS NETWORKS

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2026. Т. 28. № 3. С. 214–227.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2026; 28 (3): 214–227.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 699.86

<https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-214-227>



EDN: ZIYNKF

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ДВУМЕРНЫХ ПАРАПЕТНЫХ УЗЛОВ ЖИЛЫХ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЗДАНИЙ

Ольга Евгениевна Белоус

*Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия*

Аннотация. *Актуальность.* Повышение энергоэффективности зданий тесно связано с уменьшением теплопотерь через строительные конструкции, особенно в зонах расположения теплопроводящих включений. Даже несмотря на отсутствие швов в зданиях из монолитного железобетона, формирование зон «мостиков холода» наблюдается в таких областях, как окна, двери, углы стыков стен, балконные выступы и места соединения парапетов с крышей. Исследование посвящено сравнению различных вариантов устройства парапетных узлов с точки зрения их энергосберегающей способности.

Цель работы – изучение теплотехнических характеристик различных конструктивных решений парапетных узлов из монолитного бетона в условиях постоянного теплового режима и выяснение целесообразности проведения расчетов при переменном тепловом потоке.

Результаты. Для достижения поставленной цели были разработаны расчетные модели разных типов парапетных узлов в программе Solidworks, позволившие определить температуру внутренних поверхностей стен при различных вариантах исполнения узлов. Полученные результаты позволили сформулировать рекомендации относительно оптимального способа теплоизоляции парапетных узлов монолитных железобетонных зданий, выявив эффективные методы снижения тепловых потерь.

Ключевые слова: теплопроводные включения, нестационарный режим, монолитное домостроение, температурное поле, энергоэффективность, ограждающие конструкции

Для цитирования: Белоус, О.Е. Энергоэффективные решения двумерных парапетных узлов жилых монолитных железобетонных зданий // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2026. Т. 28. № 3. С. 214–227. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-214-227>. EDN: ZIYNKF

ORIGINAL ARTICLE

ENERGY-EFFICIENCY OF TWO-DIMENSIONAL PARAPET UNITS IN CAST-IN-PLACE CONCRETE BUILDINGS

Olga E. Belous

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Abstract. The energy efficiency improvement of buildings is closely linked to the heat loss reduction via thermally conductive elements. Even in the absence of joints in cast-in-place concrete buildings, the formation of thermal bridges is observed in windows, doors, wall corners, balcony projections, and junctions between parapets and roof. This work compares various design of parapet units in terms of their energy-saving potential.

Purpose: The investigation of thermal properties of different cast-in-place parapet units in steady temperature conditions and determination of calculation feasibility in a variable heat flux.

Research findings: Different computational models of parapet units are developed in SolidWorks allowing the temperature of the inner wall surfaces to be determined for various joint designs.

Practical implications: The obtained results allow formulating recommendations on the best heat insulation of parapet units in cast-in-place concrete buildings, identifying effective methods for the heat loss reduction.

Keywords: heat-conducting inclusions, unsteady temperature condition, site-cast concrete building, temperature field, energy efficiency, enclosing structures

For citation: Belous, O.E. Energy-Efficiency of Two-Dimensional Parapet Units in Cast-in-Place Concrete Buildings. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2026; 28(3): 214–227. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-214-227>. EDN: ZIYNKF

Введение

Популярность монолитного домостроения в России объясняется его широкими возможностями в высотном строительстве: эта технология отличается гибкостью, экономичностью и способностью воплощать самые нестандартные проектные идеи. Монолитные здания превосходят панельные аналоги по устойчивости к природным катаклизмам и техногенным факторам, что, в свою очередь, обеспечивает их устойчивость и долговечность [1]. Отсутствие швов в монолитных домах повышает защиту от шума и теплопотерь, а применение современных утеплителей улучшает эксплуатационные характеристики зимой и уменьшает толщину несущих стен и перекрытий, снижая нагрузку на фундамент.

Одним из ключевых путей повышения энергоэффективности зданий является снижение теплопотерь, возникающих вследствие теплопроводных включений и неоднородности конструкции [2]. Теплопроводящие элементы увеличи-

вают потери тепла, способствуют возникновению конденсата и плесени, в результате чего ухудшаются параметры микроклимата помещений, оказывая при этом негативное воздействие на здоровье жителей [3, 4].

Чтобы обеспечить комфортные условия проживания, важно соблюдать требования к температуре внутренней поверхности ограждающих конструкций согласно строительным нормам СП 50.13330.2024 «Тепловая защита зданий»¹, где установлены минимально допустимые значения температуры внутреннего воздуха и температуры на внутренней поверхности конструкции для жилых помещений. Однако большинство инженерных расчетов проводится исходя из предположения стационарного теплового режима, хотя в реальности внешние оболочки зданий подвергаются воздействию переменного температурного поля.

Основная цель исследования заключается в изучении теплотехнических свойств различных конструкций парапетных узлов монолитных зданий при стационарных условиях и определении необходимости учета нестационарных режимов теплового потока при проведении инженерно-технических расчетов.

Методика исследования и теоретические подходы

Снижение теплопотерь и возможность избежать образования «мостиков холода» на стадии возведения монолитного здания – сложная задача. Наибольшие теплопотери возникают в самых уязвимых местах ограждающих конструкций: узлы оконных и дверных проемов, угловые стыки стен, места примыкания парапета и плоской кровли, балконы, выступающие плиты и т. д.

Одним из наиболее уязвимых мест сопряжения конструкций считается узел примыкания кровли к парапету. Помимо того, что парапет является серьезным «мостиком холода», при ошибках на стадии проектирования и некачественно выполненных монтажных работах именно в этой зоне наиболее часто возникают протечки. В основном проектировщиками предусмотрено утепление парапета только с наружной стороны ограждающей конструкции.

Так, на примере многоэтажного панельного здания для устранения «мостиков холода» были предложены технические решения узла сопряжения стеновых и парапетных панелей с применением угловых термовкладышей в плите перекрытия, а также с устройством перфорации и термовкладышей в парапетную панель [5].

В работе Д.Г. Портнягина [6] рассмотрены вопросы утепления узлов примыкания кровли к парапету. Представлены решения по замене верхнего ряда забутовки выше уровня покрытия на теплоизоляционный кирпич пеностеклокристаллического материала (ПСКМ). Согласно данным исследования, температура поверхности угла помещения увеличивается до 14,26 °С, а теплопотери по наружному контуру снижаются на 20,91 %.

Повышение теплоизолирующих свойств конструкций из бетона [7], а также из железобетона путем заполнения пустот теплоизоляционным материалом (пенополистиролом) представлено в работе Р. Ингели [8]. Для проверки данных, полученных экспериментальным путем, авторами проведено числен-

¹ СП 50.13330.2024. Тепловая защита зданий: утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 15 мая 2024 г. № 327/пр и введен в действие с 16 июня 2024 г. 74 с.

ное моделирование бетонных конструкций кровли. Установлено, что эквивалентная теплопроводность конструкций с заполнением пустот пенополистиролом в зависимости от толщины плиты снижается до 47 % по сравнению с конструкциями без теплоизоляционного материала в пустотах. Исследования Нгуен Ху Куонга [9] посвящены изучению структурной характеристики и численному анализу «тепловых мостов» в парапетных узлах жилых зданий; изучена возможность использования цементно-стружечных плит, армированных целлюлозным волокном, при устройстве «тепловых мостиков» между стеной и парапетом, а также выполнена оценка несущей способности в местах сопряжения стены и парапета.

Для оценки теплотехнического состояния узла примыкания покрытия плоской кровли к парапету были рассмотрены два варианта утепления наружной ограждающей конструкции, которая выполнена из монолитного железобетона толщиной 300 мм, плита покрытия железобетонная, толщиной 200 мм.

1. Конструкция узла примыкания плоской кровли к парапету с устройством дополнительной вертикальной теплоизоляции на внутренней стороне наружной ограждающей конструкции (рис. 1).

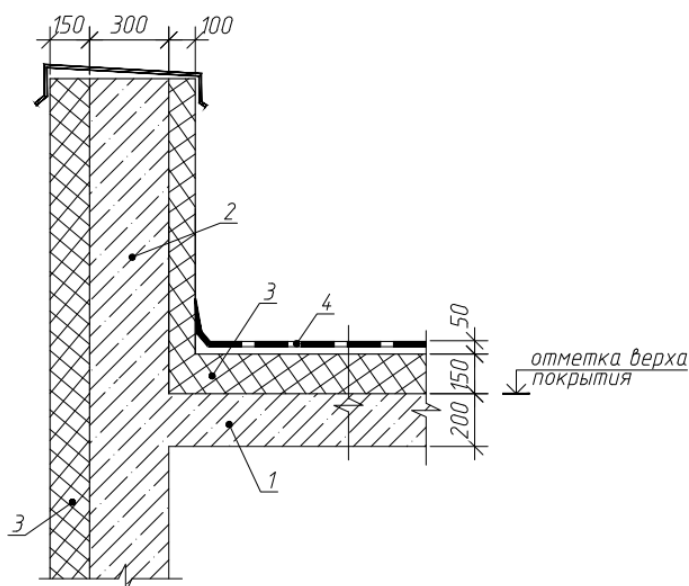


Рис. 1. Парапетный узел с устройством вертикальной теплоизоляции:

1 – монолитная железобетонная плита покрытия; 2 – наружная монолитная железобетонная ограждающая конструкция; 3 – слой утеплителя, минеральная вата из базальтовых волокон; 4 – гидроизоляционный слой

Fig. 1. Parapet unit with vertical thermal insulation:

1 – monolithic reinforced concrete roof slab; 2 – exterior monolithic reinforced concrete envelope; 3 – insulation layer, basalt fiber mineral wool; 4 – waterproofing layer

2. Конструкция узла примыкания плоской кровли к парапету с использованием термовкладышей различной толщины, расположенных внутри ограждающей конструкции (рис. 2).

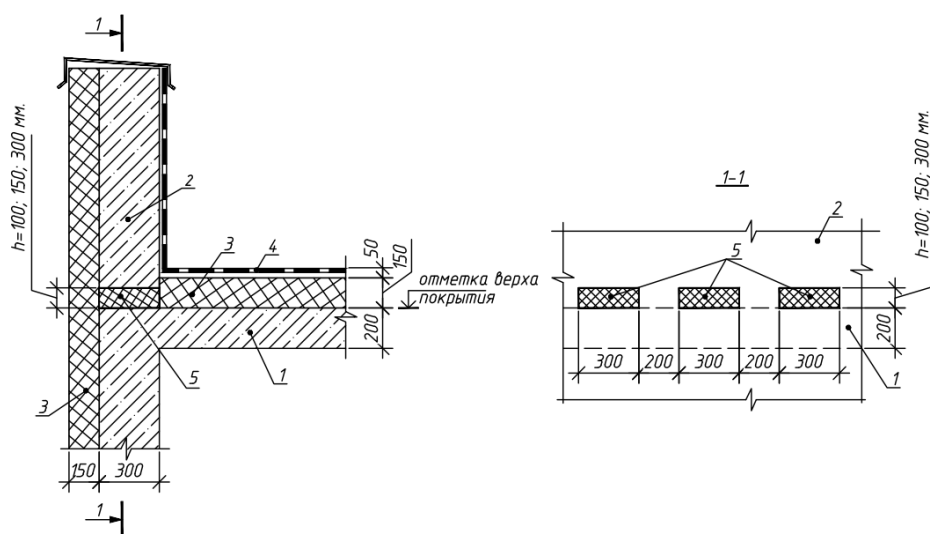


Рис. 2. Парапетный узел с устройством вертикальной теплоизоляции с использованием термовкладышей:

1 – монолитная железобетонная плита покрытия; 2 – наружная монолитная железобетонная ограждающая конструкция; 3 – слой утеплителя, минеральная вата из базальтовых волокон; 4 – гидроизоляционный слой; 5 – термовкладыши

Fig. 2. Parapet unit with vertical thermal insulation and thermal inserts:

1 – monolithic reinforced concrete roof slab; 2 – exterior monolithic reinforced concrete envelope; 3 – insulation layer, basalt fiber mineral wool; 4 – waterproofing layer, 5 – thermal inserts

Представленные варианты исполнения узла примыкания кровли к парапету позволяют снизить степень влияния температурно-климатических воздействий, а также могут повысить эксплуатационные качества в монолитных зданиях.

В последнее время в строительной практике широкое распространение получили конструктивные решения узлов сопряжения дисков перекрытий со стенами, выполненные с применением термовкладышей [10, 11]. Устройство в теле монолитной ограждающей конструкции термовкладышей нужно предусматривать на этапе проектирования конструкции и учитывать необходимость укладки дополнительных арматурных стержней в пазы термовкладышей, чтобы усилить конструкцию и придать ей дополнительную жесткость. Это приводит к увеличению трудоемкости, материалоемкости и стоимости работ, однако применение термовкладышей в монолитных конструкциях позволяет повысить теплотехническую однородность конструкций и снизить теплопотери.

При устройстве парапетного узла с термовкладышами возникает ряд проблем: смещение термовкладышей относительно проектного положения из-за сложности их фиксации к арматурным стержням и подвижка при вибрации бетона; возникновение экстремумов необходимого армирования за счет разрыва фоновой арматурного каркаса, для которого на рис. 3 представлена мозаика требуемого армирования узла сопряжения парапета и монолитной железобетонной плиты покрытия; увеличение сечения стержней арматуры из-за разрыва арматурного каркаса; необходимость устройства дополнительных балок в теле

стены и, главное, обеспечение долговечности данного конструктивного узла с теплотехнической точки зрения. Применяемый материал термовкладышей – экструзионный пенополистирол – имеет срок службы 30 лет, тогда как нормативный срок эксплуатации здания составляет не менее 50 лет.

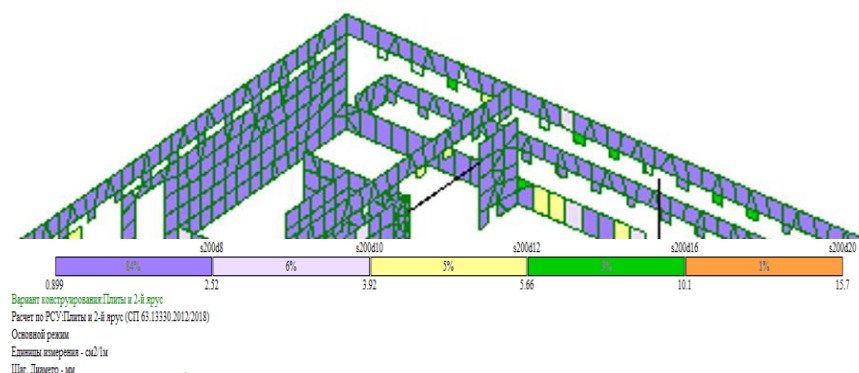


Рис. 3. Мозаика требуемого армирования парапетного узла по периметру здания с применением термовкладышей

Fig. 3. Mosaic of the required reinforcement of the parapet unit along the building perimeter with thermal inserts

Парапетный узел с устройством дополнительной вертикальной изоляции менее трудоемкий и более выгодный с экономической точки зрения, однако такое конструктивное решение не позволяет полностью исключить «мостики холода» в конструкции. В качестве теплоизоляционного материала для данного конструктивного решения принята минеральная вата из базальтовых волокон.

Исследование теплотехнических свойств указанных выше конструктивных решений парапетных узлов ведется для климатических параметров г. Москвы.

Температура холодной пятидневки составляет -29°C , амплитуда колебания температуры равна 6°C , согласно СП 131.13330.2025 «Строительная климатология»². В табл. 1 представлен расчет суточного хода температуры в зависимости от амплитуды колебания температуры для климатических данных г. Москвы.

Суточный ход средней месячной температуры воздуха для исследуемого периода (января) возможно определить по следующим формулам:

$$t_q = \frac{A}{2} \sin \left[\frac{\pi}{2} \frac{2x - 3T_{\min} - 9}{9 + T_{\min}} \right] + t \text{ при } 0 \leq x \leq T_{\min}; \quad (1)$$

$$t_q = \frac{A}{2} \sin \left[\frac{\pi}{2} \frac{2x - 15 - T_{\min}}{15 - T_{\min}} \right] + t \text{ при } T_{\min} \leq x \leq 15; \quad (2)$$

$$t_q = \frac{A}{2} \sin \left[\frac{\pi}{2} \frac{2x - 21 + T_{\min}}{9 + T_{\min}} \right] + t \text{ при } 15 \leq x \leq 24, \quad (3)$$

² СП 131.13330.2025. Строительная климатология: утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 8 августа 2025 г. № 470/пр.: дата введения 2025-09-09. Москва, 2025. 245 с.

где A – средняя суточная амплитуда средней месячной температуры воздуха, °С; t – средняя месячная температура воздуха, °С; $T_{\min}$ – температура воздуха в течение суток, которое принимается как время, которое наступает через 15 мин после восхода солнца, ч; восход солнца – 8 часов; x – текущее время, ч.

Таблица 1

**Изменение температуры на внешней поверхности
ограждающей конструкции в разное время суток**

Table 1

Temperature changes on the outer surface of the building at different daytime

Время суток, ч	Температура, °С	Время суток, ч	Температура, °С	Время суток, ч	Температура, °С
1	–29,28	9	–31,70	17	–26,20
2	–29,82	10	–30,87	18	–26,45
3	–30,34	11	–29,67	19	–26,78
4	–30,81	12	–28,33	20	–27,19
5	–31,22	13	–27,13	21	–27,66
6	–31,55	14	–26,30	22	–28,18
7	–31,80	15	–26,00	23	–28,72
8	–31,95	16	–26,05	24	–29,28

Зная значения суточного хода среднемесячной температуры воздуха окружающей среды, можно смоделировать нестационарный тепловой поток.

Определение приведенного сопротивления теплопередаче основывается на принципе стационарного режима теплопередачи, при котором тепловой поток, проходящий через любое сечение конструкции, перпендикулярное потоку, постоянен [12]. Однако при определении температуры на наружной поверхности ограждающей конструкции необходимо учитывать длительное непостоянство погодных условий, а также колебание температуры в течение суток, что, в свою очередь, нарушает тепловой режим стены и вызывает нестационарный тепловой поток в толще ограждающей конструкции. Также на постсоветском пространстве существует острая необходимость в расчете и обследовании теплотехнических характеристик ограждающих конструкций зданий в переходный период года [13, 14].

При проектировании наружных ограждающих конструкций необходимо учитывать толщину и последовательность расположения конструктивных слоев ограждения, от которых будет зависеть значение сопротивления теплопередаче, расчет которого ведется только при стационарных режимах переноса тепла. Однако в реальных условиях эксплуатации зданий и сооружений процессы тепломассопереноса через ограждающие конструкции практически всегда нестационарные [15, 16].

Суточные колебания температуры наружного воздуха и воздействие солнечной радиации различны в разные периоды года, что будет оказывать значительное влияние на теплозащитные свойства материалов ограждающих кон-

струкций зданий. Исходя из этого, исследование нестационарности процессов переноса тепла в ограждающих конструкциях является актуальной задачей.

Результаты исследования

Для проверки соблюдения комплексного и поэлементного требований по тепловой защите зданий, а также обеспечения санитарно-гигиенических условий внутри помещения выполнено моделирование температурных полей с применением программного комплекса Solidworks, результаты которого представлены на рис. 4 и 5. При моделировании заданы следующие граничные условия: температура внутреннего воздуха $t_{\text{вн}} = +20\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 для г. Москвы $t_{\text{н}} = -29\text{ }^{\circ}\text{C}$.

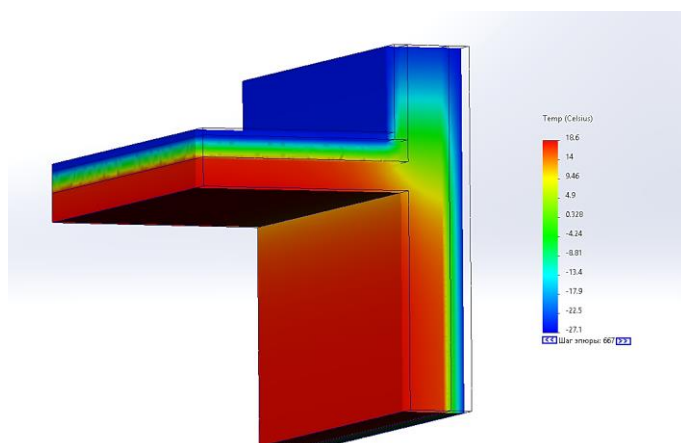


Рис. 4. Температурное поле парапетного узла с применением вертикальной теплоизоляции
Fig. 4. Temperature field of the parapet unit with vertical thermal insulation

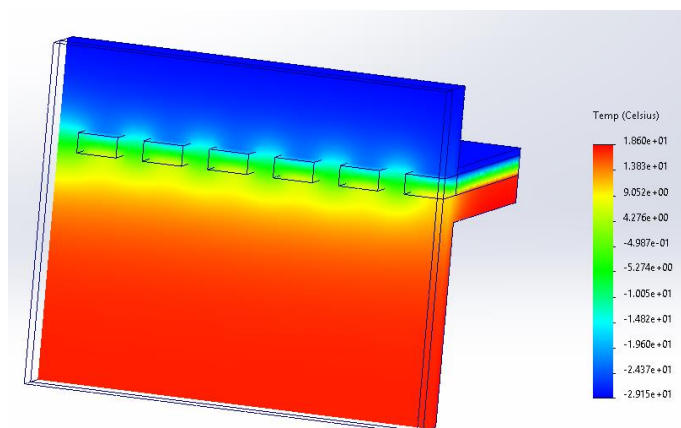


Рис. 5. Температурное поле парапетного узла с устройством вертикальной теплоизоляции и термовкладышами
Fig. 5. Temperature field of the parapet unit with vertical thermal insulation and thermal inserts

Были выполнены расчеты для двух режимов – стационарного и нестационарного. Для моделирования узла в нестационарном режиме в качестве исходных приняты значения температуры наружного воздуха по табл. 1 с шагом 1 ч, при этом расчет температурного поля парапетного узла в программном комплексе производился с временным интервалом, равным 300 с.

В результате анализа моделирования температурных полей различных вариантов конструктивных решений парапетных узлов получены данные по температурам и амплитудам температуры для стационарного и нестационарного режимов эксплуатации ограждающей конструкции. Также в ходе моделирования учтены различные конструктивные особенности парапетных узлов: вертикальная теплоизоляция, термовкладыши различной высоты и отсутствие теплоизоляционного слоя для совмещенного покрытия и покрытия с теплым чердаком.

Расчетные значения температуры, а также амплитуды колебания температуры для нестационарного и стационарного режимов эксплуатации ограждающей конструкции в зоне примыкания плоской кровли к парапету сведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты моделирования температурных полей для нестационарного и стационарного режимов эксплуатации здания

Table 2

Modeling results of temperature fields for steady and unsteady temperature conditions

№ п/п	Схема	Температура/ Амплитуда температуры в зоне термовкладыша, °С	Температура/ Амплитуда температуры в зоне перемычки, °С	Температура по основному полю, °С
1	2	3	4	5
Нестационарный режим				
<i>Теплый чердак</i>				
1	Без утеплителя	–	6,43/0,17	14,22
2	С вертикальным утеплителем	9,47/0,44	–	14,07
3	С термовкладышем, $h = 100$ мм	8,66/0,10	8,19/0,09	14,07
4	С термовкладышем, $h = 150$ мм	8,83/0,07	9,19/0,08	14,19
5	С термовкладышем, $h = 300$ мм	9,41/0,06	9,21/0,07	14,20
<i>Совмещенное покрытие</i>				
6	Без утеплителя	–	9,24/0,11	17,93
7	С вертикальным утеплителем	12,88/0,30	–	18,10
8	С термовкладышем, $h = 100$ мм	11,56/0,17	12,06/0,05	17,86
9	С термовкладышем, $h = 150$ мм	12,71/0,06	11,85/0,07	17,96
10	С термовкладышем, $h = 300$ мм	13,09/0,08	12,33/0,10	17,99

Окончание табл. 2

End of table 2

№ п/п	Схема	Температура/ Амплитуда темпе- ратуры в зоне тер- мовкладыша, °С	Температура/ Амплитуда тем- пературы в зоне перекрышки, °С	Температура по основ- ному полю, °С
1	2	3	4	5
Стационарный режим				
<i>Теплый чердак</i>				
11	Без утеплителя	–	6,33/–	14,05
12	С вертикальным утеплителем	9,14/–	–	14,28
13	С термовкладышем, $h = 100$ мм	8,78/–	8,24/–	14,26
14	С термовкладышем, $h = 150$ мм	9,18/–	8,64/–	14,26
15	С термовкладышем, $h = 300$ мм	9,61/–	9,27/–	14,26
<i>Совмещенное покрытие</i>				
16	Без утеплителя	–	9,48/–	18,05
17	С вертикальным утеплителем	12,54/–	–	17,85
18	С термовкладышем, $h = 100$ мм	11,91/–	11,25/–	18,11
19	С термовкладышем, $h = 150$ мм	12,58/–	12,09/–	18,18
20	С термовкладышем, $h = 300$ мм	13,13/–	12,76/–	18,22

Согласно результатам моделирования температурных полей, определены температуры и амплитуды колебания температуры на внутренней поверхности парапета: в зоне расположения термовкладышей (гр. 3 табл. 2); в зоне расположения перекрышки между наружным и внутренним слоем железобетона – зона между термовкладышами (гр. 4 табл. 2) и осредненная температура поверхности (гр. 5 табл. 2).

В соответствии с результатами оценки полученного массива данных установлено, что в расчетах при нестационарном тепловом режиме температура на внутренних поверхностях ниже, чем при аналогичных расчетах при стационарном тепловом режиме для однородных конструктивных решений. При конструктивных решениях с различными по теплоемкости материалами температура на внутренней поверхности при расчете с учетом нестационарного теплового режима превышает значения, полученные при расчете в стационарном тепловом режиме. Однако в связи с незначительным расхождением полученных температур на внутренней поверхности, около 3–5 %, предлагается в дальнейшем для данных и аналогичных конструктивных решений принимать результаты расчетов, полученные при стационарном тепловом режиме.

С точки зрения нормирования температурного режима на внутренней поверхности наружных непрозрачных ограждающих конструкций при стационарном режиме теплопередачи в зоне парапетного узла с конструктивным вариантом без дополнительного утепления в зданиях с совмещенным покрытием не соблюдается требование по обеспечению минимальной температуры. Согласно результатам исследования, в вышеуказанной зоне будет образовываться конденсат, т. к. температура в данной точке равна $9,48\text{ }^{\circ}\text{C}$, что является ниже температуры точки росы ($10,7\text{ }^{\circ}\text{C}$). Исходя из анализа данного варианта решения парапетного узла при нестационарном режиме установлено, что происходит незначительное уменьшение температуры на внутренней поверхности конструкции в течение суток с $9,13$ до $9,35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

При анализе зависимости температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции от высоты термовкладыша установлено, что при высоте вкладыша 100 мм и более минимальная температура в зоне вкладыша, а также в зоне железобетонной перемычки между вкладышем выше температуры, равной точке росы. Таким образом, увеличение высоты термовкладыша ведет только к перерасходу материала и приводит к незначительному повышению температуры на внутренней поверхности. При увеличении высоты термовкладыша с 100 до 300 мм происходит повышение температуры в зоне термовкладыша от $12,54$ до $13,13\text{ }^{\circ}\text{C}$ и от $12,33$ до $12,76\text{ }^{\circ}\text{C}$ в зоне железобетонной перемычки. По результатам моделирования рекомендуется в дальнейшем принимать для расчетных условий г. Москвы высоту термовкладыша, равную 100 мм .

Заключение

Новизна технологии применения термовкладышей из экструзионного пенополистирола и сравнительно небольшой срок эксплуатации зданий и сооружений с применением данной технологии на территории России пока не позволяют сделать точный прогноз службы утеплителя в период эксплуатации здания. Также необходимо учесть тот факт, что по прошествии 30 лет конструкция парапетного узла не предусматривает замену термовкладышей в теле монолитной железобетонной плиты, и теплотехнические показатели данного узла будут значительно ниже проектных. Учитывая вышеизложенные факторы, а также сложность исполнения конструктивного решения примыкания парапета к плоской кровле с применением термовкладышей и долговечности теплоизоляционного материала, применяемого в качестве термовкладышей, данная конструкция невыгодна с экономической точки зрения.

Предлагаемый альтернативный парапетный узел с устройством дополнительного вертикального слоя теплоизоляции на внутренней стороне парапетной части стены более материалоемкий по расходу теплоизоляционного материала, однако менее трудоемкий и, что главное, ремонтпригодный, но не столь эффективен по сравнению с использованием термовкладышей высотой 100 мм . Для климатических параметров Москвы температура на внутренней поверхности стены парапетного узла с дополнительной вертикальной теплоизоляцией равна $12,54\text{ }^{\circ}\text{C}$, тогда как для варианта с термовкладышем высотой 100 мм она составляет $11,91\text{ }^{\circ}\text{C}$.

На основании анализа представленных расчетов в дальнейшем для определения расчетных параметров аналогичных конструкций нерационально моделировать температурные поля с учетом нестационарного режима эксплуатации здания. Расхождение полученных значений температур на внутренней поверхности ограждающей конструкции с учетом и без учета нестационарного режима составило 3–5 %.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Волкова, О.Е., Сидоренко, К.А. Монолитное домостроение в современном строительстве // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2021. Т. 1. С. 146–149. EDN: FTZGJH
2. Sotnikova, O.A., Tselyaritskaya, M.I., Pashchenko, Yu.O. Analysis of «Cold Bridges» in Order to Identify Shortcomings of Monolithic Housing Construction in Voronezh // Proceedings of the Southwest State University. 2023. V. 26. № 3. P. 21–34. DOI: 10.21869/2223-1560-2022-26-3-21-34
3. Kuznetsov, A.V., Demin, A.M. Energy Efficient Design Solution for the Interface Node Between the Floor Slab and the Wall // International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia – 2021, Novosibirsk, 11–14 may. Switzerland : Springer Nature Switzerland AG, 2022. P. 799–807. DOI: 10.1007/978-3-030-96380-4_87. EDN: ERFOMA
4. Тихонова, М.А., Матвеева, И.В. Проблемы эксплуатации бесчердачных покрытий гражданских зданий и пути их решения при реконструкции и капитальном ремонте // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2016. № 1 (22). С. 176–182.
5. Михеев, Д.А., Волкова, О.В. Утепление совмещенных покрытий многоэтажных зданий посредством изменения элементов и узловых соединений конструкции // Оригинальные исследования. 2023. Т. 13. № 5. С. 264–270. EDN: INNHXE
6. Портнягин, Д.Г. Повышение теплозащиты узлов ограждающих конструкций зданий с применением пеностеклокристаллического материала // Инженерно-строительный журнал. 2015. № 8 (60). С. 56–67. DOI: 10.5862/MCE.60.7
7. Nguyen, Huu, Cuong, Hyoseo, Ana, Tran-Van, Hana, Sanghee, Jiuk, Shine, Kihak, Lee. Structural test and FEM analysis of a thermal bridge connection employing the UHPC system for concrete cladding wall // Results in Engineering. 2024. V. 22. Article 102191. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102191>
8. Ingeli, V., Čekon, M., Paulovičová, L. Enhancement of the thermal performance of voided concrete slabs filled with expanded polystyrene // Case Studies in Construction Materials. 2025. V. 22. Art. e04567. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e04567>
9. Nguyen, Huu, Cuong, Kim, Jae, Young, Sanghee, An, Hyewon, Kim, Jiuk, Shin, Kihak, Lee. Structural performance and numerical analysis of parapet thermal bridge solutions with cellulose fiber reinforced cement board and different reinforcement layouts for residential buildings // Engineering Structures. 2025. V. 329. Art. 119713. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2025.119713>
10. Белаиш, Т.А., Кузнецов, А.В., Володченко, Д.Г. Анализ напряженно-деформированного состояния узловых соединений высотных зданий при учете климатических воздействий // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2024. Т. 21. № 1. С. 85–102. DOI: 10.20295/1815-588X-2024-01-85-102
11. Белаиш, Т.А., Кузнецов, А.В. Расчетно-теоретические исследования узловых соединений в монолитных зданиях // Вестник МГСУ. 2024. Т. 19. № 2. С. 181–193. DOI: 10.22227/1997-0935.2024.2.181-193
12. Belous, A., Kotov, G., Belous, O., Garanzha, I. Calculation of heat resistance of external enclosing structures with heat-conducting inclusions // Magazine of Civil Engineering. 2022. V. 5. № 113. DOI: 10.34910/MCE.113.13. EDN: NCHURU
13. Белоус, А.Н., Новиков, А., Белоус, О.Е. Технико-экономическое обоснование системы фасадного утепления зданий серии ИИ-04 // Современное промышленное и гражданское строительство. 2017. Т. 13. № 4. С. 179–187. EDN: YMKCFP
14. Андреев, М.К., Гамаюнова, О.С. Утепление фасадов при реновации жилых зданий типовых серий // Инженерные исследования. 2023. № 2 (12). С. 19–26. EDN: LTHEIC

15. Абрамова, Е.В., Верховский, А.А. Определение теплотехнических характеристик ограждающих конструкций зданий в нестационарных условиях // *Жилищное строительство*. 2025. № 11. С. 3–10. DOI: 10.31659/0044-4472-2025-11-3-10. EDN: OCURNZ
16. Садыков, Р.А., Мухаметзянова, А.К., Филимонова, С.А. Аналитический и численный расчеты квазиустановившегося режима теплопереноса в ограждающих конструкциях зданий и сооружений // *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2022. № 1 (59). С. 90–102. DOI: 10.52409/20731523_2022_1_90. EDN: VBYDGI

REFERENCES

1. Volkova, O.E., Sidorenko, K.A. Cast-in-Place Modern Construction. *Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i inzhenernye nauki*. 2021; 1: 146–149. EDN: FTZGJH (In Russian)
2. Sotnikova, O.A., Tselyaritskaya, M.I., Pashchenko, Yu.O. Analysis of "Cold Bridges" in Order to Identify Shortcomings of Monolithic Housing Construction in Voronezh. *Proceedings of the Southwest State University*. 2023; 26(3): 21–34. DOI: 10.21869/2223-1560-2022-26-3-21-34
3. Kuznetsov, A.V., Demin, A.M. Energy Efficient Design Solution for the Interface Node Between the Floor Slab and the Wall. In: *International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia – 2021*, Novosibirsk, 11–14 May 2021. Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2022. Pp. 799–807. DOI: 10.1007/978-3-030-96380-4_87. EDN: ERFOMA
4. Tikhonova, M.A., Matveeva, I.V. Challenges in Roof Maintenance without Attics in Civilian Buildings and Solutions for their Resolution during Renovation and Major Repairs. *Inzhenernye sistemy i sooruzheniya*. 2016; 1(22): 176–182. (In Russian)
5. Mikheev, D.A., Volkova, O.V. Thermal Insulation of Multi-Story Buildings with Combined Roofs by Modifying Structural Elements and Joints. *Original'nye issledovaniya*. 2023; 13(5): 264–270. (In Russian)
6. Portnyagin, D.G. Thermal Protection Improvement of Building Envelope Elements using Foam Glass-Ceramic Material. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2015; 8(60): 56–67. (In Russian)
7. Nguyen, Huu, Cuong, Hyoseo, Ana, Tran-Van, Hana, Sanghee, Jiuk, Shine, Kihak, Lee. Structural Test and FEM Analysis of a Thermal Bridge Connection Employing the UHPC System for Concrete Cladding Wall. *Results in Engineering*. 2024; 22: 102191. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102191>
8. Ingeli, V., Čekon, M., Paulovičová, L. Enhancement of the Thermal Performance of Voided Concrete Slabs Filled with Expanded Polystyrene. *Case Studies in Construction Materials*. 2025; 22: e04567. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e04567>
9. Nguyen, Huu, Cuong, Kim, Jae, Young, Sanghee, An, Hyewon, Kim, Jiuk, Shin, Kihak, Lee. Structural Performance and Numerical Analysis of Parapet Thermal Bridge Solutions with Cellulose Fiber Reinforced Cement Board and Different Reinforcement Layouts for Residential Buildings. *Engineering Structures*. 2025; 329: 119713. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2025.119713>
10. Belash, T.A., Kuznetsov, A.V., Volodchenko, D.G. Stress-Strain State Analysis of Nodal Connections of High-Rise Buildings in Climatic Impacts. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putei soobshcheniya*. 2024; 21(1): 85–102. DOI: 10.20295/1815-588X-2024-01-85-102 (In Russian)
11. Belash, T.A., Kuznetsov, A.V. Calculation and Theoretical Studies of Nodal Connections in Cast-in-Place Concrete Buildings. *Vestnik MGSU*. 2024; 19(2): 181–193. DOI: 10.22227/1997-0935.2024.2.181-193 (In Russian)
12. Belous, A., Kotov, G., Belous, O., Garanzha, I. Calculation of Heat Resistance of External Enclosing Structures with Heat-Conducting Inclusions. *Magazine of Civil Engineering*. 2022; 5(113). DOI: 10.34910/MCE.113.13. EDN: NCHURU
13. Belous, A.N., Novikov, B.A., Belous, O.E. Technical and Economic Justification of Facade Insulation System for II-04 Series Buildings. *Sovremennoe promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2017; 13(4): 179–187. EDN: YMKCFP (In Russian)
14. Andreev, M.K., Gamayunova, O.S. Facade Insulation during Renovation of Residential Buildings of Standard Series. *Inzhenernye issledovaniya*. 2023; 2(12): 19–26. EDN: LTHEIC (In Russian)
15. Abramova, E.V., Verkhovsky, A.A. Determination of Thermal Characteristics of Building Enclosures in Unsteady Conditions. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2025; (11): 3–10. DOI: 10.31659/0044-4472-2025-11-3-10. EDN: OCURNZ (In Russian)

16. Sadykov, R.A., Mukhametzyanova, A.K., Filimonova, S.A. Analytical and Numerical Calculations of Quasi-Steady-State Heat Transfer in Building Enclosures. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2022; 1(59): 90–102. DOI: 10.52409/20731523_2022_1_90. EDN: VBYDGI (In Russian)

Сведения об авторе

Белоус Ольга Евгениевна, ст. преподаватель, Донской государственный технический университет, 344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, Ol-0929@mail.ru

Authors Details

Olga E. Belous, Senior Lecturer, Don State Technical University, 1, Gagarin Sq., 344000, Rostov-on-Don, Russia, Ol-0929@mail.ru

Статья поступила в редакцию 12.02.2026
Одобрена после рецензирования 21.05.2026
Принята к публикации 21.05.2026

Submitted for publication 12.02.2026
Approved after review 21.05.2026
Accepted for publication 21.05.2026

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

CONSTRUCTION MATERIALS AND PRODUCTS

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2026. Т. 28. № 3. С. 228–240.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2026; 28 (3): 228–240.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 691.12

<https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-228-240>



EDN: IMGDKT

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МОНОЛИТНОГО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО ЗАПОЛНЕНИЯ В 3D-ПЕЧАТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Любовь Владимировна Закревская, Елизавета Анатольевна Репина
*Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,
г. Владимир, Россия*

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения энергоэффективности и экологической безопасности в строительстве с внедрением технологий 3D-печати. В условиях важности утилизации растительных отходов особую значимость приобретает использование костры технической конопли как альтернативного теплоизоляционного материала для заполнения несъемной опалубки, что соответствует современным тенденциям «зеленого» строительства.

Цель работы – изучение возможности использования костры технической конопли в роли органического заполнителя. Новизна исследования заключается в численном анализе теплового состояния стенового блока, выполненного по технологии 3D-печати, где несъемная опалубка из песчано-цементной смеси заполнена костробетоном. Проведена оценка теплопередачи при граничных условиях: температура окружающей среды на наружной поверхности $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, на внутренней $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Результаты. Численный анализ нестационарных температурных режимов со скоростью изменения температуры $4\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ на температурных интервалах $[-25\dots-5\text{ }^{\circ}\text{C}]$ показал высокую инерционность стенового блока. Проведенный численный анализ температурных деформаций и температурных напряжений стенового блока из костробетона в оболочке из песчано-цементной смеси при экстремальном температурном интервале по критериям второй теории прочности и гипотезе Мора для зон с максимальным уровнем напряжений показал, что минимальные значения запасов прочности (1,14–2,7) обеспечивают необходимую надежность блока для данного перепада температур по наружной

и внутренней поверхностям, а для зон с максимальным уровнем температурных напряжений выявил, что минимальные значения запасов прочности (1,23–2,5) обеспечивают необходимую надежность блока на нестационарных температурных режимах.

Показана перспективность применения костробетона в качестве теплоизоляционного материала для 3D-печатного строительства, что способствует снижению энергопотребления зданий и расширяет возможности использования возобновляемого растительного сырья в строительной индустрии.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D-печать, теплоизоляция, костробетон, несъемная опалубка, органический наполнитель, смешанное вяжущее, теория Мора, метод конечных элементов

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания в сфере научной деятельности Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема FZUN-2024-0004, госзадание ВлГУ).

Для цитирования: Закревская, Л.В., Репина, Е.А. Разработка технологии монолитного теплоизоляционного заполнения в 3D-печатном строительстве // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2026. Т. 28. № 3. С. 228–240. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-228-240>. EDN: IMGDKT

ORIGINAL ARTICLE

MULTILAYER INSULATION TECHNOLOGY IN ADDITIVE MANUFACTURING IN CONSTRUCTION

Lyubov V. Zakrevskaya, Elizaveta A. Repina

Vladimir State University, Vladimir, Russia

Abstract. The relevance is determined by the need to enhance the energy efficiency and environmental safety in construction through the implementation of 3D printing. Given the necessity for the disposal of plant waste, the use of hemp scutch as alternative thermal insulation for filling a dead formwork becomes particularly significant, aligning with modern trends in green construction.

Purpose: The aim of this work is to investigate the feasibility of using hemp scutch as an organic filler. The heat transfer was analyzed under the boundary conditions, i.e., ambient temperature on the outer (–30 °C) and inner (20 °C) surfaces.

Research findings: The numerical analysis at a temperature change rate of 4 °C/hour within –25 to –5 °C shows a high inertia of the wall element. The numerical analysis is conducted for temperature strain and stress in the hemp scutch wall element with a sand-cement mixture shell under extreme temperatures. It is based on the maximum-strain of failure and Mohr–Coulomb theories for zones with maximum stress levels and shows that the lowest safety margins (1.14–2.7) provide the required reliability of the wall element for this temperature differential across the outer and inner surfaces. The lowest safety margins (1.23–2.5) for zones with maximum thermal stress levels provide the required reliability at transient temperatures.

Originality/value: The hempcrete potential is shown for using it as a thermal insulation material in 3D printing, contributing to reduced energy consumption of buildings and expanding the use of renewable plant materials in the construction industry. The numerical analysis of the thermal state of the wall element obtained by 3D printing, where a dead formwork made of sand-cement mixture is filled with hempcrete.

Keywords: additive manufacturing, 3D printing, thermal insulation, hempcrete, dead formwork, organic filler, mixed binder, Mohr–Coulomb theory, finite element method

Funding: Research was carried out under the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Line FZUN-2024-0004).

For citation: Zakrevskaya, L.V., Repina, E.A. Multilayer Insulation Technology in Additive Manufacturing in Construction. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2026; 28(3): 228–240. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-228-240>. EDN: IMGDKT

Введение

Наука и техника в современном мире развиваются стремительными темпами, и строительство как одна из самых масштабных сфер деятельности человека не является исключением. Технология трехмерной печати начала развиваться во второй половине XX в., и спустя недолгое время были сконструированы первые 3D-принтеры. Эти устройства функционируют на основе принципа пошагового, послойного формирования физического объекта из цифровой трехмерной модели. В публикации Н.Ш. Мустафина и А.А. Барышникова [1] указано, что изначально 3D-принтеры использовались преимущественно для создания опытных образцов, предшествующих запуску массового производства. Однако в последние годы наблюдается активизация исследований, направленных на внедрение 3D-печати в строительную сферу.

Современный инвестиционный сектор на глобальном уровне претерпевает заметные инновационные трансформации, связанные с использованием 3D-печатающих устройств. Активное внедрение аддитивных методов оказывает значительное влияние на перераспределение экономических аспектов в строительстве. Технология объемной печати зданий и сооружений открывает широкий спектр новых возможностей, т. к. строительство остается одной из последних производственных отраслей, не охваченных полной автоматизацией. Как отмечают Е.А. Симаков, К.И. Селяков и Д.П. Кравченко, применение 3D-принтеров в строительстве делает актуальными вопросы механизации процессов, упрощения технологических схем, снижения себестоимости продукции, ускорения сроков возведения объектов и сокращения доли ручного труда [2].

В контексте общемирового тренда цифровизации экономики особое значение приобретает развитие 3D-аддитивных методов при производстве малых архитектурных форм, отдельных элементов конструкций, а также малоэтажного строительства с возможностью быстрой последующей отделки. Согласно статье А.С. Иноземцева, Е.В. Королева и Зыонг Тхань Куй, процесс трехмерной печати включает цифровое моделирование объекта, разбиение модели на двумерные слои посредством специализированного программного обеспечения, а затем – автоматизированное управление устройством для послойного нанесения строительного материала по заданным координатам [3].

Применение 3D-принтеров охватывает широкий спектр задач – от производства отдельных блоков и декоративных элементов до возведения зданий. Эта технология особенно актуальна для регионов, пострадавших от природных катастроф, а также для быстрого возведения жилья в развивающихся странах. В исследовании В.П. Грахова, С.А. Мохначева, О.В. Бороздова [4] описывается влияние развития 3D-технологий на экономику строительства. Эти технологии

позволяют создавать конструкции высокой сложности при минимальных затратах времени и ресурсов и открывают возможности для проектирования зданий с нетипичной геометрией – криволинейными фасадами и нестандартными очертаниями. Автоматизация процессов способствует снижению численности рабочих и уменьшению производственных рисков. В настоящее время наблюдается переход от опытных установок к промышленному использованию строительной 3D-печати.

В России основное внимание уделяется выполнению нормативных показателей по термическому сопротивлению ограждающих конструкций. Согласно статье Н. Лабоннота, А. Ронквиста, Б. Манума и П. Рютера, достижение соответствующих значений сопротивления теплопередаче возможно при использовании многослойных конструкций, сочетающих легкие теплоизоляционные и прочные конструкционные материалы [5]. Одним из важных факторов успешной реализации 3D-технологий в строительстве является разработка смесей, адаптированных к технологии печати. Поэтому актуальным становится научное обоснование требований и условий получения эффективных теплоизоляционных материалов, пригодных для применения в 3D-печати. В этом вопросе важно, чтобы сырьевая база для создания теплоизоляционных материалов и конструкционных композитов была родственной по составу [6, 7].

Использование традиционных утеплителей, таких как минеральная вата или пенополистирол, малоприспособно при формировании сложных архитектурных форм из-за риска образования пустот при изогнутых поверхностях фасада. В условиях 3D-печати, где элементы фасада имеют нестандартные формы, применение гибких и адаптируемых к сложной геометрии теплоизоляционных решений становится особенно важным [8].

Необходимо, чтобы применяемые материалы обеспечивали низкий коэффициент теплопроводности, достаточную влагостойкость, биологическую и химическую стойкость. При этом нужно учитывать региональные климатические особенности и требования нормативной документации [9].

Одним из биологически чистых и полезных для человека материалов является костра технической конопли [10]. Техническая конопля может использоваться в качестве наполнителя и фибры. При прядильном производстве у производителей возникает большая проблема по утилизации ее отходов. Их объем достигает 65–75 % от объема исходного сырья. При этом одним из приоритетных направлений является необходимость вовлечения отходов промышленности в создание новых строительных материалов. Использование такого рода материала помогает не только снизить экономическую составляющую разработанного композита, но и утилизировать вторичный продукт, снизив экологическую нагрузку. Наиболее широко костра применяется для строительства малоэтажных домов и коттеджей с деревянным каркасом. Также она используется в качестве утепления и звукоизоляции полов, стен и крыш [11].

Костробетон – натуральный строительный материал, который состоит из рубленной конопляной костры, а также вяжущего и затворителя [12]. В работе «Characteristics of cement-based thermo-concretes containing capric acid impregnated hemp for thermal energy storage and sound isolation in buildings» [13] рассматриваются результаты исследования использования трех альтернативных компонентов,

изготовленных из органических материалов, таких как конопляная костра, пиролизированный уголь (древесный уголь), шлак мусоросжигательного завода или твердых бытовых отходов. Как ранее было изучено [14], улучшение изоляционной и теплоаккумулирующей способности костробетона имеет решающее значение для энергоэффективности и снижения воздействия на окружающую среду. Поэтому задачей настоящего исследования является изучение физико-механических и теплоизоляционных свойств многослойной конструкции, а также оценка возможности внедрения костробетона как теплоизоляционного слоя для 3D-печати.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились на базе Владимирского государственного университета им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. Подбор материалов и изучение их свойств осуществлялось в соответствии с методиками, изложенными в государственных стандартах. В проводимых экспериментах применялось современное оборудование и приборы кафедры «Строительное производство». Исследование теплового состояния проводилось с использованием CAE-комплекса SOLIDWORKS Simulation.

Структура объекта исследования представляет собой оболочку толщиной 45 мм, выполненную 3D-принтером из песчано-цементной смеси. Оболочка заполнена костробетоном толщиной 410 мм (рис. 1, 2).

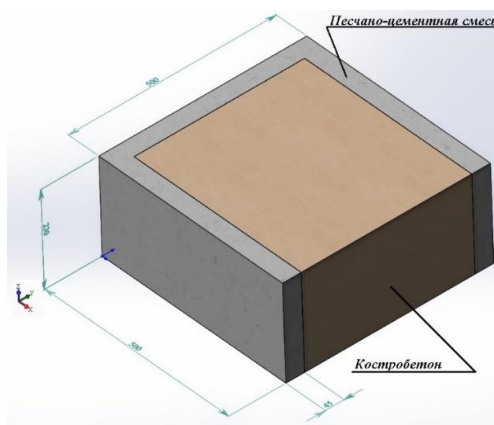


Рис. 1. 3D-модель объекта исследования
Fig. 1. 3D model of multilayer insulation



Рис. 2. Внешний вид объекта исследования
Fig. 2. Multilayer insulation

Теплофизические и механические характеристики песчано-цементной смеси и костробетона приведены в табл. 1 [15, 16].

Для моделирования температурного поля фрагмента стенового блока при постоянном и изменяющемся перепаде температур окружающей среды на наружной и внутренней поверхностях применялся подход, основанный на решении нестационарной задачи теплопроводности методом конечных элементов, реализованным в современных CAE-комплексах [17, 18].

Таблица 1

Теплофизические и механические характеристики
песчано-цементной смеси и костробретона

Table 1

Thermal and mechanical parameters of sand-cement mixtures and hempcrete

Компоненты опалубки	Песчано-цементная смесь	Костробретон
Коэффициент теплопроводности λ , Вт/м·К	0,9	0,09
Плотность ρ , кг/м ³	1900	400
Теплоемкость C_m , Дж/кг·К	840	2300
Коэффициент температурного расширения α_t , 1/К	0,0000145	0,0000056
Модуль упругости E , МПа	20 000	1500
Коэффициент Пуассона	0,18	0,2
Предел прочности при сжатии, МПа	40–50	2,5
Предел прочности при растяжении, МПа	6,5–8	0,7

Для определения напряженно-деформированного состояния (НДС) стенового блока использовалась вариационная постановка задачи термоупругости, решение которой основывалось на методе конечных элементов, реализованном в современных САЕ-комплексах. Моделирование теплового состояния фрагмента стенового блока наружной стены при перепаде температур окружающей среды на наружной и внутренней поверхностях от -30 до $+20$ °С базировалось на решении стационарной задачи теплопроводности методом конечных элементов с использованием САЕ-комплексов.

Задача определения поля температур фрагмента стенового блока решалась на основе вариационных принципов, реализованных в методе конечных элементов.

Метод конечных элементов базируется на вариационных принципах, функционал которых имеет вид

$$\Phi(T) = \frac{1}{2} \int_V \lambda \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial z} \right)^2 dV + \int_V \rho c \frac{\partial T}{\partial \tau} T dV - \int_V Q T dV - \int_{S_\alpha} \alpha (T_\infty - T)^2 dS + \int_{S_q} q_0 T dS, \quad (1)$$

где V – область интегрирования; S_q , S_α – площади поверхностей, для которых заданы граничные условия второго и третьего рода соответственно.

Функционал для конечно-элементной модели представляется суммой функционалов отдельных элементов

$$\Phi = \sum_{e=1}^n \Phi_e,$$

где n – число элементов модели.

Решение задачи теплопроводности на базе конечно-элементного анализа сводится к минимизации функционала на множестве узловых значений температур [1].

В результате минимизации функционала

$$\frac{\partial \Phi(T)}{\partial \{T\}} = \sum_{e=1}^n \frac{\partial \Phi_e(T)}{\partial \{T\}} = 0 \quad (2)$$

получаем систему линейных дифференциальных уравнений первого порядка:

$$[H]\{T\} + [c] \frac{\partial}{\partial \tau} \{T\} = \{F\}, \quad (3)$$

где $[H] = \sum_{e=1}^n [H]_e$ – глобальная матрица теплопроводности; $[c] = \sum_{e=1}^n [c]_e$ – глобальная матрица теплоемкости; $\{F\} = \sum_{e=1}^n \{f\}_e$ – глобальный вектор тепловой нагрузки.

С учетом полученных зависимостей были созданы трехмерная и конечно-элементная модели, представленные на рис. 3. Конечно-элементная модель состояла из 308 943 узлов и 1 752 202 четырехузловых пирамидальных элементов с размером ребра 5 мм. Тепловые потоки на соответствующих поверхностях в расчетной модели задавались с помощью граничных условий III рода (α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К), T – температура окружающей среды).

На наружной поверхности коэффициент теплоотдачи принимался для наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной климатической зоне, т. е. $\alpha = 23$ Вт/(м²·°К). Для внутренней поверхности коэффициент теплоотдачи принимался для стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты h ребер к расстоянию, а между гранями соседних ребер $h/a \leq 0,3$, т. е. $\alpha = 8,7$ Вт/(м²·°К) [19].

Исследование теплового и напряженно-деформированного состояния стенового блока наружной стены предусматривает в том числе построение эпюр вдоль ребер 3D-модели. Обозначение и расположение ребер представлено на рис. 4.

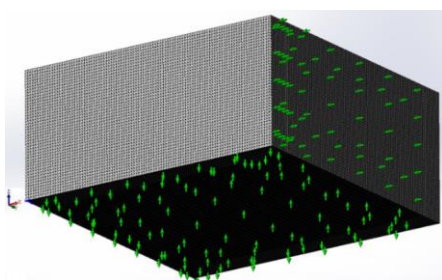


Рис. 3. Трехмерная (3D) конечно-элементная модель фрагмента стенового блока с указанием КГУ

Fig. 3. FEM of wall element fragment with indicated KGU

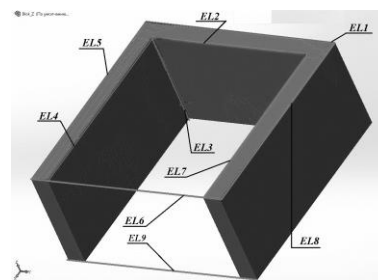


Рис. 4. Обозначение и расположение ребер для построения эпюр при обработке результатов расчетов

Fig. 4. Schematic of edges for plotting diagrams in processing calculation results

Результаты эксперимента и их обсуждение

Температурное поле стенового блока наружной стены представлено на рис. 5. Изменения температуры по ребру *EL1*, относящемуся к оболочке, выполненной из песчано-цементной смеси, и по ребру *EL6*, относящемуся к среднему сечению рассчитываемого блока, представлены на рис. 6. Минимальная температура на наружной поверхности стенового блока составила $-29,7^{\circ}\text{C}$, максимальная на этой же поверхности составила $-28,1^{\circ}\text{C}$. На внутренней поверхности стенового блока максимальная температура составила $-18,6^{\circ}\text{C}$, минимальная на этой же поверхности составила $-15,4^{\circ}\text{C}$.

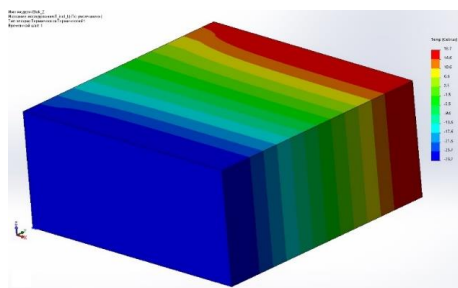


Рис. 5. Температурное поле стенового блока наружной стены

Fig. 5. Temperature field of the outer wall element

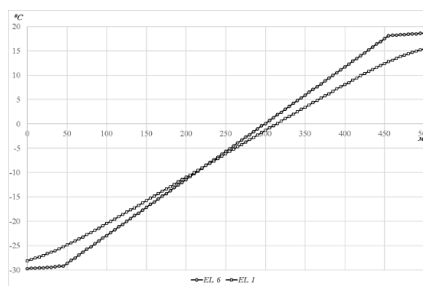


Рис. 6. Изменение температуры стенового блока наружной стены по ребрам *EL1* и *EL6*

Fig. 6. Temperature curves of outer wall element along the edges *EL1* and *EL6*

Из рис. 6 следует, что среднее значение температурного перепада на внутренней поверхности стенового блока составило 2°C , что в два раза меньше нормируемого температурного перепада для жилых, лечебно-профилактических и детских учреждений, школ ($\Delta t_n = 4^{\circ}\text{C}$) [20].

Анализ результатов моделирования НДС стенового блока показал, что размах напряжений цикла нагружения формирует пиковые значения в крайних точках температурного цикла на наружной поверхности блока (при -25 и -5°C). При анализе результатов моделирования НДС стенового блока была определена зона концентрации напряжений – ребро *EL3* на внутренней поверхности песчано-цементной оболочки, находящейся между ребрами *EL1* и *EL6*. Можно предположить, что максимальные напряжения песчано-цементной оболочки находятся в области, прилегающей к ребру *EL3*, и выходят на свободно деформируемую поверхность (узлы 46 259, 46 316 и узел 1451, принадлежащий ребру *EL3*). Экстремальные значения компонентов тензора, главных и эквивалентных напряжений для данных температур приведены в табл. 2, 3.

Результаты численного анализа нестационарных температурных режимов со скоростью изменения температуры $4^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ на температурных интервалах $[-25 \dots -5^{\circ}\text{C}]$ показали высокую инерционность стенового блока. Изменение температуры внутри блока на расстоянии 100–120 мм от внутренней поверхности не превышает 3°C , размах напряжений цикла нагружения создают НДС в крайних точках цикла изменения температуры окружающей среды на наружной поверхности блока, т. е. при -25 и -5°C .

Таблица 2

Экстремальные значения тензора, главных и эквивалентных напряжений в контрольных точках, принадлежащих песчано-цементной оболочке

Table 2

Extreme values of tensor, principal, and equivalent stresses at reference points of sand-cement shell

Датчик	T, °C	σ_x , МПа	σ_y , МПа	σ_z , МПа	τ_{xy} , МПа	τ_{yz} , МПа	τ_{zx} , МПа	σ_1 , МПа	σ_2 , МПа	σ_3 , МПа	σ_{Mises} , МПа	σ_{III} , МПа
Узел 46 316	-25	4,08	0,28	0,41	-3,09	-0,05	0,01	5,81	0,41	-1,45	6,53	7,26
	-5	2,50	0,18	0,24	-1,90	-0,03	0,00	3,56	0,24	-0,88	4,00	4,44
Узел 46 259	-25	0,31	3,73	0,25	-3,35	0,04	0,25	5,79	0,25	-1,75	6,77	7,54
	-5	0,20	2,29	0,15	-2,05	0,02	0,15	3,55	0,15	-1,06	4,14	4,61
Узел 1451 (EL3)	-25	2,47	2,79	0,21	-3,19	-0,02	0,42	5,85	0,28	-0,66	6,09	6,50
	-5	1,52	1,72	0,12	-1,95	-0,01	0,25	3,58	0,17	-0,39	3,73	3,98

Таблица 3

Экстремальные значения тензора, главных и эквивалентных напряжений в контрольных точках, принадлежащих внутренней части блока

Table 3

Extreme values of tensor, principal and equivalent stresses at reference points of inner wall element

Датчик	T, °C	σ_x , МПа	σ_y , МПа	σ_z , МПа	τ_{xy} , МПа	τ_{yz} , МПа	τ_{zx} , МПа	σ_1 , МПа	σ_2 , МПа	σ_3 , МПа	σ_{Mises} , МПа	σ_{III} , МПа
Узел 6181	-25	-0,255	-0,19	-0,15	-0,575	0,18	0,015	0,375	-0,145	-0,825	1,042	1,200
	-5	-0,15	-0,115	-0,09	-0,355	0,11	0,01	0,235	-0,085	-0,505	0,643	0,740
Узел 6044	-25	-0,37	-0,255	-0,275	-0,535	0,005	0,28	0,3	-0,295	-0,905	1,044	1,205
	-5	-0,22	-0,155	-0,165	-0,33	0	0,17	0,19	-0,175	-0,555	0,645	0,745
Узел 5958	-25	-0,09	0,115	-0,005	-0,355	0	0	0,38	-0,005	-0,355	0,637	0,735
	-5	-0,05	0,07	-0,005	-0,22	0	0	0,235	-0,005	-0,22	0,394	0,455
Узел 5015	-25	-0,285	0,445	-0,005	-0,005	0	-0,01	0,445	-0,005	-0,285	0,638	0,730
	-5	-0,17	0,27	0	0	0	-0,005	0,27	0	-0,17	0,384	0,440

Результаты прочностного анализа по критериям второй теории прочности и гипотезе Мора для зон с максимальным уровнем напряжений для оболочки из песчано-цементной смеси и внутреннего объема представлены в табл. 4, 5.

Проведенный численный анализ температурных деформаций и температурных напряжений стенового блока из костьбетона в оболочке из песчано-цементной смеси при температурном интервале от -25 до -5 °C по критериям второй теории прочности и гипотезе Мора для зон с максимальным уровнем напряжений показал, что минимальные значения запасов прочности (1,14–2,7) обеспечивают необходимую надежность блока для данного перепада температур по наружной и внутренней поверхностям.

Таблица 4

Результаты прочностного анализа по критериям второй теории прочности и гипотезе Мора для оболочки из песчано-цементной смеси

Table 4

Strength analysis based on maximum-strain of failure and Mohr–Coulomb theory for a sand-cement mixture shell

Датчик	T, °C	σ_1 , МПа	σ_2 , МПа	σ_3 , МПа	σ_{eqvM} , МПа	Запас прочности по гипотезе Мора	σ_{eqv+} , МПа	Запас по второй теории прочности
Узел 46 316	–25	5,81	0,41	–1,45	6,042	1,324	5,997	1,334
	–5	3,56	0,24	–0,88	3,701	2,162	3,675	2,177
Узел 46 259	–25	5,79	0,25	–1,75	6,070	1,318	6,060	1,320
	–5	3,55	0,15	–1,06	3,720	2,151	3,714	2,154
Узел 1451 (EL3)	–25	5,85	0,28	–0,66	5,956	1,343	5,918	1,352
	–5	3,58	0,17	–0,39	3,642	2,196	3,620	2,210

Таблица 5

Результаты прочностного анализа по критериям второй теории прочности и гипотезе Мора для внутреннего объема

Table 5

Results of strength analysis based on maximum-strain of failure and Mohr–Coulomb theory for inner volume

Датчик	T, °C	σ_1 , МПа	σ_2 , МПа	σ_3 , МПа	σ_{eqvM} , МПа	Запас прочности по гипотезе Мора	σ_{eqv+} , МПа	Запас по второй теории прочности
Узел 6181	–25	0,375	–0,145	–0,825	0,606	1,155	0,569	1,230
	–5	0,235	–0,085	–0,505	0,376	1,860	0,353	1,983
Узел 6044	–25	0,3	–0,295	–0,905	0,553	1,265	0,540	1,296
	–5	0,19	–0,175	–0,555	0,345	2,027	0,336	2,083
Узел 5958	–25	0,38	–0,005	–0,355	0,479	1,460	0,452	1,549
	–5	0,235	–0,005	–0,22	0,297	2,360	0,280	2,500
Узел 5015	–25	0,445	–0,005	–0,285	0,525	1,334	0,503	1,392
	–5	0,27	0	–0,17	0,318	2,204	0,304	2,303

Оценка прочности блока по критериям второй теории прочности и гипотезе Мора для зон с максимальным уровнем температурных напряжений показала, что минимальные значения запасов прочности (1,23–2,5) обеспечивают необходимую надежность блока на нестационарных температурных режимах.

Заключение

В работе исследована возможность использования костробо́тона в качестве теплоизоляционного материала для 3D-печати. Представлен численный анализ теплового состояния стенового блока из костробо́тона в оболочке из песчано-цементной смеси при температуре окружающей среды на наружной

поверхности -30 и 20 °C на внутренней, который показал его высокие теплоизолирующие характеристики. Результаты анализа нестационарных температурных режимов также показали высокую инерционность стенового блока.

На основании проведенного исследования можно сделать вывод о том, что предлагаемый вариант заполнения 3D-опалубки костробоном обладает значительным потенциалом для применения в современном строительстве. Проведенный анализ температурных деформаций и температурных напряжений стенового блока при экстремальном температурном интервале для зон с максимальным уровнем напряжений выявил, что минимальные значения запасов прочности обеспечивают необходимую надежность блока для данного перепада температур по наружной и внутренней поверхностям, а для зон с максимальным уровнем температурных напряжений – при нестационарных температурных режимах.

Результаты численного моделирования подтверждают, что костробоном сохраняет прочность и стабильность даже при резких перепадах температур, что расширяет географию его применения, включая регионы с суровым климатом. Его главные преимущества – низкий коэффициент теплопроводности, минимальная плотность, позволяющая отнести его к классу легких бетонов, экологичность и устойчивость к климатическим нагрузкам – позволяют его использовать в условиях повышенных требований к энергоэффективности и снижению негативного воздействия на окружающую среду. Разработанная технология подтверждена полученным патентом № 2835331 и практическим применением при строительстве одного из общественных зданий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мустафин, Н.Ш., Барышников, А.А. Новейшие технологии в строительстве. 3D-принтер // Региональное развитие. 2015. № 8. С. 13. EDN: VLJYDB
2. Симакова, Е.А., Селякова, К.И., Кравченко, Д. Применение 3D-печати в строительстве // Инженерные исследования. 2021 № 1 (1). С. 3–11. EDN: QZZTUT
3. Иноземцев, А.С., Королев, Е.В., Зыонг, Тхань Куй. Анализ существующих технологических решений 3D-печати в строительстве // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 7 (118). С. 863–876. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.7.863-876
4. Грахов, В.П., Мохначев, С.А., Бороздов, О.В. Влияние развития 3D-технологий на экономику строительства // Фундаментальные исследования. 2014. № 11–12. С. 2673–2676. EDN: TRPFTB
5. Labonnote, N., Rönquist, A., Manum, B., Rüther, P. Additive construction: State-of-the-art, challenges and opportunities // Automation in Construction. 2016. V. 72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2016.08.026>
6. Mazur, K.E., Wardal, W.J., Barwicki, J., Tseyko, M. Thermal Insulation of Agricultural Buildings Using Different Biomass Materials // Energies. 2025. V. 18. № 3. P. 636. <https://doi.org/10.3390/en18030636>
7. Бондарев, Б.А., Баязов, В.А., Корнеев, О.О., Востриков, И.А., Мецераков, А.А., Корнеева, А.О. Подбор составов смесей для 3D-печати // Вестник Евразийской науки. 2021. Т. 13. № 3. DOI: 10.15862/29SAVN321. EDN: HCYDCG
8. Толстова, Ю.И. Основы строительной теплофизики: учеб. пособие. Екатеринбург : Изд-во Уральского университета, 2014. 106 с. ISBN 978-5-7996-1131-6.
9. Bardouh, R., Toussaint, E., Amziane, S., Sandrine Marceau. Evaluating the Mechanical Performance of Bio-Based Concrete: The Role of Aggregate Type and Orientation in Compression Cyclic Loading // Cleaner Engineering and Technology. 2026. V. 30. P. 101–139. DOI: 10.1016/j.clet.2025.101139
10. Barnat-Hunek, D., Smarzewski, P., Brzyski, P. Properties of Hemp–Flax Composites for Use in the Building Industry // Journal of Natural Fibers. V. 14. № 3. 2017. P. 410–425. <https://doi.org/10.1080/15440478.2016.1212764>

11. Leclerc, W., Moudhaffar, N., Nguyen, D.M., Promis, G., Perré, P., Tran Le, A.D. Determination of the thermophysical properties of hemp shives using a methodology combining X-ray nanotomography and FFT-based numerical simulation // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. V. 251. 2025. P. 127–331. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2025.127331>
12. Król, A., Janowska-Renkas, E., Klementowski, I., Pochwała, S. University of Opole Thermal insulation properties of ecological hemp concrete modified with fly ash from the energy sector // *Clean Techn Environ Policy*. 2025. V. 27. № 12. P. 8225–8233. <https://doi.org/10.1007/s10098-025-03225-6>
13. Gencel, O., Güler, O., Ustaoglu, A., Erdoğmuş, E., Sari, A., Hekimoğlu, G., Boztoprak, Y., Subaşı, S. Characteristics of cement-based thermo-concretes containing capric acid impregnated hemp for thermal energy storage and sound isolation in buildings // *Energy*. 2025. V. 329. Art. 136837. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.136837>
14. Наназашвили, И.Х. Строительные материалы из древесно-цементной композиции. 2-е изд. перераб. и доп. Ленинград : Стройиздат, 1990. 415 с.
15. Пилипенко, Н.В. Тепловые потери и энергетическая эффективность зданий и сооружений. Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2016. 54 с.
16. Бодров, В.И., Бодров, М.В., Бодрова, В.Ф., Кузин, В.Ю. Строительная теплофизика. Нижний Новгород : ННГАСУ, 2015. 156 с. ISBN 978-5-528-00064-0.
17. Бухмиров, В.В., Ракутина, Д.В., Солнышкова, Ю.С. Справочные материалы для решения задач по курсу «Тепломассообмен». Иваново : [Б. и.], 2009. 102 с.
18. Леонович, С.Н., Литвиновский, Д.А., Чернякевич, О.Ю., Степанова, А.В. Прочность, трещиностойкость и долговечность конструкционного бетона при температурных и коррозионных воздействиях. В 2 частях. Часть 1. Минск : БНТУ, 2016. 393 с. ISBN 978-985-550-776-6.
19. Щербань, Е.М., Стельмах, С.А., Ванян, С.С., Евсюков, К.К., Зарецкий, А.В., Коржаева, Е.Э. Особенности изменения прочностных и деформативных характеристик обычного и модифицированного центрифугированных бетонов при циклическом замораживании и оттаивании // *Вестник Евразийской науки*. 2019. № 6. URL: <https://esj.today/PDF/62SAVN619.pdf> (дата обращения: 20.11.2025).

REFERENCES

1. Mustafin, N.S., Baryshnikov, A.A. The Latest Technologies in Construction. 3D printer. *Regional'noe razvitie*. 2015; (8): 13. EDN: VLJYDB (In Russian)
2. Simakova, E.A., Selyakova, K.I., Kravchenko, D. 3D Printing in Construction. *Inzhenernye issledovaniya*. 2021; 1(1): 3–11. EDN: QZZTUT (In Russian)
3. Inozemtsev, A.S., Korolev, E.V., Zuong Thanh, Kui. Analysis of 3D Printing Techniques in Construction. *Vestnik MGSU*. 2018; 13(7 (118)): 863–876. DOI: 10.22227/1997 0935.2018.7.863-876 (In Russian)
4. Grakhov, V.P., Mokhnachev, S.A., Borozdov, O.V. Influence of 3D Printing Techniques on Construction Economy. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2014; (11–12): 2673–2676. (In Russian)
5. Labonnote, N., et al. Additive Construction: State-of-the-art, Challenges and Opportunities. *Automation in Construction*, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2016.08.026>
6. Mazur, K.E., Wardal, W.J., Barwicki, J., Tseyko, M. Thermal Insulation of Agricultural Buildings using Different Biomass Materials. *Energies* 2025; 18, 636. <https://doi.org/10.3390/en18030636>
7. Bondarev, B.A., Bayazov, V.A., Korneev, O.O., Vostrikov, I.A., Meshcheryakov, A.A., Korneeva, A.O. Mixtures for 3D Printing. *Vestnik Evraziiskoi nauki*. 2021; 13(3). DOI: 10.15862/29SAVN321. EDN: HCYDCG (In Russian)
8. Tolstova, Yu.I. Fundamentals of Building Thermophysics. Yekaterinburg, 2014. 106 p. ISBN 978-5-7996-1131-6. (In Russian)
9. Bardouh R., Toussaint, E., Amziane, S., Sandrine Marceau. Evaluating the Mechanical Performance of Bio-Based Concrete: The Role of Aggregate Type and Orientation in Compression Cyclic Loading. *Cleaner Engineering and Technology*. 2026; 30: 101–139. DOI: 10.1016/j.clet.2025.101139
10. Barnat-Hunek, D., Smarzewski, P., Brzyski, P. Properties of Hemp–Flax Composites for use in the Building Industry. *Journal of Natural Fibers*. 2017; 14(3): 410–425. <https://doi.org/10.1080/15440478.2016.1212764>

11. Leclerc, W., Moudhaffar, N., Nguyen, D.M., Promis, G., Perré, P., Tran Le, A.D. Determination of the Thermophysical Properties of Hemphshives using a Methodology Combining X-ray Nanotomography and FFT-based Numerical Simulation. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2025; 251: 127–331 <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2025.127331>
12. Król, A., Janowska-Renkas, E., Klementowski, I., et al. Thermal Insulation Properties of Ecological Hemp Concrete Modified with Fly Ash from the Energy Sector. *Clean Techn Environ-ment Policy*. 2025; 27: 8225–8233, <https://doi.org/10.1007/s10098-025-03225-6>
13. Osman, Gencel, Onur, Güler, Abid, Ustaoglu, Ertugrul, Erdogan, Ahmet, Sari, Gökhan, Hekimoğlu, Yalçın, Boztoprak, Serkan, Subaşı. Characteristics of Cement-Based Thermo-Concretes Containing Capric Acid Impregnated Hemp for Thermal Energy Storage and Sound Iso-lation in Buildings. *Energy*. 2025; 329: 136837, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.136837>
14. Nanazashvili, I.H. Building Materials Made of Wood-Cement Composition. 2nd edn. Moscow: Stroyizdat, 1990. 415 p. (In Russian)
15. Pilipenko, N.V. Heat Losses and Energy Efficiency of Buildings. Saint-Petersburg. 2016. 54 p. (In Russian)
16. Bodrov, V.I., Bodrov, M.V., Bodrova, V.F., Kuzin, V.Yu. Construction Thermophysics. Nizhny Novgorod, 2015. 156 p. ISBN 978-5-528-00064-0. (In Russian)
17. Bukhmirov, V.V., Rakutina, D.V., Solnyshkova, Yu.S. Reference Materials for Solving Problems in the Course "Heat and mass transfer". Ivanovo, 2009. 102 p. (in Russian)
18. Leonovich, S.N. (Ed.), Litvinovsky, D.A., Chernyakevich, O.Yu., Stepanova, A.V. Strength, Crack Resistance and Durability of Structural Concrete under Temperature and Corrosion Influences. Minsk, 2016. 393 p. ISBN 978-985-550-776-6 (Part 1). (In Russian)
19. Shcherban, E.M., Stelmakh, S.A., Vanyan, S.S., Evsyukov, K.K., Zaretsky, A.V., Korzhaeva, E.E. Stress-Strain Characteristics of Conventional and Modified Centrifuged Concrete during Cyclic Freezing and Thawing. *Vestnik Evraziiskoi nauki*. 2019; (6). Available: <https://esj.today/PDF/62SAVN619.pdf> (accessed November 20, 2025). (In Russian)

Сведения об авторах

Закревская Любовь Владимировна, канд. техн. наук, доцент, Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 600000, г. Владимир ул. Горького, 87, lvzak@mail.ru

Репина Елизавета Анатольевна, инженер-исследователь, Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 600000, г. Владимир ул. Горького, 87, elizavetarepina64@gmail.com

Authors Details

Lyubov V. Zakrevskaya, PhD, A/Professor, Vladimir State University, 87, Gorky Ave., 600000, Vladimir, Russia, lvzak@mail.ru

Elizaveta A. Repina, Research Engineer, Vladimir State University, 87, Gorky Ave., 600000, Vladimir, Russia, elizavetarepina64@gmail.com

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.

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2026. Т. 28. № 3. С. 241–254.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2026; 28 (3): 241–254.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 667.6:620.197.6

<https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-241-254>



EDN: INPNDZ

АНТИКОРРОЗИОННЫЕ СОСТАВЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТРИЦ И ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

Владислав Александрович Дебелов, Юрий Алексеевич Власов,
Николай Петрович Горленко, Наталья Николаевна Дебелова,
Юлия Юрьевна Сильман

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

Аннотация. *Актуальность.* Коррозия металлических и железобетонных конструкций остается одной из самых серьезных проблем, влияющих на прочность и долговечность изделий. Она вызвана преимущественно такими факторами окружающей среды, как воздействие хлоридов, сульфатов и углекислого газа. Для защиты от коррозии широко применяются методы нанесения защитных слоев на поверхность металла. Анализ практического применения покрытий различной природы показывает, что использование полимерных матриц в сочетании с химическими добавками и наполнителями имеет явные преимущества в эффективности защиты, экономической целесообразности и экологической устойчивости.

Цель работы заключается в синтезе композиций на основе ряда полимерных матриц и химических добавок неорганической природы и оценке их антикоррозионных свойств.

Результаты. В работе представлены экспериментальные результаты синтеза композиций на основе металл-фосфатных связок, введенных в полиуретановую, поливинилацетатную или алкидную полимерную матрицу. Проведена сравнительная оценка адгезионных и антикоррозионных свойств предложенных композиций. Показано, что они могут применяться в качестве комплексного защитного покрытия. Установлено, что введение в полимерную матрицу полиуретана смеси оксидов железа переменной валентности приводит к существенному снижению скорости коррозии в хлорид-содержащей среде за счет протекания вторичных окислительно-восстановительных процессов в объеме защитного слоя. На основании определения краевого угла смачивания и адгезионной прочности композиции к поверхности стали, а также анализа диаграммы Пурбе приведено теоретическое обоснование представленным экспериментальным результатам.

Ключевые слова: коррозия, скорость коррозии, антикоррозионные покрытия, полимерные матрицы, металл-фосфатные связки, адгезия, диффузия, диаграмма Пурбе

Финансирование: работа выполнена при финансовой поддержке программы «Приоритет-2030».

Для цитирования: Дебелов, В.А., Власов, Ю.А., Горленко, Н.П., Дебелова, Н.Н., Сильман, Ю.Ю. Антикоррозионные составы на основе полимерных

матриц и химических добавок неорганической природы // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2026. Т. 28. № 3. С. 241–254. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-241-254>. EDN: INPNDZ

ORIGINAL ARTICLE

CORROSION-RESISTANT COMPOUNDS BASED ON POLYMER MATRICES AND INORGANIC ADDITIVES

**Vladislav A. Debelov, Yury A. Vlasov, Nikolay P. Gorlenko,
Nataliya N. Debelova, Yulia Yu. Sil'man**
Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

Abstract. Corrosion of metal and reinforced concrete structures remains one of the most serious problems affecting strength and durability of products. It is primarily caused by environmental factors such as chloride, sulfate, and carbon dioxide exposure. Various methods are widely used to apply corrosion-resistant coatings onto metal surface.

Purpose: The aim of this work is to synthesize corrosion-resistant compounds based on polymer matrices and inorganic additives and investigate their corrosion-resistant properties.

Methodology/approach: It is shown that proposed compositions can be used as a complex protective coating. The introduction of a mixture of iron oxides with variable valence into the polyurethane polymer matrix significantly reduces the corrosion rate in chloride-containing environments due to secondary redox processes in the protective layer. The contact angle, adhesive strength are calculated, and the Pourbaix diagram is analyzed.

Research findings: Synthesized are corrosion-resistant compounds based on metal-phosphate binders incorporated into polyurethane, polyvinyl acetate or alkyd polymer matrix.

Practical implications: Polymer matrices combined with chemical additives and fillers have advantages in the protection efficiency, cost-effectiveness, and environmental sustainability, and such compounds can be used for corrosion protection.

Keywords: corrosion rate, corrosion-resistant coatings polymer matrix, metal-phosphate binder, adhesion, diffusion, Pourbaix diagram

Funding: This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation and carried out within the Strategic Academic Leadership Program 'Priority 2030'.

For citation: Debelov, V.A., Vlasov, Yu.A., Gorlenko, N.P., Debelova, N.N., Sil'man, Yu.Yu. Corrosion-Resistant Compounds Based on Polymer Matrices and Inorganic Additives. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2026; 28(3): 241–254. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-241-254>. EDN: INPNDZ

Введение

Проблемы, связанные с коррозией металла металлических конструкций в строительстве, транспорте, инфраструктуре, стали одним из основных факторов, вызывающих значительные экономические потери и угрозы безопасности во всем мире [1–3]. Прямые глобальные экономические потери от коррозии оцениваются в триллионы долларов в год [2]. Так, только в США финансовые потери от коррозии металлов обходятся в 276 млрд долл. в год. А общий ущерб от коррозии металлов в промышленно развитых странах составляет от 2 до 4 % валового национального продукта.

Воздействие многочисленных факторов внешней среды, таких как перепады температур, ультрафиолетовое излучение, химическое загрязнение окружающей среды, в частности, хлоридами, сульфатами, оксидами азота, углерода и др., значительно ускоряет разрушение металлических конструкций и изделий. Особенно ощутимые потери наблюдаются в строительной индустрии и на транспорте.

Железобетон является наиболее широко используемым конструкционным материалом в мире, поскольку его механическая прочность и высокая щелочность среды обеспечивают естественную защиту стальной арматуры. Однако, несмотря на эти преимущества, коррозия арматурной стали остается одной из самых серьезных проблем, влияющих на долговечность, срок службы и стоимость жизненного цикла изделия [4–6]. Вызванное коррозией разрушение приводит к образованию трещин, расслоению и преждевременному выходу конструкции из строя, что создает значительные экономические и экологические проблемы, связанные с ремонтом, восстановлением и заменой. Что касается транспорта, то ежегодно коррозии подвергаются миллионы автомобилей. Согласно данным Международной ассоциации по защите металлов, около 60 % автомобилей старше 5 лет демонстрируют признаки ржавчины на кузове или днище. В регионах с влажным климатом или частым использованием антигололедных реагентов этот показатель может достигать 80 % [7].

В настоящее время наиболее широко используются антикоррозионные покрытия на основе полимерных связующих и наполнителей различной природы, в частности, активно применяется эпоксидная смола с высоким содержанием цинка [8–10]. Смесь эффективно обеспечивает первоначальную защиту металла, однако ее подверженность старению, ограниченная устойчивость к атмосферным воздействиям и плохая совместимость с окружающей средой существенно снижают его долговечность.

В последние годы полимеры становятся актуальными многофункциональными материалами для защиты металла от коррозии. Полимеры можно добавлять в виде примесей, покрытий или гибридных модификаторов для повышения водонепроницаемости, улучшения уплотнения микроструктуры и формирования защитных межфазных пленок на поверхности стали. Их способность ингибировать коррозию связана с наличием многочисленных функциональных групп, таких как $-\text{OCH}_3$, $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{COOH}$, $-\text{O}-$ и др., которые способствуют координации с катионами металлов и образованию стабильных металлополимерных комплексов [11]. По сравнению с низкомолекулярными ингибиторами, полимеры обеспечивают более полное покрытие поверхности и высокую совместимость с поверхностью металла.

На основании вышесказанного можно утверждать, что разработка стратегии защиты от коррозии материалов различной природы является одной из актуальных задач, в частности, в строительной, транспортной и промышленной сферах.

Цель работы заключается в синтезе композиций на основе ряда полимерных матриц и химических добавок неорганической природы и оценке их антикоррозионных свойств.

В качестве связующих матриц были выбраны полимеры, отвечающие наиболее высоким эксплуатационным требованиям к условиям действия агрес-

сивных факторов внешней среды. Отдельные характеристики полимеров приведены в табл. 1.

Таблица 1

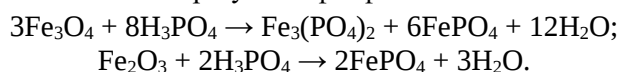
Эксплуатационные характеристики используемых полимеров

Table 1

Operating properties of polymers

Эксплуатационные характеристики полимерных матриц	Поливинилацетат (ПВА)	Алкидная эмаль (АЭ)	Полиуретан (ПУ)
Прочность при разрыве, кг/см ²	300	–	312
Прочность при растяжении, МПа	30–35	10–40	35–55
Водопоглощение, %	3	1–2	1–3
Плотность, г/см ³	1,19	1,1–1,35	5–6
Морозостойкость, количество циклов	35	30	50
Термическая стойкость, °С	–38 °С до +110 °С	–35 °С до +60 °С	–60 °С до +120 °С

Известно, что металл-фосфатные связки широко используются в практике защиты металла от коррозии [12–15]. Это обусловлено их эффективной способностью преобразовывать продукты коррозии на поверхности металла с образованием прочных химических соединений, обладающих высокими адгезионными свойствами [16, 17]. Металл-фосфатные связки синтезировали путем смешивания ортофосфорной кислоты с оксидом хрома(III), оксидом меди(II) или оксидом магния. Ортофосфорная кислота в концентрации 60 %, взятая в небольшом избытке по отношению к эквивалентному количеству оксида, смешивалась с одним из компонентов и для ускорения реакции нагревалась до 80 °С. После 40–60 мин синтеза смесь охлаждалась до комнатной температуры. Небольшой избыток кислоты необходим, во-первых, в целях химического преобразования следов или тонких слоев ржавчины. При взаимодействии продуктов коррозии с ортофосфорной кислотой образуются фосфаты железа



Во-вторых, небольшой избыток кислоты нужен для получения средних солей преимущественно в виде фосфатов металлов, т. к. гидро- и дигидрофосфаты металлов обладают, как правило, повышенной растворимостью в воде по сравнению с фосфатами.

Таким образом, выбор металл-фосфатных связок в качестве добавок обусловлен их повышенной адгезионной способностью к поверхности металлов и способностью в составе полимерных матриц представлять собой комплексное защитное покрытие, которое объединяет в себе функции грунтовочного слоя и финишной обработки защищаемых конструкций и изделий.

Полученные смеси с оксидами меди и хрома представляют собой цветные суспензии синего и зеленого цвета соответственно, а с оксидом магния – бесцветную вязкую жидкость коллоидного типа.

Полученные составы смешивались с полимерными матрицами поливинилацетата, алкидной эмалью и полиуретаном в соотношениях, указанных в табл. 2.

Таблица 2

Составы металл-фосфатных связующих и полимеров

Table 2

Compositions of metal-phosphate binders and polymers

Наименование компонентов	Состав композитов, г		
	№ 1	№ 2	№ 3
Поливинилацетат	1,5	1,5	1,5
Хром-фосфатное связующее (ХФС)	0,5	–	–
Медно-фосфатное связующее (МеФС)	–	0,5	–
Магний-фосфатное связующее (МФС)	–	–	0,5
Алкидная эмаль	1,5	1,5	1,5
Хром-фосфатное связующее (ХФС)	0,5	–	–
Медно-фосфатное связующее (МеФС)	–	0,5	–
Магний-фосфатное связующее (МФС)	–	–	0,5
Полиуретан	1,5	1,5	1,5
Хром-фосфатное связующее (ХФС)	0,5	–	–
Медно-фосфатное связующее (МеФС)	–	0,5	–
Магний-фосфатное связующее (МФС)	–	–	0,5

Методы и результаты

Вязкий состав наносили на поверхность стали марки Ст 09Г2С и после отверждения в естественных условиях изучали физико-химические, адгезионные и антикоррозионные свойства композитов.

Физико-химические свойства композитов исследовали с помощью ИК-спектрометра марки WQF-530A FTIR. Гидрофобные свойства композитов определяли путем нанесения капли воды объемом 0,03 мл на поверхность композита и измерения угла краевого смачивания. Адгезионные свойства изучали методом отрыва по ГОСТ 28574–90¹. Толщину пленки определяли с помощью прибора толщиномера МЕГЕОН 19230. Поверхностное сопротивление композитов измеряли с помощью прибора ЭСО202/2-5.

Первоначально были исследованы гидрофобные и адгезионные свойства синтезированных композитов. Результаты экспериментов приведены на рис. 1 и в табл. 3.

¹ ГОСТ 28574–90. Защита от коррозии в строительстве. Конструкции бетонные и железобетонные. Методы испытаний адгезии защитных покрытий: утвержден Постановлением Государственного строительного комитета СССР от 10.05.1989 № 74: дата введения 1991-01-01. Москва: Стандартинформ. 7 с.

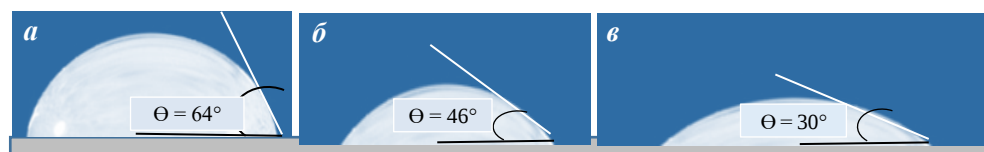


Рис. 1. Формы капель на поверхности композитов на примере составов № 1 с хром-фосфатной связкой и полимерными матрицами:

a – полиуретан; *б* – поливинилацетат; *в* – алкидная эмаль

Fig. 1. Droplet shapes on the surface of composites with chromium-phosphate binder and polymer matrices:

a – polyurethane; *b* – polyvinyl acetate; *c* – alkyd enamel

Рисунок демонстрирует, что наибольшими гидрофобными свойствами обладают составы с углом краевого угла смачивания $\Theta = 64^\circ$ (рис. 1, *a*); наименьшими – композит с $\Theta = 30^\circ$ (рис. 1, *в*). Аналогичные направленности гидрофобных свойств композиций характерны и для фосфатных связок с оксидами меди и магния.

В табл. 3 представлены результаты адгезионной и когезионной прочности покрытия, рассчитанные по значениям краевых углов смачивания и толщины защитных слоев (табл. 4).

Таблица 3

Результаты расчетов параметров адгезии пленки композита различного состава к поверхности стали марки Ст 09Г2С

Table 3

Adhesive parameters of composite films of various compositions to the surface of St 09G2S steel

Параметры	$F_{отр} \cdot 10^{-3}, \text{ Н}$	$W_{адг} \cdot 10^{-3}, \text{ Дж/м}^2$	$W_A \cdot 10^{-2}, \text{ Дж/м}^2$	$W_{кор} \cdot 10^{-2}, \text{ Дж/м}^2$	$f, \text{ Дж/м}^2$
Состав № 1					
Поливинилацетат	$1,91 \pm 0,2$	$9,60 \pm 0,2$	$29,13 \pm 0,2$	$98,75 \pm 0,2$	$-69,62$
Состав № 2					
Поливинилацетат	$1,87 \pm 0,2$	$10,03 \pm 0,2$	$16,92 \pm 0,2$	$61,65 \pm 0,2$	$-44,73$
Состав № 3					
Поливинилацетат	$1,98 \pm 0,2$	$9,90 \pm 0,2$	$23,17 \pm 0,2$	$81,84 \pm 0,2$	$-58,67$
Состав № 4					
Поливинилацетат (исходный)	$1,79 \pm 0,2$	$8,95 \pm 0,2$	$11,99 \pm 0,2$	$44,75 \pm 0,2$	$-32,76$
Состав № 1					
Алкидная эмаль	$1,70 \pm 0,2$	$8,50 \pm 0,2$	$11,39 \pm 0,2$	$42,50 \pm 0,2$	$-31,11$
Состав № 2					
Алкидная эмаль	$1,67 \pm 0,2$	$8,35 \pm 0,2$	$11,82 \pm 0,2$	$41,76 \pm 0,2$	$-29,94$
Состав № 3					
Алкидная эмаль	$1,74 \pm 0,2$	$8,70 \pm 0,2$	$12,20 \pm 0,2$	$43,52 \pm 0,2$	$-31,86$

Окончание табл. 3

End of table 3

Параметры	$F_{отр} \cdot 10^{-3}$, Н	$W_{адг} \cdot 10^{-3}$, Дж/м ²	$W_A \cdot 10^{-2}$, Дж/м ²	$W_{ког} \cdot 10^{-2}$, Дж/м ²	f , Дж/м ²
Состав № 4					
Алкидная эмаль (исходная)	$1,59 \pm 0,2$	$7,91 \pm 0,2$	$10,65 \pm 0,2$	$39,75 \pm 0,2$	$-29,1$
Состав № 1					
Полиуретан	$1,98 \pm 0,2$	$13,38 \pm 0,2$	$55,64 \pm 0,2$	$160,02 \pm 0,2$	$-104,38$
Состав № 2					
Полиуретан	$1,78 \pm 0,2$	$13,43 \pm 0,2$	$54,83 \pm 0,2$	$177,21 \pm 0,2$	$-122,38$
Состав № 3					
Полиуретан	$2,01 \pm 0,2$	$15,08 \pm 0,2$	$42,81 \pm 0,2$	$134,77 \pm 0,2$	$-91,96$
Состав № 4					
Полиуретан (исходный)	$1,95 \pm 0,2$	$12,19 \pm 0,2$	$28,57 \pm 0,2$	$97,54 \pm 0,2$	$-68,97$

Примечание. $F_{отр} = ma$ – сила отрыва; $W_{адг} = F_{отр}h/S$ – адгезионная прочность; $W_A = F_{отр}(1 - \cos)/b$ – работа адгезии; $W_{ког} = 2W_{адг}/(1 + \cos)$ – работа когезии; $f = (W_{адг} - W_{ког})$ – коэффициент растекания капли; h – толщина пленки, м; S – площадь поверхности пленки, м²; b – ширина пленки, м; Θ – угол смачивания, град.

Таблица 4

Краевой угол смачивания (Θ°)
и толщина (l , мкм) защитного слоя композиции

Table 4

Contact angle (Θ°) and thickness (l , μm) of the protective layer

Наименование полимерных матриц	Состав № 1		Состав № 2		Состав № 3	
	Θ°	l	Θ°	l	Θ°	l
Поливинилацетат	46	0,20	35	0,21	40	0,20
Алкидная эмаль	30	0,20	30	0,20	30	0,20
Полиуретан	64	0,27	52	0,30	55	0,30

Как следует из данных табл. 4, внесение металл-фосфатных добавок в полимерную матрицу приводит к повышению адгезии к подложке стали для всех составов композиций в среднем на 2,0–16,2 %, а наибольшей адгезионной прочностью по сравнению с другими полимерными матрицами обладают образцы на основе полиуретана (образец № 3, табл. 2). При этом следует отметить, что после нанесения композиции на поверхность стали со следами коррозии в результате химического взаимодействия со свободной ортофосфорной кислотой

(в небольшом избытке) визуально наблюдается преобразование ржавчины в продукты со свойствами грунтового слоя.

Известно, что чем выше адгезионная прочность защитного слоя к поверхности металла, тем выше антикоррозионные свойства покрытия. На основе анализа экспериментальных данных табл. 4 для оценки скорости коррозии были выбраны следующие составы: для ПВА – состав № 3, для алкидной эмали – состав № 3, для полиуретана – состав № 3 (табл. 2). Повышенная адгезионная прочность магний-фосфатного связующего по сравнению с другими составами, по-видимому, объясняется коллоидной структурой композиции, которая способствует усилению когезионной составляющей, на что указывают и коэффициенты растекания капли (табл. 4).

Коррозионную стойкость изучали на образцах стали (Ст 09Г2С) размерами 3×3 см путем их погружения в 3% раствор поваренной соли по ГОСТ ISO 9223–2017². Три образца одной серии выдерживали в течение 24 ч в солевом растворе, а затем помещали в эксикатор, где создавались стабильные влажные условия. В табл. 5 приведены результаты определения скорости коррозии стали по средним значениям потери массы образцов с защитными покрытиями по сравнению с чистой поверхностью металла на примерах выбранных композиций.

Таблица 5

Определение скорости коррозии для выбранных составов

Table 5

Corrosion rate determined for selected compositions

Композиция	Среднее значение потери массы Δm , г	Среднее значение площади поверхности образцов S , м ²	Скорость коррозии для растворов, г/м ² ·ч
ПВА. Состав № 3	0,0021 ± 0,0002	0,0181	0,0048 ± 0,0003
АЭ. Состав № 3	0,0024 ± 0,0002	0,0181	0,0055 ± 0,0001
ПУ. Состав № 3	0,0017 ± 0,0002	0,0181	0,0039 ± 0,0003
Чистый металл	0,0031 ± 0,0002	0,0181	0,0071 ± 0,0004

Следует отметить, что применение предложенных составов является наиболее эффективным, если на поверхности металла или в дефектных образованиях железобетона будут наблюдаться продукты коррозии, т. к. в присутствии фосфатных связующих реализуется принцип комплексного покрытия, заключающийся в преобразовании ржавчины и формы одновременного нанесения «грунтовка + финишное покрытие».

Защитные свойства полимернаполненных покрытий можно определить суммой физико-химических свойств, которые, в свою очередь, могут быть сведены к следующими основным характеристикам:

² ГОСТ ISO 9223–2017. Коррозия металлов и сплавов. Коррозионная агрессивность атмосферы. Классификация, определение и оценка: дата введения 2019-07-01. Москва: Стандартинформ, 2018. 23 с.

- способность замедлять диффузию и перенос коррозионных агентов к металлической поверхности;
- адгезионные, изоляционные и механические свойства покрытий;
- способность покрытий, содержащих наполнитель, электрохимически защищать металл.

Как следует из экспериментальных данных, составы на основе полиуретана обладают наиболее эффективными антикоррозионными свойствами по сравнению с поливинилацетатной и алкидной полимерными матрицами. Это косвенно подтверждают и значения поверхностного сопротивления композитов. Для ПВА, АЭ и ПУ они составляют 2,0; 59,0 и 10^4 МОм соответственно. Как известно, при высоком омическом сопротивлении и при контакте защитного покрытия с электролитом коррозия с протеканием по механизму электрохимического процесса является весьма затруднительной.

Как показывают микроскопические снимки сплошного защитного слоя, модифицированного фосфатными связками, поверхность полиуретана с введенными металл-фосфатными связующими выглядит более однородной и с меньшими нарушениями целостности поверхности защитного слоя по сравнению с другими образцами (рис. 2). Формирование выраженного рельефа на поверхности образцов (рис. 2, а, б), по-видимому, связано с механизмом полимеризации пленок.

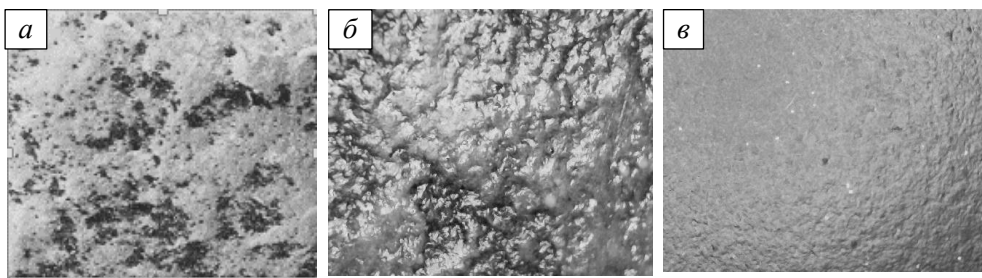


Рис. 2. Фотоизображения поверхности защитных покрытий на примере композитов из полимерных матриц и медь-фосфатных связок:

а – ПВА; б – АЭ; в – ПУ (увеличение $\times 600$)

Fig. 2. SEM images of protective coating surface for polymer matrix composites with copper-phosphate binders:

а – polyvinyl acetate; б – alkyd enamel; в – polyurethane. Magnification: $\times 600$

Кроме того, полиуретан обладает высокой абразивной стойкостью, способен восстанавливать форму после деформации, сохранять эластичность при низких температурах; он устойчив к маслам, бензину, кислотам, растворителям, щелочам и характеризуется одним из наиболее важных свойств – стойкостью к воздействию ультрафиолета.

В дальнейших исследованиях предпринята попытка усиления защитных свойств полиуретанового покрытия за счет введения в полиуретановую матрицу смеси двух- и трехвалентных оксидов железа в следующем соотношении (г): ПУ : FeO : Fe₂O₃ = 1,5:0,3:0,3.

При диффузии электролита или кислорода в объем защитного слоя композита можно выделить два вида развития электрохимической коррозии.

1. Оба оксида могут образовывать гальваническую пару и выступать в качестве катода или анода с протеканием следующих реакций:

– *катодные реакции*: $\text{Fe}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Fe}^0$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3e \rightarrow 2\text{Fe}^0 + 3\text{O}_2$; $\text{Fe}^{3+} + e \rightarrow \text{Fe}^{2+}$; $\text{Fe}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Fe}^0$; $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e \rightarrow 4\text{OH}^-$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + 6e \rightarrow 2\text{Fe}^0 + 6\text{OH}^-$ ($\text{pH} > 7$);

– *анодные реакции*: $\text{Fe}^{2+} - e \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ с образованием $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$; $\text{FeO} - e \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{O}^{2-}$; $2\text{H}_2\text{O} - 4e \rightarrow \text{O}_2\uparrow + 4\text{H}^+$.

Направление наиболее вероятного процесса электрохимической реакции можно определить по значению стандартного потенциала (табл. 6). Как известно, положительный потенциал означает, что элемент является окислителем, а отрицательный – восстановителем, и реакция будет направлена в сторону более положительного или большего значения потенциала.

Таблица 6

Значения стандартных потенциалов для наиболее вероятных реакций окисления-восстановления процессов с участием железа

Table 6

Standard electrode potentials for the most likely redox reactions involving iron

Окислительно-восстановительные реакции	Стандартное значение потенциала, В
$\text{Fe}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Fe}^0$	–0,440
$\text{Fe}^{3+} + 3e \rightarrow \text{Fe}^0$	–0,037
$\text{Fe}^{3+} + e \rightarrow \text{Fe}^{2+}$	+0,771
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ + 6e \rightarrow 2\text{Fe}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$	–0,051
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+ + 2e \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_2$	–0,057
$\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ + 3e$	+0,059
$\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{H}^+ + e \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}$	+0,271
$\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2e \rightarrow \text{Fe}^0 + 2\text{OH}^-$	–0,877
$\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ + 2e \rightarrow \text{Fe}^0 + 2\text{H}_2\text{O}$	–0,047

2. При непосредственном контакте оксидов железа с защищаемым металлом FeO может участвовать в процессах восстановления, а Fe_2O_3 – в процессах окисления. Безусловно, как в случае образования гальванической пары, так и в случае контакта оксидов с металлом введенные в полимерную матрицу оксиды железа будут выступать в качестве антикоррозионных защитных компонентов.

Поскольку диффузионные процессы переноса ионов и кислорода в полимерных матрицах к поверхности защищаемого металла при отсутствии нарушения сплошного покрытия маловероятны, коррозия исходного металла замедляется или может прекратиться совсем, т. к. процессы окисления-восстановления будут протекать в объеме защитной пленки. В частности, для исследуемого состава с применением полиуретановой матрицы и смеси оксидов железа экспериментально выявлено, что скорость коррозии в водном растворе хлорида натрия уменьшается в 1,8 раза по сравнению с чистым металлом (см. табл. 5).

Анализ и обоснование полученных экспериментальных данных полезно провести с помощью диаграммы Пурбе, которая наглядно отображает термодинамически устойчивые формы существования различных элементов и фазо-

вых образований в водных растворах при различных значениях водородного показателя (pH) и окислительно-восстановительного потенциала (E) (рис. 3).

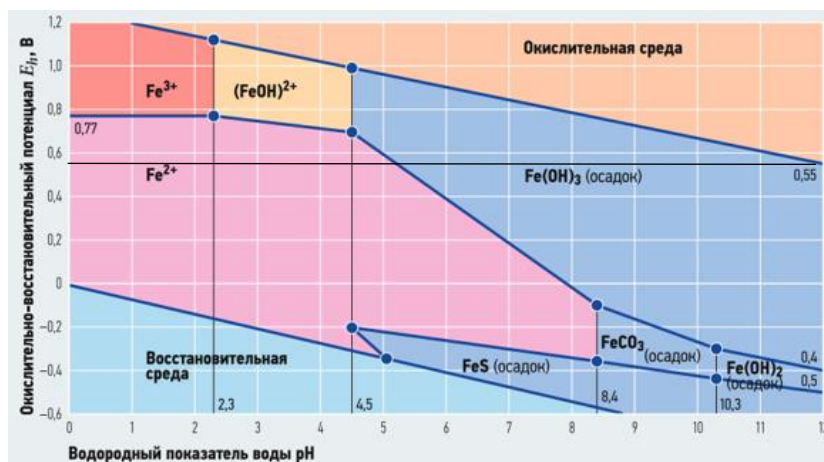


Рис. 3. Диаграмма Пурбе для железа

Fig. 3. Pourbaix diagram for iron

Измеренные показатели окислительно-восстановительного потенциала и кислотности среды для водного раствора хлорида натрия, применяемого при определении скорости коррозии, имеют значения: $E = 0,57$ В (на рис. 3 отмечено линией, проведенной параллельно оси абсцисс) и $pH = 7,0$ соответственно. При таких показателях наиболее термодинамически устойчивым образованием является фаза гидроксида железа (III), что отвечает пассивному состоянию системы в целом. Кроме того, гидроксид железа (III) имеет очень низкий показатель произведения растворимости ($PP = 6,3 \cdot 10^{-38}$). Практически нерастворимый в воде осадок способен коагулировать каналы диффузии агрессивных ионов в объеме защитного покрытия и ограничивать их доступ к защищаемой поверхности металла. Фаза $Fe(OH)_3$ устойчива до $pH \approx 5,2$. При снижении кислотности среды ниже этого значения стабильность проявляют ионы Fe^{2+} , что отвечает началу развития процессов коррозии. При значениях $pH > 12$ система попадает в область окислительной среды.

Заключение

Проведена сравнительная оценка антикоррозионных составов на основе полимерных матриц поливинилацетата, алкидного лака, полиуретана и металл-фосфатных связок для антикоррозионной защиты поверхности стали и железобетонных изделий.

Исследованы адгезионные и антикоррозионные свойства композитов. Показано, что предложенные композиты могут применяться в качестве комплексного защитного покрытия, которое объединяет в себе преобразование продуктов коррозии, грунтовку и финишную обработку защищаемых поверхностей.

Предложен антикоррозионный состав на основе полиуретана и смеси оксидов железа (II) и железа (III). Выявлена эффективность защиты стали от

агрессивного действия хлорид-ионов. Проведен анализ коррозионных процессов с использованием диаграммы Пурбе и обоснована эффективность предлагаемого защитного покрытия.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Wenwen, Xiao, Haoping, Peng, Pengfei, Yu, Xinyan, Cai, Zhaolin, Luan, Song, Deng, Shuhao, Wang. An integrated epoxy rust conversion coating: Its anticorrosion properties and rust conversion mechanism // *Journal of Alloys and Compounds*. 2021. V. 853. № 5. Art. 157005. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.157005> Get rights and content
2. Xiong, Y.M., Zhan, Q.W., Zhang, X., Fu, C.H., Pan, Z.H.H. Study on improving the corrosion resistance of potassium magnesium phosphate cement coatings in marine environments through the synergistic effects of crack sealing and ion exchange exchange // *Journal of Building Engineering*. 2025. V. 116. Art. 114483. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.114483>
3. Xiaoxian, Wang, Jiaping, Liu, Ming, Jin, Yu, Yan, Jinhui, Tang, Zuquan, Jin. A review of organic corrosion inhibitors for resistance under chloride attacks in reinforced concrete: Background, Mechanisms and Evaluation methods // *Construction and Building Materials*. 2024. V. 433. Art. 136583. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136583>
4. Shehnazdeep, B.P. A study on effectiveness of inorganic and organic corrosion inhibitors on rebar corrosion in concrete: A review // *Materials Today: Proceedings*. 2022. V. 65. P. 1360–1366. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.29>
5. Alexander, M., Beushausen, H. Durability, service life prediction, and modelling for reinforced concrete structures – review and critique // *Cement and Concrete Research*. 2019. V. 122. P. 17–29. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.04.018>
6. Damme, H.V. Concrete material science: Past, present, and future innovations // *Cement and Concrete Research*. 2018. V. 112. P. 5–24. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.05.002>
7. *Коррозия в цифрах: статистика, которую стоит знать* // Официальный представитель шведского концерна AUSON в России : [сайт]. URL: <https://www.mercasol.ru/statyi/korrozija-v-cifrax-statistika-kotoruyu-stoit-znat.html?ysclid=mo0x70g9rr883079232> (дата обращения: 21.03.2026).
8. Miao, Yuan, Lulu, Zhao, Tiantian, Ping, Cuiyan, Fu, Xuteng, Xing, Xiaomeng, Chu, Shaojie, Liu, Erjun, Tang. Fabrication of cyclodextrin modified graphene oxide nanocontainers loading zinc ion and its application in water-based epoxy resin coatings // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2025. V. 726. Art. 137679. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2025.137679>
9. Castillo, A., Paulis, M., González, E. Direct-to-metal binders for waterborne anticorrosive steel coatings: Epoxy/styrene-acrylic blends and hybrids // *Reactive and Functional Polymers*. 2025. V. 215. Article 106378. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2025.106378>
10. Chaogang, Zhou, Qiya, Chen, Jingjing, Zhao, Shuhuan, Wang, Jinyue, Li, Liqun, Ai, Tingzhen, Li, Chuanbo. Superhydrophobic epoxy resin coating with composite nanostructures for metal protection // *Materials Today Communications*. 2024. V. 38. Art. 107803. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2023.107803>
11. Ayaz, M., Sebit, G., Suleiman, A., et al. Polymer and eco-friendly inhibitors for corrosion protection of reinforced concrete: A comprehensive review // *Journal of Building Engineering*. 2026. V. 119. № 1. Art. 115119. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.115119>
12. Судакас, Л.Г. Фосфатные вяжущие системы. Санкт-Петербург : Квинтет. 2008. 260 с.
13. Герасимов, А.А. Фосфатирование и оксидирование сталей, цинковых покрытий и сплавов // *Коррозия: материалы, защита*. 2008. № 11. С. 42–44.
14. Щегров, Л.Н. Фосфаты двухвалентных металлов. Киев : Наукова думка, 1987. 216 с.
15. Апанасевич, Н.С., Лапко, К.Н., Кудлаш, А.Н., Сокол, А.А., Клявлин, Ю.Д., Вишневский, К.В. Получение и исследование термостойких композитов на основе твердых магни-фосфатных и кальций-фосфатных связующих // *Журнал Белорусского государственного университета. Химия*. 2021. № 2. С. 50–61. <https://doi.org/10.33581/2520-257X-2021-2-50-61>
16. Голышко-Вольфсон, С.Л., Сычёв, М.М., Судакас, Л.Г., Скобло, Л.И. Материалы на основе металлофосфатов. Москва : Химия, 1976. 200 с.

17. Копейкин, В.А., Петрова, А.П., Рашкован, И.Л. Пак, Ч.Г., Батрашов, В.М. Возможность регулирования структуры и свойств фосфатных композиционных материалов // Перспективы развития строительного материаловедения: энерго- и ресурсосбережение в строительстве : материалы Всероссийской научно-технической конференции. Челябинск, 2011. С. 54–56.

REFERENCES

1. Xiao, W., Peng, H., Yu, P., Cai, X., Luan, Z., Deng, S., Wang, S. An Integrated Epoxy Rust Conversion Coating: Its Anticorrosion Properties and Rust Conversion Mechanism. *Journal of Alloys and Compounds*. 2021; 853(5): 157005. DOI: 10.1016/j.jallcom.2020.157005
2. Xiong, Y.M., Zhan, Q.W., Zhang, X.C.H., Pan, Z.H.H. Study on Improving the Corrosion Resistance of Potassium Magnesium Phosphate Cement Coatings in Marine Environments through the Synergistic Effects of Crack Sealing and Ion Exchange. *Journal of Building Engineering*. 2025; 116: 114483. DOI: 10.1016/j.job.2025.114483
3. Wang, X., Liu, J., Jin, M., Yan, Y., Tang, J., Jin, Z. A Review of Organic Corrosion Inhibitors for Resistance under Chloride Attacks in Reinforced Concrete: Background, Mechanisms and Evaluation Methods. *Construction and Building Materials*. 2024; 433: 136583. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2024.136583
4. Shehnazdeep, Pradhan, B. A Study on Effectiveness of Inorganic and Organic Corrosion Inhibitors on Rebar Corrosion in Concrete: A Review. Pt. 2. *Materials Today: Proceedings*. 2022; 65: 1360–1366. DOI: 10.1016/j.matpr.2022.04.29
5. Alexander, M., Beushausen, H. Durability, Service Life Prediction, and Modeling for Reinforced Concrete Structures – Review and Critique. *Cement and Concrete Research*. 2019; 122: 17–29. DOI: 10.1016/j.cemconres.2019.04.018
6. Van Damme, H. Concrete Material Science: Past, Present, and Future Innovations. *Cement and Concrete Research*. 2018; 112: 5–24. DOI: 10.1016/j.cemconres.2018.05.002
7. Car corrosion in numbers. Available: www.mercasol.ru/statyi/korroziya-v-cifrax-statistika-kotoruyu-stoit-znat.html (accessed March 21, 2026). (In Russian)
8. Yuan, M., Zhao, L.L., Ping, T.T., Fu, C.Y., Xing, X.T., Chu, X.M., Liu, S.J., Tang, E.J. Fabrication of Cyclodextrin Modified Graphene Oxide Nanocontainers Loading Zinc Ion and its Application in water-Based Epoxy Resin Coatings. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2025; 726: 137679. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2025.137679
9. del Castillo, A., Paulis, M., González, E. Direct-to-Metal Binders for Waterborne Anticorrosive Steel Coatings: Epoxy/styrene-acrylic Blends and Hybrids. *Reactive and Functional Polymers*. 2025; 215: 106378. DOI: 10.1016/j.reactfunctpolym.2025.106378
10. Zhou, C., Chen, Q., Zhao, J., Wang, S., Li, J., Ai, L., Li, T., Bo, C. Superhydrophobic Epoxy Resin Coating with Composite Nanostructures for Metal Protection. *Materials Today Communications*. 2024; 38: 107803. DOI: 10.1016/j.mtcomm.2023.107803
11. Ayaz, M., Sebit, G., Suleiman, A., Altaf, M., Zafar, A., Cheng, X., Feng, Y. Polymer and Eco-Friendly Inhibitors for Corrosion Protection of Reinforced Concrete: A Comprehensive Review. *Journal of Building Engineering*. 2026; 119: 115119. DOI: 10.1016/j.job.2025.115119
12. Sudakas, L.G. Phosphate Binding Systems. St. Petersburg: Kvintet, 2008. 260 p. (In Russian)
13. Gerasimov, A.A. Phosphating and Oxidation of Steels, Zinc Coatings and Alloys. *Corrosion: Materials, Protection*. 2008; (11): 42–44. (In Russian)
14. Shchegrov, L.N. Phosphates of Divalent Metals. Kiev: Naukova Dumka, 1987. 216 p. (In Russian)
15. Apanasevich, N.S., Lapko, K.N., Kudlash, A.N., Sokol, A.A., Klyavlin, Y.D., Vishnevsky, K.V. Synthesis and Investigation of Heat-resistant Composites Based on Solid Magnesium-phosphate and Calcium-phosphate Binders. *Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Khimiya*. 2021; 2: 50–61. DOI: 10.33581/2520-257X-2021-2-50-61 (In Russian)
16. Golyngo-Vol'fon, S.L., Sychev, M.M., Sudakas, L.G., Skoblo, L.I. Materials Based on Metal Phosphates. Moscow: Khimiya, 1976. 200 p. (In Russian)
17. Kopeikin, V.A., Petrova, A.P., Rashkovan, I.L., Pak, Ch.G., Batrashov, V.M. Structure and Property Control of Phosphate Composite Materials. In: *Proc. All-Russ. Sci. Conf. 'Development Prospects of Materials Science in Construction: Energy and Resource Saving in Construction'*. Chelyabinsk, 2011. Pp. 54–56. (In Russian)

Сведения об авторах

Дебелов Владислав Александрович, аспирант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, Prosto_VladislavD@mail.ru

Власов Юрий Алексеевич, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, yury2006@yandex.ru

Горленко Николай Петрович, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, goglen@mail.ru

Дебелова Наталья Николаевна, канд. техн. наук, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, mackevichn72@mail.ru

Сильман Юлия Юрьевна, ст. преподаватель, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, silman.julia@mail.ru

Authors Details

Vladislav A. Debelov, Research Assistant, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, Prosto_VladislavD@mail.ru

Yury A. Vlasov, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, yury2006@yandex.ru

Nikolay P. Gorlenko, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, gorlen@mail.ru

Nataliya N. Debelova, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, mackevichn72@mail.ru

Yulia Yu. Sil'man, Senior Lecturer, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, silman.julia@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.

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2026. Т. 28. № 3. С. 255–276.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2026; 28 (3): 255–276.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 691

<https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-255-276>



EDN: LRKJEK

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ХРИЗОТИЛОВЫЕ ВОЛОКНА КАК СТРУКТУРИРУЮЩИЙ КОМПОНЕНТ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

**Людмила Николаевна Наумова, Валерия Валерьевна Строкова,
Павел Александрович Куценко, Алина Валентиновна Абзалилова,
Данил Андреевич Рулев**

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Аннотация. Актуальность анализа результатов исследований, посвященных различным способам модифицирования волокон хризотилового асбеста, приводящих к структурным изменениям и, как следствие, влияющих на их физико-механические характеристики, обусловлена возможностью расширения областей применения модифицированного хризотила. Также актуальным остается изучение состояния потребительской способности хризотила и хризотилсодержащих материалов с учетом экологического аспекта процессов переработки и использования волокон.

Цель. Комплексный анализ научных работ за период 1967–2025 гг., посвященных вопросам изучения возможности модифицирования волокон хризотилового асбеста. Выявление технологических особенностей различных методов обработки волокна: механического, химического, термического, комбинированного. Анализ влияния метода обработки волокон на изменение их поверхностных и физико-механических свойств.

Методы. В работе систематизированы результаты научного поиска по методам обработки хризотила, структурным особенностям и способам модификации хризотилowych волокон и последующем применении их в качестве структурирующего компонента материалов различного назначения. Выполнен анализ публикационной активности отечественных и зарубежных ученых, подтверждающий актуальность применения хризотила.

Результаты. Произведена классификация способов модификации волокон хризотила по параметрам обработки волокна. Выделены методы термической обработки, механического и химического воздействия, комбинированные способы модифицирования фибрилл хризотила. Указаны технологические параметры каждого из описанных методов, а также представлены структурные изменения хризотилового волокна и возможные области его применения как структурирующего компонента не только при изготовлении хризотилцементных изделий, но и при производстве сорбентов, катализаторов, полимерных материалов, а также в металлургической отрасли.

Ключевые слова: хризотил, хризотилцементные изделия, асбест, композиционные материалы, структурные характеристики, механическая обработка, химическая обработка

Финансирование: работа выполнена в рамках реализации государственного задания Минобрнауки РФ № FZWN-2026-0005 с использованием оборудования Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

Для цитирования: Наумова, Л.Н., Строкова, В.В., Куценко, П.А., Абзалилова, А.В., Рулев, Д.А. Модифицированные хризотилловые волокна как структурирующий компонент композиционных материалов различного назначения // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2026. Т. 28. № 3. С. 255–276. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-255-276>. EDN: LRKJEK

ORIGINAL ARTICLE

MODIFIED CHRYSOTILE FIBER AS STRUCTURING COMPONENT OF DIFFERENT COMPOSITE MATERIALS

Lyudmila N. Naumova, Valeria V. Strokovaya, Pavel A. Kutsenko, Alina V. Abzalilova, Danil A. Rulev

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia

Abstract. It is important to study consumer ability of chrysotile and chrysotile-containing materials, taking into account the environmental aspect of fiber processing and applications.

Purpose: Identification of different fiber processing methods, such as mechanical, chemical, thermal, combined. Investigation of the fiber processing effect on their surface and physical and mechanical properties.

Methodology: A comprehensive analysis of the literature of the period 1967–2025 devoted to the modification of chrysotile asbestos fiber, description of chrysotile processing methods, structural properties and methods of modification of chrysotile fibers, and their subsequent use as a structuring component of materials for various purposes.

Research findings: Methods of modification of chrysotile locks are classified according to processing parameters. The heat treatment, mechanical and chemical effects, combined methods of modifying chrysotile fibrils are highlighted. Technological parameters of described methods are indicated, as well as structural changes in chrysotile fiber and possible fields of its application as a structuring component not only in the manufacture of chrysotile cement products, but also in the production of sorbents, catalysts, polymer materials, and metallurgical industry.

Keywords: chrysotile cement product, asbestos, composite material, structural properties, mechanical processing, chemical processing

Funding: Research was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Project N FZWN-2026-0005).

For citation: Naumova, L.N., Strokovaya, V.V., Kutsenko, P.A., Abzalilova, A.V., Rulev, D.A. Modified Chrysotile Fiber as Structuring Component of Different Composite Materials. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2026; 28(3): 255–276. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-255-276>. EDN: LRKJEK

Введение

Применение хризотила при производстве строительных материалов имеет многолетнюю историю. Являясь волокнистым минералом, хризотилловый асбест обладает повышенной эластичностью, отличается устойчивостью

к воздействию высоких температур, благодаря чему хризотил нашел широкое применение как в строительной, так и в других отраслях промышленности. Модифицирование волокон хризотила путем механического, химического и другого воздействия приводит к изменению поверхностных и структурных свойств. В зависимости от способа обработки фибриллы хризотила характеризуются лучшей адгезией, повышенными физико-механическими показателями, устойчивостью к агрессивным средам, что необходимо для их дальнейшего использования при получении различных видов материалов. Так, после распушки хризотилвый асбест может выступать микроармирующим компонентом для матрицы цемента при производстве хризотилцементных изделий, что позволит повысить прочностные характеристики композита, особенно при его работе на изгиб.

Терминологический аспект понятия «асбест» и отличительные свойства хризотила

Природное хризотилвое волокно входит в общее терминологическое понятие «асбест». Данный термин объединяет две группы природных силикатных минералов – серпентиновый и амфиболовый асбесты (таблица).

Классификация и месторождения хризотила Chrysotile classification and deposits

Разновидность асбеста	Химический состав	Основные месторождения
Серпентины		
Хризотил	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$	Россия, Бразилия, Канада, Китай, Зимбабве, Казахстан, Южная Африка
Антигорит	$(Mg, Fe^{2+})_3Si_2O_5(OH)_4$	Россия, Казахстан, Канада
Лизардит (ортоантигорит)	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$	Канада, США, Великобритания, Австрия, Южная Африка
Амфиболы		
Антофиллит	$(Mg, Fe)_7(OH)_2[Si_8O_{22}]$	Северная Америка
Амозит	$(Fe^{2+}, Mg)_7Si_8O_{22}(OH)_2$	Южная Африка
Тремолит	$Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$	Италия, Африка, Балканы, Америка
Актинолит	$Ca_2(Mg, Fe^{2+})_5Si_8O_{22}(OH)_2$	Северная Америка
Крокидолит	$(Na_2Fe_3^{2+}Fe_2^{3+})Si_8O_{22}(OH)_2$	Южная Африка
Родусит	$Na_2(Mg, Fe^{2+})_3Fe_2^{3+}(Si_8O_{22})(OH)_2$	Австралия, Боливия, Зимбабве
Режикит	$Na_5(Mg, Fe^{2+})_{10}Fe_2^{3+}(Si_{16}O_{44})(OH)_4$	Россия, Средняя Азия, Украина
Рихтерит	$Na_2Ca_2Mg_{10}^{+}(Si_{16}O_{44})(OH)_4$	США, ЮАР, Италия, Финляндия

Серпентиновые и амфиболовые асбесты принципиально различаются по своей структуре. Основным минералом серпентиновой группы является хризотил (или хризотил-асбест), который в основном добывают и используют в промышленных масштабах, в том числе в России.

Хризотил-асбест является водным силикатом магния и имеет теоретическую формулу $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ [1–3]. В подгруппе хризотила различают три минеральных вида – клинохризотил, ортохризотил и парахризотил [3]. Кристаллы хризотил-асбеста существуют в трех указанных модификациях, но наиболее распространен клинохризотил, тонковолокнистая разновидность которого называется хризотил-асбестом.

Среди асбестовых минералов амфиболовой группы различают четыре класса: магнезиальные и магнезиально-железистые (антофиллит, куммингтонит); кальциевые (тремолит, актинолит); щелочесодержащие (рихтерит); щелочные (крокидолит, режикит, родусит) [1–5].

Методы

Анализ проведенных научных исследований основывался на поиске публикаций в научной электронной базе eLibrary.ru и полнотекстовой базе данных ScienceDirect за 1967–2025 гг. Поиск публикаций осуществлялся по тематике, связанной со способами обработки и модифицирования волокон хризотил-асбеста. Терминологический поиск осуществлялся на следующие понятия: «хризотил», «модифицированный хризотил», «поверхностная обработка хризотила», «модификация хризотила солями», «кислотная обработка хризотила различными кислотами», «щелочная обработка хризотила». По данному терминологическому поиску было найдено всего 936 публикаций на основе базы eLibrary.ru (рис. 1), из которых 892 были посвящено хризотилу (X); 39 – модифицированию хризотила (MX); 5 – поверхностной обработке хризотила (ХПО); 14 – модифицированию хризотила солями (MXC); 9 – кислотной обработке хризотила различными кислотами (KX); 3 – щелочной обработке хризотила (ЩХ).

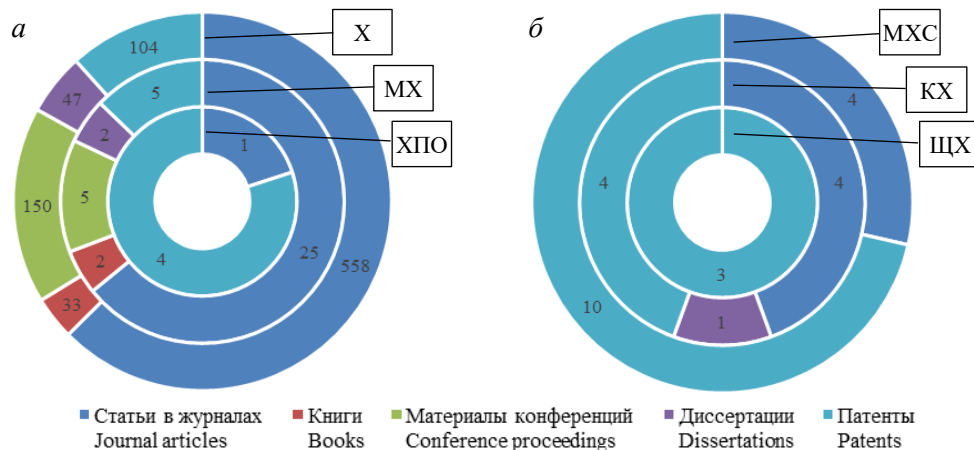


Рис. 1. Качественный и количественный анализ базы eLibrary по запросу:

а – хризотил (X), модифицированный хризотил (MX), поверхностная обработка хризотила (ХПО); б – модификация хризотила солями (MXC), кислотная обработка хризотила различными кислотами (KX), щелочная обработка хризотила (ЩХ)

Fig. 1. Qualitative and quantitative analysis of eLibrary database:

а – chrysotile (X), modified chrysotile (MX), surface treatment of chrysotile (ХПО); б – modification of chrysotile with salts (MXC), acid treatment of chrysotile with various acids (KX), alkaline treatment of chrysotile (ЩХ)

Анализ публикационной активности (рис. 2) охватывает период с 2000 по 2025 г., т. к. более ранние работы с 1967 по 2000 г. представлены фрагментарно. Недостаток оцифрованных материалов того времени и ограниченность доступа не позволяют сформировать полную выборку публикаций, начиная с 1967 г.

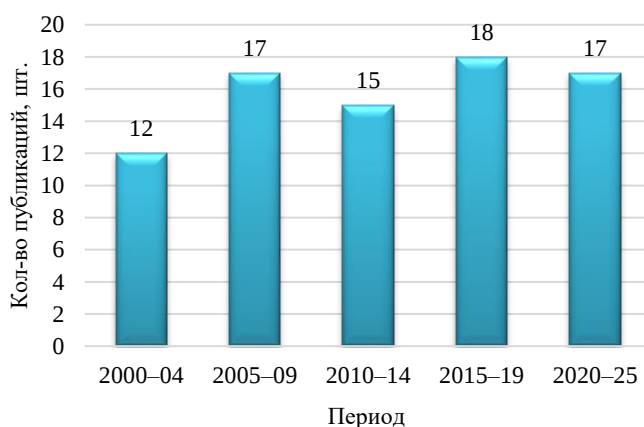


Рис. 2. Публикационная активность по годам за период 2000–2025 гг.

Fig. 2. Publication activity for the years 2000–2025

Высокие количественные значения отклика и публикаций свидетельствуют о том, что до настоящего времени интерес в области использования хризотила не теряет актуальности.

Экологический аспект использования волокон хризотила

Экологические вопросы переработки и применения волокон хризотила являются значимыми в силу преимуществ их физико-химических свойств до настоящего времени и непосредственно связаны с медико-биологическими исследованиями.

Канцерогенные свойства асбеста зависят от его вида и способности микроскопических волокон накапливаться в легких и вызывать тяжелые заболевания и связаны с особенностями строения волокон и их устойчивостью к действию кислот [6, 7]. Так, волокна амфиболовых асбестов имеют игольчатую форму, являются хрупкими, не разрушаются в кислой среде, их размер и прочность выше, по сравнению с хризотилвыми. Амфиболовые волокна практически не выводятся из организма человека, и на основании данных фактов их применение повсеместно запрещено [8–10].

Хризотилвые волокна более эластичны, не являются кислотоустойчивыми, вследствие чего при попадании в организм человека способны разрушаться за счет кислой среды макрофагов (клеток) легких и выводиться из организма за относительно короткое время.

Несмотря на множество проведенных исследований и разработок в области заменителей хризотилвых материалов, до настоящего времени не существует природных и синтетических волокнистых материалов, которые по комплексу потребительских свойств были бы идентичны хризотилу. Показатели

технических и технологических характеристик искусственных волокнистых заменителей ниже по сравнению с хризотилом [11–13].

Экономическая эффективность использования природных хризотилковых волокон во много раз превышает эффективность использования искусственных волокнистых заменителей [14]. Главным является то, что заменители хризотила не являются безопасными для человека. Сравнительный анализ периода полураспада (количество времени, в течение которого из легких выводится 50 % содержания волокон после завершения экспозиции) натуральных волокон и искусственных волокнистых заменителей показал следующее: волокна хризотила выводятся из организма в течение 12 дней, амфибола – 536 дней, волокна целлюлозы – 1046 дней, стекловолна – до 79 дней. Термолит-асбест из легких не выводится [15].

Улучшение условий труда при добыче, производстве и применении асбеста позволило снизить концентрации хризотилковых волокон в воздухе рабочей зоны, что привело к снижению числа опасных асбестообусловленных заболеваний. На основании этого был сделан вывод о возможности безопасного применения асбеста в случае контролируемого его использования [16, 17].

Анализ состояния потребительской способности хризотила и хризотилсодержащих материалов

Россия продолжает оставаться основным производителем хризотила. Так, в 2023 г. было произведено 598 000 т хризотила [18]. На внутреннем рынке нашей страны используется около 30 % от данного объема производства, более 70 % экспортируется в страны СНГ и во многие другие страны мира. Добыча хризотила в России и Республике Казахстан составляет 79 % от мирового уровня. Добыча хризотила в мире составляет более 98 % от общемирового производства асбестов [19].

Внутренний рынок потребления хризотила (Россия, Казахстан) составляет 90 % и направлен на производство хризотилцементных изделий, из этого количества: 60 % составляет выпуск волнистых листов, труб – 20 %, плоских листов и сайдинга – 15 %, коробов, муфт, желобов – 5 % (рис. 3).

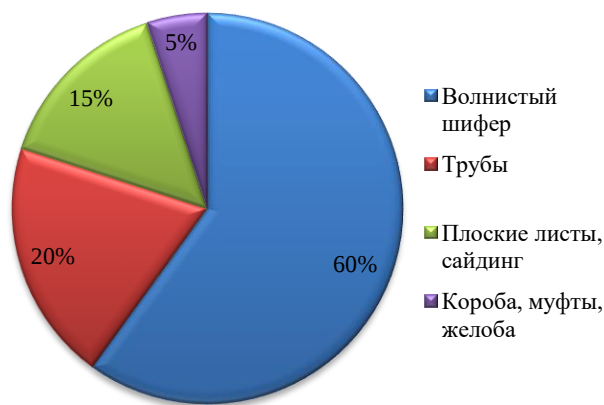


Рис. 3. Внутренний рынок потребления хризотила

Fig. 3. Chrysotile consumption in Russia

Хризотилевая промышленность СНГ насчитывает 43 предприятия, причем значительная часть хризотилдобывающих и хризотилцементных предприятий является градообразующей. Общее количество граждан СНГ, непосредственно связанных с хризотилевой отраслью, составляет более 500 000 чел. [20].

В 2024 г. Российская Федерация показала рост производства хризотила в размере 3,8 %, или 620 600 т, в реальном отношении (рис. 4).

На мировом рынке Россия является крупнейшим экспортером хризотила в такие страны, как Китай, Вьетнам, Индия, а также Юго-Восточную Азию. В последние годы рынок хризотилового асбеста демонстрирует стабильность – несмотря на изменения внешней конъюнктуры, появление новых ограничений, хризотил остается востребованным мировой экономикой.

В настоящее время на территории нашей страны работает 12 предприятий по производству различных видов хризотилцементных изделий. На территориях России и СНГ находятся три месторождения хризотилового асбеста: в России – самое масштабное в мире – Баженовское (ПАО «Ураласбест»), Кiemбаевское (ОАО «Оренбургские минералы»); в Казахстане – Джетыгаринское (АО «Костанайские минералы»). Суммарная добыча хризотила на данных предприятиях составляет 79,0 % от общемировых объемов добываемого сырья [20].

Анализ объемов продаж хризотилцементных листов, произведенных отечественными предприятиями (рис. 5), характеризует снижение экспорта продукции за рубеж и выравнивание количества продаваемой продукции на отечественном рынке.

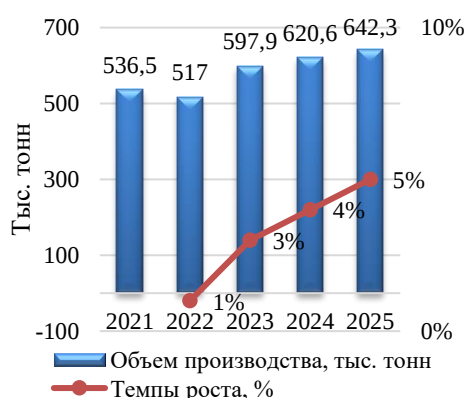


Рис. 4. Объем производства хризотила в России в 2021–2025 гг. (%)

Fig. 4. Chrysotile production (%) in Russia in 2021–2025

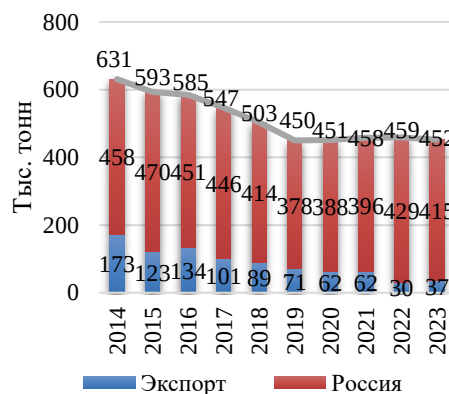


Рис. 5. Объем продаж хризотилцементных листов, муп (миллион условных плиток)

Fig. 5. Chrysotile cement sheets (one million standard tiles)

Характеристики волокон хризотила, используемых в производстве хризотилцементных изделий

В соответствии с ГОСТ 12871–2013¹ хризотилвые волокна, в зависимости от длины волокна, делят на восемь групп, при этом в производстве хризотил-

¹ ГОСТ 12871–2013. Хризотил. Общие технические условия: введ. 2015-07.01. Москва: Стандартинформ, 2015. 24 с.

тилцементных изделий используют хризотил 3–6 групп. Длина волокон в зависимости от группы может составлять от долей до 10 мм.

При добыче и обогащении хризотилитовых руд изменяются качественные показатели хризотилового волокна. Волокно хризотила нормальной прочности характеризуется механической прочностью на разрыв 2800–3600 МПа, полумомкого – 1900–3000 МПа и ломкого – 1700–2200 МПа. Ломкий хризотил отличается повышенной сорбционной способностью. Деформированные волокна хризотила имеют пониженную прочность. Невысокой прочностью обладает выветрелый хризотил, который называют хризотилом пониженной прочности. Понижение сопротивления на разрыв такого хризотила связано с процессами метаморфизма асбестизированных ультрамафитов за счет их карбонатизации [5, 21–23].

В производстве хризотилсодержащей продукции используют различные группы и марки хризотила. ГОСТ 12871–2013 определяет следующие категории: агрегаты хризотила с недеформированными волокнами, толщина которых менее 1 мм; гáля – размер частиц волокна и породы не менее 0,4 мм и не более 4,8 мм, пыль – размер частиц волокна и породы менее 0,4 мм. В зависимости от длины волокна хризотил делят на группы с 0 до 6К и 7. Хризотил 0–6 групп и 6К делится на марки в зависимости от фракционного состава.

Длинноволокнистый хризотил 0–2 групп используют для получения пряжи и ткани, из которых шьют защитные огнестойкие костюмы, брезенты, противопожарные занавеси, палладированные и платинированные асбесты, которые используются в качестве катализаторов в химических производствах.

Хризотил 3-й и 4-й групп используют в производстве напорных и безнапорных труб для водопровода и канализации, муфт, фундаментных блоков и т. д. Хризотил 5-й и 6-й групп применяют в производстве листов: волнистых – окрашенных и неокрашенных; плоских – прессованных и непрессованных, фасадных плит, конструкционных, электро-, тепло-, звукоизоляционных изделий. Хризотил 6К и 7 групп находят применение в производстве огнеупорных красок, хризотиловой штукатурки, теплоизоляционных смесей, шпал, хризотил-битумных смесей [5, 24].

Анализ результатов экспериментальных исследований структурных изменений волокон хризотила при различных способах обработки

В производстве хризотилцементных изделий важной технологической операцией является процесс подготовки исходного хризотилового волокна, который заключается в его распушке с использованием бегунов и гидروطшителя. Обработка хризотила в бегуне направлена на ослабление агрегативной связности волокон между собой и на достижение максимума активной поверхности. Сущность данного процесса заключается в том, чтобы расщепить между собой элементарные фибриллы в пучке, разделить пучки на более тонкие разновидности по плоскостям с нарушенной спайностью. Формирование вторичной структуры волокна происходит за счет коагуляции тонкодисперсных частиц уже в турбулентном водном потоке гидروطшителя с целью увеличения их адсорбционной поверхности. Для использования волокон хризотил-асбеста

в производстве цементосодержащих и полимерсодержащих материалов необходим подход с использованием разных способов их модифицирования.

Условно способы модификации волокон хризотила можно разделить на следующие группы: механическая обработка (рис. 6), химическая обработка за счет воздействия кислот (рис. 7), термическая обработка (рис. 8, 9), комбинированные методы (рис. 10, 11).



Рис. 6. Способы механической обработки хризотила
Fig. 6. Flow-chart of chrysotile mechanical processing

К способам механической обработки материала относится измельчение хризотила за счет разрыва волокон при различных условиях обработки (рис. 6). Так, если рассматривать двухступенчатое диспергирование [25], помол товарного хризотила предварительно происходит в диспергаторе, после чего расщепление пучков проводят в кавитационном дисмембраторе за счет высокоэнергетической пульсации давления ультразвуковой частоты. Полученное таким способом наноразмерное волокно можно использовать для армирования композиционных материалов. Трехступенчатое диспергирование в вибрационной мельнице позволяет получить как тонкие волокна хризотила диаметром 0,1 мкм, так и плотные агрегаты разных размеров с поперечным размером частиц 0,05–0,1 мкм [26]. Криогенное измельчение с использованием жидкого азота при помоле в течение 40 мин дает возможность снизить длину волокон хризотила до 5 мкм [27].

Ввиду того что хризотил является волокнистым силикатным минералом, при термической обработке происходит выделение кремнийсодержащих продуктов (рис. 7).

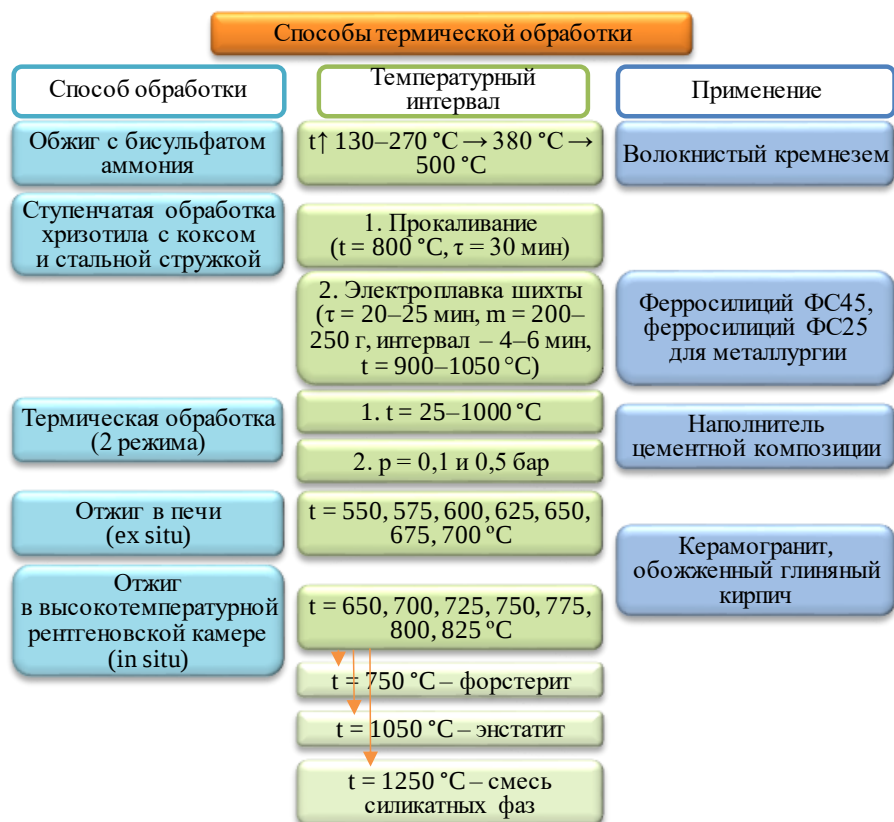


Рис. 7. Способы термической обработки хризотила

Fig. 7. Flow-chart of chrysotile heat treatment

Так, при обжиге в присутствии бисульфата аммония [28] при температуре около 500°C промежуточный продукт $(\text{NH}_4)_2\text{Mg}_2(\text{SO}_4)_3$ превращается в MgSO_4 , а тетраэдр Si-O рекомбинирует, в результате чего получают волокнистый кремнезем, используемый в строительстве в качестве теплоизоляционного материала.

Ступенчатая высокотемпературная обработка хризотила в композиции с коксом и стальной стружкой позволяет получить ферросилиций марки ФС45 и ферросилиций марки ФС25 со степенью извлечения кремния от 75 до 85,4 % и от 68,6 до 73,8 % соответственно, который предназначен для использования в металлургии для улучшения механических свойств сплавов, повышения коррозионно- и жаростойкости [29]. При модификации хризотила в двух режимах обработки: в диапазоне температур $25-1000^\circ\text{C}$ при обычных параметрах и при пониженном давлении (0,1 и 0,5 бар) формируется продукт, используемый в качестве наполнителя цементной композиции [30]. Если рассматривать обработку хризотилового волокна двумя методами ex-situ и in-situ, можно отметить, что при высокотемпературной обработке происходит разложение хризотила с образованием силикатов, применяемых в качестве сырья для получения керамогранита (porcellanato grés) или обожженного глиняного кирпича [31].

Химические способы обработки хризотила в основном направлены на модификацию структуры и свойств волокна, его верхнего слоя (рис. 8, 9). Повышению степени распушки хризотила способствует его обработка водным раствором таких кислот, как соляная, уксусная, кремнефтористая и серная [32].

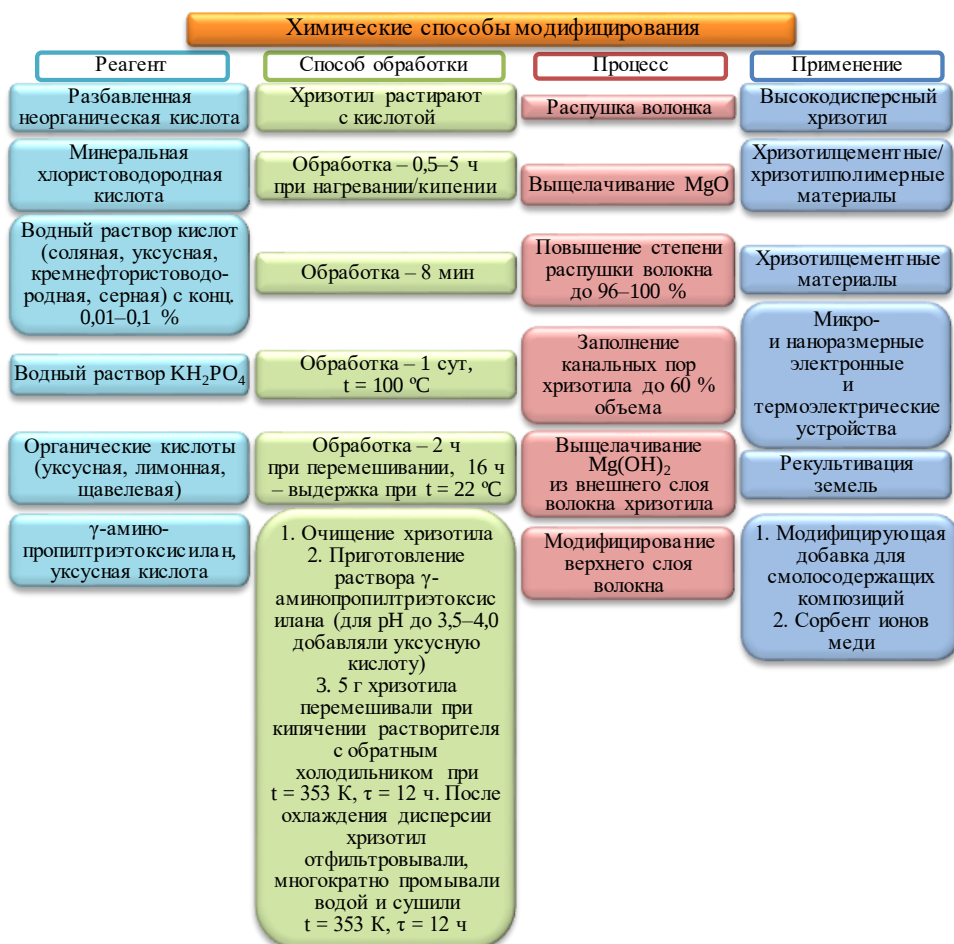


Рис. 8. Химические способы модифицирования хризотила
Fig. 8. Flow-chart of chemical modification of chrysotile

Использование в качестве реагента серной кислоты при обработке товарного хризотила и добавление жидкого стекла при распушке волокон также способствуют данному процессу [33–36]. Выщелачивание оксида магния из верхнего слоя хризотилового волокна происходит при его обработке минеральной хлористоводородной кислотой [37, 38] и органическими кислотами [39], после чего его можно использовать в производстве хризотилцементных материалов и для рекультивации земель соответственно. Также после модификации верхнего слоя хризотила его можно применять в качестве сорбционного материала. Для этого могут быть использованы следующие реагенты: γ -аминопропилтри-

этоксисилан и уксусная кислота [40], нитрат железа(III) нонагидрат [41], соляная [42] и азотная [43] кислоты. Обработка волокна дигидроортофосфатом калия [44] и соляной кислотой позволяет применять модифицированный хризотил на микро- и наноуровне. При растирании хризотилового волокна с добавлением разбавленной неорганической кислоты получают высокодисперсный хризотил [45].

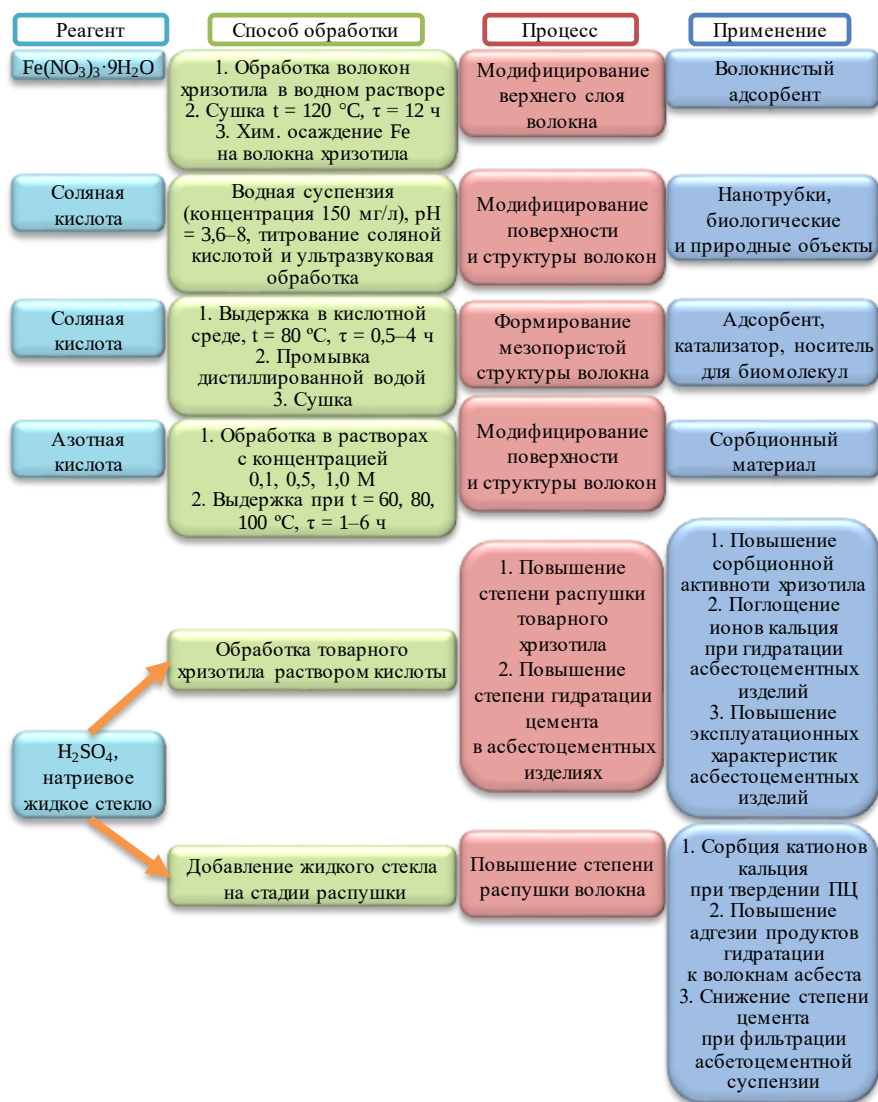


Рис. 9. Способы химической обработки хризотила

Fig. 9. Flow-chart of chrysotile chemical processing

Комбинированные способы обработки хризотилового волокна могут включать этапы механической, химической и термической обработки, микро-волнового излучения и ультразвукового воздействия (рис. 10, 11).

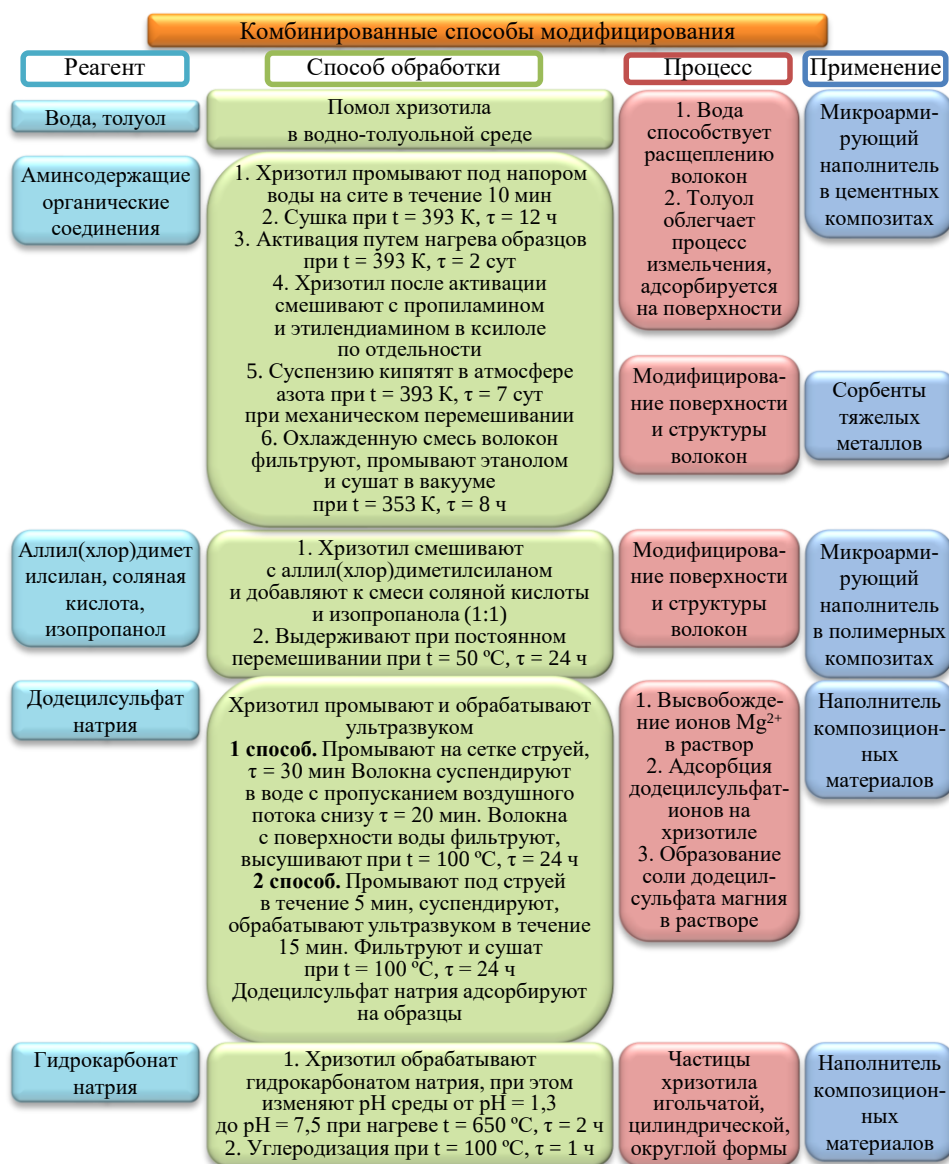


Рис. 10. Комбинированные способы модифицирования хризотила

Fig. 10. Flow-chart of combined modification of chrysotile

Если рассматривать модификацию хризотила путем воздействия кислот при повышенных температурах, то можно отметить, что при использовании в качестве реагента аминсодержащих органических соединений [46] за счет модификации поверхности и структуры хризотилового волокна можно получить сорбенты тяжелых металлов. Также для получения сорбентов проводят обработку хризотила фосфорной кислотой с последующей термической обработкой [47]. В то же время при использовании в качестве реагента солей фосфорной кислоты после смешения компонентов и фильтрации смеси в качестве

модификации хризотила отмечают образование струвита и силикатных солей, применяемых как лимоннокислое удобрение [48].

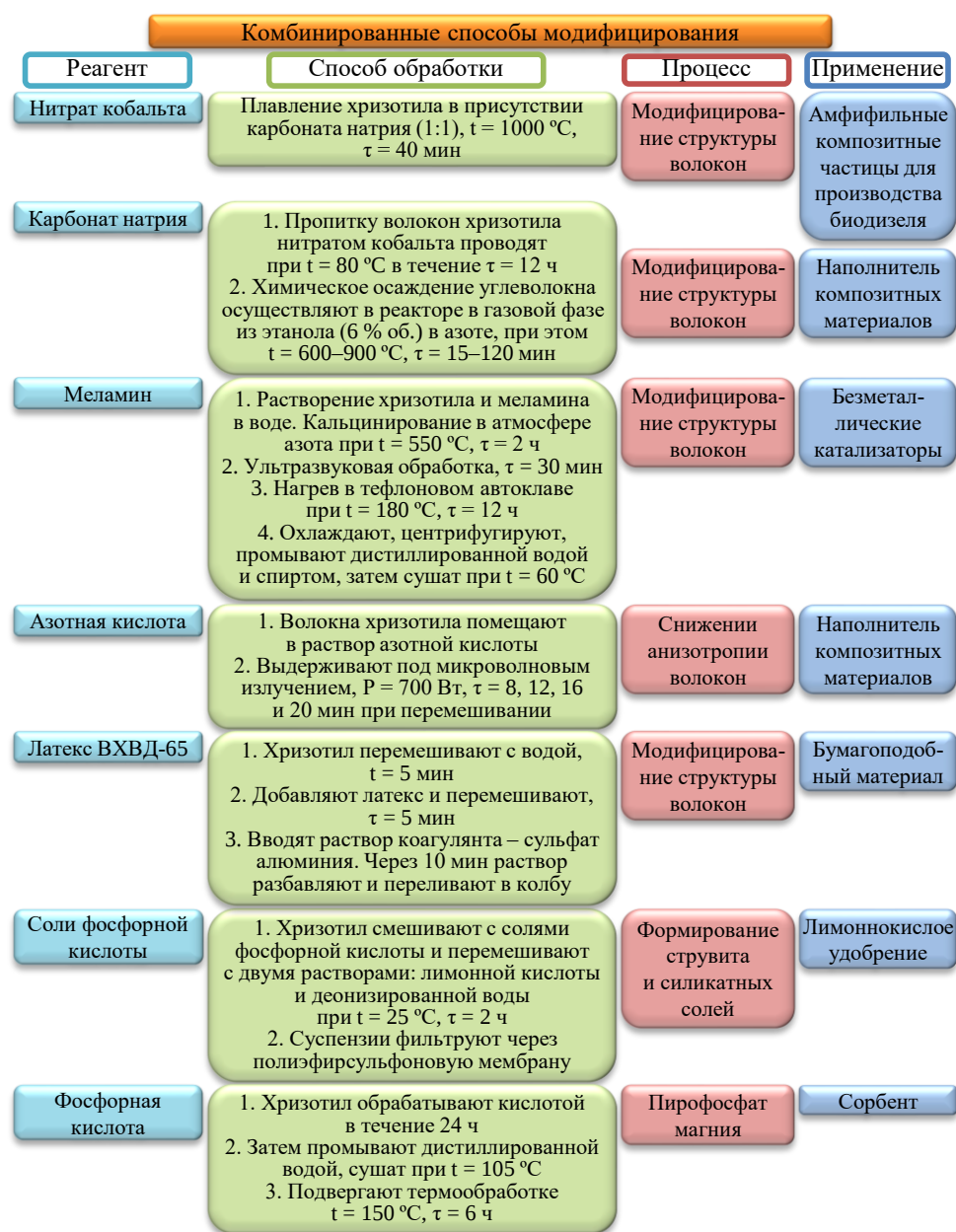


Рис. 11. Комбинированные способы обработки хризотила

Fig. 11. Flow-chart of combined chrysotile processing

При обработке волокон гидрокарбонатом натрия [49] и карбонатом натрия [50] после модификации структуры волокон и изменения формы частиц

хризотил может быть использован в качестве наполнителя различных композиционных материалов. Пропитка волокон раствором нитрата кобальта при повышенной температуре с последующим химическим осаждением на него углеволокна дает возможность получить композитные частицы, применяемые на различных стадиях производства биодизеля [51].

Перемешивание хризотила в водно-полимерной среде воздействует на структуру его волокна. Помол и, соответственно, перемешивание волокна в водно-толуольной среде способствуют расщеплению волокон, а также при измельчении толуол осаждается на поверхности хризотила, что при использовании обработанного таким способом волокна в цементных композитах позволяет избежать образования трещин [52]. После обработки волокна сополимером винилхлорида с винилиденхлоридом, что и является латексом марки ВХВД-65, можно получить бумагоподобный материал [53].

Модификация хризотила при использовании меланина дает возможность получить безметаллические катализаторы [54]. А при выборе таких реагентов, как додецилсульфат натрия [55] и азотная кислота [56], модифицированный хризотил применяют в качестве наполнителя композиционных материалов. При обработке кремнийорганическими соединениями (например, аллил(хлор)диметилсиланом), а также растворами соляной кислоты и изопропанола после изменения поверхности и структуры волокон их используют как армирующий наполнитель в полимерных композитах [57].

Также интерес представляет воздействие на структуру волокон хризотила кислот, получаемых за счет выращивания в их присутствии грибов штамма *Talaromyces* sp., выделенного из серпентиновых почв в Китае [58]. Однако однозначного мнения на этот счет нет. В ходе абиотического исследования с целью имитации изменения pH раствора для выдержки хризотила за счет добавления соляной кислоты было установлено, что скорости химического выветривания хризотила были практически идентичными независимо от того, было ли растворение вызвано биологически или абиотически. При этом рентгеноструктурный анализ и анализ с помощью сканирующей электронной микроскопии волокон хризотила не показали структурных изменений.

Заключение

В настоящее время применение хризотилцементных материалов в строительной индустрии заметно снизилось, что чаще всего связано с экологическим аспектом технологии производства данного материала. Однако в ходе изучения проведенных исследований установлено, что канцерогенными свойствами обладают лишь определенные разновидности микроскопических волокон асбеста, а именно амфиболы. Если говорить о хризотиле, то такие волокна не только безопасны при соблюдении всех необходимых мер предосторожности на производстве, но и не имеют аналогов по своим физико-механическим характеристикам в сравнении с искусственными заменителями.

Также проведенный анализ публикаций позволил условно классифицировать способы модификации хризотила по параметрам обработки волокна. Так, механическая обработка позволяет влиять на текстуру волокна, изменяя диаметр и длину фибрилл. При термическом воздействии на волокна хризотила

отмечено выделение кремнийсодержащих продуктов, что расширяет область его применения не только для производства хризотилцементных материалов, но и в металлургической промышленности. Способы химической модификации хризотила основаны на обработке волокон кислотами, также могут быть использованы натриевое жидкое стекло и кремнийорганические жидкости. Преобразованные такими способами волокна имеют еще больший спектр возможностей и находят применение в качестве адсорбентов, для хризотилцементных материалов, для микро- и наноустройств. Комбинированные способы обработки в зависимости от регулируемых параметров дают возможность получить наполнители композиционных материалов, сорбенты, катализаторы, армирующие наполнители для полимерных материалов.

Таким образом, проведенный анализ публикаций по способам обработки и модифицирования хризотила свидетельствует о возможности его использования не только в строительной области, но и в других направлениях промышленности при производстве различных композиционных материалов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Калинин, Д.В., Денискина, Н.Д., Лохова, Г.Г. Амфиболовые асбесты, их синтез и генезис в природе. Новосибирск : Наука, 1975. 93 с.
2. Кужварт, М. Неметаллические полезные ископаемые. Москва : Мир, 1986. 472 с.
3. Янин, Е.П. Асбест в окружающей среде. Москва : ИМГРЭ, 1997. 176 с.
4. Соболев, Н.Д. Введение в асбестоведение. Москва : Недра, 1971. 280 с.
5. Соболева, М.В. Минералогия волокнистых минералов группы амфиболов и серпентина. Москва : Недра, 1972. 252 с.
6. Berry, G. Models for mesothelioma incidence following exposure to fibers in terms of timing and duration of exposure and the biopersistence of the fibers // *Inhal Toxicol*. 1999. V. 11. P. 111–130. DOI: 10.1080/089583799197203
7. Кашанский, С.В. Нормативно-правовое обеспечение безопасного, контролируемого использования асбеста в Российской Федерации // Современное состояние и перспективы развития асбестоцементной промышленности стран СНГ Центрально-Азиатского региона в условиях контролируемого, безопасного использования асбестосодержащих изделий и материалов : Региональный международный семинар. Ташкент, 2004. С. 65–69.
8. Stanton, M.F., Layard, M., Tegeris, A., Miller, E., May, M., Morgan, E., Smith, A. Relation of particle dimension to carcinogenicity in amphibole asbestoses and other fibrous minerals // *Journal of the National Cancer Institute*. 1981. V. 67. P. 965–975.
9. Velasco-García, M.I., Cruz, M.J., Diego, C., Montero, M.A. First identification of pulmonary asbestos fibres in a Spanish population // *Lung*. 2017. V. 195. P. 671–677. DOI: 10.1007/s00408-017-0042-1
10. Gilham, C., Rake, C., Burdett, G. Pleural mesothelioma and lung cancer risks in relation to occupational history and asbestos lung burden // *Occupational and Environmental Medicine*. 2016. V. 73. P. 290–299. DOI: 10.1136/oemed-2015-103074
11. Gerde, P., Scolander, P. Absorption of polycyclic aromatic hydrocarbons on asbestos and man-made mineral fibers in the gas phase // *Non-occupational Exposure to Mineral Fibers: IARC Scientific Publications*. 1989. № 90. P. 140–148. [https://doi.org/10.1016/S0021-8502\(97\)85341-4](https://doi.org/10.1016/S0021-8502(97)85341-4)
12. Блох, Г.С., Парыгин, В.П., Долинская, Г.С. Заменители асбеста в производстве листовых композиционных материалов // *Строительные материалы*. 1992. № 8. С. 16–18.
13. Гиббз, Г. Мониторинг охраны здоровья и безопасность при использовании других волокнистых материалов // Безопасность и здоровье при производстве и использовании асбеста и других волокнистых материалов : сборник докладов и выступлений Международной конференции, Екатеринбург, 3–7 июня 2002 г. Асбест : Асбестовая ассоциация, 2003. С. 30–38.
14. Готбу, К. Запрет асбеста связан не с радением о здоровье – это экономическая война // Безопасность и здоровье при производстве и использовании асбеста и других волокни-

- стных материалов : сборник докладов и выступлений Международной конференции, Екатеринбург, 3–7 июня 2002 г. Асбест : Асбестовая ассоциация, 2003. С. 24–25.
15. *Новейшие исследования по теме «Асбест и здоровье»* // Урал Асбест : [сайт]. URL: <https://www.uralasbest.ru/health/novejshie-issledovaniya-po-teme-asbest-i-zdorove> (дата обращения: 21.04.2026).
 16. *C162 Asbestos Convention, 1986* // International Labour Organization : [сайт]. URL: https://training.ilo.org/actrav_cdrom2/en/osh/legis/c162.htm (дата обращения: 21.04.2026).
 17. *Pigg, D. Regulatory developments – Situation in the United States* // Proceedings of the 8th Asbestos International Association Biennial Conference, 11–12 May 1993. P. 36–43.
 18. *Пуненков, С.Е., Козлов, Ю.С.* Хризотил-асбест и ресурсосбережение в хризотил-асбестовой отрасли // Горный журнал Казахстана. 2022. № 1. С. 5–10. DOI: 10.48498/minmag.2022.202.2.001
 19. *Punenkov, S.E.* Composite materials based on natural chrysotile fibers // Chemical Bulletin. 2024. V. 7. № 1. P. 4–21. DOI: 10.58224/2619-0575-2024-7-1-4-21
 20. *Пуненков, С.Е.* Хризотилвые волокна и хризотилцементные изделия на их основе // Горный журнал Казахстана. 2024. № 2. С. 12–25. <https://doi.org/10.48498/minmag.2024.226.2.006>
 21. *Месторождения хризотил-асбеста СССР*. Москва : Недра, 1967. 512 с.
 22. *Меренков, Б.Я.* Генезис хризотил-асбеста. Москва : Изд-во АН СССР, 1958. 138 с.
 23. *Меренков, Б.Я., Толстихина, К.И., Шумихина, И.В.* Дегидратация хризотил-асбеста и серпофита // Труды ИГЕМ АН СССР. 1959. Вып. 31. С. 54–67.
 24. *Татаринев, П.М., Карякин, А.Е., Голиков, А.С., Кирюков, В.В., Дыбков, В.Ф.* Курс месторождений твердых полезных ископаемых. Ленинград : Недра, 1975. 631 с.
 25. *Смоликов, А.А., Костин, В.В.* Применение высокоэнергетического диспергирования для получения нанотрубок хризотила // Известия вузов. Строительство. 2009. № 2. С. 24–30. EDN: PFALPD
 26. *Кротилов, В.А., Харитонов, Н.П.* Изучение процессов, происходящих при механохимическом воздействии на полиорганосилоксан-силикатные суспензии // Труды 6-го Всесоюзного совещания по жаростойким покрытиям, Ленинград, 20–23 марта 1973 г. Ленинград : Наука, 1975. С. 374–383.
 27. *Scognamiglio, V., Di Giuseppe, D., Lassinanti Gualtieri, M., Tomassetti, L., Gualtieri, A.F.* A Systematic Study of the Cryogenic Milling of Chrysotile Asbestos // Applied Sciences. 2021. V. 11. № 11. Art. 4826. DOI: 10.3390/app11114826
 28. *Song, P., Peng, T., Sun, H., Yu, Y.* Preparation of fibri-form silica via extraction of metal oxide by mix-roasting from chrysotile fibers // Journal of the Chinese Ceramic Society. 2015. V. 43. № 5. P. 692–698. DOI: 10.14062/j.issn.0454-5648.2015.05.20
 29. *Akylbekov, Ye.Ye., Shevko, V.M., Aitkulov, D.K., Karataeva, G.E.* Electrothermal processing of chrysotile-asbestos wastes with production of ferroalloy and extraction of magnesium into the gas phase // Complex Use of Mineral Resources. 2023. V. 327. № 4. P. 74–81. DOI: 10.31643/2023/6445.42
 30. *Kujawa, M., Kusiorowski, R., Gerle, A.* The influence of conventional and low-pressure heat treatment on the course of chrysotile asbestos decomposition // 24th SGEM International Multidisciplinary Scientific Geoconference 2024 : conference proceedings. DOI: 10.5593/sgem2024v/4.2/s17.21
 31. *Kusiorowski, R., Gerle, A., Kujawa, M., Bloise, A.* Kinetic aspects of chrysotile asbestos thermal decomposition process // Minerals. 2025. V. 15. № 6. P. 609. DOI: 10.3390/min15060609
 32. *Патент № 1620432 СССР, МПК C04B 20/08.* Способ распушки асбеста ; заявл. 06.02.1989 ; опубл. 15.01.1991 / Мещеряков Ю.Г., Чистяков Б.З., Балакирева Е.К. Бюл. № 2. 2 с.
 33. *Везенцев, А.И., Наумова, Л.Н.* Повышение эффективности распушки хризотила // Строительные материалы. 2008. № 9. С. 21–22.
 34. *Турский, В.В., Везенцев, А.И., Наумова, Л.Н., Чупрова, Ю.И., Сидорова, Н.Ю.* Интенсификация распушки хризотил-асбеста // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2001. № 9. С. 55–57.
 35. *Наумова, Л.Н.* Структурно-морфологические изменения характеристик хризотила под действием модифицирующих факторов // Казанская наука. 2010. № 10. С. 55–57.
 36. *Наумова, Л.Н.* Повышение физико-механических характеристик цементного композиционного материала на основе модифицированного волокна хризотила // Вестник Белгород-

- ского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2025. № 8. С. 8–17. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-8-8-17
37. *Патент № 454151* Швейцарии, МПК C03B 33/00. Procédé de préparation d'une matière colloïdale microcristalline à partir du chrysotile : опубли. 29.07.1969 / Battista O.A. 31 с.
 38. *Патент № 3458393* США, МПК D31B, C03B. Modified colloidal chrysotile and method of preparing same : опубли. 07.07.1972 / Battista O.A. 6 с.
 39. Holmes, E.P., Wilson, J., Schreier, H., Lavkulich, L.M. Processes affecting surface and chemical properties of chrysotile: Implications for reclamation of asbestos in the natural environment // Canadian Journal of Soil Science. 2012. V. 92. P. 229–242. DOI: 10.4141/CJSS2010-014
 40. Liu, K., Zhu, B., Feng, Q., Wang, Q. Adsorption of Cu(II) ions from aqueous solutions on modified chrysotile: Thermodynamic and kinetic studies // Applied Clay Science. 2013. V. 80–81. P. 38–45. DOI:10.1016/j.clay.2013.05.014
 41. Teixeira, A.P.C., Purceno, A.D., de Paula, C.C.A., da Silva, J.C.C. Efficient and versatile fibrous adsorbent based on magnetic amphiphilic composites of chrysotile/carbon nanostructures for the removal of ethynilestradiol // Journal of Hazardous Materials. 2013. V. 248–249. № 1. P. 295–302. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2013.01.014
 42. Maletaškić, J., Stanković, N., Daneu, N., Babić, B., Stoiljković, M., Yoshida, K., Matović, B. Acid leaching of natural chrysotile asbestos to mesoporous silica fiber // Physics and Chemistry of Minerals. 2018. V. 45. P. 343–351. DOI: 10.1007/s00269-017-0924-z
 43. Hongo, T., Fukuda, S. Transmission electron microscopy and fourier-transform infrared spectroscopy studies of chrysotile dissolution using a flow-through method // Clay Science. 2023. V. 27. P. 41–48. <https://doi.org/10.11362/jcssjclayscience.MS-23-1>
 44. Кумзеров, Ю.А., Картенко, Н.Ф., Парфеньева, Л.С., Смирнов, И.А., Фокин, А.В., Wlosewicz, D., Misiolek, H., Jezowski, A. Теплоемкость и теплопроводность нанокompозита хризотил-КДР (KH₂PO₄) // Физика твердого тела. 2011. Т. 53. № 5. С. 1033–1036.
 45. *Патент № 3201196* США. Chrysotile with high specific surface and method of preparing same : опубли. 17.08.1965 / Janey A.B. 87 с.
 46. Fonseca, M.G., Airolidi, C. Thermodynamics data of interaction of copper nitrate with native and modified chrysotile fibers in aqueous solution // Journal of Colloid and Interface Science. 2001. V. 240. № 1. P. 229–236. DOI: 10.1006/jcis.2001.7581
 47. Girotto, C.P., de Campos, S.D., de Campos, E.A. Chrysotile asbestos treated with phosphoric acid as an adsorbent for ammonia nitrogen // Heliyon. 2020. V. 6. P. 1–9. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e03397
 48. Tan, Y., Zou, Z., Qu, J. Mechanochemical conversion of chrysotile asbestos tailing into struvite for full elements utilization as citric-acid soluble fertilizer // Journal of Cleaner Production. 2021. V. 283. Art. 124637. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.124637
 49. Ryu, K.W., Chae, S.C., Jang, Y.N. Carbonation of chrysotile under subcritical conditions // Materials Transactions. 2011. V. 52. № 10. P. 1983–1988.
 50. Arynov, K., Auyeshov, A., Yeskibayeva, Ch., Ibrayeva, M., Auyeshov, D. Study of products of fusion of chrysotile asbestos production magnesia wastes and alkaline agents // Industrial Technology and Engineering. 2016. V. 4. № 21. P. 26–33. EDN: XSPRXX
 51. Teixeira, A.P.C., Purceno, A.D., Barros, A.S., Lemos, B.R.S. Amphiphilic magnetic composites based on layered vermiculite and fibrous chrysotile with carbon nanostructures: Application in catalysis // Catalysis Today. 2012. V. 190. № 1. P. 133–143. DOI: 10.1016/j.cattod.2012.01.042
 52. Papirer, E., Donnet, J.B., Roland, P. Comminution of asbestos: Role of the liquids used as grinding aids // Microscopic Aspects of Adhesion and Lubrication: proceedings. Amsterdam, 1982. P. 449–457.
 53. Мальцев, Г.И., Юрьев, Ю.Л. Применение винил- и винилиден-хлоридных латексов при изготовлении асбестового картона // Лесотехнический журнал. 2024. Т. 14. № 1 (53). С. 151–169. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2024.1/9
 54. Macher, G.Z., Károly, F., Sung, C.T.B., Beke, D., Torma, A., Gergely, S. Spectroscopic analysis of chrysotile asbestos and its environmental resistance in asbestos cement waste products // Pertanika Journal of Science and Technology. 2024. V. 32. № 6. P. 2441–2458. DOI: 10.47836/pjst.32.6.03
 55. Valentim, I.B., Joekes, I. Adsorption of sodium dodecylsulfate on chrysotile // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2006. V. 290. № 1–3. P. 106–111. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2006.05.009

56. Essih, S., Pardo, L., Cecilia, J.A., dos Santos-Gómez, L., Colodrero, R.M.P., Franco, F. Micro-wave assisted acid treatment for the mineral transformation of chrysotile as an alternative for asbestos waste management // *Environmental Geochemistry and Health*. 2024. V. 46. P. 332. DOI: 10.1007/s10653-024-01993-6
57. van Meerbeek, V., van der Hitzky, R. Mechanism of the grafting of organosilanes on mineral surfaces II. Secondary reaction during the grafting of alkenylchlorosilanes // *Colloid and Polymer Science*. 1979. V. 257. P. 178–181. <https://doi.org/10.1007/BF01638145>
58. Fowler, A., Santelli, C., Teng, H. Fungi induced chemical weathering of asbestiform chrysotile // GSA Annual Meeting 2015: conference abstracts, Baltimore, Maryland, USA. 2015.

REFERENCES

1. Kalinin, D.V., Deniskina, N.D., Lokhova, G.G. Amphibole Asbestos, their Synthesis and Genesis in Nature. Novosibirsk: Nauka, 1975. 93 p. (In Russian)
2. Kuzhvar, M. Non-metallic Mineral Resources. Moscow: Mir, 1986. 472 p. (Russian translation)
3. Yanin, E.P. Asbestos in the Environment. Moscow: IMGRE, 1997. 176 p. (In Russian)
4. Sobolev, N.D. Introduction to asbestos science. Moscow: Nedra, 1971. 280 p. (In Russian)
5. Soboleva, M.V. Mineralogy of Fibrous Minerals of Amphibole and Serpentine Groups. Moscow: Nedra, 1972. 252 p. (In Russian)
6. Berry, G. Models of the Incidence of Mesothelioma after Fiber Exposure in Terms of Time and Duration of Exposure, as Well as Fiber Bio-resistance. *Inhalation Toxicology*. 1999; 11: 111–130.
7. Kashansky, S.V. Regulatory and Legal Support for the Safe, Controlled Use of Asbestos in the Russian Federation. In: *Proc. Regional Int. Workshop 'The Current State and Future Prospects of the Asbestos-Cement Industry in CIS Countries of Central Asia in the Context of Controlled and Safe Use of Asbestos-Containing Products and Materials'*. Tashkent, 2004. Pp. 65–70. (In Russian)
8. Stanton, M.F., Layard, M., Tegeris, A., et al. The Relationship of Particle Size with Carcinogenicity of Amphibole Asbestos and Other Fibrous Minerals. *Journal of the National Cancer Institute*. 1981; 67: 965–975.
9. Velasco-Garcia, M.I., Cruz, M.J., Diego, S., et al. The First Detection of Pulmonary Asbestos Fibers in the Spanish Population. *Lung*. 2017; 195: 671–677. DOI: 10.1007/s00408-017-0042-1
10. Gilham, K., Rake, K., Burdett, G. Risks of Pleural Mesothelioma and Lung Cancer Depending on Occupational History and Lung Load Associated with Asbestos. *Occupational and Environmental Medicine*. 2016; 73: 290–299. DOI: 10.1136/oemed-2015-103074
11. Gerde, P., Skolander, P. Absorption of polycyclic aromatic hydrocarbons on synthetic and artificial mineral fibers in the gas phase. In: *Nonprofessional Effects on Mineral Fibers: IARC Scientific Publication No. 90*. Lyon: IARC, 1989. Pp. 140–148.
12. Bloch, G.S., Parygin, V.P., Dolinskaya, G.S. Substitutes for Asbestos in the Production of Sheet Composite Materials. *Stroitel'nye materialy*. 1992; (8): 16–18. (In Russian)
13. Gibbs, G. Monitoring of Health Protection and Safety in using Other Fibrous Materials. In: *Proc. Int. Conf. 'Safety and Health in the Production and Use of Asbestos and Other Fibrous Materials'*, Yekaterinburg, 2002. Pp. 30–38. (In Russian)
14. Gotbu, K. Prohibition of Asbestos is not Related to Health Concerns – it is Economic. The Sky War. In: *Proc. Int. Conf. 'Safety and Health in the Production and Use of Asbestos and Other Fibrous Materials'*, Edinburgh, 2002. Pp. 24–25.
15. The latest research on “Asbestos and health”. Available: www.uralasbest.ru/health/novejshie-issledovaniya-po-teme-asbest-i-zdorove (accessed April 21, 2026). (In Russian)
16. C162 Asbestos Convention, 1986. International Labour Organization. Available: https://training.ilo.org/actrav_cdrom2/en/osh/legis/c162.htm (accessed April 21, 2026).
17. Pigg, D. Changes in Legislation – the Situation in the United States. In: *Proc. 8th International Association Biennial Conference*. May 11–12, 1993. Pp. 36–43.
18. Kozlov, Yu.S. Chrysotile Asbestos and Resource Conservation in the Chrysotile Asbestos Industry. *Gorny zhurnal Kazakhstana*. 2022; (1): 5–10. (In Russian)
19. Punenkov, S.E. Composite Materials Based on Natural Chrysotile Fibers. *Chemical Bulletin*. 2024; 7(1): 4–21. DOI: 10.58224/2619-0575-2024-7-1-4-21
20. Punenkov, S.E. Chrysotile Fiber and Cement Products Therefrom. *Gorny zhurnal Kazakhstana*. 2024; (2): 12–25. (In Russian)

21. Tatarinov, P.M., Artemov, V.R. (Eds.). Deposits of Chrysotile Asbestos of the USSR. Moscow: Nedra, 1967. 512 p. (In Russian)
22. Merenkov, B.Ya. The Genesis of Chrysotile Asbestos. Moscow, 1958. 138 p. (In Russian)
23. Merenkov, B.Ya., Tolstikhina, K.I., Shumikhina, I.V. Dehydration of Chrysotile Asbestos and Serpentine. *Trudy IGEM AN SSSR*. 1959; (31): 54–67. (In Russian)
24. Tatarinov, P.M., Karyakin, A.E., Golikov, A.S., Kiryukov, V.V., Dybkov, V.F. Course of Deposits of Solid Minerals. Leningrad: Nedra, 1975. 631 p. (In Russian)
25. Smolikov, A.A., Kostin, V.V. Application of High-Energy Dispersion for Production of Chrysotile Nanotubes. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Stroitelstvo*. 2009; (2): 24–30. EDN: PFALPD (In Russian)
26. Krotikov, V.A., Kharitonov, N.P. Processes During Mechanochemical Action on Polyorganosiloxane-Silicate Suspensions. In: *Proc. 6th All-Union Meeting on Heat-Resistant Coatings*, Leningrad, March 20–23, 1973. Leningrad: Nauka, 1975. Pp. 374–383. (In Russian)
27. Scognamillo, V., Di Giuseppe, D., Lassinanti Gualtieri, M., Tomassetti, L., Gualtieri, A.F. Systematic Investigation of the Cryogenic Grinding of Chrysotile in its Pure Form. *Applied Sciences*. 2021; 11(11): 4826. DOI: 10.3390/app11114826
28. Song, P., Peng, T., Song, H., Yu, Yu. Obtaining Fibrous Silica by Extraction of Metal Oxide by Firing a Mixture of Chrysotile Fibers. *Journal of the Chinese Ceramic Society*. 2015; 43(5): 692–698. DOI: 10.14062/j.issn.0454-5648.2015.05.20
29. Akylbekov, Ye.Ye., Shevko, V.M., Aitkulov, D.K., Karataeva, G.E. Electrothermal Processing of Chrysotile Asbestos Waste to Produce a Ferroalloy and Extract Magnesium into the Gas Phase. *Integrated Use of Mineral Resources*. 2023; 327(4): 74–81. DOI: 10.31643/2023/6445.42
30. Kujava, M., Kusiorowski, R., Gerle, A. The Influence of Traditional Heat Treatment and Low-Pressure Heat Treatment on the Decomposition of Chrysotile Asbestos. In: *Proc. 24th Int. Interdiscipl. Sci. Geoconf.* 2024. DOI: 10.5593/sgem2024v/4.2/s17.21
31. Kusiorowski, R., Gerle, A., Kujava, M., Bloise, A. Kinetic Aspects of the Thermal Decomposition of Chrysotile Asbestos. *Minerals*. 2025; 15(6): 609. DOI: 10.3390/min15060609
32. Meshcheryakov, Yu.G., Chistyakov, B.Z., Balakireva, E.K. Method of Fluffing Asbestos. Patent Russ. Fed. N 1620432, 1991. (In Russian)
33. Vezentsev, A.I., Naumova, L.N. Efficiency Improvement of Fluffing Chrysotile. *Stroitel'nye materialy*. 2008; (9): 21–22. (In Russian)
34. Tursky, V.V., Vezentsev, A.I., Naumova, L.N., Chuprova, Yu.I., Sidorova, N.Yu. Intensification of Chrysotile Asbestos Fluff. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Stroitelstvo*. 2001; (9–10): 55–57. (In Russian)
35. Naumova, L.N. Structural and Morphological Changes in Chrysotile under Modifying Factors. *Kazanskaya nauka*. 2010; (10): 55–57. (In Russian)
36. Naumova, L.N. Improving Physical and Mechanical Properties of Cement Composite Based on Modified Chrysotile Fiber. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*. 2025; (8): 8–17. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-8-8-17 (In Russian)
37. Battista, O.A. The Process of Preparing Microcrystalline Material from Colloidal Material for Chrysotile. Bulgarian Patent N 454151. 1969. 31 p.
38. Battista, O.A. Modified Colloidal Chrysotile and the Method of its Preparation. US Patent N 3458393A, 1972. 6 p.
39. Holmes, E.P., Wilson, J., Schreier H., Lavkulich, L.M. Processes Affecting the Surface and Chemical Properties of Chrysotile: Implications for the Reclamation of Minerals in the Natural Environment. *Canadian Journal of Soil Science*. 2012; 92: 229–242. DOI: 10.4141/CJSS2010-014
40. Liu, K., et al. Adsorption of Cu(II) Ions from Aqueous Solutions on Modified Chrysotile: Thermodynamic and Kinetic Studies. *Applied Clay Science*. 2013; 80–81: 38–45.
41. Teixeira, A.P., de Carvalho, et al. An Effective and Versatile Fibrous Adsorbent Based on Magnetic Amphiphilic Composites of Chrysotile and Carbon Nanostructures for the Removal of Ethinyl Estradiol. *Journal of Hazardous Materials*. 2013; 248–249(1): 295–302. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2013.01.014
42. Maletashkich, J., Stankovich, N., Daneu, N., Babich, B., Stoilkovich, M., Yoshida, K., Matovic, B. Acid Leaching of Natural Chrysotile Asbestos to Produce Mesoporous Silica Fiber. *Physics and Chemistry of Minerals*. 2018; 45: 343–351. DOI: 10.1007/s00269-017-0924-Z

43. Hongo, T., Fukuda S. Studies of Chrysotile Dissolution by Transmission Electron Microscopy and Infrared Spectroscopy with Fourier Transform using the Flow Method. *Clays and Clay Minerals*. 2023; 27: 41–48.
44. Kumzerov, Yu.A., Kartenko, N.F., Parfeneva, L.S., Smirnov, I.A., Fokin, A.V., Wlosewicz, D., Misiolek, H., Jezowski, A. Heat Capacity and Thermal Conductivity of Chrysotile Asbestos Nanocomposite–CDP (KH₂PO₄). *Fizika tverdogo tela*. 2011; 53(5): 1033–1036. (In Russian)
45. Janey, A.B. Chrysotile with a High Specific Surface Area and a Method for its Preparation. US Patent N 3201196. 1965. 87 p.
46. Fonseca, M.G., Airoidi, K. Thermodynamic Data on the Interaction of Copper Nitrate with Native and Modified Chrysotile Fibers in an Aqueous Solution. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2001; 240(1): 229–236. DOI: 10.1006/jcis.2001.7581
47. Giroto, K.P., de Campos, S.D., de Campos, E.A. Chrysotile Asbestos Treated with Phosphoric Acid as an Adsorbent of Ammonia Nitrogen. *Heliyon*. 2020; 6: 1–9. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e03397
48. Tang, Yu., Zou, Z., Ku, J. Mechanochemical Conversion of Chrysotile Asbestos Tailings into Struvite for the Full Use of the Elements as a Fertilizer Soluble in Citric Acid. *Journal of Cleaner Production*. 2021; 283: 124637. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.124637
49. Ryu, K.V., Che, S.S., Chan, Yu.N. Carbonation of Chrysotile under Subcritical Conditions. *Procedia Engineering*. 2011; 52(10): 1983–1988.
50. Arynov, K., Auyeshov, A., Eskibayeva, Ch., Ibraeva, M., Auyeshov, D. Study of Products of Fusion of Chrysotile Asbestos Production Magnesia Wastes and Alkaline Agents. *Industrial Technology and Engineering*. 2016; 4(21): 26–33. EDN: XSPRKX
51. Teixeira, A.P., de Carvalho, et al. Amphiphilic Magnetic Composites based on Layered Vermiculite and Fibrous Chrysotile with Carbon Nanostructures: Application in Catalysis. *Catalysis Today*. 2012; 190(1): 133–143. DOI: 10.1016/j.cattod.2012.01.042
52. Papirer, E., Donnet, J.B., Roland, P. Comminution of asbestos: Role of the liquids used as grinding aids. In: *Microscopic Aspects of Adhesion and Lubrication: proceedings*. Amsterdam: Elsevier, 1982. Pp. 449–457.
53. Maltsev, G.I., Yuriev, Yu.L. Application of Vinyl and Vinylidene Chloride Latexes in the Manufacture of Asbestos Cardboard. *Lesotekhnicheskii zhurnal*. 2024; 14(1): 151–169. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2024.1/9 (In Russian)
54. Macher, G.Z., Károly, F., Sung, C.T.B., Beke, D., Torma, A., Gergely, S. Spectroscopic Analysis of Chrysotile Asbestos and its Environmental Resistance in Asbestos Cement Waste Products. *Pertanika Journal of Science & Technology*. 2024; 32(6): 2441–2458. DOI: 10.47836/pjst.32.6.03
55. Valentim, I.B., Joekes, I. Adsorption of Sodium Dodecylsulfate on Chrysotile. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2006; 290(1–3): 106–111. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2006.05.009
56. Essih, S., Pardo, L., Cecilia, J.A., dos Santos-Gómez, L., Colodrero R.M.P., Franco F. Microwave Assisted Acid Treatment for the Mineral Transformation of Chrysotile as an Alternative for Asbestos Waste Management. *Environmental Geochemistry and Health*. 2024; 46: 332. DOI: 10.1007/s10653-024-01993-6
57. Van Meerbeek, V., van der Hitzky, R. Mechanism of the Grafting of Organosilanes on Mineral Surfaces. II. Secondary Reaction during the Grafting of Alkenylchlorosilanes. *Colloid and Polymer Science*. 1979; 257: 178–181.
58. Fowler, A., Santelli, C., Teng, H. Fungi Induced Chemical Weathering of Asbestiform Chrysotile. In: *GSA Annual Meeting 2015: conference abstracts*, Baltimore, Maryland, USA. 2015.

Сведения об авторах

Наумова Людмила Николаевна, канд. техн. наук, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46, naumova_ln@mail.ru

Строкова Валерия Валерьевна, докт. техн. наук, профессор, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46, vvstrokova@gmail.com

Куценко Павел Александрович, аспирант, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46, kutspv@yandex.ru

Абзалилова Алина Валентиновна, канд. техн. наук, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46, alina.ishchenko.92@mail.ru

Рулев Данил Андреевич, аспирант, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46, danilruly22@gmail.com

Authors Details

Lyudmila N. Naumova, PhD, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 46, Kostyukova, 308012, Belgorod, Russia, naymova_ln@mail.ru

Valeria V. Strokova, DSc, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 46, Kostyukova, 308012, Belgorod, Russia, vvstrokova@gmail.com

Pavel A. Kutsenko, Research Assistant, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 46, Kostyukova, 308012, Belgorod, Russia, kutspv@yandex.ru

Alina V. Abzalilova, PhD, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 46, Kostyukova, 308012, Belgorod, Russia, alina.ishchenko.92@mail.ru

Danil A. Rulev, Research Assistant, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 46, Kostyukova, 308012, Belgorod, Russia, danilruly22@gmail.com

Вклад авторов

Наумова Л.Н. – исследование; сбор материала; написание исходного текста; итоговые выводы.

Строкова В.В. – научное руководство; доработка текста; итоговые выводы.

Куценко П.А. – участие в анализе источников; подбор и анализ данных для иллюстраций.

Абзалилова А.В. – участие в анализе источников; участие в разработке иллюстраций.

Рулев Д.А. – участие в анализе источников; участие в разработке иллюстраций.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

Naumova L.N. – investigation; data curation, writing– original draft preparation.

Strokova V.V. – supervision; writing–review and editing.

Kutsenko P.A. – data curation.

Abzalilova A.V. and Rulev D.A. – flow-chart description.

The authors declare no conflicts of interests.

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

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

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2026. Т. 28. № 3. С. 277–289.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2026; 28 (3): 277–289.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 625.7/.8

<https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-277-289>



EDN: XXQBFO

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА В ШИНЕ И ОСЕВОЙ НАГРУЗКИ НА ПАРАМЕТРЫ ПЯТНА КОНТАКТА

Алексей Евгеньевич Симчук¹, Евгений Николаевич Симчук²

¹*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия*

²*Научно-исследовательский институт
транспортно-строительного комплекса, г. Москва, Россия*

Аннотация. *Актуальность.* В действующих нормативных методах расчета нежестких дорожных одежд пятно контакта колеса принимается круглым, а давление на покрытие – равномерно распределенным по его площади. Однако фактические параметры контакта современной грузовой шины могут существенно отличаться от принятых расчетных допущений.

Цель работы – экспериментально определить влияние внутреннего давления воздуха в шине и вертикальной нагрузки на площадь и геометрические параметры пятна контакта, а также сопоставить полученные результаты с нормативной моделью.

Результаты. Проведены стендовые испытания пяти типоразмеров грузовых шин, широко применяемых на ведущих осях грузовых автомобилей, автобусах и прицепах. Измерения выполнялись с использованием матричной системы регистрации давления XSENSOR. Испытания проводились при четырех уровнях внутреннего давления воздуха в шине и при нагрузках от 40 до 120 % от максимальной допустимой нагрузки на колесо. Установлено, что площадь пятна контакта увеличивается с ростом вертикальной нагрузки

и уменьшается с повышением внутреннего давления воздуха в шине. Во всех исследованных режимах фактическая площадь контакта превышала расчетные значения, определенные по нормативной модели. Также выявлено изменение формы пятна контакта: с ростом нагрузки оно становится более вытянутым в продольном направлении. Нормативная расчетная схема нагружения систематически недооценивает реальные параметры пятна контакта грузовых шин. Полученные результаты подтверждают необходимость уточнения расчетных подходов к моделированию нагрузки от колеса на дорожную одежду с учетом фактических характеристик контакта.

Ключевые слова: пятно контакта шины, площадь пятна контакта, пневматическая шина, давление в шине, нагрузка на колесо, дорожная одежда, расчетная схема нагружения, эквивалентный отпечаток колеса

Для цитирования: Симчук, А.Е., Симчук, Е.Н. Экспериментальная оценка влияния давления воздуха в шине и осевой нагрузки на параметры пятна контакта // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2026. Т. 28. № 3. С. 277–289. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-277-289>. EDN: XXQBFO

ORIGINAL ARTICLE

INFLUENCE OF TIRE INFLATION PRESSURE AND CENTRAL LOAD ON CONTACT SPOT PARAMETERS

Aleksei E. Simchuk¹, Evgenii N. Simchuk²

¹*Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia*

²*Research Institute of Transport and Construction Complex, Moscow, Russia*

Abstract. In standard methods of flexible pavement design, wheel contact spot is assumed to be circular, and the pressure transmitted to the pavement surface uniformly distributes over its area. However, actual contact parameters of a modern heavy-duty tire may differ significantly from the accepted design assumptions.

Purpose: Experimental determination of the influence of the tire inflation pressure and vertical wheel load on the area and geometric parameters of the contact spot and comparison of the obtained results with the standard model.

Methodology/ approach: Experiments are carried out for five heavy-duty tire sizes widely used on drive axles of trucks, buses, and trailers. Measurements are performed in the XSENSOR matrix-based pressure sensing system. Tests are conducted at four levels of the tire inflation pressure and wheel loads ranging from 40 to 120% of the maximum permissible wheel load.

Research findings: It is found that the contact spot area grows with increasing vertical load and reduces with increasing inflation pressure. Under all investigated conditions, the actual contact area exceeds values calculated with the standard model. Changes in the contact spot shape are identified. With increasing load, the spot becomes more elongated in the longitudinal direction. The standard loading model systematically underestimates actual contact parameters of heavy-duty tires.

Value: The obtained results confirm the need to refine calculation approaches to modeling the wheel load effect on pavement structures, taking into account actual contact characteristics.

Keywords: contact spot; contact area; pneumatic tire; tire inflation pressure; wheel load; pavement; design load model; equivalent wheel footprint

For citation: Simchuk, A.E., Simchuk, E.N. Influence of Tire Inflation Pressure and Central Load on Contact Spot Parameters. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture.

2026; 28(3): 277–289. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-277-289>.
EDN: XXQBFO

Введение

При расчете нежестких дорожных одежд одним из исходных параметров является способ задания нагрузки от транспортных средств на конструкцию дорожной одежды. Передача нагрузки от колеса автомобиля на покрытие осуществляется через пятно контакта шины с поверхностью проезжей части. Пятно контакта шины представляет собой участок поверхности покрытия, на который передается вертикальная нагрузка от колеса, а также сопутствующие касательные усилия, возникающие при движении, торможении и маневрировании транспортных средств. В расчетах нежестких дорожных одежд пятно контакта является одним из исходных элементов для определения напряженно-деформированного состояния (НДС) конструктивных слоев [1]. Физически пятно контакта формируется в результате упругой деформации шины и дорожного покрытия под действием вертикальной нагрузки колеса.

В реальных условиях форма и размер пятна контакта зависят от конструкции и размеров шины, внутреннего давления воздуха, величины нагрузки на колесо и свойств дорожного покрытия. Как правило, реальное пятно имеет сложную форму, приближенно эллиптическую или прямоугольную, и неравномерное распределение давления по площади. Однако в инженерных расчетах пятно контакта традиционно принимают условно круглым по следующим причинам:

- упрощение математической модели и расчетной схемы нагружения;
- возможность применения классических решений теории упругости (задачи Буссинеска, Бурмистера и др.);
- осевая симметрия контактной области;
- достаточная точность для инженерных практических расчетов.

Круглая модель пятна контакта позволяет заменить фактическое неравномерное распределение давления эквивалентным равномерным давлением по площади круга одинаковой площади. Такой подход считается обоснованным и обеспечивает приемлемую точность при вычислении напряжений и деформаций в дорожной конструкции, позволяя корректно оценивать ее прочность и долговечность под воздействием транспортных нагрузок.

В ранее действовавших и современных нормативных документах по расчету нежестких дорожных одежд – ВСН 46-72¹, ВСН 46-83², ГОСТ 32960–2014³ и ГОСТ Р 71404–2024⁴ – пятно контакта рассчитывается по единому алгоритму.

¹ ВСН 46-72. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа: утверждена Министерством транспортного строительства СССР 10 июля 1972 г. Москва: Транспорт, 1973. 112 с.

² ВСН 46-83. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа: утверждена Минтрансстроем СССР 29 апреля 1983 г. № ЛН-550: взамен ВСН 46-72. Москва: Транспорт, 1985. 157 с.

³ ГОСТ 32960–2014. Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения: межгосударственный стандарт: дата введения 2015-07-01. Москва: Стандартинформ, 2016. 8 с.

⁴ ГОСТ Р 71404-2024. Дороги автомобильные общего пользования. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2024-09-01. Москва: Российский институт стандартизации, 2024. 147 с.

Так, в ГОСТ 32960–2014 площадь пятна контакта для проектирования определяется исходя из равномерного давления, принятого равным внутреннему давлению шины. Расчетная зависимость имеет вид

$$A_{\text{теор}} = \frac{Q_{\text{ст}}}{p}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{ст}}$ – нормативная статическая нагрузка на колесо наиболее нагруженной оси, кН; p – расчетное контактное давление на покрытие (МПа), принимаемое равным давлению воздуха внутри шины.

При учете динамического воздействия движения вводится коэффициент динамичности $k_{\text{дин}} = 1,3$. Соответственно для движущегося транспорта эквивалентная площадь контакта определяется как

$$A_{\text{дин}} = k_{\text{дин}} \frac{Q_{\text{ст}}}{p}. \quad (2)$$

Формулы (1) и (2) представляют собой запись нормативного допущения «равномерное давление по площади кругового отпечатка»: $Q = p \cdot A$. При учете кратковременного динамического воздействия расчетная нагрузка увеличивается в $k_{\text{дин}}$ раз, поэтому эквивалентная площадь в этой упрощенной модели определяется как (2), также стоит отметить, что формула (2) эквивалентна нормативной зависимости ГОСТ Р 71404–2024, в которой коэффициент динамичности вводится через эквивалентный диаметр пятна контакта. Указанные соотношения используются далее исключительно как базовая нормативная модель для сопоставления с экспериментальными данными. Таким образом, нормативная расчетная схема нагружения предполагает, что пятно контакта – это круг с равномерно распределенным давлением p , равным давлению в шине. Эквивалентный диаметр пятна определяется как

$$D_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{40Q_{\text{ст}}}{\pi p}}. \quad (3)$$

Контактная площадь при этом может быть вычислена через эквивалентный диаметр как

$$A_{\text{конт}} = \pi \left(\frac{D_{\text{экв}}}{2} \right)^2. \quad (4)$$

Действующий ГОСТ Р 71404–2024 «Дороги автомобильные общего пользования. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования» вводит в качестве расчетной нагрузки одиночное колесо с круглым пятном контакта. Давление колеса на покрытие при расчете принимается равномерно распределенным по площади кругового отпечатка. Величина расчетного давления зависит от типа дорожной одежды. Согласно ГОСТ 32960–2014, для капитальных дорожных одежд оно установлено равным 0,8 МПа, а для облегченных и переходных типов – 0,6 МПа. Эти значения были повышены в 2014 г., т. к. ранее в нормах максимум составлял 0,6 МПа в связи с ростом нагрузок современного транспорта.

Важно отметить, что нормативные значения давления и размеров пятна контакта не подкреплены полевыми измерениями. Так, в свободном доступе практически отсутствуют результаты экспериментальных исследований реальных параметров пятна контакта [2], однако в последние годы появились отечественные исследования, уточняющие параметры воздействия расчетной нагрузки на дорожные одежды [3–5]. Параметры отпечатка колеса декларировались априорно, без учета возможных изменений формы и распределения давления при качении нагруженной шины. В последние годы возникла объективная необходимость пересмотра нормативных параметров расчетной нагрузки на дорожные одежды, обусловленная изменением транспортно-эксплуатационных требований, ростом осевых нагрузок, увеличением давления в современных шинах и применением новых материалов дорожных конструкций. Результаты ретроспективного анализа нормативных документов и экспериментальных исследований [6, 7] подтверждают, что принятые ранее значения расчетного контактного давления не в полной мере соответствуют современным условиям эксплуатации.

За последние десятилетия существенно изменились типы транспортных средств и конструктивные характеристики шин, что подтверждается техническими каталогами современных производителей грузовых шин, в которых фиксируются увеличенные типоразмеры, индексы нагрузки и рекомендуемые значения внутреннего давления воздуха [8]. Однако комплексных исследований фактических параметров пятна контакта шины в контексте расчета дорожных одежд практически не проводилось. В связи с этим актуально экспериментально проверить реальные размеры пятна контакта и сравнить их с нормативными подходами.

Цель исследования – определить фактическую площадь пятна контакта шин в статических условиях при различных значениях нагрузки на колесо и внутреннего давления в шине, привести фактическое пятно к эквивалентной круглой форме и сопоставить полученные результаты с расчетными значениями, вычисленными по формуле (1). Также провести анализ характерных особенностей зоны геометрии контакта. Ожидается, что результаты позволят дать рекомендации по уточнению расчетных моделей нагружения дорожных одежд.

Методика стендовых испытаний пятна контакта

Для получения актуальных данных о параметрах пятна контакта были проведены стендовые эксперименты с использованием высокочувствительной системы измерения давления XSENSOR. Данная система представляет собой матрицу датчиков высокого разрешения, позволяющую регистрировать распределение контактного давления по площади пятна контакта шины в статических режимах. В испытаниях применялась напольная платформа с датчиками XSENSOR, на которую опиралось колесо испытательной шины под контролируемой нагрузкой. Одновременно регистрировалась полная картина давления в контакте, т. е. фактически снимался отпечаток пятна контакта в цифровом виде с возможностью определить площадь контакта, форму контура, распределение давления и другие параметры.

В рамках исследования протестировано 5 типоразмеров шин, наиболее распространенных на современных грузовых автомобилях и автобусах, данные получены на основании анализа парка современных транспортных средств [2]:

- 1) 315/80R22.5 – типичная шина рулевых и ведущих осей седельных автопоездов;
- 2) 315/70R22.5 – аналогично широко применяемая шина сниженного профиля;
- 3) 295/80R22.5 – используется на междугородних автобусах, самосвалах;
- 4) 275/70R22.5 – используется на городских и междугородних автобусах;
- 5) 385/65R22.5 – широкая шина прицепов и передних осей грузовиков.

Каждая шина испытывалась в широком диапазоне вертикальных нагрузок и внутренних давлений. Номинальная нагрузка на колесо для каждого типоразмера принималась равной максимальной допустимой нагрузке согласно спецификации шины. В испытаниях нагрузки варьировались от 40 до 120 % от этого максимума. Например, для шины 315/80R22.5 нагрузка последовательно принимала значения 1650, 2475, 3300, 4125 и 4950 кг, т. е. от 40 до 120 %. Для остальных типоразмеров были выбраны аналогичные относительные уровни нагрузки. Внутреннее давление воздуха в шине при испытаниях задавалось на четырех уровнях: 0,6; 0,8; 0,9 и 1,04 МПа [3]. Диапазон давлений охватывал как пониженное, так и повышенное относительно рекомендуемого номинала, что позволяет оценить влияние этого фактора. Пример получаемого отпечатка пятна контакта в системе XSENSOR продемонстрирован на рис. 1.

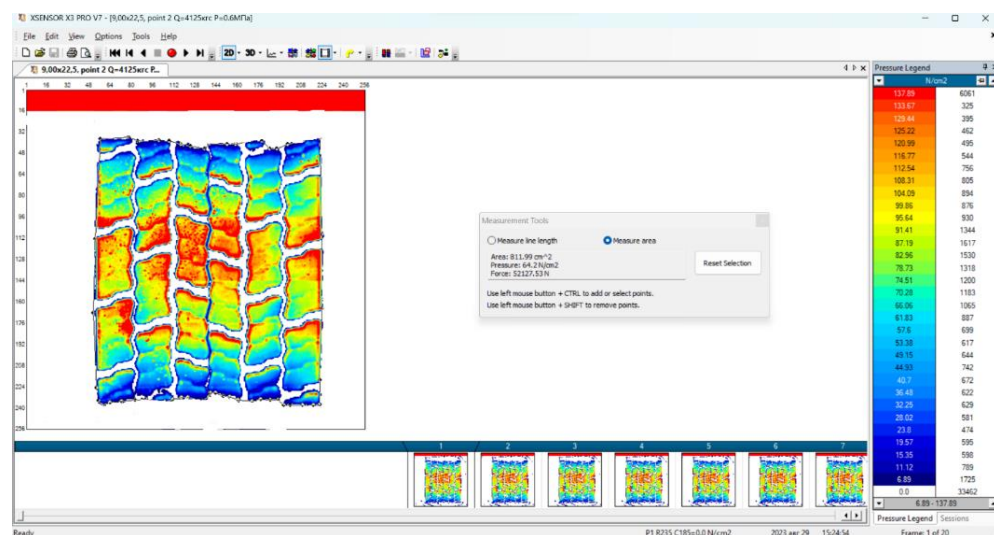


Рис. 1. Исходный экраный отпечаток давления и обработанный контур пятна контакта для шины 315/80R22.5

Fig. 1. Initial pressure map and processed contact spot contour for the 315/80R22.5 tire

Результаты и анализ

Эксперимент подтвердил ожидаемую закономерность: площадь пятна контакта существенно возрастает с увеличением вертикальной нагрузки и, наоборот, уменьшается при росте внутреннего давления в шине при прочих равных условиях. На рис. 2 представлены характерные зависимости площади контакта от нагрузки на колесо при различных значениях давления для шины 315/80R22.5.

Видно, что во всем диапазоне нагрузок площадь контакта растет почти линейно. При увеличении нагрузки в 3 раза площадь пятна возросла примерно в 1,8–2,0 раза. При этом рост происходит не строго пропорционально. При переходе от средних нагрузок к максимальным прибавка площади несколько меньше, чем при переходе от малых к средним нагрузкам, можно сказать, что кривая становится более пологой при нагрузках, близких к эксплуатационным. Это связано с упругой жесткостью шины: по мере увеличения нагрузки сопротивление деформации колеса возрастает, и дополнительная площадь контакта добавляется менее эффективно. В предельном случае при очень больших нагрузках площадь контакта стремится к некоторому максимуму, ограниченному шириной протектора и конструкцией шины.

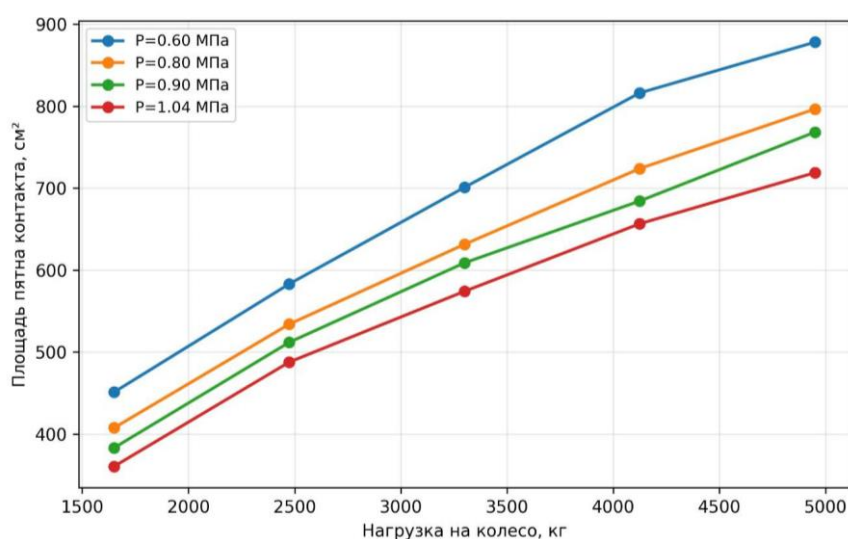


Рис. 2. График зависимости площади пятна контакта (см^2) от нагрузки на колесо при разных давлениях воздуха в шине (пример для шины 315/80R22.5)

Fig. 2. Dependence between contact area and wheel load at different tire inflation pressures for 315/80R22.5 tire

Все пять протестированных типоразмеров шин продемонстрировали аналогичный характер изменения площади контакта с ростом нагрузки, что подтверждается и в ряде других экспериментальных исследований [4]. На рис. 3 обобщены результаты измерений, показана зависимость площади пятна контакта от вертикальной нагрузки для всех моделей шин при одинаковом внутреннем давлении воздуха 0,8 МПа.

Зависимость площади контакта от давления в шине обратна по характеру, снижение давления приводит к значительному увеличению площади пятна контакта. Так, при одной и той же нагрузке 4125 кг площадь контакта шины 315/80R22.5 возросла с 656 см^2 при $p = 1,04 \text{ МПа}$ до 816 см^2 при $p = 0,6 \text{ МПа}$, что соответствует увеличению примерно на 25 %. При меньшей нагрузке 1650 кг эффект еще более выражен. Площадь при 0,6 МПа, равная 451 см^2 , превышает площадь при 1,04 МПа, равную 360 см^2 , примерно на 30 %. При повы-

шении давления воздуха, наоборот, площадь контакта сокращается, например, при увеличении внутреннего давления с 0,8 до 1,04 МПа площадь уменьшается на 15 %. В целом пониженное давление в шине приводит к существенно большей площади пятна контакта, что потенциально снижает среднее удельное давление на дорогу. При высоком же давлении в шине пятно получается меньше, и передаваемое давление концентрируется на меньшей площади.

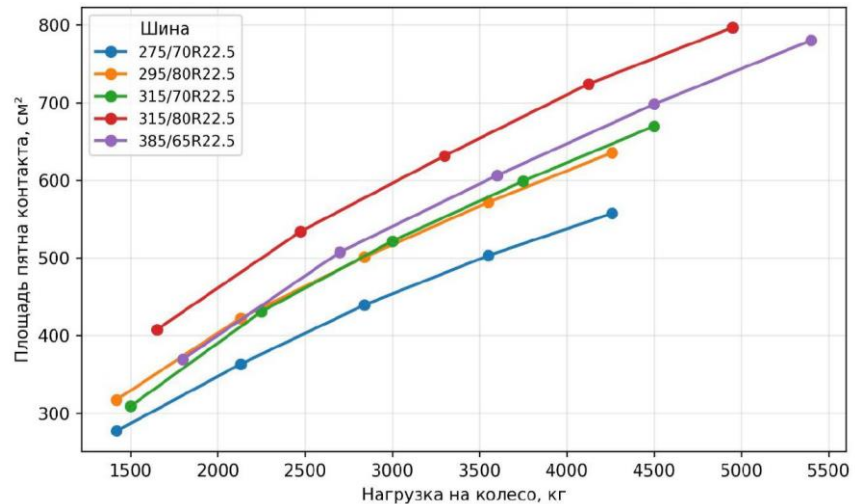


Рис. 3. Зависимость площади пятна контакта шин от вертикальной нагрузки при давлении воздуха в шинах 0,8 МПа

Fig. 3. Dependence between the contact area on vertical wheel load at 0.8 MPa inflation pressure

Все полученные экспериментальные площади пятна контакта были сопоставлены с расчетными значениями нормативной модели по формуле (1). Для каждого режима нагрузки и давления вычислялась теоретическая площадь $A_{\text{теор}}$ и соответствующий теоретический эквивалентный диаметр $D_{\text{экв(теор)}}$ по формуле (3). В табл. 1 приведены результаты измерений для шины 315/80R22.5 при всех испытанных сочетаниях Q и p , а также вычисленные значения $A_{\text{теор}}$ и $D_{\text{экв(теор)}}$ для каждого режима. Здесь $A1$ и $A2$ – площади, полученные при двух повторных сканированиях, сделанных для оценки воспроизводимости, $A_{\text{изм}}$ – среднее из них. Видно, что при всех режимах реальная измеренная площадь $A_{\text{изм}}$ значительно превышает расчетную площадь $A_{\text{теор}}$ по нормативной модели. Аналогичная проблематика расхождения нормативных допущений и фактических параметров воздействия расчетной нагрузки на дорожные одежды рассмотрена также в работе [3]. Разница особенно велика на нижних уровнях нагрузки. При $Q = 1650$ кг площадь контакта при номинальном давлении 0,8 МПа составила 408 см² против расчетных 202 см², т. е. фактически в 2,0 раза больше. При меньшем давлении 0,6 МПа та же нагрузка дала 451 см² против расчетных 270 см², что в 1,7 раза больше.

Таблица 1

Результаты измерения площади пятна контакта шины 315/80R22.5 при различных нагрузках Q и давлениях p (XSENSOR) и сравнение с расчетной площадью

Table 1

Measurement results of contact area for 315/80R22.5 tire at various load and pressure (XSENSOR), and a comparison with the calculated area

Нагрузка Q , кг	Давление воздуха в ко- лесе p , МПа	A_1 , см ²	A_2 , см ²	$A_{изм}$, см ²	$D_{эkv}$, см	$A_{теор}$, см ²	$D_{эkv(теор)}$, см
1650	0,60	461,0	441,2	451,1	24,0	269,8	18,5
1650	0,80	413,8	401,4	407,6	22,8	202,3	16,0
1650	0,90	390,4	375,9	383,2	22,1	179,8	15,1
1650	1,04	364,0	357,0	360,5	21,4	155,6	14,1
2475	0,60	577,7	588,7	583,2	27,2	404,7	22,7
2475	0,80	534,8	533,4	534,1	26,1	303,5	19,7
2475	0,90	519,7	504,2	512,0	25,5	269,8	18,5
2475	1,04	492,0	483,6	487,8	24,9	233,5	17,2
3300	0,60	705,7	696,4	701,0	29,9	539,6	26,2
3300	0,80	631,8	631,2	631,5	28,4	404,7	22,7
3300	0,90	612,0	605,8	608,9	27,8	359,7	21,4
3300	1,04	577,0	571,4	574,2	27,0	311,3	19,9
4125	0,60	820,6	812,0	816,3	32,2	674,4	29,3
4125	0,80	724,6	723,4	724,0	30,4	505,8	25,4
4125	0,90	688,2	680,6	684,4	29,5	449,6	23,9
4125	1,04	657,8	655,5	656,7	28,9	389,1	22,3
4950	0,60	881,4	875,1	878,2	33,4	809,3	32,1
4950	0,80	803,8	789,5	796,7	31,8	607,0	27,8
4950	0,90	773,1	763,8	768,4	31,3	539,6	26,2
4950	1,04	724,3	713,6	719,0	30,3	466,9	24,4

С увеличением нагрузки расхождение несколько сокращается. Так, при $Q = 3300$ кг и $p = 0,8$ МПа измерено 632 см² против 405 см² по формуле (1), что в 1,5 раза больше, а при максимальной нагрузке $Q = 4950$ кг – 797 см² против 607 см², что в 1,3 раза больше. Даже в режиме перегрузки реальная площадь контакта остается больше расчетной примерно на 30 %. В процентном отношении наибольшие отклонения наблюдаются при малых нагрузках и пониженном давлении, а наибольшее сближение – при максимальных нагрузках и повышенном давлении, однако даже в последнем случае нормативная модель заметно недооценивает площадь пятна контакта. Теоретические значения в таблице рассчитаны по нормативной модели $A_{теор} = Q / p$, $D_{эkv(теор)} = \sqrt{40Q / (\pi p)}$. Эквивалентный диаметр по измеренной площади определялся как $D_{эkv} = \sqrt{4A_{изм} / \pi}$.

Следует отметить, что нормативное значение $D_{\text{экв(теор)}} = 30,3$ см по ГОСТ Р 71404–2024 относится к расчетной группе нагрузки А11,5 при $Q = 57,5$ кН и $p = 0,8$ МПа. В настоящих испытаниях максимальная нагрузка на колесо для рассматриваемой шины составляла 4950 кг (48,5 кН), т. к. нагрузка 57,5 кН превышает паспортную грузоподъемность рассматриваемой шины, в связи с чем экспериментальные испытания проводились до нагрузки 48,5 кН, а параметры пятна контакта для 57,5 кН определялись расчетным путем методом экстраполяции. Следует подчеркнуть, что полученные значения носят оценочный характер, т. к. $Q = 57,5$ кН на 18 % превышает максимальную испытанную нагрузку. Результаты экстраполяции представлены в табл. 2.

Таблица 2

Оценочные значения площади и эквивалентного диаметра пятна контакта при $Q = 57,5$ кН, полученные экстраполяцией по экспериментальным данным

Table 2

Estimated values for contact area and equivalent diameter at 57.5 kN obtained by extrapolation from experimental data

Нагрузка Q , кг	Давление воздуха в колесе p , МПа	$A_{\text{экстр}}$, см ²	$D_{\text{экв(экстр)}}$, см	$A_{\text{теор}}$, см ²	$D_{\text{экв(теор)}}$, см
5860	0,60	942,4	34,6	958,3	34,9
5860	0,80	847,0	32,8	718,8	30,3
5860	0,90	813,8	32,2	638,9	28,5
5860	1,04	769,4	31,3	552,9	26,5

Эксперименты также позволили проанализировать форму пятна контакта. На рис. 4 приведены примеры отпечатков давления для двух шин разного типа (315/80R22.5 и 385/65R22.5) при схожих условиях нагрузки и давления.

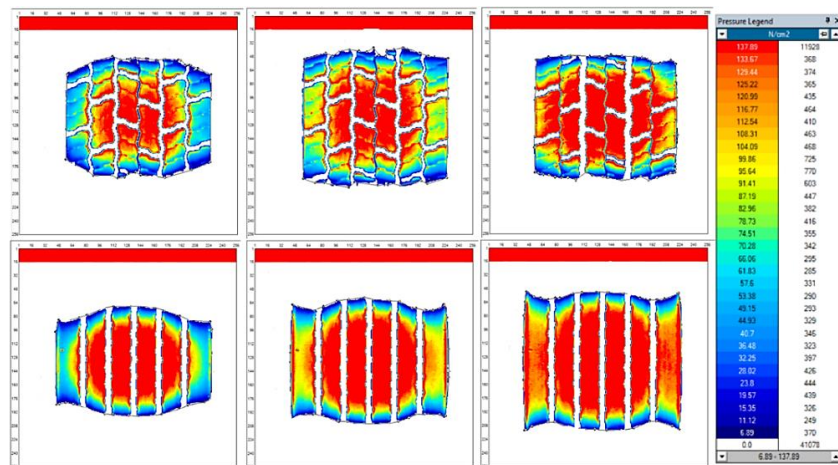


Рис. 4. Отпечатки пятна контакта для шин 315/80R22.5 и 385/65R22.5
Fig. 4. Contact spot maps for 315/80R22.5 and 385/65R22.5 tires

Видно, что форма контактной зоны зависит от типа шины, например, у более широкой шины 385/65R22.5 пятно контакта шире и ближе к прямоугольной форме, тогда как у шины 315/80R22.5 отпечаток более округлый. В целом при небольших нагрузках очертания пятна близки к круглым или слегка эллиптическим. С увеличением нагрузки пятно вытягивается в продольном направлении, приобретая более эллиптическую форму. При этом ширина пятна примерно соответствует ширине протектора шины и меняется слабо, тогда как длина заметно увеличивается. Например, у шины 315/80R22.5 при нагрузке 1650 кг длина зоны контакта составляла около 16 см, а при 4125 кг – около 27 см. Ширина же оставалась порядка 24–25 см.

Таким образом, отношение длины к ширине растет с повышением нагрузки, т. е. форма отпечатка уплощается. Пониженное давление в шине усиливает этот эффект. Более мягкая шина деформируется сильнее, и пятно контакта выходит более растянутым и близким к прямоугольнику по контуру. Условная круглая модель не отражает данных изменений формы – эквивалентный диаметр по нормативу не показывает различий между длиной и шириной пятна и не учитывает неравномерность контактных напряжений по площади покрытия [2]. Изучение влияния реального отпечатка и распределения напряжений внутри него на НДС является перспективным направлением исследований.

Заключение

Традиционная расчетная схема нагружения (круговое пятно контакта с равномерным давлением, равным давлению внутри шины) значительно упрощает действительность. Проведенные стендовые измерения подтвердили, что реальная площадь пятна контакта значительно больше расчетной по нормативной модели во всем диапазоне исследованных режимов. Даже при максимальных расчетных нагрузках на колесо измеренная площадь превышает теоретическую. Например, для шины 315/80R22.5 при нагрузке 4125 кг расчет по формуле (1) дает около 500 см², тогда как экспериментально получено 725 см². При средних и малых нагрузках расхождение еще выше, например, при 2475 кг реальное пятно составило 535 см² против расчетных 304 см², а при 1650 кг – около 415 см² против 202 см². Только в режиме перегрузки разница несколько сокращается, но даже при нагрузке 4950 кг площадь контакта остается больше расчетной на 30 %. Таким образом, упрощенная нормативная модель систематически недооценивает площадь пятна контакта. Указанные выводы подтверждаются также результатами других отечественных исследований [5].

В свете полученных результатов представляется целесообразным определить возникающие контактные давления в шине, в зависимости от внутреннего давления и нагрузки, а также предложить скорректировать расчетные подходы к нагрузке от колеса на покрытие с учетом реальных характеристик пятна контакта. Рекомендуется пересмотреть нормативные допущения, например, ввести поправочный коэффициент к расчетному контактному давлению либо непосредственно использовать в проектировании измеренные параметры пятна контакта для различных типов шин. Реализация таких изменений позволит повысить точность расчета НДС дорожных одежд и предотвратить недооценку напряжений, способную привести к преждевременному разрушению покрытий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Афиногенов, О.П., Ефименко, С.В., Ефименко, В.Н. Конструирование и расчет дорожных одежд. 2-е изд., доп. и перераб. Томск : Изд-во Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2020. 444 с. ISBN 978-5-93057-930-7.
2. Симчук, А.Е., Симчук, Е.Н., Горский, М.Ю. Актуализация подходов к нормированию контактного давления и отпечатка колеса при проектировании дорожных одежд // Техно-технологические проблемы сервиса. 2024. № 2 (68). С. 29–35.
3. Симчук, А.Е. Экспериментальные исследования параметров воздействия расчетной нагрузки на дорожные одежды // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 4. С. 247–268. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2025-27-4-247-268>
4. Овчарук, Б.В., Криволап, В.В. Способы определения площади пятна контакта шин в зависимости от давления и нагрузки // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2015. № 2. С. 473–478. DOI: 10.12737/19352. EDN: XRKDRJ
5. Черепанов, Л.А., Олейник, А.А. Стенд для исследования влияния вертикальной нагрузки на площадь пятна контакта шины с опорной поверхностью // Транспортные системы. 2017. № 3 (6). С. 27–31. DOI: 10.46960/62045_2017_3_27. EDN: ZWOUAX
6. Мерзлякин, А.Е. Шины на дороге // 3-я Каспийская Международная Выставка «Дорожная инфраструктура и общественный транспорт». 2013. С. 64–66.
7. Арус, Н.Н., Горячев, М.Г., Каленова, Е.В. Обоснование расчетного колесного контактного давления для проектирования дорожных одежд по критериям прочности // Наука и техника в дорожной отрасли. 2022. № 2. С. 20–23. EDN: WFWQVB
8. Goodyear Truck Tires // Goodyear : [сайт]. URL: www.goodyeartrucktires.com (дата обращения: 15.01.2026).

REFERENCES

1. Afinogenov, O.P., Efimenko, S.V. (Ed.), Efimenko, V.N. Design and Calculation of Pavement Structures. 2nd edn. Tomsk: TSUAB, 2020. 444 p. (In Russian)
2. Simchuk, A.E., Simchuk, E.N., Gorskiy, M.Yu. Updating Approaches to Standardization of Contact Pressure and Wheel Footprint in Pavement Design. *Tekhniko-Tekhnologicheskie Problemy Servisa*. 2024; 2(68): 29–35. (In Russian)
3. Simchuk, A.E. Impact of Design Load Parameters on Road Pavements. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturo-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2025; 27(4): 247–268. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-4-247-268 (In Russian)
4. Ovcharuk, B.V., Krivolap, V.V. Determination of Tire Contact Area Depending on Pressure and Load. *Alternativnye Istochniki Energii v Transportno-Tekhnologicheskom Komplekse: Problemy i Perspektivy Ratsionalnogo Ispolzovaniya*. 2015; (2): 473–478. DOI: 10.12737/19352. EDN: XRKDRJ (In Russian)
5. Cherepanov, L.A., Oleinik, A.A. Test Bench for Studying Vertical Load Effect on Contact Area with Bearing Surface. *Transportnye Sistemy*. 2017; 3(6): 27–31. DOI: 10.46960/62045_2017_3_27. EDN: ZWOUAX (In Russian)
6. Merzlikin, A.E. Tires on the Road. In: *Proc. 3rd Caspian Int. Workshop 'Road Infrastructure and Public Transport'*, 2013. Pp. 64–66. (In Russian)
7. Arus, N.N., Goryachev, M.G., Kalenova, E.V. Substantiation of Wheel Contact Pressure for Pavement Design According to Strength Criteria. *Nauka i tekhnika v dorozhnoi otrasli*. 2022; (2): 20–23. EDN: WFWQVB (In Russian)
8. Goodyear Truck Tires. Available at: www.goodyeartrucktires.com (accessed 15 January 2026).

Сведения об авторах

Алексей Евгеньевич Симчук, аспирант, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, alexsimchuk@bk.ru

Евгений Николаевич Симчук, канд. экон. наук, генеральный директор, Научно-исследовательский институт транспортно-строительного комплекса, 111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 73А, стр. 16, niitsk@niitsk.ru

Authors Details

Aleksei E. Simchuk, Research Assistant, Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University, 29, Politekhnikeskaya Str., 195251, Saint-Petersburg, Russia. alexsimchuk@bk.ru

Evgenii N. Simchuk, PhD, Director General, Research Institute of the Transport and Construction Complex, 73A, Aviamotornaya Str., Bld. 16, Moscow, 111024, Russia. niitsk@niitsk.ru

Вклад авторов

Симчук А.Е. – постановка цели и задач исследования, проведение экспериментальных испытаний, обработка и анализ данных, подготовка текста статьи, визуализация результатов.

Симчук Е.Н. – научное руководство, разработка методики исследования, интерпретация результатов, редактирование текста статьи.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

Simchuk A.E. – formulation of research objective and tasks, experiments, data processing and analysis, writing-original draft preparation, visualization.

Simchuk E.N. – supervision, methodology, interpretation of the results, writing-review and editing.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 22.04.2026
Одобрена после рецензирования 12.05.2026
Принята к публикации 13.05.2026

Submitted for publication 22.04.2026
Approved after review 12.05.2026
Accepted for publication 13.05.2026

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2026. Т. 28. № 3. С. 290–302.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2026; 28 (3): 290–302.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 539.3:625.85:519.6

<https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-290-302>



EDN: TNQLQP

ОБОСНОВАНИЕ ГАБАРИТОВ ДИСКОВОГО ОБРАЗЦА ДЛЯ КОСВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ОСЕСИММЕТРИЧНОГО ТРЕХМЕРНОГО НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НА ОСНОВЕ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Гурий Николаевич Ширунов¹, Денис Алексеевич Сарвилин²

¹Военный институт (инженерно-технический)

Военной академии материально-технического обеспечения
имени генерала армии А.В. Хрулева, г. Санкт-Петербург, Россия

²ООО «ТЕКТОН-СПБ», г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Актуальность. Проведение прямых испытаний материалов в условиях трехмерного напряженного состояния, при которых создается однородное напряженное состояние по всей контрольной области образца, требует сложных технических решений. Разработка и развитие более простых косвенных испытаний, в которых условия однородного трехосного напряженного состояния создаются лишь в заранее известной части образца, где происходит разрушение, а значения контролируемых параметров получаются путем расчета, являются актуальными.

Объект исследования – дисковый образец для косвенных испытаний материалов на прочность в условиях трехмерного осесимметричного напряженного состояния.

Целью работы является определение границ применимости технической теории изгиба тонких пластин с учетом сдвига и обжатия, величины погрешностей напряжений и перемещений контрольной точки образца.

Методы. Анализ выполнен сравнением результатов аналитического решения технической теории изгиба тонких пластин с учетом сдвига и обжатия с результатами численного моделирования объемными конечными элементами, реализованного в вычислительном комплексе Инж-РУ.

Полученные **результаты** позволили оценить влияние относительной высоты дискового образца при различных отношениях габаритов. Показано, что предельное отношение h/d для образца из изотропного материала следует принимать не более $1/5$.

Ключевые слова: теория упругости, метод конечных элементов, прочность материалов, трехмерное осесимметричное напряженное состояние

Для цитирования: Ширунов, Г.Н., Сарвилин, Д.А. Обоснование габаритов дискового образца для косвенных испытаний материалов в условиях осесимметричного трехмерного напряженно-деформированного состояния на основе конечно-элементного моделирования // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2026. Т. 28. № 3. С. 290–302. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-290-302>. EDN: TNQLQP

ORIGINAL ARTICLE

FINITE ELEMENT MODELING OF DISK SPECIMEN FOR INDIRECT MATERIAL TESTING UNDER AXIALLY SYMMETRIC THREE-DIMENSIONAL STRESS STATE

Guriy N. Shirunov¹, Denis A. Sarvilin²

¹Military Engineering Institute of the Military Logistics Academy, Saint-Petersburg, Russia

²ООО ТЕКТОН-СПб, Saint-Petersburg, Russia

Abstract. Relevance: Direct testing of materials under a three-dimensional stress, which creates a uniform stress state throughout the entire control area of the sample, requires complex technical solutions. The development and advancement of simpler indirect tests, in which the uniform triaxial stress state is created only in a pre-determined part of a disk specimen where failure occurs, and controlled parameter values are calculated. A disk is used for indirect strength testing under a three-dimensional axisymmetric stress.

Purpose: The aim is to determine applicability limits of the engineering theory of thin plate bending, taking into account shear and compression, as well as stress errors and displacements of the specimen control point.

Methodology/approach: The comparative analysis of the analytical solution to the engineering theory of thin plate bending, taking into account shear and compression, with the FEM results implemented in the Inzh-RU computer complex.

Research findings: The obtained results allow evaluating the effect of the relative disk height for various aspect ratios. It is shown that the limiting h/d ratio for isotropic material should not be over 1/5.

Keywords: elasticity theory, finite element method, strength of materials, three-dimensional axisymmetric stress state

For citation: Shirunov, G.N., Sarvilin, D.A. Finite Element Modeling of Disk Specimen for Indirect Material Testing under Axially Symmetric Three-Dimensional Stress State. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2026; 28(3): 290–302. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-290-302>. EDN: TNQLQP

Введение

Оценка прочности материала, находящегося в условиях объемного напряженного состояния, при феноменологическом подходе требует экспериментального определения его характеристик путем создания в образце трехмерного напряженного состояния. Для воспроизведения произвольных соотношений главных напряжений требуются непростые технические решения [1]. Наиболее сложными при трехосном напряженном состоянии являются прямые

испытания, где создается однородное состояние по всей контрольной области (сечению) образца [1–4].

Для упрощения испытаний используются способы, в которых создаются условия однородного трехосного напряженного состояния не по всей контрольной области образца, а лишь в его заранее известной части (линии или точке), где происходит разрушение, т. е. проводятся косвенные испытания [5–10].

Эти испытания предполагают получение значений контролируемых параметров путем расчета на основании некоторой математической модели, реализуемой численно [11] или аналитически.

Образец

В работе рассматривается трехмерное осесимметричное напряженное состояние, где два главных растягивающих напряжения равны друг другу, а третье главное напряжение – сжимающее:

$$\sigma_1 = \sigma_2 > 0, \sigma_3 < 0. \quad (1)$$

В подобных условиях, соответствующих соотношению (1), находятся наиболее напряженные точки многих конструкций, например: толстостенная оболочка сосуда высокого давления (рис. 1, а), нижняя грань подошвы фундамента в области максимальных изгибающих моментов (рис. 1, б), растянутая зона покрытия дорожной конструкции (рис. 1, в).

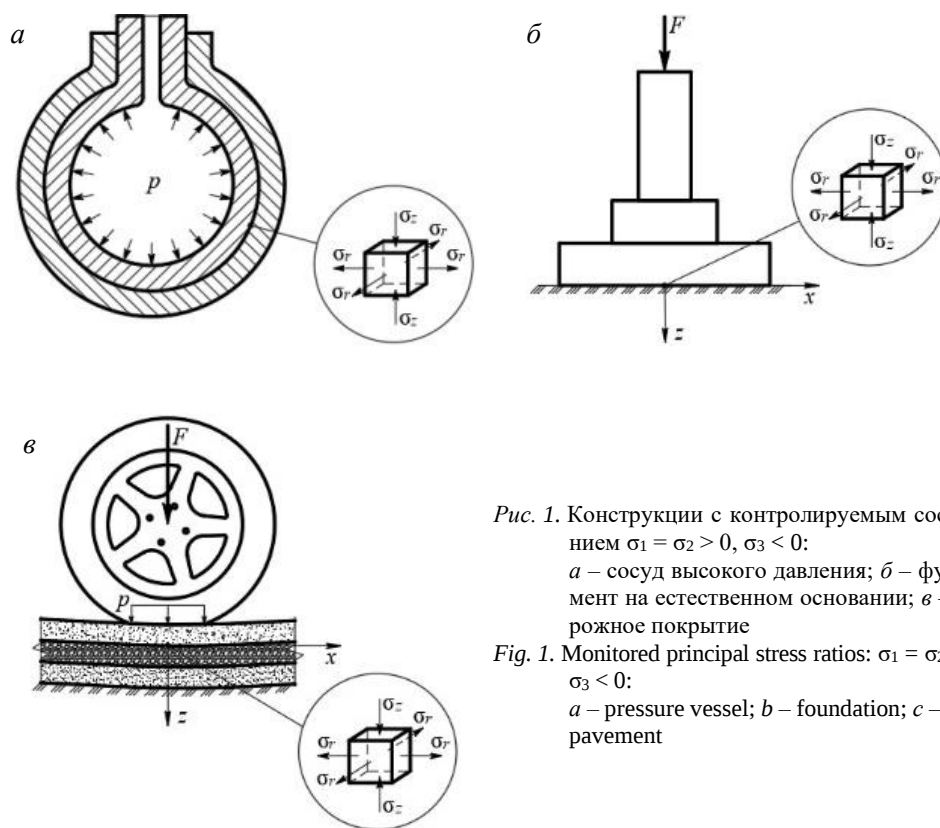


Рис. 1. Конструкции с контролируемым состоянием $\sigma_1 = \sigma_2 > 0, \sigma_3 < 0$:

а – сосуд высокого давления; б – фундамент на естественном основании; в – дорожное покрытие

Fig. 1. Monitored principal stress ratios: $\sigma_1 = \sigma_2 > 0, \sigma_3 < 0$:

а – pressure vessel; б – foundation; в – road pavement

Для проведения косвенных испытаний с указанными соотношениями главных напряжений предлагается образец в виде диска, осесимметрично нагруженного двумя встречными давлениями разной интенсивности (рис. 2).

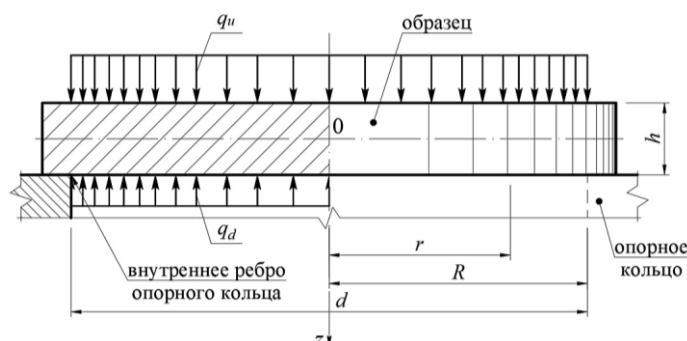


Рис. 2. Схема закрепления и нагружения дискового образца

Fig. 2. Schematic of disc securing and loading

Испытание образца по данной схеме создает требуемое трехмерное напряженное состояние в центре нижней грани, являющемся контрольной точкой, в которой ожидается разрушение. Растягивающие напряжения в ней создаются изгибом, вызванным разностью давлений на горизонтальных гранях $q_u - q_d$, а третье главное сжимающее напряжение σ_3 оказывается равным меньшему из приложенных давлений q_d .

Данная схема испытаний удобна тем, что нагружение осуществляется сближением рабочих органов испытательной машины, а образец фиксируется неудерживающими связями, наиболее легко реализуемыми конструктивно. Кроме того, в случае испытания образца, извлекаемого из конструкции, контрольная точка оказывается достаточно удаленной от поверхности реза, который не нарушает структуру материала в окрестности контрольной точки.

Для пересчета разрушающих нормальных напряжений предлагается использовать решение технической теории (ТТ) для изотропной изгибаемой тонкой пластины Кирхгофа – Лява, шарнирно опертой по контуру [12]:

$$\sigma\left(0, \frac{h}{2}\right) = \frac{M}{W}, \quad (2)$$

где $M = \frac{(q_u - q_d)}{16} R^2 (1 + \nu)$ – максимальный изгибающий момент; ν – коэффициент Пуассона; $W = \frac{h}{6}$ – момент сопротивления сечения. При этом значение

максимального прогиба в центре плиты может быть определено по формуле

$$w_0 = \frac{(q_u - q_d) R^4 (5 + \nu)}{64 D (5 + \nu)}, \quad (3)$$

где $D = \frac{E h^3}{12(1 - \nu^2)}$ – цилиндрическая жесткость плиты.

Данное аналитическое решение изгибаемой пластинки дает возможность учесть граничные условия только в интегральном смысле, тогда как в предлагаемой схеме испытаний свободное опирание не является идеальным шарниром, установленным в уровне срединной поверхности. Для тонких плит [13, 14], так же как и для толстых [15, 16], несоответствие несущественно и не оказывает заметного влияния на напряженно-деформированное состояние (НДС) в области, удаленной от границ.

Определяющим параметром при назначении минимальных габаритов образца является его толщина. Толщина образца h диктуется структурой материала: в композитных материалах будет определяться соотношением размеров армирующих волокон, в сталях – размерами кристаллитов, в бетонах – размерами заполнителя, в чугунах – размерами и формой зерен. Она должна быть такой, чтобы обеспечить представительный объем материала в окрестности контрольной точки [17, 18]. Для материалов с мелкой внутренней структурой не сложно обеспечить соотношение h/d , соответствующее тонким плитам на компактных образцах. Для материалов с крупными включениями, таких как бетоны, обеспечение требуемого соотношения h/d приводит к увеличению габаритов, что при испытаниях нежелательно, т. к. приводит к увеличению материалоемкости, трудоемкости и громоздкости оснастки.

Цель исследования – определение возможности использования аналитического решения теории тонких изгибаемых плит для предложенного дискового образца и величины получаемой на ее основе погрешности вычисляемых напряжений и перемещений контрольной точки при испытаниях. Проводится оценка влияния относительной высоты дискового образца при различных отношениях габаритов h/d по результатам анализа серии вычислительных экспериментов.

Для определения прогибов образца используется уточненная теория тонких плит, учитывающая вклад в перемещения напряжений обжатия и сдвига от действия касательных напряжений. В качестве эталонного решения принимаются результаты численного 3D-моделирования на основе метода конечных элементов (МКЭ), реализованного в вычислительном комплексе Инж-РУ, использующем гибридные конечные элементы, и позволяющего наиболее точно удовлетворять граничным условиям в окрестностях особых точек [19] в сравнении с другими типами объемных конечных элементов.

Аналитическое решение

Соотношение габаритов h/d оказывает влияние не только на точность величин нормальных напряжений, получаемых из соотношения (2), но и на величину прогиба образца, который является важным контрольным параметром при испытаниях.

Для учета изменения длины нормалей по толщине диска от действующих напряжений, не учитываемых в теории тонких пластин, была решена задача, в которой учитывалось не только влияние изгибных напряжений σ_r , но и действие нормальных обжимающих напряжений σ_z , а также касательных напряжений τ_{rz} :

$$w = w_0 + w_\sigma + w_\tau, \quad (4)$$

где w_0 – вертикальные перемещения срединной поверхности; w_σ – вклад в прогибы нормальных напряжений σ_z ; w_τ – вклад касательных напряжений.

Построены два приближенных аналитических решения, полученных на основе введенных силовых гипотез о характере распределения по толщине пластины нормальных напряжений обжатия σ_z . Первая гипотеза предполагает линейное распределение напряжений [20]:

$$\sigma_z(z) = \frac{\sigma_u + \sigma_d}{2} + (\sigma_u - \sigma_d) \frac{z}{h}, \quad (5)$$

а вторая – распределение по кубическому полиному [21]:

$$\sigma_z(z) = -\left(\frac{\sigma_d - \sigma_u}{2}\right) \frac{z^3}{h^3} + 3\left(\frac{\sigma_u - \sigma_d}{2}\right) \frac{z}{h} + \left(\frac{\sigma_d + \sigma_u}{2}\right). \quad (6)$$

В первом случае вертикальные перемещения нижней центральной точки диска определяются [22] по формуле

$$w\left(\frac{h}{2}, 0\right) = \frac{qR^4}{2Eh^3} \left(\frac{3(5+\nu)(1-\nu)}{8} + (1+\nu) \frac{h^2}{R^2} \right) + \frac{h}{2E} \left((\sigma_d + \sigma_u) + \frac{q}{4} \right), \quad (7)$$

где $q = q_u - q_d$, а во втором

$$\begin{aligned} w\left(\frac{h}{2}, 0\right) = & \frac{3}{8} \frac{\left(\frac{\sigma_d - \sigma_u}{2}\right) R^4 (1-\nu^2)(5+\nu)}{Eh^3(1+\nu)} - \\ & - \frac{R^2}{32Eh} \left(12\nu \left(\frac{\sigma_d - \sigma_u}{2}\right) (3+\nu) - (13\sigma_d + 3\sigma_u) \frac{h^2}{R^2} \right). \end{aligned} \quad (8)$$

Конечно-элементное моделирование

Наиболее актуальным в практическом применении предлагаемого способа испытания является определение прочностных характеристик материалов с крупным заполнителем (бетоны и другие композитные материалы). Выбор исследуемого материала образца основывался на том, что для него существуют общепринятые и стандартизированные соотношения между размерами заполнителя и образца.

В качестве объекта исследования рассмотрен дисковый образец из асфальтобетона, применяемого в качестве покрытия дорожной конструкции. Для асфальтобетона действующие государственные стандарты¹ регламентируют размеры поперечного сечения образцов при испытаниях балочек на трехточечный изгиб, используемых при определении прочности материала при одноосном напряженном состоянии. Данные предписания сформированы на основе большого числа экспериментальных данных и подтверждаются опытом эксплуатации асфальтобетонных конструкций. Габариты сечения по требованиям государственных стандартов зависят от размеров зерен заполнителя и предписываются

¹ ГОСТ Р 58406.4–2020. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Приготовление образцов-плит вальцовым уплотнителем: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 мая 2020 г. № 194-ст: дата введения 2020-06-01. Москва: Стандартинформ, 2020. 11 с.

для трех диапазонов: $< 1,6$ см, $1,6-3,15$ см и $> 3,15$ см. Для исследования НДС образца рассматривалась задача для среднего диапазона $1,6-3,15$ см. С учетом этого толщина образца h принята равной 5 см, а диаметр $d = 36$ см из соображений удобства изготовления асфальтобетонных образцов. Применение образца большего размера представляется затруднительным из-за веса, сложности транспортировки, удорожания оснастки и других факторов.

Дисковый образец по периметру устанавливается на кольцевую опору, запрещающую вертикальные перемещения и не препятствующую повороту опорных сечений. Очевидно, что степень влияния будет принципиально зависеть не только от соотношения h/d , но и от конструктивной реализации шарнирно-неподвижного опирания, которое используется в расчетных схемах для тонких пластин. Конструктивная реализация такого опирания оставляет открытым вопрос о степени влияния наложенных в зоне опирания связей на НДС образца в контрольной точке.

В вычислительном эксперименте рассмотрена конструктивно-линейная расчетная схема с вертикальными связями, установленными в узлах, лежащих на ребре опоры (рис. 3).

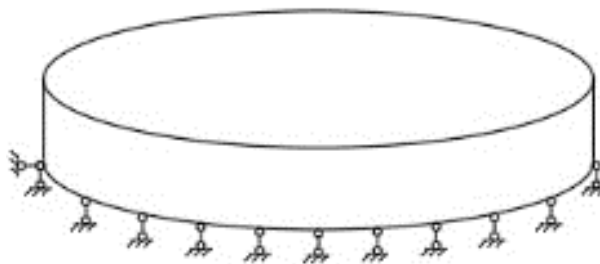


Рис. 3. Схема закрепления дискового образца
Fig. 3. Schematic of disc securing

Для определения влияния относительной толщины образца h/d выполнены расчеты образцов с одинаковым диаметром $d = 36$ см, а их высота h варьировалась от 4 до 8 см.

Расчет производился для физически линейной модели, материал которой подчинялся закону Гука с малыми деформациями, где приняты следующие исходные данные: модуль упругости $E = 30000$ кгс/см², коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$, $q_u = 10$ кгс/см², $q_d = 5$ кгс/см².

Критерием разбивки конечно-элементной расчетной схемы принята точность удовлетворения заданным граничным условиям на гранях дискового образца, нагруженных давлениями. Поскольку численное решение позволяет удовлетворять заданным граничным условиям лишь приближенно в зависимости от шага сетки, принято условие, что если погрешность получаемых величин нормальных напряжений σ_z не превышает 2,5 % от заданных величин давлений q_u и q_d , то решение считалось точным. Погрешность нормальных напряжений σ_z на поверхности является максимальной по сравнению с остальными компонентами НДС [23]. Погрешность изгибных нормальных напряжений оказывается кратно меньше по сравнению с погрешностью поверхностных напряжений

σ_z , и принятая погрешность в 2,5 % для поверхностных напряжений σ_z обеспечивает погрешность величин изгибных нормальных напряжений σ_r и в данной задаче составляет менее 1 %.

Последовательным приближением получена разбивка расчетной схемы на конечные элементы с учетом данных допущений погрешности (рис. 4).

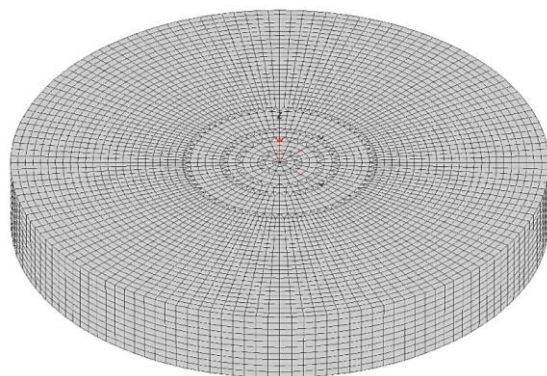


Рис. 4. Конечно-элементная разбивочная схема дискового образца

Fig. 4. FEM of the disk sample

Габариты объемных конечных элементов назначались из соображений приближения их формы к кубу или призме с равносторонним треугольником в основании. При разбивке на 10 слоев по высоте характерный размер принят равным 5 мм.

Толщина образца изменялась путем изменения количества слоев расчетной схемы по высоте так, что высота конечных элементов оставалась одинаковой.

Результаты расчетов

Значения напряжений в контрольной точке, полученных на основе теории тонких пластин по формуле (2) для приведенного примера с $h/d = 1/7,2$, составляют $\sigma_r^{\max}\left(0, \frac{h}{2}\right) = 80,19 \text{ кгс/см}^2$. Для перемещений получены три значения по формулам (3), (7) и (8): без учета сдвига и обжатия $w_0(0) = 0,974 \text{ мм}$; с учетом сдвига и обжатия при линейном распределении σ_z по толщине (7) $w_1\left(0, \frac{h}{2}\right) = 1,019 \text{ мм}$; с учетом сдвига и обжатия при распределении σ_z по толщине по кубическому полиному (8) $w_3\left(0, \frac{h}{2}\right) = 1,054 \text{ мм}$.

Из сравнения величин w_1 и w_3 следует, что использование в силовой гипотезе линейной аппроксимации для напряжений σ_z приводит в решении для пластины с относительной толщиной $h/d = 1/7,2$ к занижению прогиба на 3,3 % по сравнению с аппроксимацией σ_z кубическим полиномом. Формула (7) хотя и несколько компактнее по сравнению с (8), но может применяться для контроля прогибов на образцах с относительной толщиной, меньшей $h/d = 1/8$.

Результаты конечно-элементных расчетов (рис. 5), соответствующих схеме закрепления (см. рис. 3), для образцов различной относительной толщины h/d при постоянном диаметре $d = 36$ см приведены в таблице.

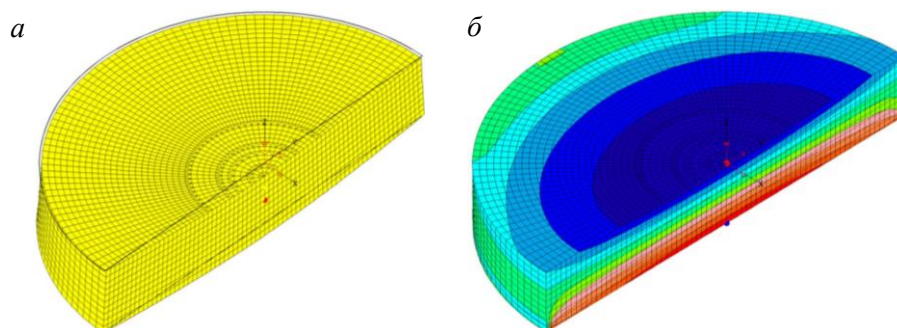


Рис. 5. Результаты расчета:

a – деформированная схема; b – изополя напряжения σ_r

Fig. 5. FEM model:

a – deformation; b – stress isofields

**Значения контролируемых параметров
в зависимости от относительной толщины h/d
Parameter control values vs. relative thickness**

h , см	$w^{\max}\left(0, \frac{h}{2}\right)$, мм		$\sigma_r^{\max}\left(0, \frac{h}{2}\right)$, кгс/см ²	
	Техническая теория	МКЭ	Техническая теория	МКЭ
4	2,004	2,042	125,30	126,67
5	1,054	1,106	80,19	81,56
6	0,629	0,656	55,69	56,85
7	0,409	0,428	40,91	41,95
8	0,283	0,363	31,32	32,69

Приведенные в таблице результаты отражены на графиках (рис. 6).

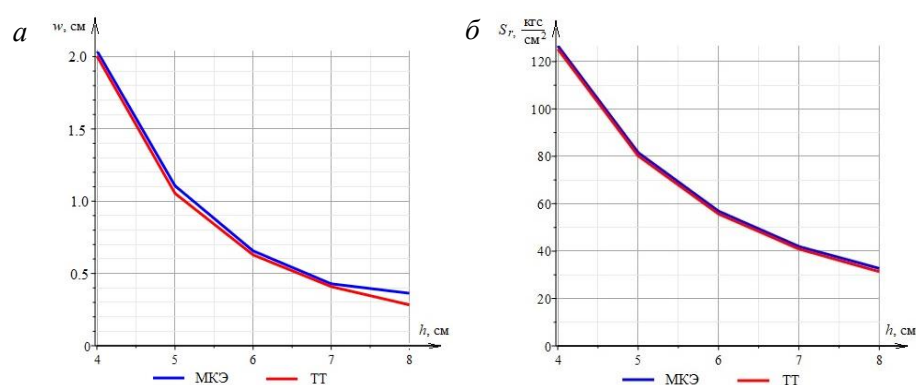


Рис. 6. Графики изменения прогибов (a) и напряжений (b)

Fig. 6. Deflection (a) and stress (b) plots

Заключение

Анализ результатов показывает, что при относительной высоте $h/d = 1/5,1$ погрешность контролируемых параметров аналитического решения по технической теории в сравнении с МКЭ-моделью (рис. 3) для прогибов превышает 4,5 %, а по напряжениям σ_r – 2,5 %. С увеличением относительной высоты до $h/d = 1/4,5$ погрешность для прогибов достигает 22,1 %, а для напряжений σ_r – 4,2 %. Из этого следует, что предельное отношение h/d для образца из изотропного материала следует принимать не более 1/5.

Схема дискового образца (рис. 3) приближенно моделирует его фактическое опирание и не учитывает наличие материала, расположенного снаружи внутреннего опорного ребра. Объем этого дополнительного материала (законтурное кольцо) включен в работу образца, увеличивает его жесткость и снижает напряжения в контрольной точке. Влияние того или иного способа конструктивной реализации фактического опирания образца, включая работу односторонних связей [24, 25], требует дополнительного изучения.

Таким образом, предлагаемый способ испытания образцов для определения прочности материала в условиях трехосного осесимметричного состояния может быть применен на образцах с соотношением $h/d = 1/5$ с погрешностью результатов контрольных параметров, пересчитываемых на основе технической теории, составляющей около 2,5 %.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ширунов, Г.Н., Сарвили, Д.А. О работе секции строительной механики и надежности конструкций Дома ученых им. М. Горького РАН // Вестник гражданских инженеров. 2025. № 3 (104). С. 168–169. EDN: ZCWSRQ
2. Цветков, С.В., Кулиш, Г.Г., Смердов, А.А., Барышев, А.Н., Тацилов, С.В., Магнитский, И.В., Пономарев, К.А. Методика и экспериментальные исследования материалов при трехосном растяжении // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. 2016. № 5. С. 76–88. EDN: WYBUCZ
3. Рекомендации по определению прочностных и деформационных характеристик бетона при не одноосных напряженных состояниях. Москва : НИИЖБ Госстроя СССР, 1985. 72 с.
4. Jianlong, Zheng, Tuo, Huang. Study on triaxial test method and failure criterion of asphalt mixture // Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition). 2015. V. 2. № 2. P. 93–106. DOI: 10.1016/j.jtte.2015.02.003
5. Carmona, S., Aguado, A. New model for the indirect determination of the tensile stress-strain curve of concrete by means of the Brazilian test // Materials and Structures. 2012. V. 45. № 10. P. 1473–1485. DOI: 10.1617/s11527-012-9851-0
6. Ширунов, Г.Н., Сарвили, Д.А. Величина максимальных растягивающих напряжений в стандартном балочном асфальтобетонном образце при трехточечном изгибе // Вестник гражданских инженеров. 2024. № 1 (102). С. 30–36. DOI: 10.23968/1999-5571-2024-21-1-30-36
7. Ширунов, Г.Н., Опбул, Э.К., Сарвили, Д.А. Форма dog-bone асфальтобетонных образцов для испытаний на прямое одноосное растяжение // Вестник гражданских инженеров. 2024. № 3 (104). С. 95–104. DOI: 10.23968/1999-5571-2023-21-3-95-104
8. Ефимов, В.П. Поведение нехрупких горных пород при изгибе // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2021. Т. 2. № 3. С. 206–212. DOI: 10.33764/2618-981X-2021-2-3-206-212. EDN: WTXJEL
9. Ефимов, В.П. Бразильская прочность на растяжение и ее связь с прочностью на разрыв // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2021. Т. 8. № 1. С. 66–72. DOI: 10.15372/FPVGN2021080109. EDN: EBTBBQ
10. Молотников, В.Я., Молотникова, А.А. Замечания к бразильскому методу исследования прочности хрупких материалов на растяжение // Вестник ДГТУ. 2014. Т. 14. № 4 (79). С. 30–38. DOI: 10.12737/6889. EDN: TGPGKD

11. Новоселов, О.Г., Сибгатуллин, Э.С. Сравнение экспериментальных и теоретических значений прочности легкого бетона В25 // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. 2021. № 1 (87). С. 66–74. EDN: ХКРЕWB
12. Тимошенко, С.П., Войновский-Кригер, С. Пластинки и оболочки. Москва : Физматгиз, 1963. 636 с.
13. Самуль, В.И. Основы теории упругости и пластичности. Москва : Высшая школа, 1982. 264 с.
14. Монахов, И.А., Ихаб, Х. Изгиб круглой пластинки при больших упругопластических деформациях // Вестник РУДН. Серия Инженерные исследования. 2003. № 2. С. 29–34.
15. Матросов, А.В., Ширунов, Г.Н. Толстая плита под собственным весом // Устойчивость и процессы управления : материалы III Международной конференции. Санкт-Петербург, 2015. С. 382–383.
16. Ширунов, Г.Н. Изгиб толстой плиты под действием собственного веса, усиленной слоем внешнего армирования // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 2 (73). С. 54–61. DOI: 10.23968/1999-5571-2019-16-2-54-61. EDN: WTDCGA
17. Bochkareva, S.A., Grishaeva, N.Y., Lyukshin, B.A., Lyukshin, P.A., Matolygina, N.Y., Panin, S.V., Reutov, Y.A. A unified approach to determining the effective physicomachanical characteristics of filled polymer composites based on variational principles // Mechanics of composite materials. 2019. V. 54. № 6. P. 775–788. EDN: HLPYTR
18. Chehab, G., O'Quinn, E., Kim, Y.R. Specimen Geometry Study for Direct Tension Test Based on Mechanical Tests and Air Void Variation in Asphalt Concrete Specimens Compacted by Superpave Gyratory Compactor // Transportation Research Record, TRB. 2000. V. 1723. № 1. P. 125–132. DOI: 10.3141/1723-16
19. Ширунов, Г.Н., Тузатов, Ш.С., Ниджад, А., Сарвилин, Д.А. Сравнительный анализ сходимости объемных конечно-элементных моделей в задаче изгиба толстой изотропной плиты с заделанными боковыми гранями // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 5 (58). С. 86–95. EDN: XGRIGT
20. Ширунов, Г.Н., Степанов, В.А. Прогибы круглой пластины, нагруженной на двух противоположных гранях встречной нагрузкой с учетом сдвига и обжатия // Неделя науки – 2023 : сборник лучших докладов обучающихся факультета «Транспортное строительство». Санкт-Петербург, 2023. С. 82–86. EDN: GJYKVH
21. Ширунов, Г.Н., Желиостов, Д.А. Аппроксимация нормальных напряжений обжатия кубическим полиномом в задаче изгиба равномерно распределенными нагрузками круглой пластины, приложенными к двум противоположным граням // Транспорт: проблемы, идеи, перспективы : сборник трудов LXXXIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 2 томах. Том 1. Санкт-Петербург : Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2023. С. 329–333.
22. Свид. 2023618505 Российская Федерация, Реестр программ для ЭВМ. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. DP_q_up_q_dn+Sh+Sz : №2023616881 : заявл. 10.04.23 : регистр. 26.04.23 / Ширунов Г.Н., Голоскоков Д.П. 1 с.
23. Ширунов, Г.Н. Точные решения задачи теории упругости для проверки практической сходимости конечно-элементных моделей // Вестник гражданских инженеров. 2013. № 6 (41). С. 53–57. EDN: RUHNON
24. Пеклов, П.Н. Влияние неудерживающих связей на величину динамических реакций балочного моста // Развитие теории и практики транспортного строительства, информационной поддержки транспортных систем : сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербург ; Петергоф, 2024. С. 181–186.
25. Игнатьев, В.А., Игнатьев, А.В., Бочков, М.И. Базовый унифицированный алгоритм расчета систем с односторонними связями // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2021. № 4 (748). С. 21–29.

REFERENCES

1. Shirunov, G.N., Sarvilin, D.A. The Work of the Section on Structural Mechanics and Structural Reliability at the M. Gorky House of Scientists of the Russian Academy of Sciences. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2025; 3(104): 168–169. (In Russian)

2. Tsvetkov, S.V., Kulish, G.G., Smerdov, A.A., Baryshev, A.N., Tashchilov, S.V., Magnitskiy I.V., Ponomarev K.A. Experimental Research of Materials in Triaxial Tension. *Vestnik MGTU. Ser. Mashinostroyeniye*. 2016; (5): 76–88. (In Russian)
3. Recommendations for determining the strength and deformation characteristics of concrete under non-uniaxial stress states. Moscow: NIIZhB Gosstroya SSSR, 1985. 72 p. (In Russian)
4. Jianlong, Zheng, Tuo, Huang. Study on Triaxial Test Method and Failure Criterion of Asphalt Mixture. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*. 2015; 2(2): 93–106.
5. Carmona, S., Aguado, A. New Model for the Indirect Determination of the Tensile Stress–Strain Curve of Concrete by Means of the Brazilian Test. *Materials and Structures*. 2012; 45(10): 1473–1485. DOI: 10.1617/s11527-012-9851
6. Shirunov, G.N., Sarvilin, D.A. Maximum Tensile Stresses in Standard Beam Asphalt-Concrete Sample at Three-Point Bending. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2024; 1(102): 30–36. (In Russian)
7. Shirunov, G.N., Opbul, E.K., Sarvilin, D.A. Asphalt Concrete Dog-Bone Samples for Uniaxial Tension. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2024; 3(104): 95–104. DOI: 10.23968/1999-5571-2023-21-3-95-104 (In Russian)
8. Efimov, V.P. Behavior of Non-Brittle Rocks under Bending Condition. *Intere'kspo Geo-Sibir'*. 2021; 2(3): 206–212. (In Russian)
9. Efimov, V.P. Brazilian Tensile Strength and its Relationship with Uniaxial Tensile Strength. *Fundamental'ny'e i prikladny'e voprosy' gorny'x nauk*. 2021; 8(1): 66–72. DOI: 10.15372/FPVGN2021080109. EDN: EBTBBQ (In Russian)
10. Molotnikov, V.Y., Molotnikova, A.A. Remarks on Brazillian Research Technique for Tension Strength Testing. *Vestnik DGTU*. 2014; 14(79): 30–38. DOI: 10.12737/6889. EDN: TGPGKD (In Russian)
11. Novoselov, O.G., Sibgatullin, E.S. Comparison of Experimental and Theoretical Values of Lightweight Concrete b25. *Social'no-e'konomicheskie i texnicheskie sistemy': issledovanie, proektirovanie, optimizaciya*. 2021; 1(87): 66–74. EDN: XKPEWB (In Russian)
12. Timoshenko, S.P., Woinowsky-Krieger, S. Theory of Plates and Shells. Moscow: Fizmatgiz, 1963. 636 p. (Russian translation)
13. Samul', V.I. Fundamentals of the Theory of Elasticity and Plasticity. Moscow: Vysshaya shkola, 1982. 264 p. (In Russian)
14. Monakhov, I.A., Ikhav, Kh. Round Plate Bending at Large Elastoplastic Strain. *Vestnik RUDN, Ser.: Inzhenerny'e issledovaniya*. 2003; (2): 29–34. (In Russian)
15. Matrosov, A.V., Shirunov, G.N. Thick Slab under its Own Weight. In: *Proc. 3rd Int. Conf. 'Stability and Management Processes'*. Saint-Petersburg, 2015. Pp. 382–383. (In Russian)
16. Shirunov, G.N. Bending of Thick Plate Strengthened with External Reinforcement Layer under its Own Weight. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2019; 2(73): 54–61. (In Russian)
17. Bochkareva, S.A., Grishaeva, N.Y., Lyukshin, B.A., Lyukshin, P.A., Matolygina, N.Y., Panin, S.V., Reutov, Y.A. A Unified Approach to Determining the Effective Physicomechanical Characteristics of Filled Polymer Composites based on Variational Principles. *Mechanics of Composite Materials*. 2019; 54(6): 775–788. EDN: HLPYTR
18. Chehab, G., O'Quinn, E. Kim, Y.R. Specimen Geometry Study for Direct Tension Test Based on Mechanical Tests and Air Void Variation in Asphalt Concrete Specimens Compacted by Superpave Gyrotory Compactor. *Transportation Research Record, TRB*. 2000; 1723(1): 125–132. DOI: 10.3141/1723-16
19. Shirunov, G.N., Tugutov, Sh.S., Nidzhad, A., Sarvilin, D.A. Comparative Analysis of Convergence of 3D FEMs for Bending a Thick Isotropic Plate with Clamped Edges. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2016; 5(58): 86–95. EDN: XGRIGT (In Russian)
20. Shirunov, G.N., Stepanov, V.A. Deflections of a Circular Plate Loaded on Two Opposite Faces with a Counter Load with Shear and Compression. In: *Coll. Papers 'Science Week – 2023'*. Saint-Petersburg, 2023. Pp. 82–86. EDN: GJYKVH (In Russian)
21. Shirunov, G.N., Zheliostov, D.A. Approximation of Normal Compressive Stresses by a Cubic Polynomial in the Problem of Bending of a Circular Plate with uniformly distributed loads applied to two opposite faces. In: *Proc. 83rd All-Russ. Sci. Conf. of Students, Graduate Students, and Young Scientists*, in 2 vol. Vol. 1, Saint-Petersburg, 2023. Pp. 329–333. (In Russian)

22. Shirunov, G.N., Goloskokov, D.P. List of Computer Programs. RF Certificate of State Registration of Software N 2023618505. 2023. 1 p. (In Russian)
23. Shirunov, G.N. Exact Solutions to Elasticity Theory Problems for Verifying the Practical Convergence of Finite Element Models. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2013; 6(41): 53–57. EDN: RUHNON
24. Peklov, P.N. The Effect of Non-restrained Connections on the Dynamic Response of a Beam Bridge. In: *Proc. All-Russ. Sci. Conf. 'Advances in the Theory and Practice of Transportation Engineering and Information Support'*. Saint-Petersburg, 2024. Pp. 181–186. (In Russian)
25. Ignat'ev, V.A., Ignat'ev, A.V., Bochkov, M.I. Basic Unified Algorithm for Calculating Systems with Unilateral Connections. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Stroitel'stvo*. 2021; 4(748): 21–29. (In Russian)

Сведения об авторах

Ширунов Гурий Николаевич, докт. техн. наук, Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, 191123, г. Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, 22, guriyn@mail.ru

Сарвилин Денис Алексеевич, гл. специалист, ООО «ТЕКТОН-СПб», 190121, г. Санкт-Петербург, ул. Декабристов, 62-64, лит. А, sarvilin@tekton-spb.ru

Authors Details

Guriy N. Shirunov, DSc, The Saint Petersburg Military Engineering-Technical University (Nikolaevsky), 8, Makarov Emb., 199034, Saint-Petersburg, Russia, guriyn@mail.ru

Denis A. Sarvilin, Chief Officer, ООО 'TEKTON-SPb', 62-64A, Dekabristov Str., 190121, St. Petersburg, Russia, sarvilin@tekton-spb.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 13.10.2025
Одобрена после рецензирования 08.04.2026
Принята к публикации 23.04.2026

Submitted for publication 13.10.2025
Approved after review 08.04.2026
Accepted for publication 23.04.2026

ЮБИЛЯРЫ

WE HONOR JUBILARIANS

**ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ АКАДЕМИКА РААСН
ВЛАДИМИРА ИЛЬИЧА ТРАВУША**

**HAPPY ANNIVERSARY TO VLADIMIR IL'ICH TRAVUSH,
ACADEMICIAN OF THE RUSSIAN ACADEMY
OF ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION SCIENCES**

4 мая 2026 г. исполняется 90 лет академику Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН), вице-президенту РААСН по направлению «Строительные науки», заслуженному деятелю науки РФ, заслуженному строителю РФ, доктору технических наук, профессору, лауреату Государственной премии РФ в области науки и технологий, премии Совета Министров СССР и трижды лауреату Премии Правительства РФ Владимиру Ильичу Травушу.



Творческий путь Владимира Ильича начался после окончания Днепропетровского инженерно-строительного института, когда он был направлен на строительство казахстанской «Магнитки» в город Темир-Тау. Пройдя путь от мастера, прораба и начальника участка до исполняющего обязанности главного инженера Строительного управления «Промметаллургстрой», он в 1961 г. поступил в аспирантуру Московского инженерно-строительного института (МИСИ) на кафедру теоретической механики под руководством выдающегося ученого Б.Г. Коренева.

Уже в 1964 г. молодой конструктор вошел в авторский коллектив по проектированию Останкинской телевизионной башни, а в августе 2000 г., после разрушительного пожара, именно его профессионализм и инженерные решения позволили спасти уникальный объект.

В 1968 г. совместно с Н.В. Никитиным В.И. Травуш разработал футуристический проект 4000-метровой башни-города для Японии, ставший один из самых смелых инженерных замыслов XX в.

В 1970–80-е гг. Владимир Ильич активно работал в ЦНИИЭП им. Б.С. Мезенцева, где внес значительный вклад в развитие типологии общественных зданий. Под его руководством и при непосредственном участии были созданы серии типовых деревоклееных и металлических конструкций, физкультурно-оздоровительные комплексы (ФОКи), полносборные модульные здания. Среди реализованных объектов того периода – Дворец спорта в Архангельске с деревоклееными арками пролетом 63 м (1981), Дворец спорта «Динамо» в Москве (к Олимпиаде-80), дворцы спорта в Твери, бассейны, рынки, а также Музей Хо Ши Мина в Ханое.

В 2004 г. был завершен уникальный Крытый конькобежный центр в Крылатском (Москва) с деревометаллическими фермами пролетом 117 м и вантовой системой подвеса кровли.

Особое место в творческой биографии В.И. Травуша занимает работа над комплексом ММДЦ «Москва-Сити». Как главный конструктор и куратор он обеспечил реализацию таких знаковых объектов, как мост «Багратион» (совместно с архитектором Б.И. Тхором, 1997), Башня-2000, башни «Евразия», «Город столиц», «Империя», «Меркурий», «Федерация», спиралевидная башня «Эволюция» (с архитекторами С. Чобаном, А. Кузьминым, Т. Кеттлом, Ф. Никандровым) и Центральное ядро комплекса с фундаментной плитой площадью 50 000 м² без температурных швов.

Вершиной высотного мастерства стала башня «Лахта Центр» в Санкт-Петербурге (462 м, 2018) – самое высокое здание Европы. Владимир Ильич выступил главным конструктором этого уникального сооружения, «закручивающегося» вокруг своей оси на 90°. Рекордная непрерывная заливка фундаментной плиты (19 672 м³ бетона за 49,2 ч) вошла в Книгу рекордов Гиннесса. Комплекс удостоен престижных международных наград, включая Emporis Skyscraper Award и победы в номинациях СТБУН Awards 2021 («Лучшее высотное здание Европы», «Лучшее здание высотой более 400 метров»).

Среди других значимых объектов – Олимпийский дворец спорта «Большой» в Сочи (2014), санно-бобслейная трасса, перепроектирование стадиона «Зенит-Арена» («Газпром Арена») в Санкт-Петербурге к чемпионату мира по футболу 2018, бизнес-центры и храмовые комплексы.

Творчество В.И. Травуша охватывает практически все сферы архитектурно-строительной практики – от большепролетных деревянных и металлических конструкций до высотных зданий мирового уровня, от конкурсных футуристических проектов (включая Морской экополис «Ольвия», удостоенный Золотой медали Российской академии художеств) до реставрации и реконструкции (Останкинская башня, участие в проектах Провиантских складов и др.). Он является автором более 70 реализованных проектов и более 300 научных трудов и патентов.

Владимир Ильич ведет активную научную и педагогическую деятельность. Его исследования посвящены строительной механике, расчету конструкций (включая нелинейные задачи, высотные здания, сейсмостойкость, защиту от прогрессирующего обрушения), методам мониторинга нагрузок. В.И. Травуш участвовал в разработке нормативных документов и сводов правил по высотному строительству. Лекции профессора В.И. Травуша по высотному строительству и расчетной практике пользуются неизменным успехом.

Будучи вице-президентом РААСН и главным конструктором ЗАО «Горпроект», Владимир Ильич продолжает активную научную, проектную и общественную деятельность, сочетая высочайший инженерный профессионализм с глубокой социальной ответственностью.

Коллектив Томского государственного архитектурно-строительного университета и все, кому посчастливилось общаться с Владимиром Ильичем, сердечно поздравляют его с 90-летним юбилеем!

Желаем Вам, уважаемый Владимир Ильич, крепкого здоровья, неиссякаемой творческой энергии, новых проектов и благодарных учеников.

Пусть Ваш пример служения профессии еще долгие годы вдохновляет следующие поколения ученых, архитекторов и строителей!