



## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ляхович Л.С., докт. техн. наук, профессор, академик РААСН, профессор кафедры строительной механики ТГАСУ, г. Томск; [lls@tsuab.ru](mailto:lls@tsuab.ru)  
Акимов П.А., докт. техн. наук, профессор, академик РААСН, ректор МГСУ, г. Москва; [pavel.akimov@gmail.com](mailto:pavel.akimov@gmail.com)  
Белостоцкий А.М., докт. техн. наук, профессор, академик РААСН, ген. директор научно-исследовательского центра СтаДиО, г. Москва; [amb@stadyo.ru](mailto:amb@stadyo.ru)  
Беккер А.Т., докт. техн. наук, профессор, академик РААСН, научный руководитель политехнического института ДВФУ, г. Владивосток; [bekker.at@dvfu.ru](mailto:bekker.at@dvfu.ru)  
Бондаренко И.А., докт. архитектуры, профессор, академик РААСН, директор НИИТИАГ, филиал ЦНИИП Минстроя России, г. Москва; [nitag@yandex.ru](mailto:nitag@yandex.ru)  
Власов В.А., докт. физ.-мат. наук, профессор, советник РААСН, ректор ТГАСУ, г. Томск; [rector@tsuab.ru](mailto:rector@tsuab.ru)  
Волокитин Г.Г., докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой прикладной механики и материаловедения ТГАСУ, г. Томск; [vgg-tomsk@mail.ru](mailto:vgg-tomsk@mail.ru)  
Волокитин О.Г., докт. техн. наук, профессор, советник РААСН, проректор по учебной работе ТГАСУ, г. Томск; [study@tsuab.ru](mailto:study@tsuab.ru)  
Галляудинов З.Р., докт. техн. наук, доцент, зав. кафедрой железобетонных конструкций ТГАСУ, г. Томск; [zgalyautdinov@tsuab.ru](mailto:zgalyautdinov@tsuab.ru)  
Гныря А.И., докт. техн. наук, профессор, советник РААСН, профессор кафедры технологии строительного производства ТГАСУ, г. Томск; [tsp\\_tgasu@mail.ru](mailto:tsp_tgasu@mail.ru)  
Детярев В.В., докт. техн. наук, профессор, советник РААСН, зав. кафедрой гидротехнического строительства, безопасности и экологии НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск; [ngasu\\_gts@mail.ru](mailto:ngasu_gts@mail.ru)  
Есаулов Г.В., докт. архитектуры, профессор, академик РААСН, проректор по научной работе МАРХИ, г. Москва; [gvesaulov@raasn.ru](mailto:gvesaulov@raasn.ru)  
Ефименко С.В., докт. техн. наук, профессор кафедры автомобильных дорог ТГАСУ, г. Томск; [svefimenko@mail.ru](mailto:svefimenko@mail.ru)  
Ефименко В.Н., докт. техн. наук, профессор кафедры автомобильных дорог ТГАСУ, г. Томск; [svefimenko@mail.ru](mailto:svefimenko@mail.ru)  
Зайченко Н.М., докт. техн. наук, профессор, ректор ДонНАСА, г. Макеевка; [mailbox@donnasa.ru](mailto:mailbox@donnasa.ru)  
Ильичев В.А., докт. техн. наук, профессор, вице-президент РААСН, академик РААСН, г. Москва; [ilyichev@raasn.ru](mailto:ilyichev@raasn.ru)  
Каприелов С.С., докт. техн. наук, профессор, академик РААСН, зав. лабораторией НИИЖБ, г. Москва; [kaprielov@masterbeton-mb.ru](mailto:kaprielov@masterbeton-mb.ru)  
Копаница Н.О., докт. техн. наук, профессор кафедры строительных материалов и технологий ТГАСУ, г. Томск; [kopаница@mail.ru](mailto:kopаница@mail.ru)  
Кудряков А.И., докт. техн. наук, советник РААСН, профессор кафедры строительных материалов и технологий ТГАСУ, г. Томск; [kudyakov@tsuab.ru](mailto:kudyakov@tsuab.ru)  
Кумпьяк О.Г., докт. техн. наук, советник РААСН, профессор кафедры железобетонных конструкций ТГАСУ, г. Томск; [kumpyak@yandex.ru](mailto:kumpyak@yandex.ru)  
Лотов В.А., докт. техн. наук, профессор кафедры строительных материалов и технологий ТГАСУ, г. Томск; [valotov@tpu.ru](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto:ovssn@tsuab.ru)  
Орозбеков М.О., докт. техн. наук, профессор ОмГУ, г. Омь, Кыргызская Республика; [oshsu@mail.ru](mailto:oshsu@mail.ru)  
Поляков Е.Н., докт. искусствоведения, канд. архитектуры, профессор кафедры теории и истории архитектуры ТГАСУ, член Союза архитекторов России, г. Томск; [polyakov-en@ya.ru](mailto:polyakov-en@ya.ru)  
Ситникова Е.В., канд. архитектуры, доцент кафедры реставрации и реконструкции архитектурного наследия ТГАСУ, г. Томск; [elensi@vtomske.ru](mailto:elensi@vtomske.ru)  
Сколубович Ю.Л., докт. техн. наук, профессор, чл.-корр. РААСН, ректор НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск; [sjl1964@mail.ru](mailto:sjl1964@mail.ru)  
Тептаев Б.Б., докт. техн. наук, профессор, академик Национальной инженерной академии РК и Международной академии транспорта, г. Алматы, Республика Казахстан; [bagdabt@yahoo.com](mailto:bagdabt@yahoo.com)  
Травуш В.И., докт. техн. наук, профессор, академик РААСН, вице-президент РААСН, г. Москва; [travush@mail.ru](mailto:travush@mail.ru)  
Цветков Н.А., докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой теплогазоснабжения ТГАСУ, г. Томск; [nac@tsuab.ru](mailto:nac@tsuab.ru)  
Шубенков М.В., докт. архитектуры, профессор, вице-президент РААСН, зав. кафедрой градостроительства МАРХИ, г. Москва; [shubenkov@gmail.com](mailto:shubenkov@gmail.com)  
Шубин И.Л., докт. техн. наук, чл.-корр. РААСН, директор НИИСФ РААСН, г. Москва; [niisf@niisf.ru](mailto:niisf@niisf.ru)  
Чулин В.Р., докт. техн. наук, профессор, советник РААСН, зав. кафедрой городского строительства и хозяйства ИНИТУ, г. Иркутск; [chupinvr@existu.edu](mailto: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](http://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](http://www.iprbookshop.ru), а также на сайте «Вестник ТГАСУ»: <https://vestnik.tgasu.ru>

Научное издание

ВЕСТНИК ТГАСУ № 4 – 2024

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

Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций ПИ №77-9483 от 30 июля 2001 г.

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

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

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

Технический редактор Н.В. Удлер.

Подписано в печать 21.08.2024. Формат 70×108/16. Гарнитура Таймс.

Дата выхода: 28.08.2024.

Уч.-изд. л. 19,75. Усл. печ. л. 23,45. Тираж 200 экз. Заказ № 70.

Цена: свободная.

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

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



© Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2024

The Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

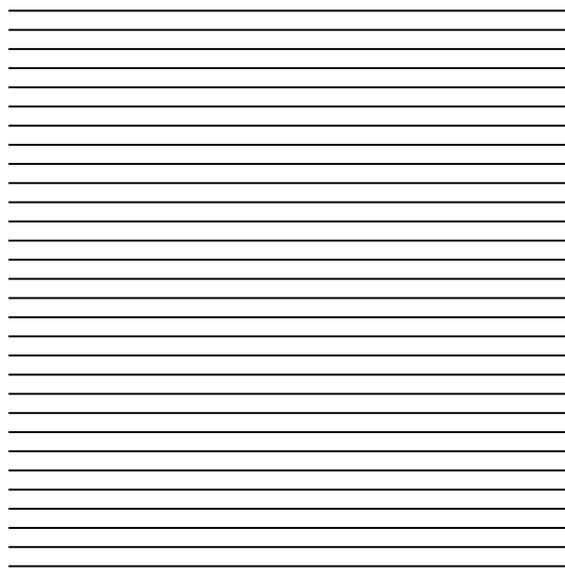
VESTNIK  
TOMSKOGO GOSUDARSTVENNOGO  
ARKHITEKTURNO-STROITEL'NOGO UNIVERSITETA

**JOURNAL**  
**OF CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE**

Volume 26

№ 4 2024  
SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

Published since April 1999



## EDITORIAL STAFF

Lyakhovich L.S., DSc, Professor, RAACS Academician, Structural Mechanics Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; [lls@tsuab.ru](mailto:lls@tsuab.ru)  
Akimov P.A., DSc, Professor, RAACS Academician, RAACS, Rector, MGSU, Moscow, Russia; [pavel.akimov@gmail.com](mailto:pavel.akimov@gmail.com)  
Belostotskii A.M., DSc, Professor, RAACS Academician, Director General Research Center StaDiO, Moscow, Russia; [amb@stadyo.ru](mailto:amb@stadyo.ru)  
Bekker A.T., DSc, Professor, RAACS Academician, Academic Adviser, Polytechnic Institute of Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia; [be-ker.at@dfu.ru](mailto:be-ker.at@dfu.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](mailto: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](mailto: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](mailto:ngasu_gts@mail.ru)  
Efimenko V.N., DSc, Professor, Automobile Roads Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; [svefimenko\\_80@mail.ru](mailto:svefimenko_80@mail.ru)  
Efimenko S.V., DSc, Vice-Rector for Research, TSUAB, Tomsk, Russia; [svefimenko@tsuab.ru](mailto: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](mailto:esaulovgv@raasn.ru)  
Galyautdinov Z.R., DSc, A/Professor, Head of Reinforced Concrete Construction Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; [zgalyautdinov@tsuab.ru](mailto:zgalyautdinov@tsuab.ru)  
Gnyrya A.I., DSc, Professor, RAACS Adviser, Construction Engineering Technology Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; [tsp\\_ggasu@mail.ru](mailto:tsp_ggasu@mail.ru)  
Ilichev V.A., DSc, Professor, RAACS Academician, RAACS Vice President, Moscow, Russia; [ilyichev@raasn.ru](mailto:ilyichev@raasn.ru)  
Kapriylov S.S., DSc, Professor, RAACS Corresponding Member, Head of Laboratory at Gvozdev Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete, Moscow, Russia; [kapriylov@masterbeton-mb.ru](mailto:kapriylov@masterbeton-mb.ru)  
Kopanitsa N.O., DSc, Professor, Building Materials and Technologies, TSUAB, Tomsk, Russia; [kopanitsa@mail.ru](mailto:kopanitsa@mail.ru)  
Kudyakov A.I., DSc, Professor, RAACS Adviser, Head of Construction Engineering Technology Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; [kudyakov@tsuab.ru](mailto:kudyakov@tsuab.ru)  
Kumpyak O.G., DSc, Professor, RAACS Adviser, Reinforced Concrete and Masonry Structures Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; [kumpyak@yandex.ru](mailto:kumpyak@yandex.ru)  
Lotov V.A., DSc, Professor, Construction Engineering Technology Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; [valotov@tpu.ru](mailto:valotov@tpu.ru)  
Morozov V.I., DSc, Professor, RAACS Corresponding Member, Head of Engineering Constructions Dept., SPSUACE, Saint-Petersburg, Russia; [morozov@spbgasu.ru](mailto:morozov@spbgasu.ru)  
Orozbekov M.O., DSc, Professor, Rector, Osh State University, Osh, Kyrgyz Republic; [oshsu@mail.ru](mailto:oshsu@mail.ru)  
Ovsyannikov S.N., DSc, Professor, RAACS Adviser, Head of Architecture of Civil and Industrial Buildings Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; [ovssn@tsuab.ru](mailto: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](mailto:polyakov-en@ya.ru)  
Skolubovich Yu.L., DSc, Professor, RAACS Correspondent Member, Rector, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, Novosibirsk, Russia; [sjl1964@mail.ru](mailto:sjl1964@mail.ru)  
Sitnikova E.V., DArts, A/Professor, Restoration and Renovation of Architectural Heritage Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; [elensi@vtomske.ru](mailto:elensi@vtomske.ru)  
Shubnikov M.V., DArts, Professor, Head of Urban Planning Dept., Moscow Architectural Institute (State Academy), RAACS Vice President, Moscow, Russia; [shubnikov@gmail.com](mailto:shubnikov@gmail.com)  
Shubin I.L., DSc, RAACS Corresponding Member, Director Structural Physics Research Institute, RAACS, Moscow, Russia; [niisf@niisf.ru](mailto:niisf@niisf.ru)  
Teltaev B.B., DSc, Professor, Academician, National Academy of Engineering of Kazakhstan and International Academy of Transport, Almaty, Kazakhstan; [bagdatbt@yahoo.com](mailto:bagdatbt@yahoo.com)  
Travush V.I., DSc, Professor, RAACS Vice President, RAACS Academician, Moscow, Russia; [travush@mail.ru](mailto:travush@mail.ru)  
Tsantilis L., A/Professor, Environment, Land and Infrastructure Engineering Dept., Polytechnic University of Turin, Turin, Italy; [luca.tsantilis@polito.it](mailto:luca.tsantilis@polito.it)  
Tsvetkov N.A., DSc, Professor, Head of Heat and Gas Supply Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; [nac@tsuab.ru](mailto:nac@tsuab.ru)  
Vlasov V.A., DSc, Professor, RAACS Adviser, Rector, TSUAB, Tomsk, Russia; [rector@tsuab.ru](mailto:rector@tsuab.ru)  
Volokitin G.G., DSc, Professor, Head of Applied Mechanics and Materials Science Dept., TSUAB, Tomsk, Russia; [vvg-tomsk@mail.ru](mailto:vvg-tomsk@mail.ru)  
Volokitin O.G., DSc, Professor, RAACS Adviser, Vice-Rector for Academic Affairs, TSUAB, Tomsk, Russia; [study@tsuab.ru](mailto:study@tsuab.ru)  
Zaichenko N.M., DSc, Professor, Rector, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Makeevka, Russia; [mailbox@donnasa.ru](mailto: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](http://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](http://www.iprbookshop.ru); <https://vestnik.tsuab.ru>

Scientific Edition  
VESTNIK TOMSKOGO GOSUDARSTVENNOGO ARHITEKTURNO-STROITEL'NOGO UNIVERSITETA  
JOURNAL OF CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE No 4 – 2024  
Print ISSN 1607-1859 Online ISSN 2310-0044

The journal is registered by the Federal Agency on Press and Mass Communications of the Russian Federation PI N77-9483, 30 July, 2001.  
The journal is re-registered by the Federal Supervision Service for Communication, Information Technology and Mass Media (Roskomnadzor)  
PI N FS77-81849, September 24, 2021.

Founder: Tomsk State University of Architecture and Building

Editors T.S. Volodina, V.N. Korshunova, E.A. Kuleshova. Translator M.V. Vorob'eva. Design: E.I. Kardash. Technical editor N.V. Udler  
Passed for printing: 21.08.2024. Paper size: 70×108/16. Typeface: Times New Roman Issue date: 28.08.2024.  
Published sheets: 19,75. Conventional printed sheets: 23,45. Print run: 200 copies Price: free.  
Order N 70.

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



© Tomsk State University  
of Architecture and Building, 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

### АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

<b>Герасимов А.П.</b> Архитектура барокко в Западной Сибири.....	9
<b>Поляков Е.Н., Полякова О.П.</b> Развитие принципов функционализма в архитектурном наследии Ле Корбюзье. Вилла Савой в Пуасси (1928–1931 гг.).....	25
<b>Зайкова Е.Ю.</b> Гибридные модели в структуре природно-инженерного каркаса города.....	44
<b>Желободько М.И., Акимова М.И.</b> Концептуальные сценарии архитектурной адаптации Новосибирской электростанции ТЭЦ-1.....	62
<b>Журин Н.П.</b> Особенности планировочного решения будущего сибирского мегаполиса Ново-Николаевска (совр. Новосибирск) в конце XIX – начале XX века..	76
<b>Соколова А.А.</b> Организация инклюзивности в театре в физической и цифровых средах.....	86
<b>Буренок Е.С., Скоблицкая Ю.А.</b> Особенности формирования современного горнолыжного комплекса.....	102
<b>Журавлев Т.В., Ермоленко Е.В.</b> Особенности построения пространства и пластики в проекте филиала Третьяковской галереи в Калининграде.....	118
<b>Верёвкина И.Д.</b> Квартирография социального жилья для города Томска в архитектуре жилища.....	130
<b>Жуков А.А., Моргун Н.А., Тумасов А.А.</b> Архитектурная модернизация главного корпуса университета в городе Новочеркасске.....	138
<b>Аллахвердиева С.И.</b> Городище Шабран: архитектурные особенности и роль в истории Азербайджана.....	149
<b>Мамедова Э.Э.</b> Ценностные характеристики исторических садов города Томска ...	161

### СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

<b>Подшивалов И.И.</b> Совместная работа опорной плиты базы металлической колонны с железобетонной плитой столбчатого фундамента промышленного здания.....	176
<b>Песцов Д.Н., Моисеенко М.О., Трепутнева Т.А.</b> Использование жордановых исключений в анализе усилий при изменениях расчетной схемы балки.....	187

### ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

<b>Сайтов А.В.</b> Опыт внедрения ТИМ в ПАО «НК «Роснефть» как ответ на современные вызовы цифровизации строительной отрасли.....	199
---	-----

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

<b>Алексеев А.А., Картопольцев А.В., Черепанов Д.Н.</b> К вопросу ресурсной долговечности пролетных строений мостов .....	211
<b>Герасимов С.И., Тихомиров В.М., Бахтин С.А.</b> Экспериментальная оценка перераспределения усилий в элементах модели пролетного строения моста, получившего повреждения при временной нагрузке от подвижного состава .....	220
<b>Картопольцев В.М., Алексеев А.А., Параев Б.А.</b> К теории расчета конструктивных элементов из анизотропного материала с упруговязкопластическими свойствами .....	230
<b>Шабуров С.С., Волкова Е.В.</b> Анализ предложений по исключению развития деформаций земляного полотна эксплуатируемой автомобильной дороги Култук – Монды в Республике Бурятия .....	243

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА  
И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

<b>Агафонова Е.А., Вайгенс А.Г.</b> Концепция перспективного формирования единого экологического каркаса в Камской агломерации .....	256
--	-----

## C O N T E N T S

### ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING

<b>Gerasimov A.P. Baroque Architecture in West Siberia</b> .....	9
<b>Polyakov E.N., Polyakova O.P.</b> Development of Functionalist Principles in Architectural Heritage of Le Corbusier. Villa Savoy in Poissy .....	25
<b>Zaikova E.Yu.</b> Hybrid Models in Natural Engineering Structure of the City .....	44
<b>Zhelobod'ko M.I., Akimova M.I.</b> Conceptual Scenarios of Architectural Adaptation of Novosibirsk Power Plant .....	62
<b>Zhurin N.P.</b> Novo-Nikolaevsk (Novosibirsk): Planning Solution of the Future Siberian Metropolis Late in the 19th and Early 20th Centuries .....	76
<b>Sokolova A.A.</b> Inclusivity in Physical and Digital Theater Environments .....	86
<b>Burenok E.S., Skoblitskaya Yu.A.</b> Formation of Modern Ski Complex .....	102
<b>Zhuravlev T.V., Ermolenko E.V.</b> Construction of Space and Plasticity in the Project of the Tretiakov Gallery Branch in Kaliningrad .....	118
<b>Verevkina I.D.</b> Apartment Layouts of Social Housing for Tomsk Architecture .....	130
<b>Zhukov A.A., Morgun N.A., Tumasov A.A.</b> Architectural Modernization of Main University Building in Novocherkassk .....	138
<b>Allakhverdieva S.I.</b> Shabran Ancient Settlement: Architecture and Historical Significance of Azerbaijan.....	149
<b>Mamedova E.E.</b> Valuable Characteristics of Historical Gardens in Tomsk.....	161

### BUILDING AND CONSTRUCTION

<b>Podshivalov I.I.</b> Joint Operation of Column Base Metal Plate and Reinforced Concrete Slab of Post Footing of Industrial Building .....	176
<b>Pestsov D.N., Moiseenko M.O., Treputneva T.A.</b> Jordan Eliminations in Force Analysis When Changing Beam Structural Design .....	187

### CONSTRUCTION TECHNOLOGY AND MANAGEMENT

<b>Saitov A.V.</b> Information Modeling Implementation in PAO “Rosneft” as Challenge of Digitization in Construction Industry .....	199
--	-----

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

<b>Alekseev A.A., Kartopol'tsev A.V., Cherepanov D.N.</b> Towards Resource Durability of Bridge Spans.....	211
<b>Gerasimov S.I., Tikhomirov V.M., Bakhtin S.A.</b> Experimental Assessment of Force Redistribution in Elements of Damaged Bridge Model under Temporary Load from Rolling Stock .....	220
<b>Kartopol'tsev V.M., Alekseev A.A., Paraev B.A.</b> Towards Calculation of Anisotropic Constructive Elements with Elastic-Plastic Properties .....	230
<b>Shaburov S.S., Volkova E.V.</b> Road Site Inspection and Measures to Avoid Further Deformation.....	243

CONSTRUCTION AND URBAN ECOLOGICAL SECURITY

<b>Agafonova E.A., Vaitens A.G.</b> Prospects of Ecological System Formation in Kama Agglomeration .....	256
--	-----

# АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

## ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING

Вестник Томского государственного  
архитектурно-строительного университета.  
2024. Т. 26. № 4. С. 9–24.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo  
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –  
Journal of Construction and Architecture.  
2024; 26 (4): 9–24.  
Print ISSN 1607-1859  
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 72.034.7

DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-9-24

EDN: BMVRIV

### АРХИТЕКТУРА БАРОККО В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

**Александр Петрович Герасимов**

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

**Аннотация.** Показаны основные направления развития архитектуры Западной Сибири в XVII – н. XX в. Обобщены данные ранее опубликованных материалов, посвященных художественно-декоративной трактовке каменных и деревянных зданий. Отмечена взаимосвязь и взаимовлияние их орнаментов. Установлено, что стиль барокко, широко применяемый в архитектуре Западной Европы и России XVII–XVIII вв., не получил большого развития в городах Сибири. Показано, что стилевое направление «сибирское барокко», зародившееся в начале XX столетия, в основном коснулось культовых построек. В каменной же застройке жилых и общественных зданий этот стиль встречается довольно редко.

**Целью** исследования является анализ процесса развития данного направления в архитектуре Сибири. Основное внимание уделено барочной орнаментике.

**Выводы.** Показано, что широкое применение элементы барокко получили в деревянной архитектуре городов Сибири в XIX в. Лишь в наше время это стилевое направление обратило на себя должное внимание исследователей архитектуры. Предпринята попытка раскрыть особенности орнаментов барокко в контексте традиций народов России, установить взаимосвязь основных архитектурных стилей с обычаями деревянной русской архитектуры и национальными особенностями орнаментов народов Сибири.

**Ключевые слова:** Сибирь, история архитектуры, барокко, стиль, орнамент

**Для цитирования:** Герасимов А.П. Архитектура барокко в Западной Сибири // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 4. С. 9–24. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-9-24. EDN: BMVRIV

## ORIGINAL ARTICLE

## BAROQUE ARCHITECTURE IN WEST SIBERIA

Aleksandr P. Gerasimov

*Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia*

**Abstract.** The article shows the main directions of the architecture development in West Siberia in the 17th and early 20th centuries. Research of the last decades devoted to the artistic and decorative interpretation of stone and wooden buildings is summarized. The mutual effect of their ornaments is noted. It is found that the Baroque style, widely used in the architecture of West Europe and Russia of the 17–18th centuries, is not adequately developed in Siberian cities. Siberian Baroque originated at the beginning of the 20th century, affects mainly religious buildings. In construction of stone residential and public buildings, this style is quite rare.

The purpose of this article is to analyze the development of this trend in Siberia. The main focus is on Baroque ornamentation. Baroque elements are widely used in wooden architecture of Siberia in the 19th century. Presently, it draws attention from architectural researchers. The article studies Baroque ornaments in terms of Russian traditions, identifies the relationship between the main architectural styles and customs of wooden architecture and ornaments in Siberia.

**Keywords:** Siberia, architecture, history, Baroque style, ornament

**For citation:** Gerasimov A.P. Baroque Architecture in West Siberia. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2024; 26 (4): 9–24. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-9-24. EDN: BMVRIV

Влияние стиля барокко на архитектуру Сибири необходимо рассматривать со времени появления его в России и, прежде всего, с восхождения на царский престол Петра I, радикальные преобразования которого непосредственно связаны с появлением новых направлений в культуре и искусстве нашего государства.

XVII столетие – время возвеличивания Москвы – столицы государства Российского. В этот период для строительства крепостной, хоромной (жилой) и культовой архитектуры, в Москве, как и в других городах Европы, привлекались итальянские зодчие и строители. Еще ранее, в XIV–XV вв., разрабатываются новые формы крестово-купольных православных храмов. В гражданское строительство вводятся архитектурные элементы Ренессанса с широким применением национального орнамента древнерусского искусства. Особенно это коснулось культовой архитектуры. Диалог на тему влияния преобразований Петра I на дальнейший ход развития России, видимо, никогда не прекратится. По сути, споры о влиянии западной культуры остаются словами, т. к. до сих пор нет однозначно принятой позиции, что именно повлияло на этот процесс.

XVII столетие в архитектуре – время совершенствования градостроительства Москвы и других городов России, где используются новые формы городской планировки. В отличие от многих стран Западной Европы, Россия была централизованным государством, в то время как в Европе эта форма правления не была в полной мере реализована. Второй аспект касается культовой архитектуры, которая по специфике вероисповедания должна была отличаться от западноевропейской. Это касается и такого вида искусства, как живопись. Нигде в мировой практике, кроме отдельных славянских государств, не суще-

ствуется такого направления или школы в искусстве, как иконопись, с ее уникальными обычаями, канонами и техникой исполнения. Поэтому искусство XVIII в. пришло не «на смену средневековью», как считают некоторые исследователи, а на смену «возрождению» России, которое проходило в течение предыдущих XIV–XVII вв. Нельзя отрицать и роли петровских реформ в живописи, повлиявших на дальнейшее развитие искусства России. Россия не отставала от культуры Европы, а развивалась своим путем, отличным от Запада. В XIX столетии было выработано две концепции, касающиеся российского искусства. Первая из них: «Искусство России XVIII в. – чуждое, насильственно привитое, не национальное и не народное по своей природе». Вторая, противоположная – «Сглаживание границ между Древней Русью и XVIII в. заключается в желании объяснить все достижения искусства XVIII в., исходя из его “средневековой предыстории”», отыскать в их недрах все загадки нового» [1].

Известно, что стиль барокко зародился в Италии на рубеже XVI–XVII вв., а дальнейшее развитие получил во Франции, Испании и других странах Западной Европы. В России стиль барокко, известный как «нарышкинский стиль», получил развитие лишь во второй половине XVII в. Взгляд западноевропейских исследователей на русскую архитектуру прослеживается в высказываниях немецкого исследователя архитектуры Вильфрида Коха: «В 1703 г. Петр I основывает Санкт-Петербург и открывает Россию Западу также с культурной стороны. Еще провинциальное барокко представляют итальянец швейцарского происхождения Д.А. Трезини (1670–1734) с его застройками деревянных домов, Петропавловской крепостью и Летним дворцом в стиле голландского барокко (1711–1714), а также немецкие архитекторы И.Г. Шедель (дворец Меншикова в Санкт-Петербурге, начат в 1714 г.) и Г.И. Маттарнови (библиотека и кунсткамера в Петропавловской крепости). Вторая фаза при Елизавете II<sup>1</sup> проходит под знаком Ф.Б. Растрелли (1700–1771) в стиле перезрелого рококо (Летний дворец, 1741–1744, дворец Аничкова, 1744; Петергоф; Летний дворец и павильоны в Царском Селе, 1749–1756; Зимний дворец в Санкт-Петербурге, 1754–1762). Третья, классицистическая, фаза накладывает наиболее сильный отпечаток на архитектуру Петербурга. Она начинается со строительства Академии художеств и Мраморного дворца в итальянском стиле, впервые в истории архитектуры применены железные несущие элементы. Затем развитие архитектуры определяют уже русские зодчие, в том числе В.П. Стасов (1769–1848)...» [1, с. 329].

Советский историк архитектуры В.И. Пилявский выделяет следующие периоды в развитии архитектуры русского барокко:

- архитектура Петербурга и его пригородов первой трети XVIII в.;
- архитектура первой трети XVIII в. в Москве и других городах России;
- архитектура середины XVIII в.

Им отмечено, что «в научной литературе неоднократно поднимался вопрос о происхождении данного стилистического направления. Наличие большого количества классических архитектурных деталей как будто бы свидетельствует о влиянии западноевропейской архитектуры.

<sup>1</sup> Елизаветы II не было – в это время царствовали Елизавета Петровна (1741–1761), Петр III (1761–1762) и Екатерина II (1762–1796). Кунсткамера находилась в Петропавловской крепости только с начала ее образования.

Однако с этими западноевропейскими формами в России знакомилась большей частью по архитектурным книгам и гравюрам. <...> Следует отметить, что роль классических архитектурных форм в сложении нового стиля русского зодчества в основном ограничивалась отдельными декоративными элементами, очень мало затрагивая общие композиционные принципы зданий. Таким образом, несомненно, что русская архитектура конца XVII в. по происхождению не связана с западноевропейским барокко; она вполне самостоятельна. Архитектура “русского барокко” – термин первой половины – середины XVIII в. Однако, как указывает Э.С. Юсупов, “термин, выработанный наукой для истории западноевропейского искусства, недостаточен для характеристики русского искусства этого периода, где в формах барочного искусства нашло яркое выражение русское национальное содержание...” [2, с. 57].

Формирование архитектурных стилей в России в поздних интерпретациях соотносилось со сроками правления царствующих особ. Черты барокко получили дальнейшее развитие при императрице – дочери Петра I – Елизавете Петровне (1741–1761), и позднее этот стиль получил название «елизаветинское барокко».

Первая четверть XVIII в. – время активизации Санкт-Петербургской школы, создавшей основные направления градостроительной политики и внедрившей практику «типового и повторного строительства», получившие дальнейшее развитие в эпоху классицизма.

Одним из самых известных архитекторов этого периода был Франческо Бартоломео Растрелли (1700–1771), который работал в Санкт-Петербурге до 1761 г. Его наиболее известные работы – дворцы Э.И. Бирона в Митаве (ныне Елгава, 1738–1740), летний деревянный дворец Елизаветы Петровны (1741–1744, не сохранился), дворец М.И. Воронцова (1749–1757) на Садовой улице в Петербурге, большой дворец в Петергофе (1745–1755), Екатерининский дворец (1752–1757), Смольный собор (1744–1764).

Как было отмечено выше, «русское барокко» возникло в конце XVII в. в рамках «нарышкинского стиля» (табл. 1). Получив дальнейшее развитие в XVIII в., этот стиль оказал большое влияние не только на каменную, но и на деревянную архитектуру.

Рассматривая развитие архитектуры России XVII–XVIII вв., нельзя не упомянуть деятельность таких русских архитекторов, как И.К. Коробов, С.И. Чевакинский, Д.В. Ухтомский, А.В. Квасов.

Начиная с XVIII в. барочные формы, наряду с каменной, все чаще прослеживаются в городской деревянной архитектуре России. Однако из-за малой сохранности деревянных домов этот процесс вызывает определенные затруднения. Несмотря на сложности, исследования влияния барокко на архитектуру России, в том числе и на архитектуру Сибири, проходили последовательно на всем протяжении XIX и XX столетий. Необходимо сразу отметить, что вопросы, рассматриваемые в контексте развития барокко как стиля, в России касались в основном каменной архитектуры. К данной проблеме обращались и такие советские исследователи архитектуры, как С.Б. Алексеева, Ю.И. Аренкова, Т.П. Федотова, А.Н. Воронихина и др. Общие вопросы развития стилиобразования в архитектуре, в том числе стиля барокко, поднимались в публикациях по искусствоведению А.П. Пуниным, Е.И. Кириченко, И.А. Бартеневым, Е.А. Борисовой, А.В. Иконниковым, Г.Ю. Стерниным.

Таблица 1

Сравнительный анализ архитектуры центральных городов  
России и Сибири

Table 1

## Comparative analysis of architecture in central cities Russia and Siberia

Годы	Субъект	
	Россия Центральные города (по Пилявскому)	Сибирь Губернские города
1500	Архитектура периода создания централизованного Русского государства XV–XVI вв. 1450 г. (нач.)	–
1550	Архитектура периода создания централизованного Русского государства 1450–1600 гг. (кон.)	Строительство деревянных крепостей, создание городов (нач.)
1600	Архитектура централизованного Русского государства XVII в.	Строительство крепостей, крестьянская (народная) архитектура
1650		Крестьянская (народная) архитектура
1670 (1680)	«Нарышкинский стиль» «Строгановский стиль» (в живописи, иконописи)	Формирование сибирских городов (кон.) Строительство каменных культовых храмов (нач.)
1703	«Русское барокко» «Петровский стиль» (нач.) Формирование западноевропейского стиля (нач.) Строительство «образцовых домов»	Образование торговых площадей Крестьянская народная архитектура Строительство православных храмов, «сибирский стиль»
1725	«Русское барокко» «Петровский стиль» (кон.) «Типовое и повторное» строительство. Начало формирования классицизма	Расширение городской застройки Крестьянское усадебное строительство
1760	«Русское барокко» (кон.) Ранний классицизм 1760 г. (нач.) Начало проектирования и застройка провинциальных городов	Использование барочных форм в культовой и деревянной архитектуре
1780	Ранний классицизм 1780 г. (кон.) Строгий классицизм 1780 г. (нач.)	Классицизм (нач.) Образование сибирских областей и губерний, развитие градостроительства Строительство каменных и деревянных общественных зданий
1800	Строгий классицизм, кон. 1800 г. Высокий классицизм, нач. 1800 г.	Плановое градостроительство Классицизм Строительство типовых каменных и деревянных общественных и жилых домов

Окончание табл. 1  
End of table 1

Годы	Субъект	
	Россия Центральные города (по Пилявскому)	Сибирь Губернские города
1830	Высокий классицизм 1830 г. (кон.) Эпоха капитализма 1830 г. (нач.) Эклектика (неоготика, русско-византийский стиль, русский стиль, необарокко, неогрек, неоренессанс) 1830 (40) г. (нач.)	Классицизм Строительство каменных общественных зданий, деревянных ампирных домов
1850	Эклектика (русский стиль, неоренессанс, необарокко, неогрек, рационализм (кирпичный стиль – нач.)	Эклектика (классицизм – конец, неоготика, неоренессанс, русско-византийский стиль, русский стиль, рационализм (кирпичный стиль) Необарокко в каменном и деревянном домостроении Развитие деревянных 2-этажных доходных домов
1893	Эклектика 1893–1898 гг. (кон.) Модерн 1893–1898 гг. (нач.)	Эклектика 1900 г. (кон.) Модерн кон. XIX в. (нач.)
1914–1920	Модерн 1917 г. (кон.) Неоклассицизм 1904–1920 гг.	Модерн 1917 г. (кон.) Неоклассицизм 1904–1920 гг.

Отличительной чертой рассматриваемого нами архитектурного направления – барокко – являются орнаментальные оформления экстерьеров зданий. «В средневековой архитектуре, особенно в XVII в., повысилась роль оформления каменных храмовых строений декором. Узорочье из кирпича широко применялось в оформлении таких храмов, как церковь Рождества Богородицы в Москве (1649–1652), церковь Покрова в Филях (1690–1693) или «Теремок» над воротами Крутицкого подворья в Москве (1693–1694) – архитекторы О.Д. Старцев и Ларион Ковалев...» [8].

Говоря о стилях в архитектуре, нельзя не сказать и о таком направлении в каменном культовом зодчестве, как «сибирское барокко», предложенное в 1924 г. иркутским краеведом Д.А. Болдыревым-Казариным. Определение «сибирское барокко», в большей мере сформировавшееся на основе буддийского орнаментального влияния на православные храмы Восточной Сибири, было подхвачено исследователями на всей территории Сибири.

Раскрывая данный вопрос, мы в большей степени коснемся деревянной архитектуры, на которую стили, характерные для каменной архитектуры, оказали наибольшее влияние. Эти процессы можно проследить по трудам исследователей деревянной архитектуры Е.И. Кириченко, Н.Х. Шайхдиновой, В.Г. Черепанова, Т.М. Степанской, Ю.И. Шепелева, Э.И. Дрейзина и др. Роль «барочных» форм в декоративной пластике деревянных домов Сибири обсуждается учеными и специалистами достаточно давно. Деревянное зодчество развивалось от крепостного (оборонительного) строительства, крестьянских изб

и боярских усадеб XVII в. до жилищ усадебного типа XVIII в. Срубная конструкция оставалась неизменной. В орнаментике же, начиная со второй половины XVIII в., развитие шло по двум направлениям: первое – следование народным традициям в украшении жилищ, развитие народной деревянной резьбы, второе – использование в декорациях деревянного дома стиливых элементов классицизма и барокко. Народные традиции в зодчестве Сибири шли от переселенцев из городов Центральной России и Русского Севера. В мотивах деревянной резьбы с к. XVIII в. происходит слияние народной и «стилевой» архитектуры. Одновременно появляется новый вид обработки дерева – «пропильная резьба». Дома украшались резными наличниками, тимпаны фронтонов – солярными знаками и т. д. «Сочетание народного орнамента с барочными формами можно наблюдать у вепсов – малочисленного финно-угорского народа Карелии в Ленинградской области. Этот вид наличников можно проследить и в Центральной России, в городах Московской, Новгородской областей, Республики Татарстан, Урала. Продолжается слияние народной и стиливой архитектуры, усложняются формы орнаментики наличников деревянных домов, валютные завершения которых получили самые многообразные формы во всех регионах Сибири» [7] (табл. 2).

Таблица 2

## Хронология развития архитектуры барокко в России

Table 2

## Development of Baroque architecture in Russia

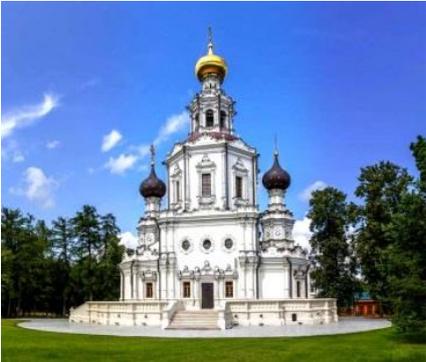
«Стиль Централизованного русского государства» (1600–1650)



Богородице-Смоленский Новодевичий женский монастырь:  
церковь Параскевы Пятницы, Воскресенский собор<sup>2</sup>

<sup>2</sup> URL: [https://azbyka.ru/palomnik/Богородице-Смоленский\\_Новодевичий\\_женский\\_монастырь#/media/Файл:Новодевичий\\_монастырь.jpg](https://azbyka.ru/palomnik/Богородице-Смоленский_Новодевичий_женский_монастырь#/media/Файл:Новодевичий_монастырь.jpg)

Продолжение табл. 2  
Continuation

<b>«Нарышкинский стиль» (1650–1700)</b>	
<i>Каменные здания</i>	
	
<p>Москва. Церковь Покрова в Филях, 1693–1694 гг. (1690–1694), архитектор М.И. Чоглоков<sup>3</sup></p>	<p>Москва. Церковь Троицы Живоначальной в усадьбе Троице-Лыково, 1694–1697 гг.<sup>4</sup></p>
<b>«Строгановский стиль» (1650–1700)</b>	
	
<p>Нижний Новгород. Церковь собора Пресвятой Богородицы<sup>5</sup></p>	<p>г. Верхотурье, Свято-Троицкий собор, 1703–1712 гг.<sup>6</sup></p>
	
	<p>г. Верхотурье. Никольский мужской монастырь. Основан в 1604 г. Первая церковь Святого Николая освящена в 1738 г. Центральные ворота, середина XVIII в. (?). Фото Прокудина-Горского, 1909 г.</p>

<sup>3</sup> URL: <https://sobory.ru/photo/183071>

<sup>4</sup> URL: <https://sobory.ru/photo/302346>

<sup>5</sup> URL: <https://ru.pinterest.com/pin/366269382193414734/>

<sup>6</sup> URL: <https://uraloved.ru/starie-foto-verhoturya>

Продолжение табл. 2  
Continuation

«Русское барокко» (западноевропейское влияние) (1700–1760)



Москва. Меншикова башня, архитектор И.П. Зарудный, 1705–1707 гг.<sup>7</sup>



Санкт-Петербург. Павильон Эрмитаж, Царское село, 1744–1754 гг. Архитектор Ф.Б. Растрелли (окончательное оформление)<sup>8</sup>



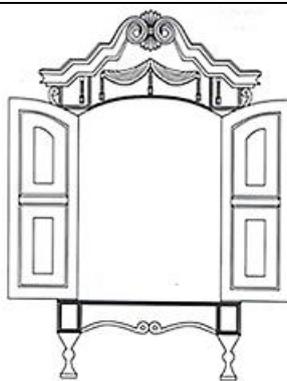
Наличники зданий архитектора Ф.Б. Растрелли<sup>9</sup>

<sup>7</sup> URL: <https://trip-for-the-soul.ru/foto/menshikova-bashnya-v-moskve.html>

<sup>8</sup> URL: <https://architectstyle.Livejournal.com/809739.html>

<sup>9</sup> URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0>

## Деревянные дома 1700 (?) – 1830 (?)

Заонежье. Дом и наличник крестьянского дома. Конец XVII – начало XVIII в.<sup>10</sup>Томская область. Наличник крестьянского дома. Конец XVIII – начало XIX в.  
Из архива автора

Томск. Наличник двухэтажного дома, пер. Соляной, 46. Фото автора, 2008 г.

Томск. Доходный дом, ул. Октябрьская, 1827 г.  
Общий вид. Фото автора, 2008 г.Томск. Доходный дом, ул. Октябрьская, 1827 г. Наличник первого этажа.  
Фото автора, 2008 г.<sup>10</sup> URL: <https://dostop.ru/kareliya/ostrov-kizhi.html>; <https://kizhi.karelia.ru/collection/materialy40-69/3288>

Продолжение табл. 2  
Continuation

«Необарокко» (1830–1890)

Каменные здания



Москва. Усадьба И.М. Морозова на Пречистенке, 1871 г. Реконструкция архитектора Л.Н. Кекушева<sup>11</sup>



Санкт-Петербург. Дом М.Г. Разумовской, 1848–1850 гг., 1871–1873 гг. Архитекторы: Р.Б. Бернгард, Н.В. Габоков<sup>12</sup>



Томск. Дома на ул. Р. Люксембург (ул. Магистратская). Середина – конец XIX в.  
Фото автора, 1996–2024 гг.

<sup>11</sup> URL: <https://ru.pinterest.com/pin/782007922803032468/5>

<sup>12</sup> URL: <https://sterh1973.livejournal.com/149827.html>

Окончание табл. 2  
End of table 2

*Деревянные дома (1830–1900)*



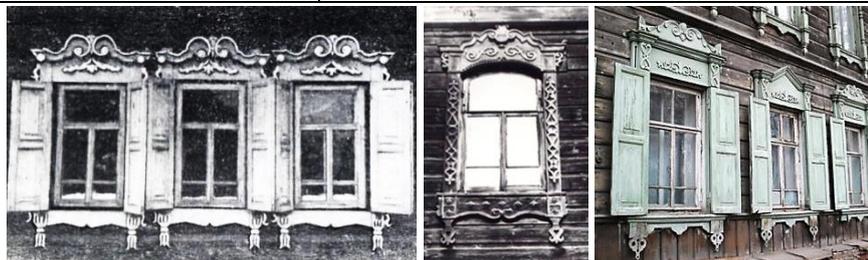
Томск. Жилые дома на ул. Войкова, 25 (пер. Знаменский), 1-я пол. XIX в.  
Фото автора, 1994–1995 гг.



Челябинск. Наличник деревянного дома (Шабалин Н.М. Резные узоры старого Челябинска Урала: каталог выставки, 1988)



Томск. Наличники деревянных домов середины – второй половины XIX в. Фото автора, 1995–2020 гг.



Томск. Наличники деревянных домов конца XIX в. Фото автора, 1997–2014 гг.



Тюмень. Наличники деревянных домов начала XX в. (Шайхдинов Н.Х. Деревянная резьба Тюмени. Свердловск [Екатеринбург]: Среднеуральское кн. изд-во, 1984. 160 с.)

Наиболее сохранившиеся деревянные дома, как городские, так и сельские, позволяют проследить развитие барочных форм в губернском г. Томске. «В провинциальной архитектуре до середины XVIII в. барочные аппликативные наличники обычно накладываются на... поверхность стены. Во второй половине XVIII столетия классицизм часто теснила привычка к барочным формам, которые не были неразрывно связаны со свойственным барокко пластическим единством стены и декора... классицизм был скромнее в декоративных формах, возмещая сдержанность глубоко продуманным пропорциональным членением стены на уступы плоскостей, незначительно приподнимающихся одна над другой. Этот прием, пришедший в зодчество русской провинции в эпоху классицизма, продлил жизнь барочным формам...» [3, с. 121].

«Томск со дня своего образования застраивался деревянными домами древнерусского типа. Одновременно основой деревянного зодчества сибирских городов стали традиции центральных и северных районов России. Технология деревянного строительства хорошо изучена и применяется до нашего времени. В Томской области на заимках старообрядцев до середины XX столетия можно было встретить древние технические приемы строительства, такие как крыши на «курицах», покрытие крыш берестой, стропила с врубленными слегами и т. д.» [7].

Орнаментальное развитие деревянного зодчества в XVIII в. в Томске происходило по двум направлениям. Первое из них – следование народным традициям в украшении жилища, развитие деревянной резьбы. Второе – влияние стилизованных направлений барокко и классицизма на формирование деревянного дома (см. табл. 1).

Народные традиции исходили от переселенцев из Устюга, Вологды, Вятки и других городов. Дома украшались резными наличниками, тимпаны фронтонов – солярными знаками и т. д. Заселение Сибири в течение трех веков привнесло новые традиции народного деревянного зодчества. «С середины XIX в. происходит слияние народной и стилизованной архитектуры, одновременно появляется новый вид обработки дерева – пропиленная резьба. Изобретение механической пилы, как и листового стекла, сделало переворот в деревянном зодчестве и особенно его оформлении – декоре. Мы можем лишь предположить, ориентируясь на общие процессы развития архитектуры в России, что влияние барокко произошло во второй половине XVIII – начале XIX в. С начала XIX в. в губернские города Сибири начинают поступать альбомы типовых проектов, где наряду с каменными постройками представлены проекты и деревянных домов. Слияние двух стилей – барокко и классицизма – в деревянной архитектуре городов происходит с конца XVIII – начала XIX столетия» [7].

Орнаментальные формы барокко не только не потеряли своего значения в классицизме, но и получили развитие в эклектике и в дальнейшем в модерне, т. е. вплоть до начала XX столетия, что хорошо просматривается на деревянных домах Тюмени и Томска. В Тюмени влияние форм барокко можно проследить по некоторым еще оставшимся домам, в Томске – по жилым домам Татарской слободы (район Заисточья) и улицам Октябрьской (1828), Гагарина, Шишкова и др. Е.И. Кириченко отмечала: «К середине XIX в. процесс ассимиляции крестьянским строительством норм стилизованной архитектуры пришел к логическому завершению. основополагающие принципы архитектуры Нового времени преобразо-

вали систему народного зодчества настолько, что в нем совершился качественный перелом. Не перестав быть народным и не утратив специфики социально-культурного типа, оно в своем стадийном развитии претерпело радикальные изменения. Крестьянское зодчество средневекового типа как целостное жизне-способное явление ушло в прошлое. Цикл его развития закончился... народная архитектура деревни стала вровень с уровнем стилевой архитектуры...» [4, с. 15].

Развитие деревянного зодчества Томска второй половины XIX в. имело свои специфические особенности и отличалось от других российских городов. В градостроительстве прекращается стихийная застройка городских кварталов, идет плановое строительство деревянных домов, используются типовые проекты каменных и деревянных зданий. Влияние классицизма как стиля начинается с 1920–30-х гг., когда в Петербурге и Москве происходит его закат. В это время на формирование деревянных домов наибольшее влияние оказывает каменное зодчество. В большей степени классицизм проявляется в строительстве деревянных одноэтажных с мезонином домов, в строгой симметрии объемно-пространственной композиции, простых наличников. Одновременно получает развитие в малой степени орнамент, оформление наличников одно- и двухэтажных домов декоративным украшением, в том числе и в виде волют. Необходимо отметить, что с начала XIX в. градостроительными планами, а также проектированием усадеб, общественных и частных домов в губернских городах, как каменных, так и деревянных, занимались архитекторы и гражданские инженеры, получившие образование в Санкт-Петербурге.

Исследование стилей и направлений архитектуры городов Западной Сибири, в том числе и деревянного зодчества XVII – начала XX в., позволяет сформулировать некоторые выводы. Рассматривая деревянную архитектуру XVIII–XIX вв., в начале статьи мы сделали предположение, что применение барочных элементов восходит к XVII в. И.Н. Уханова в исследовании «К характеристике стиля русского народного декоративно-прикладного искусства XVII–XVIII вв.», ссылаясь на Д.С. Лихачева, пишет: «Касаясь общей характеристики культуры XVII в., историки искусства вынуждены считаться с особой сложностью этого времени, когда архаичность была смешана с новейшими явлениями, местные навыки с привнесенными извне, когда возникло одновременно придворное и демократическое искусство и когда элементы барокко переплетались с ренессансными мотивами и средневековым пониманием форм...» [5, с. 31].

Декоративные элементы форм барокко в деревянной архитектуре городов Сибири широко применялись на протяжении XVIII и всего XIX в. Активное развитие барочных форм, если рассматривать деревянную архитектуру Тюмени, Томска, Тобольска, Красноярска и других городов Сибири, началось в первой четверти XIX в. и получило широкое распространение в период эклектики, когда смешение стилей происходило наиболее интенсивно. Орнаментальное начало в период эклектики в каменной архитектуре получает особое направление – «необарокко». Данное обозначение стиля характерно не только для Санкт-Петербурга и Москвы, но и для сибирских городов. Это касается деревянных домов всех типов: особняков, двухэтажных доходных домов, застраивавшихся массово, а также общественных деревянных зданий – больниц, школ, детских приютов и т. д. [6, с. 15–47].

В это время в деревянной архитектуре Сибири происходит распространение накладной трехгранно-выемчатой («корабельной») резьбы и развитие растительного орнамента, часто встречающихся как в наличниках, пилястрах, так и во фризовой части двухэтажных доходных домов. Одновременно с этим на протяжении всего периода развития деревянного домостроения резчиками вносились народные элементы в деревянный орнамент в виде знаков-оберегов (солярные знаки, вазоны – «древо жизни» и др.). Большое распространение деревянных домов с богатой орнаментацией фасадов в городах Сибири в эклектике XIX в. дает нам некоторое основание говорить о «сибирском необарокко». Этот термин был предложен нами в предыдущих публикациях [6, с. 77]. Слияние элементов барокко и народного орнамента в деревянной архитектуре городов Сибири происходило вплоть до начала XX столетия (см. табл. 2).

### Выводы

Таким образом, следуя хронологическому принципу развития сибирских городов, можно разделить развитие барокко в Сибири на следующие этапы.

Первый этап начинается со строительства крепостей, боярских усадеб, крестьянских домов с применением древнерусского, дохристианского орнамента (до середины XVIII в.). Одновременно с этим (с XVIII в.) на деревянную архитектуру Сибири начинает влиять стиль барокко.

Второй этап: со второй половины XVIII в., а также с введением «типового» и «повторного» строительства в центральных городах России наравне с каменной архитектурой происходит развитие классических форм в деревянной архитектуре с барочным орнаментом.

Третий этап – вторая половина XIX в. – в декоративном оформлении фасадов каменных домов в незначительных случаях прослеживаются черты барокко, значительное же применение барочные формы находят в деревянном зодчестве.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Кох В.* Энциклопедия архитектурных стилей. Москва : ЗАО БММ, 2008. 538 с. ISBN 978-5-88353-597-9.
2. *Юсупов Э.С.* Словарь терминов архитектуры. Фонд «Ленинградская галерея», 1994. 432 с.
3. *Плужников В.И.* Организация фасада в архитектуре русского барокко // Русское искусство барокко. Москва : Наука, 1977. 240 с.
4. *Кириченко Е.И.* Русский стиль. Москва : Галарт : АСТ – ЛТД, 1997. 432 с.
5. *Уханова И.Н.* К характеристике стиля русского народного декоративно-прикладного искусства XVII–XVIII вв. // Русское искусство барокко / под ред. Т.В. Алексеевой. Москва : Наука, 1977. 240 с.
6. *Герасимов А.П.* Эволюция стилей в деревянной архитектуре Западной Сибири / под ред. Т.М. Степанской. Томск : Изд-во Том. гос. арх.-строит. ун-та, 2017. 196 с.
7. *Герасимов А.П.* Томский модерн. Томск : В-Спектр, 2010. 134 с.
8. *Герасимов А.П.* Барокко как стиль деревянного зодчества XIX века // Архитектон: известия вузов. 2017. № 2 (58). URL: [http://archvuz.ru/2017\\_2/7](http://archvuz.ru/2017_2/7)

### REFERENCES

1. *Kokh V.* Encyclopedia of Architectural Styles. Moscow: ZAO BMM, 2008. 538 p. ISBN 978-5-88353-597-9. (In Russian)
2. *Yusupov E.S.* Dictionary of Architecture Terms. “Leningradskaya galereya”, 1994. 432 p. (In Russian)

3. *Pluzhniko V.I.* Facades in Architecture of Russian Baroque. In: Russian Baroque. Moscow: Nauka, 1977. 240 p. (In Russian)
4. *Kirichenko Ye.I.* Russian Style. Moscow: Galart; AST LTD, 1997. 432 p. (In Russian)
5. *Ukhanova I.N.* Style of Russian Folk Decorative and Applied Art in the 17–18th Centuries. In: Russian Baroque. Moscow: Nauka. T.V. Alekseeva, Ed., 1977. 240 p. (In Russian)
6. *Gerasimov A.P.* Evolution of Styles in Wooden Architecture of West Siberia. T.M. Stepanskaya, Ed., Tomsk: TSUAB, 2017. 196 p. (In Russian)
7. *Gerasimov A.P.* Tomsky Art Nouveau. Tomsk: V-Spektr, 2010. 134 p. (In Russian)
8. *Gerasimov A.P.* Baroque as a Style of Wooden Architecture of the 19th Century. *Arkhitekton: izvestiya vuzov.* 2017; 2 (58). Available: [http://archvuz.ru/2017\\_2/7](http://archvuz.ru/2017_2/7) (In Russian)

#### Сведения об авторе

*Герасимов Александр Петрович*, канд. искусствоведения, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, [gerasimoffali4ksandr@yandex.ru](mailto:gerasimoffali4ksandr@yandex.ru)

#### Author Details

*Aleksandr P. Gerasimov*, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, [gerasimoffali4ksandr@yandex.ru](mailto:gerasimoffali4ksandr@yandex.ru)

Статья поступила в редакцию 05.06.2024  
Одобрена после рецензирования 24.06.2024  
Принята к публикации 14.06.2024

Submitted for publication 05.06.2024  
Approved after review 24.06.2024  
Accepted for publication 14.06.2024

Вестник Томского государственного  
архитектурно-строительного университета.  
2024. Т. 26. № 4. С. 25–43.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo  
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –  
Journal of Construction and Architecture.  
2024; 26 (4): 25–43.

Print ISSN 1607-1859  
Online ISSN 2310-0044

## НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 72.036

DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-25-43

EDN: BTMTMZ

### **РАЗВИТИЕ ПРИНЦИПОВ ФУНКЦИОНАЛИЗМА В АРХИТЕКТУРНОМ НАСЛЕДИИ ЛЕ КОРБЮЗЬЕ. ВИЛЛА САВОЙ В ПУАССИ (1928–1931 ГГ.)**

**Евгений Николаевич Поляков, Ольга Павловна Полякова**

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

**Аннотация.** Статья посвящена одному из наиболее известных проектов жилых зданий, выполненных французским архитектором Ш.-Э. Жаннере-Гри (Ле Корбюзье) в традициях функционализма. Вилла Савой в Пуасси (1928–1931 гг.), по словам ее создателя, стала «этапным» произведением в его творчестве. По ее завершении он вошел в плеяду выдающихся современных зодчих, получив возможность свободно экспериментировать с самыми различными архитектурными стилями (модернизм, брутализм и др.).

Авторами проанализированы основные архитектурно-дизайнерские концепции Шарля-Эдуарда, заложенные в решения генерального плана, в планировочные схемы этажей, решения фасадов и интерьеров этой необычной виллы.

**Ключевые слова:** Франция, Париж, район Пуасси, Ш.-Э. Жаннере-Гри (Ле Корбюзье), вилла Савой, генеральный план, планы этажей, «ленточные» фасады, конструктивные решения, «свободная» организация внутренних пространств

**Для цитирования:** Поляков Е.Н., Полякова О.П. Развитие принципов функционализма в архитектурном наследии Ле Корбюзье. Вилла Савой в Пуасси (1928–1931 гг.) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 4. С. 25–43. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-25-43. EDN: BTMTMZ

## ORIGINAL ARTICLE

### **DEVELOPMENT OF FUNCTIONALIST PRINCIPLES IN ARCHITECTURAL HERITAGE OF LE CORBUSIER. VILLA SAVOY IN POISSY**

**Evgeny N. Polyakov, Olga P. Polyakova**

*Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia*

**Abstract.** The article is devoted to one of the most famous residential building projects executed by the French architect Ch.-E. Jeanneret-Gree (Le Corbusier) in the traditions of functionalism. Villa Savoy in Poissy (1928–931) is milestone work in his activity. Upon its completion, Jeanneret-Gree joined the group of outstanding architects, who had the opportunity to freely

experiment with the variety of architectural styles (modernism, brutalism, etc.). The paper presents the analysis of the main architectural and design concepts of Jeanneret-Gree, embedded in the general and floor plans, facades, and interiors of this unusual villa.

**Keywords:** France, Paris, Poissy district, Ch.-E. Jeanneret-Gry (Le Corbusier), Villa Savoy, general plan, floor plans, ribbon facades, structural solutions, "free" organization of internal space

**For citation:** Polyakov E.N., Polyakova O.P. Development of Functionalist Principles in Architectural Heritage of Le Corbusier. Villa Savoy in Poissy. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2024; 26 (4): 25–43. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-25-43. EDN: BTMTMZ

Настоящая статья является завершающим этапом серии научных публикаций, посвященных первым проектам жилых особняков (вилл) состоятельных парижан, выполненных выдающимся французским зодчим Шарлем-Эдуардом Жаннере-Гри (Ле Корбюзье) до начала Второй мировой войны [1, 2, 3]. Краткие обзоры необычных для того времени зданий встречаются в ряде монографий, опубликованных во второй половине прошлого столетия [4, 5, 6, 7]. Богатый иллюстративный материал представлен на интернет-сайтах в публикациях наших современников, посетивших Францию. Основной целью настоящей работы является изучение и систематизация материала, в дальнейшем он найдет применение в лекционном курсе, посвященном теориям современной архитектуры.

Вилла Савой – идеал модернистского пуризма и функционализма, приватное жилище «вдали от шума городского» для богатого и счастливого человека нового времени: «Вилла Савой была построена как загородное убежище для богатого французского промышленника и страховщика Пьера Савоя, его жены Эжени (Pierre and Eugénie Savoye) и сына-подростка Роже. Весной 1928 г. они заказали проект известному архитектору Ле Корбюзье и его двоюродному брату Пьеру Жаннере...» [8] (рис. 1).

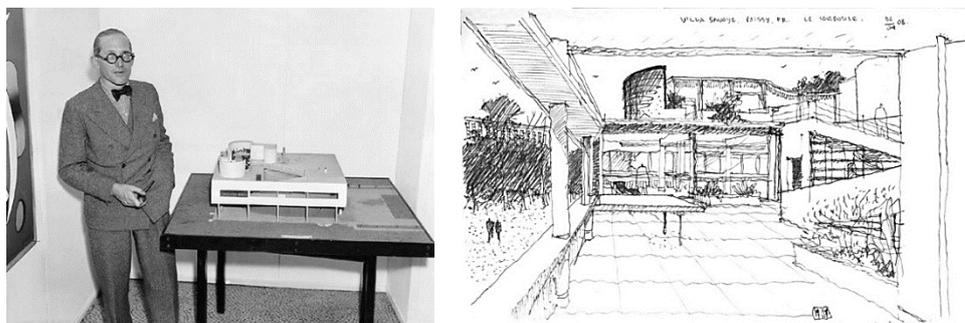


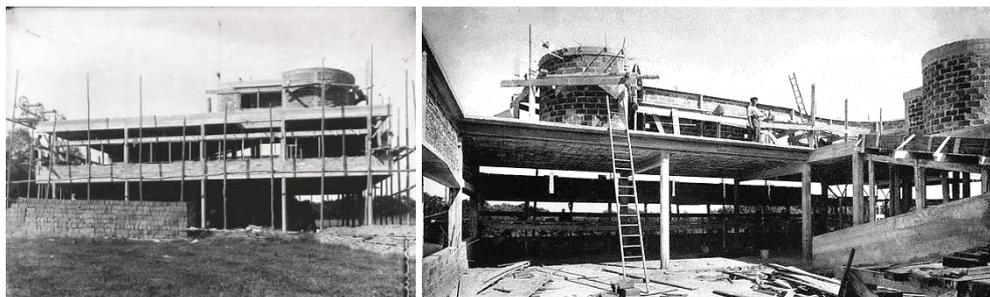
Рис. 1. Ле Корбюзье рядом с макетом виллы Савой (слева)<sup>1</sup>; интерьер виллы (зарисовка Ле Корбюзье) (справа)

Fig. 1. Le Corbusier next to Villa Savoy model (left); interior of the villa (sketch by Le Corbusier) (right)

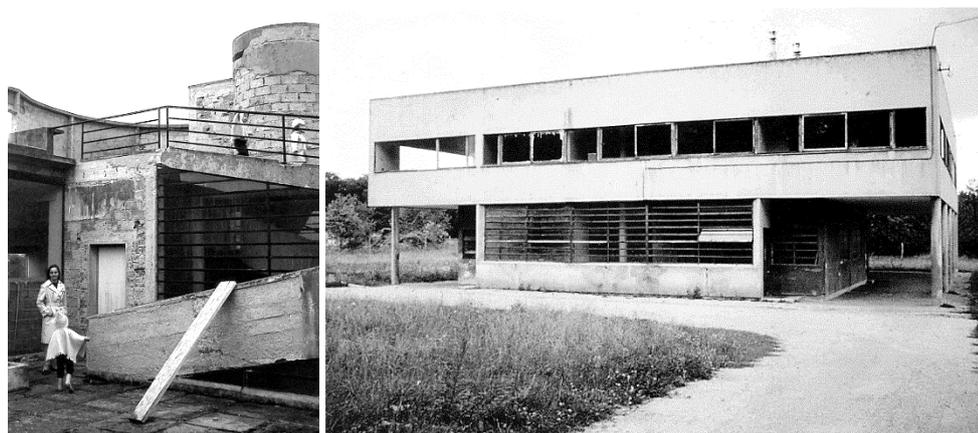
<sup>1</sup> URL: <https://probauhaus.ru/villa-savoye/?Ysclid=lwlly892zq636822547>; <https://i0.wp.com/archeyes.com/wp-content/uploads/2020/09/Villa-Savoye-House-Le-Corbusier-building-Poissy-France-Arch-Eyes-perspective.jpg?ssl=1>

Загородные виллы стали особым жанром для раннего Ле Корбюзье, поскольку их заказывали не только богатые, но и очень смелые люди, ведь в 1920-е гг. архитектор нередко выступал в роли бунтаря и ниспровергателя основ.

При строительстве виллы Савой Ле Корбюзье применял уже опробованные им в предыдущих проектах заводские технологии и материалы – сталь, стекло, железобетон и оштукатуренную каменную кладку. Белая штукатурка визуально объединила дом и скрыла отдельные фабричные заготовки, которые были использованы в его конструкциях (рис. 2, 3).



*Рис. 2. Вилла Савой в процессе строительства<sup>2</sup>*  
*Fig. 2. Villa Savoy under construction*



*Рис. 3. Вилла Савой. Фотографии 1932 г.<sup>3</sup>*  
*Fig. 3. Villa Savoy, 1932*

Следует оценить градостроительные аспекты размещения этой виллы, особенности природного ландшафта и окружающей ее застройки.

Вилла Савой – загородный особняк, расположенный в городке Пуасси коммуны Ивелин, в 33 км к западу от Парижа. Ее современный адрес: улица де Вилье, д. 82 (82 Rue de Villiers, 78300 Poissy, France).

<sup>2</sup> URL: <https://i0.wp.com/archeyes.com/wp-content/uploads/2020/09/Villa-Savoie-Le-Corbusier-Poissy-under-constuction.jpg?ssl=1>

<sup>3</sup> URL: <https://probauhaus.ru/villa-savoie/?ysclid=lwny892zq636822547>; <https://avatars.mds.yandex.net/get-pdb/49816/f80577c5-786a-4680-8ab0-887528e2978f/s1200>

Абсолютно все загородные дома, которые до этого строил Ле Корбюзье, занимали сравнительно небольшие участки. Для виллы Савой также был выбран изолированный полигон в долине р. Сены. Этот необычный дом гордо стоит в центре обширного луга, окруженного густым лесом. Дело в том, что «заказчик требовал такого расположения дома, чтобы (из его окон) открывался беспрепятственный вид на окрестности» [4]. Архитектор выполнил это пожелание (рис. 4).



Рис. 4. Вид на виллу Савой с высоты птичьего полета (Google Maps)<sup>4</sup>  
Fig. 4. Bird's-eye view of Villa Savoy

<sup>4</sup> URL: <https://i0.wp.com/archeyes.com/wp-content/uploads/2020/09/Villa-Savoye-House-Le-Corbuser-building-Poissy-France-ArchEyes-satellite.jpg?ssl=1>

Отзывы об этом необычном для своего времени здании были самые разнообразными. Приведем лишь некоторые из них:

«Нельзя не признать, что выглядит здание действительно эффектно. Мне оно больше всего напоминает летающую тарелку, приземлившуюся на луг...» [8].

«Белый объёмный куб на тонких бетонных колоннах, лишенный какого бы то ни было рисунка, возвысился в центре луга подобно кораблю приземлившимся пришельцев. Все пространство дома буквально поднято над землей, отделившись от внешнего мира...» [9].

«Расположенные на разных уровнях террасы переходные мостики, пандусы и лестницы, пронизывающие пространство, ракурсы, открывающиеся и меняющиеся при движении, неожиданные виды в просветах между частями здания – эти приемы основаны на принципе «пространство во времени...» [10] (рис. 5).



Рис. 5. Видовые точки виллы Савой<sup>5</sup>  
Fig. 5. Villa Savoy

На продольном разрезе виллы (рис. 6) видно, что наружное и внутреннее пространства образуют сложные сочетания, взаимно проникая друг в друга. Сквозь них лучи восходящего и заходящего солнца буквально «заливают» интерьеры. На всех фасадах и во внутренних перегородках этого здания были устроены световые проемы во всех направлениях: сверху и снизу, внутри и снаружи (рис. 7).

Рассмотрим внутреннюю планировку здания и оценим необычные решения его интерьеров. Главный холл (гостиная), куда прежде всего попадают посетители виллы, расположен в ее северо-западной части. Для того, чтобы зайти в него, необходимо обойти здание с южной стороны: «Внизу расположены служебные помещения и зал для приемов. Полукруглый подъезд для машин позволяет им подъехать непосредственно к входной двери...» [11] (рис. 8).

Конфигурация плана первого этажа обусловлена траекторией разворота личного автомобиля семьи Савой: «На юго-восточном фасаде внизу устроена скругленная стеклянная стена с главным входом посередине. Ее диаметр не случаен, он продиктован радиусом разворота автомобиля «Ситроен» представительского класса (выпуск 1927 г.). Экипаж можно подать прямо к подъезду...» (рис. 9–11) [12].

<sup>5</sup> URL: [https://bauclub.club/uploads/posts/2023-04/1680342961\\_bauclub-p-villa-savoi-interer-obo-59.jpg](https://bauclub.club/uploads/posts/2023-04/1680342961_bauclub-p-villa-savoi-interer-obo-59.jpg); [https://ic.pics.livejournal.com/nemihail/38873494/5654142/5654142\\_2000.jpg](https://ic.pics.livejournal.com/nemihail/38873494/5654142/5654142_2000.jpg)

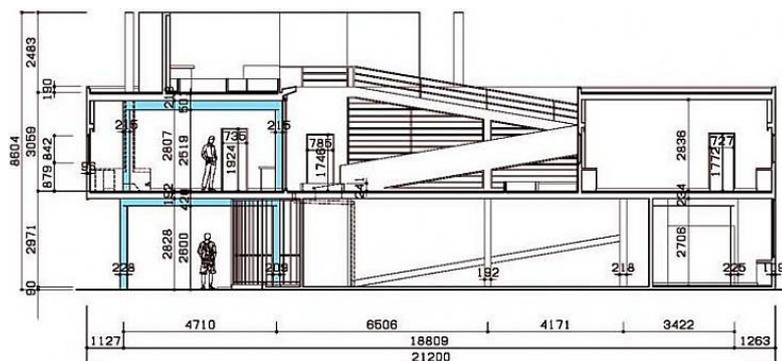


Рис. 6. Вилла Савой в Пуасси. Продольный разрез<sup>6</sup> [9]  
Fig. 6. Cross-sectional view of Villa Savoy on Poissy



Рис. 7. Вилла Савой в Пуасси. Фасады<sup>7</sup>  
Fig. 7. Facades of Villa Savoy in Poissy



Рис. 8. Вилла Савой в Пуасси. Видовые точки северо-западного фасада<sup>8</sup>  
Fig. 8. North-West facades of Villa Savoy in Poissy

<sup>6</sup> URL: <https://probauhaus.ru/villa-savoie/?Ysclid =lwlNy892zq636822547>

<sup>7</sup> URL: <https://i.pinimg.com/originals/50/3d/2d/503d2d7bc3d51de43a5eac5487a0317b.jpg>

<sup>8</sup> URL: <https://i.pinimg.com/736x/92/8e/b0/928eb0fadcba2a648c7fab03a0b9f82b--villa-savoie-pierre-jeanneret.jpg>; <https://i.pinimg.com/originals/8c/50/b0/8c50b003556fcdf77bd5fba5538e3b6d.jpg>

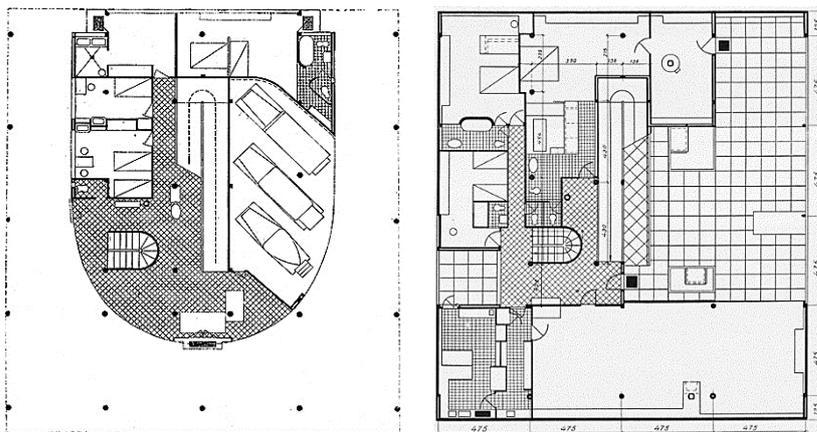


Рис. 9. Планы первого и второго этажей<sup>9</sup>  
Fig. 9. First and second floors



Рис. 10. Юго-восточный фасад виллы Савой<sup>10</sup>  
Fig. 10. South-East facade of Villa Savoy

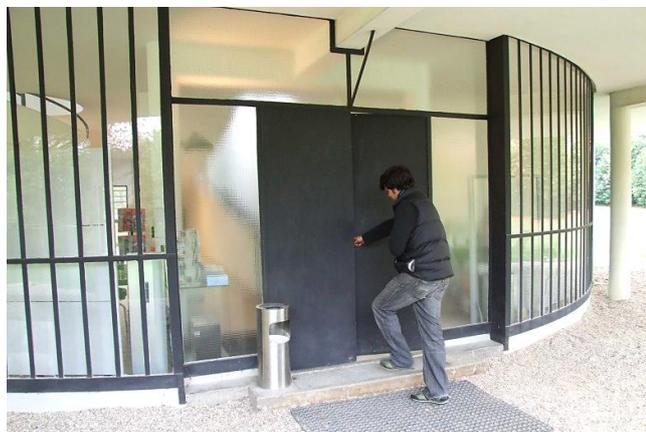


Рис. 11. Вход в виллу Савой (юго-восточный фасад)<sup>11</sup>  
Fig. 11. Entrance of Villa Savoy

<sup>9</sup> URL: <https://i.pinimg.com/736x/11/a2/6e/11a26e3f5791f27588f1bfd680302f67.jpg>; [https://corbusier.totalarch.com/villa\\_savoye?ysclid=lwlzo7hbmgl74080221](https://corbusier.totalarch.com/villa_savoye?ysclid=lwlzo7hbmgl74080221)

<sup>10</sup> URL: <https://elite-supernova.ru/assets/myfile-ka-545x349.jpg>

<sup>11</sup> URL: <https://probauhaus.ru/villa-savoye/>

В здании три этажа, хотя в свое время Ле Корбюзье предлагал добавить еще один жилой этаж. Однако слишком высокая стоимость надстройки вынудила заказчиков отказаться от данного варианта.

На первом этаже по периметру здания установлено 16 тонких колонн круглого сечения, образующих изящный периптер. За ними в центральной части этажа размещены жилые и подсобные комнаты обслуживающего персонала, включая вестибюль, гараж, прачечную и иные технические помещения. Все они изолированы от «господских покоев», расположенных выше. Стекло-бетонные стены вестибюля образуют вытянутый полукруг. Небольшая темная дверь главного входа обращена в сторону сада. Винтовая лестница и пологий пандус ведут наверх, что позволяет выбрать любой путь передвижения внутрь здания или наружу. Кроме того, имеется еще одна чисто функциональная «потайная» лесенка. Она соединяет складские и подсобные помещения первого этажа с кухонной зоной.

Перечисленные конструктивные новации обеспечили обитателям виллы достаточно комфортный подъем на верхние уровни: «Винтовая лестница дает прямую вертикальную связь, а пандус формирует постепенное перемещение внутри дома, соединяя три уровня виллы и создавая прямое сообщение между внутренним и наружным пространством...» [9] (рис. 12).



Рис. 12. Второй уровень пандуса виллы Савой, ведущий в солярий<sup>12</sup>  
Fig. 12. Second level of the Villa Savoy ramp leading to the solarium

«Привлекательность дизайну придаёт то, как мастерски соединены друг с другом все помещения. Пандус является ключом к дизайну. Из <...> прихожей он поднимается на два этажа в парадную часть здания (гостиную), где выходит на террасу и поднимается ещё на два этажа к солярию. <...> Идеальный способ насладиться видом помещений – не спеша прогуляться по пандусу...» [11]. Выше второго этажа пандус поднимается в солярий уже по улице.

<sup>12</sup> URL: <https://i.pinimg.com/originals/3e/3c/43/3e3c435a86da0548f48041e4a4a025c4.png>

«Со времени постройки дома Ла Рош в Отейе (1923–1924 гг.) Ле Корбюзье занимался проблемой устройства пандуса внутри дома. Если помещение достаточно велико, отказ от лестницы позволяет осуществить почти незаметный переход с одного этажа на другой. Пандус в вилле Савой состоит из двух секций. Одно крыло находится внутри, другое проходит вдоль внешней стены до сада на крыше...» [4, 12] (рис. 12).

Изящная спиральная лестница в юго-западной части виллы, устроенная рядом с пандусом, была предназначена для обслуживающего персонала и для более быстрого перемещения хозяев и их гостей между этажами [12] (рис. 13).



Рис. 13. Спиральная лестница виллы Савой<sup>13</sup>  
Fig. 13. Spiral staircase in Villa Savoy

По лестнице можно легко и быстро подняться на второй этаж в спальные помещения, а по пандусу – в гостиную комнату: «Винтовая лестница закрыта. Она узка и очень пластична. Движения по ней быстры и целенаправленны. Маршрут прост. Надо из зоны вестибюля и подсобок, не выходя на улицу, незаметно минуя гостевые зоны, попасть в спальни, а затем выше, в небольшие закрытые помещения солярия. Внешняя форма помещений солярия, благодаря винтовой лестнице и некой пластичной ширме, создает кривые поверхности, сознательно нарушающие “коробчатый” силуэт постройки. Таким образом, люди могут жить в двух пространствах: во внешнем – парадном, и внутреннем – интимном. Эти пространства не просто разделены, как в традиционных виллах, но, постоянно переплетаясь и взаимодействуя, создают невероятные пространственные и пластические эффекты. С этих позиций можно сравнить пластику разбираемого сооружения с огромными современными виллами, набитыми случайно сочетающимися пространствами...» [7, 13].

«Не считая гаража и комнат для прислуги на первом этаже, жилые помещения включают лишь гостиную, три спальни, будуар (*фр.* boudoir – комната,

<sup>13</sup> URL: <https://i.pinimg.com/originals/a2/6f/88/a26f883a082c42fbb86bc4b7f7a8a515.jpg>; <https://i.pinimg.com/736x/02/1b/f1/021bf18e73b7eec6a02698afa8b42c74--staircases-arches.jpg>

принадлежащая женщине), две ваннные комнаты и кухню. Они все размещаются на одном уровне, в парадной части. Остальную же часть занимают терраса, рассматриваемая как комната без крыши, и пристройка к будуару, имеющая крышу, но выходящая на террасу...» [5] (рис. 14).



Рис. 14. Гостиная виллы Савой<sup>14</sup>  
Fig. 14. Hall in Villa Savoy

Не исключено, что композиция пространств второго этажа построена по спиралевидной траектории («принципу улитки»). Площади помещений постепенно увеличиваются. От замкнутых спален, через кухню и небольшой офис мы попадаем в длинную гостиную с раздвижной стеклянной стеной. Сквозь эту стену открывается вид на «террасную комнату» (рис. 15).



Рис. 15. Интерьер гостиной. Видовые точки<sup>15</sup>  
Fig. 15. Villa Savoy interior

В стенах террасы изначально были предусмотрены открытые ленточные окна. Сквозь них виден обширный газон, обрамленный по границе участка огромными дубами: «Терраса превращена в наружную комнату. Она продолжает внутренние помещения, соединяясь стеклянными раздвижными дверями с жилой комнатой и спальней. Такое соединение помещений позволяет варьировать их использование...» [4] (рис. 16).

<sup>14</sup> URL: <https://akfengroup.ru/800/600/https/turkiyetasarimvakfi.org/media/django-summernote/2020-10-05/b210970b-5bec-4e49-b79b-a87d81586677.jpg>

<sup>15</sup> URL: <https://i0.wp.com/archeyes.com/wp-content/uploads/2020/09/Villa-Savoie-House-Le-Corbuser-building-Poissy-France-Arch-Eyes-interior-red.jpg?ssl=1>



Рис. 16. Терраса виллы Савой<sup>16</sup>  
Fig. 16. Villa Savoy terrace

По-видимому, Ле Корбюзье использовал в этом здании франко-итальянскую идею бельэтажа (*фр.* *bel étage* – красивый, прекрасный этаж) или пиано нобиле (*итал.* *piano nobile* – великолепный этаж). Это второй этаж здания, расположенный над цокольным. Он включает парадные залы и комнаты для приёма гостей и проведения торжественных мероприятий. На него можно подняться по парадной лестнице, расположенной внутри или снаружи здания. Такой тип лестниц был характерен для городских дворцов-особняков (*ит.* *палаццо*) XIII–XVI вв. (эпоха Возрождения). В данном проекте Шарль-Эдуард также разместил жилые апартаменты хозяев виллы на втором этаже. С балконов и террас открывается прекрасный вид на окружающий ландшафт (рис. 17).



Рис. 17. Терраса второго этажа виллы Савой. Видовые точки<sup>17</sup>  
Fig. 17. Terrace on the second floor

<sup>16</sup> URL: <https://i0.wp.com/archeyes.com/wp-content/uploads/2020/09/Villa-Savoye-House-Le-Corbuser-building-Poissy-France-ArchEyes-terrace.jpg?ssl=1>

<sup>17</sup> URL: [https://probauhaus.ru/wp-content/uploads/2014/11/Villa-Savoy\\_Istoriya-odnogo-doma-17.jpg](https://probauhaus.ru/wp-content/uploads/2014/11/Villa-Savoy_Istoriya-odnogo-doma-17.jpg)

Столь сложный визуальный эффект мастеру удалось создать на небольшом участке. Однако пространственная «улитка» второго этажа – не единственное достоинство виллы: «По пути вам встретится множество занятных деталей: диагональная облицовка плиткой пола в прихожей, полностью стеклянная стена, разделяющая гостиную и террасу, облицованный плиткой шезлонг в ванной комнате мадам Савой, закрывающее лестницу ограждение в виде трубы корабля и незастеклённое окно в стенке солярия, завершающее прогулку по пандусу вверх прекрасным видом на долину Сены вдалеке...» [12].

Облицованный мелкой плиткой пол ванной в будуаре мадам Савой отчасти напоминает внутреннее устройство турецкой бани (хаммам) (рис. 18).

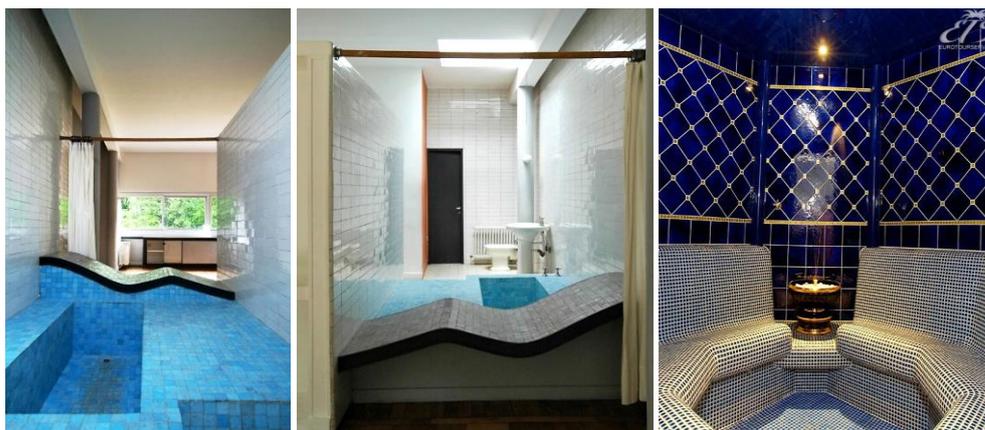


Рис. 18. Ванная с шезлонгом для мадам Савой<sup>18</sup>

Fig. 18. Bathroom for Madame Savoy

Путь с первого этажа на крышу (солярий) столь же необычен. Вестибюль первого этажа и второй этаж соединяют лестница и пандус: «Плоская форма крыши подчеркивает геометрическую форму дома, выполненного в стиле функционализма. На крыше устроены сад и терраса-солярий...» [11] (рис. 19–21).

Выше второго этажа пандус поднимается в солярий по улице. Вообще пандус олицетворяет спокойную поступь гостей. Перед ними постепенно раскрывается анфилада крупных презентационных пространств. Внутри дома это гостиная, а снаружи – обширная терраса и наполненный светом скульптурный солярий, из которого можно любоваться великолепным природным ландшафтом (рис. 22).

Рассмотрим конструктивное решение виллы. Развивая принципы Огюста Перре и Тони Гарнье, Ле Корбюзье выполнил ее каркас из железобетона и каменных блоков, ленточные оконные проемы – из крупноформатного стекла, перила лестниц и пандусов – из стали. Тонкие плиты перекрытий, опирающиеся на изящные колонны круглого сечения, позволили осуществить свободную планировку интерьеров. Фасады покрыты белой штукатуркой, которая визу-

<sup>18</sup> URL: [https://disk.yandex.ru/a/mZkx\\_H3Qw3W7H8x/5afe7aa75a9907c9003f95ee](https://disk.yandex.ru/a/mZkx_H3Qw3W7H8x/5afe7aa75a9907c9003f95ee); [https://corbusier.totalarch.com/villa\\_savoie?Ysc lid=lwlzo7hbmgl74080221](https://corbusier.totalarch.com/villa_savoie?Ysc lid=lwlzo7hbmgl74080221)

ально объединила дом и сделала его похожим на океанский лайнер: «Ле Корбюзье предвидел изменения в использовании материалов в связи с введением промышленного производства. Ранее дома воспринимались как твердые и тяжелые конструкции, в постройке которых обычно использовались камень, древесина и кирпич. Ле Корбюзье, привнес в архитектуру влияние эры машин, вдохновленный очарованием пароходов...» [9].

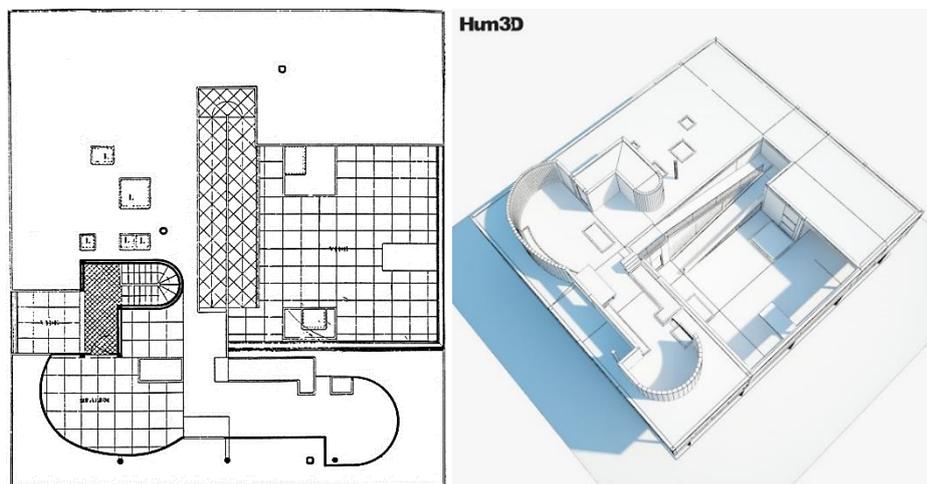


Рис. 19. Солярий виллы Савой. Чертежи плана<sup>19</sup>  
Fig. 19. Solarium in Villa Savoy

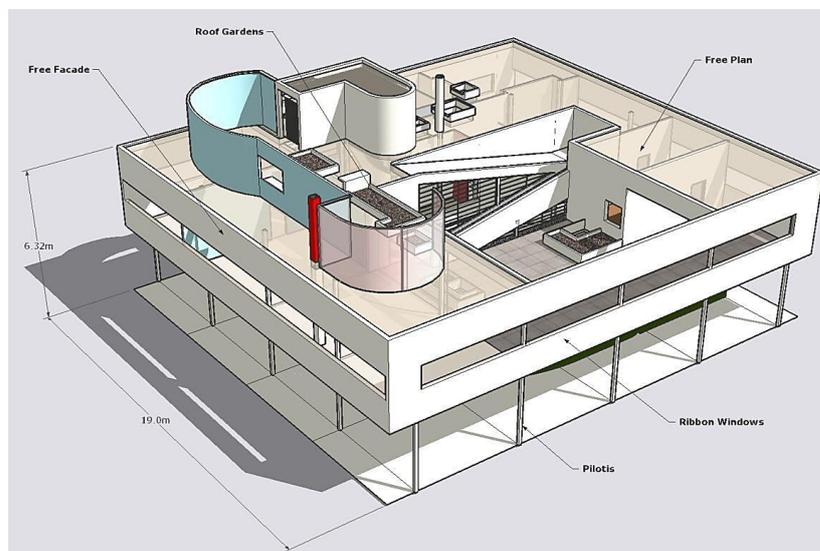


Рис. 20. Солярий виллы Савой. Диметрическая проекция<sup>20</sup>  
Fig. 20. Solarium in Villa Savoy

<sup>19</sup> URL: <https://i.pinimg.com/originals/0d/db/63/0ddb6365a64d03855356b973fce3b46e.jpg>; [https://3dmodels.org/wp-content/uploads/Buildings/069\\_Villa\\_Savoye/069\\_Villa\\_Savoye\\_600\\_0009.jpg](https://3dmodels.org/wp-content/uploads/Buildings/069_Villa_Savoye/069_Villa_Savoye_600_0009.jpg)

<sup>20</sup> URL: <https://i.pinimg.com/originals/0d/db/63/0ddb6365a64d03855356b973fce3b46e.jpg>



Рис. 21. Макет виллы Савой. Вид сверху<sup>21</sup>

Fig. 21. Top view of Villa Savoy



Рис. 22. Видовые точки солярия и второго уровня пандуса<sup>22</sup>

Fig. 22. Solarium and second level ramp of Villa Savoy

<sup>21</sup> URL: <https://bim.acca.it/wp-content/uploads/2017/10/Villa-Savoye-render-Edificius-BIM-15.jpg>

<sup>22</sup> URL: [https://corbusier.totalarch.com/villa\\_savoye?ysclid=lwlzo7hbmgl74080221](https://corbusier.totalarch.com/villa_savoye?ysclid=lwlzo7hbmgl74080221); <https://i.pinimg.com/736x/68/a1/5c/68a15c79e9ff265cf476e338230a49b7.jpg>; [https://ic.pics.livejournal.com/nemihail/38873494/5656942/5656942\\_2000.jpg](https://ic.pics.livejournal.com/nemihail/38873494/5656942/5656942_2000.jpg)

«Эти виллы были настолько своеобразны, что парижане, бывало, собирались перед ними, словно перед каким-то удивительным аттракционом – таких домов еще не видывали. К примеру, сама идея виллы Савой казалась в то время крайне странной: дом на ножках! Почему именно так, для чего они вообще нужны, эти ножки? Куда лучше было бы без них! <...> Это было первое, что бросалось в глаза – ведь уж если колонны, то “нормальные”, классические – массивные и надежные, не иначе. А Корбюзье, наоборот, старался делать несущие стойки как можно тоньше, чтобы наглядно показать возможности нового материала, железобетона...» [14].

Следует отметить, что материалы, использованные в данной вилле, в то время обычно применялись при строительстве домов для парижан низшего класса. Несмотря на то, что эта вилла проектировалась для достаточно богатых заказчиков, результаты не заставили себя ждать. Плоская крыша, которая должна была стать зоной отдыха, в силу несовершенства строительных технологий того времени оказалась недостаточно герметичной и вскоре начала протекать. В сентябре 1936 г. мадам Савой по этому поводу даже обратилась в суд: «В холле капает с потолка, над пандусом капает с потолка, а стена гаража полностью пропитана водой. Более того, у меня в ванной тоже по-прежнему капает с потолка, и в плохую погоду ее заливают, потому что вода хлещет через световой люк...» [11].

Реакция архитектора на претензии заказчиков была своеобразной: «Жалобы хозяйина, что протекает плоская крыша, белый фасад стал серым, где-то облупилась краска, да и вообще сильные сквозняки, надоели». Шарль-Эдуард реагировал довольно резко: «Ну и что? Главное – идея. А хозяин как-нибудь переживет простуду, да и фасад покрасит. Здание войдет в историю, никто и не вспомнит о сквозняке через сто лет...» [15].

Дальнейшая судьба виллы оказалась довольно непростой и трагичной. Поскольку бюджет на ее строительство был превышен вдвое, а строительство сильно затянулось, семья Савой не прожила в ней и десяти лет. В годы Второй мировой войны ее сначала занимали немецкие офицеры, затем – американские. Уходя, немцы залили в канализационные каналы виллы цемент, а американцы ради развлечения стреляли по ее окнам. После войны разоренная и овдовевшая мадам Савой переехала жить на соседнюю ферму. Виллу она использовала как сарай, выращивая на ее газонах картофель.

Постепенно Пуасси превратился в пригород Парижа. В 1951 г. Ле Корбюзье покинул Францию, начав строительство комплекса Капитолия в Чандигархе (Индия). Один молодой архитектор, будучи проездом в Париже, случайно узнал о том, что виллу экспроприировали власти Пуасси, намереваясь снести ее, чтобы освободить участок для строительства женского лицея (по иной версии – школы «Дом детства»). Он тотчас же направил письмо с протестом в CIAM (*фр.* Congrès International d'Architecture Moderne – международная организация архитекторов, созданная в 1928 г.). Через несколько дней на стол министра культуры Андре Мальро легло более 250 телеграмм, присланных со всех континентов: «Тот принял решение внести виллу Савой в число “исторических памятников”. Это было беспрецедентное решение, поскольку по французским законам к историческим памятникам могут быть отнесены только произведения умерших...» [16].

Только после того, как Ле Корбюзье умер в 1965 г. и был похоронен как герой Франции, вилле дали статус национального памятника, хотя ее внешний вид долгое время подвергался осквернению и был весьма далек от совершенства (рис. 23).



Рис. 23. Состояние виллы Савой до 1985 г.<sup>23</sup>  
Fig. 23. Villa Savoy before 1985

Вилла Савой пережила две реставрации. Первая была проведена в 1960-х гг., вторая – в 1985–1992 гг. (рис. 24).



Рис. 24. Вилла Савой после реставрации 1992 г.<sup>24</sup>  
Fig. 24. Villa Savoy after restoration in 1992

<sup>23</sup> URL: [https://probauhaus.ru/villa-savoie/?ysclid=lwlny\\_892zq636822547](https://probauhaus.ru/villa-savoie/?ysclid=lwlny_892zq636822547)

<sup>24</sup> URL: [https://ucare.timepad.ru/c79ca8fa-63d2-4616-8507-ffcd3e6f4798/poster\\_event\\_1960373.jpg](https://ucare.timepad.ru/c79ca8fa-63d2-4616-8507-ffcd3e6f4798/poster_event_1960373.jpg)

Сейчас в данном здании размещается музей, принимающий до 30 тысяч человек в год, которые могут ознакомиться с этим выдающимся произведением современной архитектуры: «В январе 2008 г. вилла Савой, наряду с другими произведениями Ле Корбюзье, представлена Министерством культуры Франции и Фондом Ле Корбюзье кандидатурой в список памятников мирового наследия ЮНЕСКО...» [16].

Необходимо отметить, что в начале своей профессиональной карьеры Шарль-Эдуард в основном занимался проектированием частных особняков (вилл) и поселков (Фрюже, Вейсенхоф и др.).

После окончания Второй мировой войны он активно занялся восстановлением разрушенных городов и разработкой уникальных версий жилых блоков и комплексов для людей, оставшихся без крова. Особое внимание он уделил социальным аспектам, корректировке образа жизни своих современников и их духовному единению.

Идея создать идеальный формат жилья для современного человека занимала Корбюзье с самого начала карьеры. Годы теоретических изысканий и кропотливого труда воплотились в проект марсельской «жилой единицы». Им был разработан проект монументального жилого здания в 17 этажей, рассчитанного на принципиально новые формы проживания. В 337 квартирах этой колоссальной «жилой единицы» (фр. Unité d'Habitation) могли со всеми удобствами разместиться 1600 человек. Этой тематике будут посвящены последующие публикации.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Поляков Е.Н., Полякова О.П. «Кубическое» направление в творчестве Шарля-Эдуарда Жаннере-Гри (Ле Корбюзье) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 6. С. 9–28.
2. Поляков Е.Н., Полякова О.П. «Пуристическое» направление в творчестве Шарля-Эдуарда Жаннере-Гри (Ле Корбюзье) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 2. С. 9–25.
3. Поляков Е.Н., Полякова О.П. Становление «минималистического» направления в творчестве Ле Корбюзье. Вилла Штейна/де Монзи в Гарше // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 3. С. 9–24.
4. Гидион З. Пространство, время, архитектура : пер. с нем. 3-е изд. Москва : Стройиздат, 1984. 455 с.
5. Гуляницкий М.Ф. История архитектуры. Т. 1. Москва : Стройиздат, 1984. 334 с.
6. Ле Корбюзье. Архитектура XX века : пер. с франц. 2-е изд. Москва : Прогресс, 1977. 303 с.
7. Лежава И.Г. Ле Корбюзье. Восприятие пространства. URL: <https://ilya-lezhava.livejournal.com/1474.html#cutid1>
8. Вилла Савой Ле Корбюзье: шедевр современной архитектуры. URL: <https://archeyes.com/the-villa-savoie-le-corbusier/>
9. Вилла Савой. История одного дома. URL: [https:// probauhaus.ru/villa-savoie/?ysclid=lyldnmhk8g469425083](https://probauhaus.ru/villa-savoie/?ysclid=lyldnmhk8g469425083)
10. Жемчужина модернизма – вилла Савой (Villa Savoye) Ле Корбюзье и «пять отправных точек архитектуры». URL: <https://ru.pinterest.com/pin/villa-savoie--24488391713559990/?ysclid=lyldrhyw6p372149142>
11. Вилла Савой Ле Корбюзье. Архитектура. URL: <https://orname.ru/villa-savoie-le-korbyuz-ye-arkhitektura ?ysclid=llsv7hcmo0338620053>
12. Вилла Савой. Вспомнить, подумать. URL: <https://ngasanova.livejournal.com/1859874.html?ysclid=llsx7amykw917311152>
13. Вилла Савой (Villa Savoye), Пуасси (Poissy-sur-Seine), Франция. 1928–1931. URL: [https://corbusier.totalarch.com/villa\\_savoie](https://corbusier.totalarch.com/villa_savoie)

14. *Кто такой Ле Корбюзье?* URL: <https://corbusier.livejournal.com/26331.html?ysclid=lxsb5avqdb307822203>
15. *Страсти по Модулю Ле Корбюзье.* URL: <https://vk.com/@-215469643-strasti-po-moduloru-le-korbuze?ysclid=lxsbz9ehf434404130>
16. *Вилла Савой архитектора Ле Корбюзье. Любовь к жизни.* URL: <https://sergeyurich.livejournal.com/975616.html?ysclid=llswvv3143828724788>

## REFERENCES

1. *Polyakov E.N., Polyakova O.P. Cubism in Creative Activity of Le Corbusier. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2023; 25 (6): 9–28. (In Russian)*
2. *Polyakov E.N., Polyakova O.P. Purism in Creative Activity of Jeanneret-Gree (Le Corbusier). Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2024; 26 (2): 9–25.*
3. *Polyakov E.N., Polyakova O.P. Villa Stein-de Monzie in Garches (1925–1928). Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2024; 26 (3): 9–24.*
4. *Gidion Z. Space, Time, and Architecture. 3rd ed. Moscow: Stroizdat, 1984. 455 p. (Russian translation)*
5. *Gulyanitskii M.F. The History of Architecture, Vol. 1. Moscow: Stroizdat, 1984. 334 p. (In Russian)*
6. *Le Corbusier. 20th-Century Architecture. 2nd ed. Moscow: Progress, 1977. 303 p. (Russian translation)*
7. *Lezhava I.G. Le Corbusier. Perception of Space. Available: <https://ilya-lezhava.livejournal.com/1474.html#cutid1> (In Russian)*
8. *Le Corbusier's Villa Savoy: Masterpiece of Modern Architecture. Available: <https://archeyes.com/the-villa-savoie-le-corbusier/>*
9. *Villa Savoye. The Story of One House. Available: <https://probauhaus.ru/villa-savoie/?ysclid=lyldnmhk8g469425083> (In Russian)*
10. *Le Corbusier's Villa Savoy, the Jewel of Modernism, and "Five Starting Points of Architecture". Available: <https://ru.pinterest.com/pin/villa-savoie--2448839171355990/?ysclid=lyldrhyw6p372149142> (In Russian)*
11. *Le Corbusier's Villa Savoy. Architecture. Available: <https://orname.ru/villa-savoie-le-korbyuzye-arkhitektura?ysclid=llsv7hcmo0338620053> (In Russian)*
12. *Remembering and Thinking About Villa Savoy. Available: <https://ngasanova.livejournal.com/1859874.html?ysclid=llsx7amykw917311152> (In Russian)*
13. *Villa Savoy, Poissy-sur-Seine, France. 1928–1931. Available: [https://corbusier.totalarch.com/villa\\_savoie](https://corbusier.totalarch.com/villa_savoie) (In Russian)*
14. *Who is Le Corbusier? Available: <https://corbusier.livejournal.com/26331.html?ysclid=lxsb5avqdb307822203> (In Russian)*
15. *Le Corbusier's Passion for Modulor Le Corbusier. Available: <https://vk.com/@-215469643-strasti-po-moduloru-le-korbuze?ysclid=lxsbz9ehf434404130> (In Russian)*
16. *Villa Savoy by the Architect Le Corbusier. Love of Life. Available: <https://sergeyurich.livejournal.com/975616.html?ysclid=llswvv3143828724788> (In Russian)*

## Сведения об авторах

*Поляков Евгений Николаевич*, докт. искусствоведения, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, [polyakov.en@yandex.ru](mailto:polyakov.en@yandex.ru)

*Полякова Ольга Павловна*, канд. экон. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, [orppor2010@yandex.ru](mailto:orppor2010@yandex.ru)

## Authors Details

*Evgeny N. Polyakov*, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, [polyakov.en@yandex.ru](mailto:polyakov.en@yandex.ru)

*Olga P. Polyakova*, PhD, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, opppp2010@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 25.06.2024  
Одобрена после рецензирования 12.07.2024  
Принята к публикации 15.07.2024

Submitted for publication 25.06.2024  
Approved after review 12.07.2024  
Accepted for publication 15.07.2024

Вестник Томского государственного  
архитектурно-строительного университета.  
2024. Т. 26. № 4. С. 44–61.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo  
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –  
Journal of Construction and Architecture.  
2024; 26 (4): 44–61.

Print ISSN 1607-1859  
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 711.5:712:631.4

DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-44-61

EDN: CHLWGX

## ГИБРИДНЫЕ МОДЕЛИ В СТРУКТУРЕ ПРИРОДНО-ИНЖЕНЕРНОГО КАРКАСА ГОРОДА

**Елена Юрьевна Зайкова**

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет, г. Москва, Россия*

**Аннотация.** В представленной статье обсуждается первая гибридная градостроительная модель, сформированная из разных функциональных зон на правом берегу Москвы-реки. Гибридизация показателей включала реновацию Крымской набережной и Центрального парка культуры и отдыха имени Максима Горького (парк им. М. Горького) в единую пешеходную зону. В частях новой гибридной модели наблюдалась интеграция общественно-деловых и рекреационных пространств с парковыми территориями в единый маршрут по набережной между парком им. М. Горького, пейзажным парком «Нескучный сад» с природным заказником «Воробьевы горы». А другая часть гибридной модели сформировалась от Крымской набережной с парком искусств «Музеон» к общественному пространству «Красный Октябрь» и в 2021 г. – к знаменитой ГЭС-2 после ее реконструкции. Общая протяженность маршрута в настоящее время составляет около 10 км для пешеходных и велосипедных прогулок с прекрасными видами на воду и природными территориями.

**Цель.** Рассмотреть свойства первой гибридной модели, их влияние на социокультурный сценарий пространства, а также экономическое, эстетическое и экологическое развитие центральной части Москвы. Однако не все свойства новой модели активно проявляются, а некоторые имеют отрицательные показатели, что снижает комплексное развитие как самой модели, так и объектов в её структуре. В то же время на современном этапе развития градостроительной практики вопросам управления урбанизацией и климатом через технологические решения с восполнением устойчивой природной составляющей в городе уделяется особое внимание. Конструктивные решения таких устойчивых проектов могут быть с успехом использованы в разных климатических зонах. В данном контексте автором поднимается вопрос о сохранении природных территорий в городе и анализируется международный опыт на тему «гибридности» свойств в моделях.

**Результаты.** Представлен авторский подход к проблемам изменения климата и устойчивости вновь создаваемых гибридных моделей с акцентом на группы объектов, в которых зеленые и голубые технологии (по восполнению природы и использованию дождевой воды) развивают и поддерживают формирование самих объектов в структуре гибридных моделей, а также стабилизируют структуру нового природно-инженерного каркаса города.

**Выводы.** Сформирована первая гибридная модель городского пространства на правом берегу Москвы-реки, обладающая рядом свойств. При интеграции большая часть из них активно проявлена в социокультурном и экономическом сценарии развития территории. В то же время экологический комфорт, безопасность и доступность новой гибридной модели полностью не раскрыты, и они связаны с транспортными решениями. На современном этапе необходима проработка инженерных и технологических решений в целях устойчивого градостроительного развития первой гибридной модели в XXI в., чтобы управлять процессами урбанизации и глобальным изменением климата.

**Ключевые слова:** гибридные модели, городской мастер-план, водочувствительный дизайн, сине-зеленая инфраструктура, экологическая инфраструктура, биоинженерия, природно-инженерный каркас

**Для цитирования:** Зайкова Е.Ю. Гибридные модели в структуре природно-инженерного каркаса города // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 4. С. 44–61. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-44-61. EDN: CHLWGX

ORIGINAL ARTICLE

## HYBRID MODELS IN NATURAL ENGINEERING STRUCTURE OF THE CITY

**Elena Yu. Zaikova**

*National Research Moscow State University of Civil Engineering,  
Moscow, Russia*

**Abstract.** The article discusses the first hybrid urban planning model including different functional zones on the right bank of the Moskva River. Hybridization of indicators includes renovation of the Crimean embankment and Gorky Park into a single pedestrian zone. Integration of public, business and recreational spaces with park areas are integrated in a single route along the embankment between Gorky Park, Neskuchny Sad landscape park with the Vorobyovy Gory nature reserve. The other part of the hybrid model is formed from the Crimean embankment with Muzeon Park to the public and business space of the Red October, and in 2021, to the famous GES-2 after reconstruction. The total length of the route is currently about 10 km for walking and cycling with excellent views of water and natural areas. The article examines the properties of the first hybrid model, their impact on the sociocultural scenario of space as well as economic, aesthetic and environmental development of the central part of Moscow. However, not all properties of the new model are actively manifested and some have negative indicators, that reduces the integrated development of both the model and the objects in its structure. At the same time, at the present stage of urban development, special attention is paid to the management of urbanization and climate through technological solutions with the replacement of a sustainable natural component in the city. Design solutions of such sustainable projects can be successfully used in different climatic zones. In this context, the author raises the issue of preserving natural areas in the city and analyzes international experience in "hybridity" of properties in models. The proposed approach to climate changes and the sustainability of newly created hybrid models emphasizes objects in which green and blue technologies (for replenishing nature and using rainwater) develop and support both the object formation in the structure of hybrid models and stabilize the new natural engineering structure of the city.

**Keywords:** hybrid model, urban master plan, water-sensitive design, blue-green infrastructure, ecological infrastructure, bioengineering, natural engineering structure

**For citation:** Zaikova E. Yu. Hybrid Models in Natural Engineering Structure of the City. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2024; 26 (4): 44–61. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-44-61. EDN: CHLWGX

### Введение

Стремительное уплотнение городской застройки за счет строительства и реконструкции в историческом центре наблюдалось с начала века в крупнейших российских городах. Например, в Москве это привело к исчезновению вне-

архитектурных пространств, усилению экологической напряжённости и сильнейшей рекреационной нагрузке на парковые пространства, наиболее востребованные населением [1, 2, 3].

Современное устойчивое развитие и сохранение природных территорий с парковыми пространствами зависят именно от грамотного сохранения озеленённых территорий, также от данного фактора зависит экологическое развитие города на разных градостроительных уровнях. Под градостроительными уровнями понимаются основные разделы градостроительного проектирования – от комплексной концепции развития территории через инженерную подготовку (использование поверхностной дождевой воды) до умного благоустройства. Такие градостроительные объекты, в которых учитывается потенциал поверхностной дождевой воды для поддержания городской природы, способные противостоять процессам урбанизации и изменению климата, формируют гибридные урбанизированные объекты с новыми техническими решениями как в конструкции здания, так и в типологии городского ландшафта.

Основной градообразующей структурой центральной части города является Москва-река. Её правый берег граничит с уникальными территориями, такими как природный заказник «Воробьевы горы», пейзажный парк «Нескучный сад», парк «Музеон», общественное пространство «Красный Октябрь» и ГЭС-2 после реконструкции. Однако формирование и развитие модели природно-рекреационного пространства с новым социоэкономическим сценарием в центральной части Москвы не было случайным и положило начало новому ландшафтно-градостроительному развитию в этой части города. Симбиоз ландшафтного и градостроительного подходов в развитии центра мегаполиса повлиял на формирование первых отечественных гибридных пространств, основанных на трансформации и регенерации сложившихся урбанизированных территорий города, где особое место занимает сохранение природного потенциала центра с возможностью его поддержания и восполнения новыми средствами [4, 5].

Создание на основе заказника «Воробьевы горы», пейзажного парка «Нескучный сад», парка им. М. Горького и парка искусств «Музеон», общественного пространства «Красный Октябрь» и ГЭС-2 единой стратегии развития устойчивой пешеходно-рекреационной структуры в центральной части Москвы обеспечило сохранение и развитие системы открытых озеленённых пространств исторического центра. А реконструкция с сохранением природного потенциала и акцентом на экономический и социально-культурный аспекты в формировании поддерживаемой городской среды позволила адаптировать каждый из парков к новым потребностям города и его жителей с «некими распределительными буферами» в виде территорий общественного пространства «Красный Октябрь», а в 2021 г. и ГЭС-2 после её реконструкции. Эти объекты отличаются от общепринятых приёмами градостроительного интегрирования в части обращения к вопросам новой реставрации и/или реконструкции между типологией здания и городской тканью с выявлением свойств такой модели и её социоэкономического влияния на свою периферию.

Результаты научной работы были апробированы в докладах международных конференций по устойчивому развитию, ландшафтной архитектуре и городскому планированию в Санкт-Петербурге (2015 г.), Стокгольме (2016 г.),

Иране (2017 г.), Узбекистане (2019 г.), Сингапуре (2017, 2018, 2019 г.). Теоретические основы разработаны под руководством автора в диссертациях магистров и аспирантов направления «Градостроительство» и монографии автора «Природно-инженерный каркас города и ландшафта: исторические предпосылки и принципы формирования».

### **Методология исследования**

Восстановление и развитие зеленой инфраструктуры мегаполисов, объединяемое термином «ландшафтный урбанизм» [6], означает ориентацию на воспроизводство природных компонентов при расширении городских границ [6]. Авторское дополнение заключается в концепции гибридных городских пространств, когда для формирования буферных резервов природно-технологического ландшафта в городе необходим поиск резервных участков нарушенного, реконструируемого и/или «заброшенного» ландшафта в структуре города или контуре новых урбанизированных участков [7, 8, 9].

В то же время для Москвы так важно сохранить и адаптировать парковые территории к новым социально-экономическим условиям развития города и устойчивому развитию в целом. Основной градообразующей структурой центральной части города для первой гибридной модели стала Москва-река. Ее правый берег граничит с уникальными территориями, такими как природный заказник «Воробьевы горы», ландшафтный парк «Нескучный сад», парк «Музеон» и Крымская набережная, реконструированная в пешеходную коммуникацию в 2013 г. [10].

К 2021 г. завершилось формирование первой гибридной модели городского пространства общественным пространством «Красный Октябрь» (проект реконструкции 2007 г.) и ГЭС-2 после реконструкции (проект реконструкции 2016–2021 гг.). Симбиоз ландшафтно-технического и градостроительного подходов определяет вектор развития гибридных пространств на основе трансформации освоенных урбанизированных территорий города с включением реконструируемых исторических объектов с новыми общественно-деловыми и рекреационными функциями. Однако дефицит природных пространств и зеленых участков в структуре общественно-деловой застройки и жилых кварталов в центре города компенсируется пока только за счет акватории Москвы-реки с сохранением парковых пространств в контуре ее правого берега. При таком градостроительном подходе остаются актуальными вопросы устойчивого развития и обостряются задачи восполнения и поддержания озелененных территорий в структуре подобных моделей. Поэтому необходимо обозначить наиболее перспективные пути их градостроительного развития как в условиях глобальных процессов урбанизации и изменения климата, так и для научно-методологического поиска автора [8, 9].

Необходимо отметить, что большинство особо ценных природных территорий расположено в основном в периферийной и срединной части Москвы [11]. Основной градообразующей структурой центральной части города, как уже отмечалось выше, является Москва-река. Поэтому формирование и развитие новой модели природно-рекреационного пространства в центральной части города неслучайно и стало началом нового ландшафтно-градостроительного сценария развития Москвы.

Сегодня восстановление и развитие зеленой инфраструктуры мегаполисов базируется на принципах ландшафтного урбанизма и подразумевает междисциплинарный подход, основанный на типологии и структуре ландшафта [4, 6, 7]. Таким образом, особенности ландшафта и насыщенность компонентами природы определяют основные векторы экологического освоения новых территорий или трансформацию уже сложившихся градостроительных объектов. Мировая практика новой реконструкции и современной реставрации городских участков включает в себя восстановление и развитие зеленой инфраструктуры на принципах формирования нового природного каркаса [12, 13]. Авторский подход предполагает, что данная тенденция ландшафтного и градостроительного подходов означает ориентацию на восполнение природных компонентов в городских границах. А формирование нового природно-инженерного каркаса города интегрирует еще и поиск новых методов с технологической основой по адаптации урбанизированных ландшафтов в его структуре на принципах подражания природным системам [7, 8, 9]. Симбиоз ландшафтного и градостроительного подходов в развитии мегаполиса определяет направление вектора развития смешанных или гибридных пространств на основе трансформации освоенных урбанизированных территорий города [9].

Задача последних десятилетий мировой практики устойчивого градостроительного развития – не только сохранение природных территорий в городе, что достаточно сложно из-за большой рекреационной потребности, но и поиск «буферных участков» на их периферии, за счет которых возможна частичная компенсация озеленения. Поэтому неслучайно с начала XXI в. в целях сохранения и восполнения городской природы особое внимание уделяется поверхностной дождевой воде для ее аккумуляции и освоения в части питания вновь создаваемого ландшафта с формированием природных биотопов разной степени гидрофильности [14, 15].

Все вышеперечисленные проблемы влияют на снижение качества жизни особенно в центре города, что вынуждает жителей преодолевать значительные расстояния в поисках мест отдыха. Поэтому так важно сохранять и развивать парковые пространства шаговой доступности в единой концепции с Москвой-рекой. Данная стратегия поддерживает формирование пространственно-планировочной основы социально ориентированных ландшафтных общественных и рекреационных пространств как части формируемого природно-инженерного каркаса города. И это неслучайно, что в начале XXI в. серьезному ландшафтно-градостроительному анализу и оценке природного потенциала подверглись крупнейшие парки Москвы, такие как парк им. М. Горького, пейзажный парк «Нескучный сад» и парк искусств «Музеон» с Крымской набережной.

В то же время через новые принципы, методы и средства ландшафтно-градостроительного подхода в планировании, развитии и преобразовании городов XXI в. необходимо рассматривать современные проблемы их функционирования, включая Москву и ее центр, для комплексного сохранения природных территорий. Авторский гибрид ландшафта, урбанизма и технологий представляет собой городскую модель ландшафта, в которой природные и урбанизированные участки поддерживают формирование нового природно-инженерного каркаса города [7]. Гибридизация парковых территорий вдоль правого берега Москвы-

реки в центре города привела к реконструкции и созданию новых типов общественно-рекреационных пространств, включающих озелененные территории и общественно-деловые зоны, когда технологии поверхностного сбора дождевой воды должны активизировать процессы в городской среде, связанные с устойчивостью компонентов природы. На их основе происходит интеграция ландшафтно-технологического и градостроительного подходов при проектировании гибридных объектов в структуре города. Типологические черты таких объектов отличаются от стандартных методов и принципов градостроительного проектирования и прогнозирования подходами в инженерной подготовке территорий в части использования дождевой воды, а также в благоустройстве и дизайне среды. Их цель – создание мультикультурного общественно-рекреационного пространства с устойчивой природной составляющей [16, 17].

Такая новая модель пространства оказывает влияние на возрождение прилегающих территорий и становится вектором градостроительной трансформации центральной части города. В результате мы получаем гибридную градостроительную модель ландшафта парковых территорий в центре Москвы, которая дает огромный импульс для развития на основе широкой вариативности типологических решений для сохранения природных участков и отдыха населения [9].

И почти два десятилетия наблюдается рост посещаемости и популярности новой гибридной модели градостроительного развития парковой территории как целостного природно-рекреационного пространства с частью гибридных свойств. Как и любая новая смешанная градостроительная модель, обладающая гибридными свойствами, она должна развиваться на разных градостроительных уровнях: от эстетики благоустройства через инженерные решения к устойчивой градостроительной концепции [9, 18, 19, 20]. По мнению Э.Э. Красильниковой [6], с позиции ландшафтного урбанизма любая новая градостроительная модель обладает рядом свойств, которые мы можем проверить на примере представленной гибридной модели, сформированной в контуре правого берега Москвы-реки. Устойчивое проявление модели в структуре сложившегося исторического контекста в ее окружении зависит от каждого из представленных ниже свойств, таких как согласованность ландшафтного, архитектурного и градостроительного контекста, сценарий формирования пространственной композиции, историческая контекстуальность, многофункциональность, социальная специализация потенциальных возможностей пространства, визуальный и цветовой подход, индивидуальность, сезонная и временная изменчивость пространства, горизонтальная насыщенность, соответствие архитектуры и ландшафта, проницаемость пространственно-планировочной структуры, экологический комфорт и безопасность, доступность [6, с. 74].

Однако, наблюдая за развитием гибридной модели линейного парка, можно с уверенностью сказать, что некоторые свойства идеально проявлены в пространстве, а другие не раскрыты полностью или требуют серьезных доработок и даже пересмотра в процессе экологической ревитализации. В противном случае подобные модели территорий могут содержать ошибки при дальнейшем проектировании и реконструкции как в историческом центре, так и в других реконструируемых зонах города. В целом мы получаем новый сценарий развития урбанизированного ландшафта в городском центре. Несомненно, представленная модель

паркового пространства повышает качество жизни в городе и рассчитана на жителей разного возраста и социального статуса. На всей территории линейного парка в целом и у каждого участка имеются различные рекреационные зоны по интересам для всех пользователей этого пространства. Функциональное зонирование включает в себя: детские игровые площадки, зоны спокойного и познавательного отдыха, спортивные площадки, отдых у воды, пляжную зону, танцполы, пешеходные и велосипедные маршруты, пункты проката снаряжения и многое другое. Фотографии парков иллюстрируют наличие в свойствах представленной модели визуального и цветового подхода в оформлении пространств и их индивидуальность (рис. 1).



Рис. 1. Парк им. М. Горького (а), парк искусств «Музеон» (б)  
Fig. 1. Gorky Park (a), Museon Art Park (b)

Ассоциативно каждый парк наполнен определенным набором ландшафтных средств и цветовых образов. Вместе с исторической памятью о месте новая эстетическая концепция развития парков как гибридной модели идеально вписывается в идею линейного парка в центре Москвы с общественно-рекреационной и деловой составляющими общественного пространства «Красный Октябрь» и ГЭС-2. Однако при проверке представленных выше свойств модели ландшафтного урбанизма визуальное и цветовое оформление пейзажного парка «Нескучный сад» можно было бы сделать более выразительным, т. к. теперь эта территория является частью новой сформированной гибридной модели пространства со своим социокультурным и экономическим сценарием. Эстетический контекст включает использование средств благоустройства и дизайна среды из разных видов растительности в пологе высоких деревьев, например: заполнение теневого полога – подражание естественным природным сообществам – для прогулок и созерцания с сохранением исторической уникальности рельефной ситуации в парке. Поэтому, на взгляд автора, свойство визуального и цветового подхода работает на этой территории не в полной мере, что снижает наполнение современной концепции по формированию гибридной модели на будущее градостроительное развитие территории в городе (рис. 2).

Одним из важнейших свойств гибридного ландшафтно-градостроительного пространства является его всесезонная и временная изменчивость. Всесезонное использование природной территории – чрезвычайно важная составляющая любой архитектурно-ландшафтной концепции в северном климате. Цветовая

поддержка ландшафта необходима в России с ее климатическими особенностями, включая длительный зимний период, позднюю осень и продолжительную весну. Поэтому необходимо усилить свойства всепогодной и временной изменчивости для повышения идентичности гибридной модели линейного паркового ландшафта [6, 7]. Данные рекомендации снова касаются парковой части «Нескучного сада». Под горизонтальным насыщением гибридного ландшафтно-градостроительного пространства понимается проектирование растительных форм и работа с естественным рельефом территории. В данном случае подбор растительных компонентов ландшафта осуществляется путем формирования многоуровневых многолетних насаждений, адаптированных к условиям российского климата.



Рис. 2. Пейзажный парк «Нескучный сад» – отсутствие активной цветовой гаммы в пологе леса (а) и цветовой оформление Крымской набережной с колористикой биотопа по типу «сухой луг» (б)

Fig. 2. Landscape park “Neskuchny Sad”: absence of active color scheme in the forest canopy (a) and color design of the Crimean embankment with biotope coloring of "dry meadow" (b)

Такой подход акцентирует внимание на работе с природным биотопом выбранного участка городской территории, а также на глубоком знании и понимании динамики развития цветущей древесной растительности и многолетних почвопокровных культур в пологе ландшафта «Нескучного сада» [21]. В зоне полутени находится большой ассортимент многолетних растений, способных наполнять напочвенный слой естественностью и эстетикой композиции (рис. 3).



Рис. 3. Использование растений местной флоры для полутеневых участков и лесного полога на примере парка Planten un Blomen, Гамбург, Германия

Fig. 3. Native flora plants for semi-shade areas and forest canopy in Planten un Blomen Park, Hamburg, Germany

В ходе работ определяется типологическая структура территории на закрытых и открытых участках как на лугах, так и в природных оазисах разной освещенности. Реструктуризация территории на различные типы участков со стихийным характером посадок имеет достаточный ресурс для создания естественного подлеска и опушек по аналогии с лесным массивом [7, 21].

Экологический комфорт, безопасность и доступность новой гибридной модели также являются свойствами, которые проявляются как отрицательный градостроительный результат, когда они связаны с транспортными решениями. Именно отсутствие достаточного количества мест открытого паркинга и удобного подъезда к центральному парку Москвы – парку им. М. Горького – создает суточные заторы в этой части Садового кольца. Популярность парка как всепогодной площадки для рекреации, спорта и разных активностей значительно возрастает в течение первой четверти XXI в., и проблема удобной парковки личного транспорта остается актуальной.

### Результаты исследования

Авторский подход к использованию гибридных моделей в формировании природно-инженерного каркаса города заключается в «технологическом оснащении» второго раздела градостроительной деятельности, а именно инженерной подготовки территории с использованием дождевой воды. В этих целях автором предлагается дополнить свойства гибридной модели и ввести термин «технологическая адаптивность», позволяющий дать определение целенаправленной работе с поверхностной дождевой водой в северном климате для поддержания и существующих озелененных территорий, и создаваемых компонентов второй природы в городе.

К процессам изменения климата можно отнести увеличение количества осадков и связанные с этим вопросы аккумуляции объемов дождевой воды за счет зеленой инфраструктуры городов [16]. Поэтому методам поверхностного сбора дождевой воды в инженерной подготовке территорий и средствам комплексного устойчивого благоустройства в городе как составных частей градостроительной деятельности должно быть уделено особое внимание при формировании как самих гибридных моделей, так и средств их интеграции в структуру природно-инженерного каркаса города. Интегрирование современных подходов в инженерной подготовке территорий со сбором и перераспределением дождевой воды, а также использование проницаемых зеленых поверхностей и зеленых крыш в типологии зданий может поддержать формирование городского гибридного природно-инженерного каркаса в центре с новыми экологическими свойствами. Целью такой гибридизации в типологии здания и типологии ландшафта является создание устойчивых частей природно-инженерного каркаса с общественно-рекреационными пространствами в разных частях города, что особенно актуально в исторических центрах из-за дефицита территории и наличия объектов культурного наследия. В представленном подходе имитировано подражание природным процессам технологическими средствами за счет растительных компонентов как естественных, так и «рукотворных», средствами инженерной подготовки территорий в целях поддержания устойчивости городской ткани в целом. Такая новая модель пространства окажет влияние на регенерацию прилегающих

к ней нарушенных территорий с запуском активного экономического сценария как в своей структуре, так и на периферии территории как вектора градостроительных преобразований не только в центральной части города.

В теме статьи также заявлены три главных составляющих: гибридные городские модели, природно-инженерный каркас и средства, с помощью которых возможна интеграция и дополнительная гибридизация между уже существующими городскими пространствами и формируемой устойчивой природно-рекреационной структурой города. Необходима расшифровка каждого термина в целях объединения научно-творческого поиска двух направлений и достижения максимального результата градостроительных решений. Так, при анализе мировых архитектурно-ландшафтных объектов можно с уверенностью сказать об изменении градостроительных трендов в сторону «гибридизации свойств» как в конструкции здания, окружающем ландшафте, так и здания с ландшафтом на основе технологий [17]. По мнению многих зарубежных авторов, таких как Ю. Конджиан [18], Херберт Драйзельт [19, 22], Пит Удольф [7], эта тенденция в первую очередь связана с вопросами организации среды жизнедеятельности современного человека и устойчивым развитием территорий при глобальных климатических рисках. На разных градостроительных уровнях решаются вопросы комплексного развития территорий с организацией различных типов общественных пространств в природном окружении с использованием технологий зеленой архитектуры [17, 22, 23, 24]. Жилые и офисные кластеры с новыми формами социокультурного и рекреационного сценария представляют собой современное проектирование, в котором объекты не имеют видимых границ между природой, архитектурой и средой обитания человека [16, 17]. Это новый тип гибридизации здания со средой и ландшафтом, где сочетаются и дополняют друг друга природа и технологии, образование и развлечения, история и современность [24, 25, 26].

Одним из примеров дисперсного гибридного объекта является реализованный в 2017 г. компанией WOHA проект Kampung Admiralty – первый интегрированный паблик девелопмент в Сингапуре, который объединяет в себе несколько объектов и услуг под одной крышей [17, 26] (рис. 4). Проект предлагает единый мультипрограммный комплекс, максимизирующий и оптимизирующий использование земли, расположенный на участке площадью 8981 м<sup>2</sup> с предельной высотой зданий до 61 м.



Рис. 4. Проект Kampung Admiralty в Сингапуре  
Fig. 4. Kampung Admiralty project in Singapore

Архитектурное, структурное и программное деление комплекса на три уровня обеспечивает разнообразие функций и высвобождает наземный уровень для генерации активности. Особое место в проекте занимает общественный парк – зелёная зона, где жители могут собираться вместе, заниматься спортом, общаться или заниматься совместным фермерством. Парк стратегически расположен в самом центре комплекса, являясь «общественной гостиной». Теплового комфорт «гостиной» обеспечивается за счёт террасирования, создания эффекта нисходящей ветровой воронки через центральный двор. Таким образом устанавливается и визуальная связь между зданиями и общественным пространством, нивелируются границы центра и периферии. Кроме того, общественный парк выступает в качестве важного акустического буфера, снижая шум от проходящего рядом поезда, а также служит зоной сбора дождевой воды, которая впоследствии перерабатывается и используется для орошения [22].

Необходимо отметить, что появление «гибридных кварталов, объектов и пространств» неслучайно и связано с изменением представлений об уровне устойчивости среды и комфорте проживания людей разного возраста и социального статуса в условиях глобальной урбанизации и изменения климата [16, 22, 23]. В архитектурно-градостроительной сфере произошло смещение в сторону проектирования устойчивых архитектурных и/или ландшафтных объектов, оказывающих компактное дисперсное или активное локальное влияние на изменение качественных характеристик городской социальной среды и экологических приоритетов [27, 28]. На современном этапе градостроительного прогнозирования и проектирования можно с уверенностью сказать, что и «типология» голубой и зелёной инфраструктуры (Blue-Green Infrastructure – BGI) подверглась изменению под влиянием новых зелёных технологий строительства, имитирующих природные процессы. Гибридные объекты, в которых архитектура и ландшафт, включая социальный сценарий пространства и экономическую рентабельность объекта, трансформируются как каждый в отдельности с изменением типологических характеристик, так и интегрируются с устойчивыми компонентами природы технологическими средствами. Kampung Admiralty не просто представляет собой пример гибридного подхода с технологическими решениями на уровне архитектурного объекта, но и относится в авторской типологии голубой и зелёной инфраструктуры к гибридным объектам первой группы [8, 9, 21], способным локально и/или дисперсно поддерживать в состоянии устойчивости структуру формируемого природно-инженерного каркаса города с адаптацией подобных решений под местные климатические условия.

Гибридные объекты, в которых на уровне ландшафта за счет технологических решений по использованию дождевой воды и ее удержанию компонентами зелёной инфраструктуры формируется новый социальный сценарий пространства с экологической направленностью градостроительного решения, относятся ко второй группе авторской «типологии» голубой и зелёной инфраструктуры [8, 9, 21]. Трансформация проектов 2-й группы на уровне территории с изменением ее типологических характеристик за счет имитации природных процессов технологическими средствами при восполнении компонентов природного каркаса города отвечает целям устойчивого развития, а также комплексного развития городских территорий на современном этапе проектирования и прогнозирования в мировых градостроительных процессах [7].

Упомянутой выше компанией Ramboll был реализован такой гибридный объект в 2012 г. – природный оазис Bishan-Ang в Сингапуре на месте огороженного бетонного канала, который остро нуждался в реконструкции [14, 19, 22] (рис. 5). Благодаря своей многофункциональности и экологичности парк также получил международное признание и множество престижных наград. В результате реконструктивных мероприятий с 2009 по 2012 г. был предпринят смелый шаг по разрушению канала и восстановлению русла реки технологическими средствами с использованием гидрологической модели тропических городов на примере Сингапура.



Рис. 5. Bishan-Ang Mo Kio Park в Сингапуре [22]

Fig. 5. Bishan-Ang Mo Kio Park in Singapore

Основная идея парка Bishan-Ang Mo Kio – это «натурализация» реки, имеющей русло, а также аккумуляция дождевой и ливневой воды зеленой инфраструктурой паркового пространства во время сильных ливней как пример управления климатическими рисками технологическими средствами. Преобразования были впечатляющими: бетонный дренажный канал протяженностью 2,7 км, ранее представлявший собой прямолинейное сооружение, был преобразован в извилистую природную реку протяженностью 3,2 км, которая изящно петляет по парку.

Новаторский проект стал первым в Сингапуре случаем, когда естественный вид получил бетонный канал. Он органично вписался в парк, позволяя посетителям тесно взаимодействовать с водой, улучшая связи внутри парка. Проект «Река Калланг – парк Бишан» представляет собой инновационный подход к городской сине-зеленой инфраструктуре. Он эффективно решает две задачи: водоснабжение и борьба с наводнениями, одновременно создавая значимые городские пространства как для людей, так и для природы. Парк площадью 62 га был тщательно спроектирован и переосмыслен таким образом, чтобы учесть постоянно меняющийся характер речной системы с переменным уровнем воды, обеспечивая при этом максимальную отдачу для посетителей парка. Во время засухи поток воды ограничивается узким ручьем в центре реки, привлекая посетителей к пологим берегам для более тесного контакта с водой. Во время сильных дождей парковая зона, прилегающая к реке, выполняет функцию канала для отвода воды, постепенно направляя излишки дождевой воды вниз по течению [17, 22].

Представленные выше проекты наглядно демонстрируют возможности технологического прогресса в достижении целей экологического устойчивого развития городов, связанного прежде всего с аккумуляцией дождевой

воды за счет зеленой инфраструктуры, и относится в авторской типологии к локальным гибридным моделям 2-й группы на уровне ландшафта города. В формируемом автором новом природно-инженерном каркасе города происходит интеграция зеленых технологий в типологии задания и ландшафта с использованием поверхностного открытого дренажа как части инженерной подготовки территории с внедрением в его структуру гибридных моделей 1-й и 2-й группы. Как уже отмечалось выше, они включаются в структуру каркаса как дисперсно, так и локально, поддерживая природно-урбанизированные территории города технологиями сбора дождевой воды на всех градостроительных уровнях с запуском экосистемных процессов.

Поэтому для второй группы объектов характерны решения в зависимости от типологии ландшафта и выбранных экологических технологий [8, 9, 21] с использованием термина «водочувствительный городской дизайн»: городские биоводоёмы, городские сады, городские деревья в системе фильтрации дождевой воды и открытые каналы для движения дождевой воды до места сбора, сбор дождевой воды и место хранения объёма воды с последующим использованием (таблица) [7].

**Типология ландшафта в зависимости от выбранных технологий по сбору, перераспределению и аккумулярованию дождевой воды**  
**Landscape typology depending on selected technologies for rainwater harvesting, redistribution and storage**

Тип	Пример технологического решения	
	Системы сбора и фильтрации дождевой воды	
Городские биоводоёмы	Франция, Париж 	Германия, Берлин 
	Подражание природе. Квартал Boulogne-Billancourt (фото автора)	Жилые кварталы на Potsdamer Platz (фото В.А. Нефедова)
Открытые каналы	Швейцария, Цюрих	
		
	Открытые каналы для перемещения дождевой воды к месту сбора. Жилой комплекс Oerlikon (фото автора)	Открытые каналы для перемещения дождевой воды к месту сбора – Turbinen Platz (фото автора)

Окончание таблицы  
End of table

Пример технологического решения		
Системы сбора и фильтрации дождевой воды		
Проницаемые покрытия	<p>Франция, Париж</p>  <p>Жилой квартал Boulogne-Billancourt (фото автора)</p>	<p>Швейцария, Цюрих</p>  <p>Район Zürich-Nord (фото автора)</p>
	<p>Норвегия, Осло</p>  <p>«Зеленые» трамвайные пути поглощают шум, пыль и дождевую воду (фото автора)</p>	<p>Франция, Амьен</p>  <p>Зеленые рекреационные коридоры в контуре улично-дорожной сети [29]</p>
Изменение функциональных зон	<p>Италия, Милан</p>  <p>Новая природа на месте бывших железнодорожных коммуникаций [30]</p>	<p>Дания, Копенгаген</p>  <p>Озелененные территории компенсируют изменение климата [31]</p>

Представленные примеры наглядно демонстрируют технологические приёмы по сбору, распределению, транспортировке дождевой воды, а также поэтапную фильтрацию поверхностных вод, что создаёт целую серию разных сценариев экологического развития территории, включая социальную адаптацию технологической идеи воссоздания природного биотопа как буферной части обще-

ственного пространства с разными функциями [32]. Это очень интересная научная и проектная работа не только с озелененными территориями и биотопом места, буферными зонами на их периферии, но и с водой (дождевой, поверхностной и подземной) с глобальной целью восстановления равновесия природной среды на участках городской ткани с возможностью сопротивления экологическим катастрофам и климатическим изменениям.

### Заключение

Представленное в статье научное исследование расширяет профессиональные знания и градостроительные поиски способа обеспечения экологической устойчивости парковых зон в центральной части Москвы.

Ценность представленного междисциплинарного подхода заключается в том, что гибридная модель паркового пространства представляет собой современный симбиоз ландшафтно-градостроительного подхода и формируется на месте урбанизированного участка в центре Москвы. Несомненно, этапы реконструкции всех трех парковых территорий были направлены на сохранение природного наследия и развитие рекреационной инфраструктуры в центральной части города, а также и первой гибридной модели, без которой невозможно сегодня представить центр Москвы.

Однако для комплексного подхода в градостроительном проектировании на современном этапе необходима проработка инженерных и технологических решений, как неотъемлемой части устойчивого градостроительного прогнозирования в XXI в., связанного с процессами урбанизации и глобальным изменением климата.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Appenzeller M., Gietama R.* City Regeneration Today // TOPOS: The International Review of Landscape Architecture and Urban Design. 2010. № 73. P. 18–23.
2. *Arabianranta.* Rethinking Urban Living (City of Helsinki Urban Facts. City of Helsinki Economic and Planning Center. Art and Design City Helsinki Oy). WS Bookwell Oy, Porvoo, 2007. 288 p.
3. *Meyer E.K.* River Park as a Place of Movement // TOPOS: The International Review of Landscape Architecture and Urban Design. 2014. № 89. P. 76–82.
4. *Ernst & Sohn GmbH.* Rainwater Management 2024. URL: [www.dreiseitlconsulting.com](http://www.dreiseitlconsulting.com) (дата обращения: 20.04.2024).
5. *Farr D.* Sustainable Urbanism: Urban design with nature. John Wiley & Sons, Inc., 2008. 352 p.
6. *Красильникова Э.Э.* Ландшафтный урбанизм. Теория-Практика. Часть 1. Научные и практические основы ландшафтного урбанизма. Волгоград : Областные Вести, 2015. 156 с.
7. *Зайкова Е.Ю.* Природно-инженерный каркас города и ландшафта (исторические предпосылки и принципы формирования). Москва : КУРС, 2023. 128 с. ISBN 978-5-906818-49-2.
8. *Зайкова Е.Ю.* Healing landscapes in the multifunctional hybrid objects // Proceedings of the Annual International Conference on Architecture and Civil Engineering. 2019. 227969. P. 347–355.
9. *Зайкова Е.Ю.* Formation methods of hybrid urban spaces in the historic city center // Scopus, E3S Web of Conferences. 2019. V. 97. 01031.
10. *Мощение и благоустройство* // Возрождение. URL: <https://www.vozr.ru/napravlenie-deyatelnosti/moshchenie/> (дата обращения: 20.04.2024).
11. *ООПТ Москвы.* Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы // ДПиООС – Правительство Москвы Постановление от 17 мая 2013 г. № 296-пп об утверждении положения о департаменте природопользования и охраны окружающей среды города Москвы // [www.mos.ru](http://www.mos.ru) (дата обращения: 20.04.2024).
12. *Нефёдов В.А.* Городской ландшафтный дизайн. Санкт-Петербург : Любавич, 2012. 317 с.

13. *Нефёдов В.А.* Как вернуть город людям. Москва : Искусство – XXI век, 2015. 160 с.
14. *Dreiseitl H.* Blue-Green Infrastructure for Cities // *TOPOS: The International Review of Landscape Architecture and Urban Design*. 2013. № 84. P. 77–79.
15. *Hentschel A.Y.* How Green Will We Live. Gruener Wohnen. Green Living // *Deutscher Landschaftsarchitektur-Preis. German Landscape Architecture Prize*. 2011. P. 32–52.
16. *Старостина А.* Кочка на кочке // *Speech: Ландшафт/landscape*. 2017. № 20. С. 134–143.
17. *Henning Larsen.* BIG, WOHA Architects Amongst Recipients of President\*s Design Award 2023 in Singapore. URL: <https://www.archdaily.com> (дата обращения: 20.04.2024).
18. *Kongjian Yu.* Designed Ecologies: The Landscape Architecture of Kongjian Yu / Ed. W.S. Saunders. Birkhaeuser, Bassel, 2012. 255 p.
19. *Dreiselt H.* Biophilia for Healthy Cities // *TOPOS: The International Review of Landscape Architecture and Design*. 2019. № 106. P. 24–31.
20. *Vinge Masterplan Proposal* // *EFFEKT + Henning Larsen Architects*. URL: <https://www.archdaily.com/376167/vinge-masterplan-proposal-effekt-henning-larsen-architects>
21. *Зайкова Е.Ю.* Strategies ensuring the Stability of Natural and Urbanized Biotopes in the Hybrid Multifunctional Objects // *IPICSE 2020 (ноябрь 2020) 2021 IOP Conf. Ser.: Mater*. URL: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57203435530>
22. *Making Cities Liveable.* Green-Blue Infrastructure and its Impact on Society. Ramboll, 2016. 18 p.
23. *Vertical Landscape.* Edited by Graham Cleary // *Design Media Publishing Limited*. This edition published in September, 2014. P. 255.
24. *Hager Tobias.* The Cooling Power of Urban Greenery: How Greenery Fights Urban Heat. URL: [www.topos.de](http://www.topos.de) (дата обращения: 15.04.2024).
25. *Tan Puay Yok, Koehler M., Peck S., Velazquez L.* Vertical Garden City: Singapore. Singapore : Straits Times Press, 2013. P. 191. ISBN: 978-981-4342-59-9.
26. *Bingham-Hall P.* WOHA Architects. Garden City Mega City: Rethinking Cities for the Age of Global Warming. OCN 946097747, 2016. 309 p.
27. *Логвинов В.Н.* Природа и Архитектура: путь интеграции. Памяти И.З. Чернявского. Москва, 2019. 218 с.
28. *Mill River Park and Greenway.* Urban Landscape Planning. Artpower International Publishing Co., Ltd. P. 10–13. ISBN 978-988-13541-1-2.
29. *Амьен Франция* – проект реконструкции улично-дорожной сети. URL: <https://arpente.re/work/eco-quartier> (дата обращения: 21.04.2024).
30. *OMA Wins Competition for Adaptable Masterplan* of Milan's Disused Railway Sites. URL: [https://www.archdaily.com/915510/how-three-major-us-cities-are-preparing-for-climate-change?utm\\_medium=email&utm\\_source=ArchDaily%20List&kth=1,846,414](https://www.archdaily.com/915510/how-three-major-us-cities-are-preparing-for-climate-change?utm_medium=email&utm_source=ArchDaily%20List&kth=1,846,414) (дата обращения: 21.04.2024).
31. *Природная адаптация к изменению климата* получила крупнейшую архитектурную награду Скандинавии (Nature-based Climate Adaptation Wins Scandinavia's Biggest Architecture Award). URL: <http://worldlandscapearchitect.com/?s=SLA+WINS#.WjaUjrpuLIU> (дата обращения: 21.04.2024).
32. *Райнер Т., Вест К.* Посадки в пост-природном мире. Дизайн растительных сообществ для создания жизнестойких ландшафтов / пер. с англ. А.В. Русановой. Харьков : Читариум, 2019. 272 с.

## REFERENCES

1. *Appenzeller M., Gietama R.* City Regeneration Today. In: *TOPOS: The International Review of Landscape Architecture and Urban Design*. 2010; (73):18–23.
2. *Arabianranta.* Rethinking Urban Living. (City of Helsinki Urban Facts. City of Helsinki Economic and Planning Center. Art and Design City Helsinki Oy). WS Bookwell Oy, Porvoo, 2007. 288 p.
3. *Meyer E.K.* River Park as a Place of Movement. In: *TOPOS: The International Review of Landscape Architecture and Urban Design*. 2014; (89): 76–82.
4. *Ernst & Sohn GmbH.* Rainwater Management 2024. Available: [www.dreiseitlconsulting.com](http://www.dreiseitlconsulting.com) (accessed April 20, 2024).
5. *Farr D.* Sustainable Urbanism: Urban Design with Nature. John Wiley & Sons, Inc., 2008. 352 p.

6. *Krasil'nikova E.E.* Landscape Urbanism. Theory-Practice. Part 1. Scientific and Practical Foundations of Landscape Urbanism. Volgograd: Oblastnye Vesti, 2015. 156 p. (In Russian)
7. *Zaikova E.Yu.* Natural and Engineering Structure of the City and Landscape (Historical Background and Formation Principles). Moscow: KURS, 2023. 128 p. ISBN 978-5-906818-49-2. (In Russian)
8. *Zaikova E.Yu.* Healing Landscapes in Multifunctional Hybrid Objects. In: *Proc. Annu. Int. Conf. on Architecture and Civil Engineering*. 2019. 227969. Pp. 347–355.
9. *Zaikova E.Yu.* Formation Methods of Hybrid Urban Spaces in Historic City Center. *E3S Web of Conferences*. 2019; 97: 01031.
10. Paving and Landscaping. Available: [www.vozr.ru/napravlenie-deyatelnosti/moshchenie/](http://www.vozr.ru/napravlenie-deyatelnosti/moshchenie/) (accessed April 20, 2024). (In Russian)
11. Department of Natural Resources Management and Environmental Protection of the City of Moscow. Moscow City Government Resolution No. 296-pp of 17 May 2013 on Approval of the Regulations on the Department of Natural Resources Management and Environmental Protection of the City of Moscow. Available: [www.mos.ru](http://www.mos.ru) (accessed April 20, 2024). (In Russian)
12. *Nefyodov V.A.* Urban Landscape Design. Saint-Petersburg: Lyubavich, 2012. 317 p. (In Russian)
13. *Nefyodov V.A.* How to Give the City Back to the People. Moscow: Iskusstvo – XXI vek, 2015. 160 p. (In Russian)
14. *Dreiseitl H.* Blue-Green Infrastructure for Cities. In: *TOPOS: The International Review of Landscape Architecture and Urban Design*. 2013; (84): 77–79.
15. *Hentschel A.Y.* How Green Will We Live. Gruener Wohnen. Green Living. In: Deutscher Landschaftsarchitektur-Preis. German Landscape Architecture Prize. 2011. Pp. 32–52.
16. *Starostina A.* A Bump on a Bump. *Speech: Landscape*. 2017; (20): 134–143. (In Russian)
17. *Henning Larsen*. BIG, WOHA Architects Amongst Recipients of President's Design Award 2023 in Singapore. Available: [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com) (accessed April 20, 2024).
18. *Kongjian Yu.* Designed Ecologies: The Landscape Architecture of Kongjian Yu. W.S. Saunders, Ed., Birkhaeuser, Basel, 2012. 255 p.
19. *Dreiselt H.* Biophilia for Healthy Cities. *TOPOS: The International Review of Landscape Architecture and Design*. 2019; 106: 24–31.
20. Vinge Masterplan Proposal. EFFEKT + Henning Larsen Architects. Available: [www.archdaily.com/376167/vinge-masterplan-proposal-effekt-henning-larson-architects](http://www.archdaily.com/376167/vinge-masterplan-proposal-effekt-henning-larson-architects)
21. *Zaikova E.Yu.* Strategies Ensuring the Stability of Natural and Urbanized Biotopes in the Hybrid Multifunctional Objects. IPICSE 2020, *IOP Conf. Ser.: Mater.* 2021. Available: [www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57203435530](http://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57203435530)
22. Making Cities Liveable. Green-Blue Infrastructure and its Impact on Society. Ramboll, 2016. 18 p.
23. Vertical Landscape. Edited by Graham Cleary. Design Media Publishing Limited. 2014. 255 p.
24. *Hager Tobias*. The Cooling Power of Urban Greenery: How Greenery Fights Urban Heat. Available: [www.topos.de](http://www.topos.de) (accessed April 15, 2024).
25. *Tan Puay Yok, Koehler M., Peck S., Velazquez L.* Vertical Garden City: Singapore. Singapore: Straits Times Press, 2013. 191 p. ISBN: 978-981-4342-59-9.
26. *Bingham-Hall P.* WOHA Architects. Garden City Mega City: Rethinking Cities for the Age of Global Warming. OCN 946097747, 2016. 309 p.
27. *Logvinov V.N.* Nature and Architecture: The Path of Integration. In memory of I.Z. Chernyavsky. Moscow, 2019. 218 p. (In Russian)
28. Mill River Park and Greenway. Urban Landscape Planning. Artpower International Publishing Co., Ltd. Pp. 10–13. ISBN 978-988-13541-1-2.
29. Amiens, France. Street and Road Network Reconstruction Project. Available: <https://arpenre.re/work/eco-quartier> (accessed April 21, 2024). (In Russian)
30. OMA Wins Competition for Adaptable Masterplan of Milan's Disused Railway Sites. Available: [www.archdaily.com/915510/how-three-major-us-cities-are-preparing-for-climate-change?utm\\_medium=email&utm\\_source=ArchDaily%20List&kth=1,846,414](http://www.archdaily.com/915510/how-three-major-us-cities-are-preparing-for-climate-change?utm_medium=email&utm_source=ArchDaily%20List&kth=1,846,414) (accessed April 21, 2024).
31. Nature-based Climate Adaptation Wins Scandinavia's Biggest Architecture Award. Available: <http://worldlandscapearchitect.com/?s=SLA+WINS#.WjaUjrpuLIU> (accessed April 20, 2024).
32. *Rainer T., West C.* Plant Communities for Resilient Landscapes. Kharkov: Chitarium. 2019. 272 p. (Russian translation)

**Сведения об авторе**

*Зайкова Елена Юрьевна*, канд. архитектуры, доцент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, lena\_landscape21@mail.ru

**Author Details**

*Elena Yu. Zaikova*, PhD, A/Professor, National Research Moscow State University of Civil Engineeringб 26, Yaroslavskoe Road, 129337, Moscow, Russia, lena\_landscape21@mail.ru

Статья поступила в редакцию 21.04.2024  
Одобрена после рецензирования 10.05.2024  
Принята к публикации 07.06.2024

Submitted for publication 21.04.2024  
Approved after review 10.05.2024  
Accepted for publication 07.06.2024

Вестник Томского государственного  
архитектурно-строительного университета.  
2024. Т. 26. № 4. С. 62–75.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo  
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –  
Journal of Construction and Architecture.  
2024; 26 (4): 62–75.

Print ISSN 1607-1859  
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 725.4

DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-62-75

EDN: EGJGSV

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ СЦЕНАРИИ АРХИТЕКТУРНОЙ АДАПТАЦИИ НОВОСИБИРСКОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ТЭЦ-1

**Максим Игоревич Желободько, Мария Игоревна Акимова**

*Новосибирский государственный  
архитектурно-строительный университет (Сибстрин),  
г. Новосибирск, Россия*

**Аннотация.** *Актуальность.* В 2024 г. исполняется 100 лет с момента заложения фундамента здания Первой крупной электростанции Новосибирска – значимого промышленного здания в контексте исторической застройки города. Сегодня в Новосибирске существует проблема утраты целостной культурно-исторической среды ввиду большого числа неэксплуатируемых разрушающихся памятников истории и архитектуры.

*Цель работы.* Для сохранения архитектурного наследия необходимо разработать современные стратегии повторного использования подобных зданий.

*Методы исследования.* В настоящей работе посредством методов контекстуального, ретроспективного, идеографического анализа выдвигаются концептуальные сценарии архитектурной адаптации ТЭЦ-1 им. М.И. Калинина, являющейся объектом культурного наследия регионального значения. Проектные решения классифицированы по степени вмешательства в первоначальный облик здания, ориентированы на преобразование бывшего индустриального корпуса с целью раскрытия социально-исторической стороны ТЭЦ-1 как символа динамичного подъёма экономики и энергетической промышленности г. Новосибирска.

*В результате* исследования определен наиболее эффективный среди разработанных сценариев в контексте исторической застройки Новосибирска принцип. Показано, что оптимальным среди числа описанных сценариев выступает концептуальный принцип нюансного сочетания с историческим контекстом, предполагающий сохранение общего архитектурного облика памятника истории регионального значения с внесением обратимых изменений в архитектурные решения здания.

**Ключевые слова:** Новосибирск, архитектурная адаптация, ТЭЦ-1, историческая тепловая электростанция, объект культурного наследия

**Для цитирования:** Желободько М.И., Акимова М.И. Концептуальные сценарии архитектурной адаптации Новосибирской электростанции ТЭЦ-1 // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 4. С. 62–75. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-62-75. EDN: EGJGSV

## ORIGINAL ARTICLE

**CONCEPTUAL SCENARIOS OF ARCHITECTURAL ADAPTATION OF NOVOSIBIRSK POWER PLANT****Maksim I. Zhelobod'ko, Mariya I. Akimova***Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering,  
Novosibirsk, Russia*

**Abstract.** This year marks the 100th anniversary of the foundation of the First Large Power Plant in Novosibirsk, a significant industrial building. Today, Novosibirsk is facing the problem of losing its integral cultural and historical environment due to the large number of unused dilapidated historical and architectural monuments. In order to prevent this trend and save the architectural heritage, it is necessary to develop modern strategies for reuse of these buildings.

In this study, conceptual scenarios of architectural adaptation of M. I. Kalinin power plant, the object of cultural heritage of regional significance, are put forward through the methods of contextual, retrospective, ideographic analysis. These design solutions are classified by the original image of the building, focused on the transformation of the former industrial building in order to reveal the socio-historical side of the power plant as a symbol of the dynamic rise of the economy and energy industry in Novosibirsk.

As a result, among the scenarios developed for the main building of the city's first major power plant, the most appropriate one is chosen in the context of the historical development of Novosibirsk.

The conceptual principle of Nuanced combination with the historical context is the most effective among the described scenarios, assuming preservation of the general architectural image of the historical monument with reversible changes in the architectural solutions of the building.

**Keywords:** Novosibirsk, architectural adaptation, historical thermal power plant, cultural heritage

**For citation:** Zhelobod'ko M.I., Akimova M.I. Conceptual Scenarios of Architectural Adaptation of Novosibirsk Power Plant. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2024; 26 (4): 62–75. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-62-75. EDN: EGJGSV

В XXI в. в России да и во всем мире происходит динамичное развитие городов с расширением центральных районов. Промышленные предприятия, значимые для культурного контекста городов, но утратившие свои первоначальные эксплуатационные характеристики, постепенно попадают в центральные городские зоны. Интерес к сохранению и преобразованию исторических объектов архитектуры для последующего использования активно растет. Эта тенденция вызвана стремлением к восстановлению целостности исторической городской застройки [1].

В Новосибирске архитектурная адаптация приобретает большое значение в силу размещения в центральной части города значительного числа неэксплуатируемых объектов промышленной архитектуры, обладающих высокой исторической ценностью для городской среды. К числу таких объектов относится Первая крупная электростанция города – ТЭЦ-1, расположенная на восточном побережье р. Оби в месте пересечения трех центральных районов города. Промышленное здание было построено и введено в эксплуатацию 14 марта 1926 г. для электрификации Железнодорожного и Центрального районов города, а также

близлежащих сельскохозяйственных поселений. ТЭЦ-1 стала первой крупной электростанцией Сибири, с которой началось развитие советской промышленности в Новосибирске. Здание было запроектировано и построено по индивидуальному проекту в стиле советского ретроперспективизма с декоративными элементами модерна. Предприятие оказало влияние на формирование планировочной структуры города, однако в поздние советские годы было выведено из эксплуатации вследствие множества изменений и последующих разрушений, вызванных увеличением эксплуатационных нагрузок.

Значимость и необходимость сохранения архитектуры главного корпуса Новосибирской ТЭЦ-1 для исторического контекста города описана многими учеными и исследователями. Так, истории электрификации Западной Сибири и градостроительным основам Новосибирска посвящены исследования В.В. Алексева [2], С.Н. Баландина [3]. Труды А.С. Московского [4] описывают промышленное освоение Сибири в период становления советской власти.

Постановка проблемы: в настоящее время корпус ТЭЦ-1, относящийся к числу памятников истории регионального значения, нуждается в оценке потенциала для своего дальнейшего развития. Задача по восстановлению и сохранению объектов архитектурного наследия является одной из первостепенных для Новосибирска в вопросе сохранения индивидуального облика города и для предотвращения неупорядоченной коммерческой застройки.

Цель: разработать концептуальные сценарии архитектурной адаптации ТЭЦ-1 – Первой крупной электростанции Новосибирска – под многофункциональный культурный центр, ранжированные по степени вмешательства в исторический облик здания.

Задачи исследования:

1. Выявить основные концептуальные принципы адаптации исторических электростанций по степени вмешательства в первоначальные архитектурные решения.
2. Определить ряд регламентируемых действий для каждого из концептуальных сценариев архитектурной адаптации исторических электростанций.
3. Описать концептуальные сценарии адаптации Первой крупной электростанции Новосибирска и выявить наиболее оптимальный.

Новизна: впервые разработаны концептуальные сценарии адаптации главного корпуса Новосибирской ТЭЦ-1 и прилегающей к нему территории, ранжируемые по степени вмешательства в исходный архитектурный облик здания и определенные спектром допустимых действий.

Методы исследования. При проведении исследования были применены методы контекстуального, ретроспективного, идеографического анализа для оценки потенциала адаптации, последующего использования здания Первой крупной электростанции Новосибирска и разработки концептуальных сценариев адаптации и преобразования архитектурных решений.

В ходе настоящего исследования проанализированы отечественные и зарубежные проекты адаптации исторических электростанций, на основе которых были выявлены основные концептуальные сценарии, ранжируемые по степени вмешательства в первоначальный архитектурный облик, определяемые контекстом городской среды и обусловленные взаимодействием старого и нового здания в комплексе (рис. 1).



Рис. 1. Принципы сочетания адаптивной архитектуры с историческим контекстом. Автор М.И. Желободько

Fig. 1. Principles of combining adaptive architecture with historical context. Author M.I. Zhelobodko

**Сценарий «Контекстуальное сочетание»** – концептуальный принцип, который подразумевает сохранение основных идей существующего здания или комплекса и предполагает минимальное вмешательство в первоначальный исторический контекст. Как правило, используется при реставрации и воссоздании облика, для сохранения архитектурных решений исторического здания, а также его концептуальных идей в первоначальном виде. Примерами проектов адаптации исторических электростанций, в которых превалирует принцип контекстуального сочетания, являются Centrale Montemartini, расположенная в Риме, а также E-Werk Luckenwalde в Германии. На основании рассмотренных проектов адаптации были выявлены регламентируемые действия данного концептуального сценария в отношении основных уровней архитектурных решений [5, 6].

*Градостроительные решения:* сценарий «Контекстуальное сочетание» ограничивает новое строительство капитальных объектов и реконструкцию в радиусе 15 м от охраняемого здания, при этом допускает организацию системы движения транспорта и посетителей по территории участка, а также предполагает восстановление сохранившихся элементов исторического искусственного ландшафта, включающего малые архитектурные формы, зоны озеленения и дорожные покрытия, и воссоздание утраченных элементов благоустройства: въездных ворот, ограждений, некапитальных строений и нестационарных сооружений, представляющих историческую ценность.

*Объемно-планировочное решение исторического здания:* сценарий «Контекстуальное сочетание» не допускает преобразования пространственной структуры архитектурного объекта, пристраивание к существующему объему новых корпусов, а также изменение схем организации движения посетителей во внутреннем объеме здания. При этом сценарий допускает как обратимую перепланировку, которая не нарушает общую исходную структуру внутреннего объема исторического здания, так и применение планировочных решений, необходимых для приведения в соответствие с современными требованиями противопожарной безопасности. Однако сценарий подразумевает максимально возможное сохранение объемно-планировочной структуры исторического здания.

*Архитектурно-художественное решение здания:* сценарий «Контекстуальное сочетание» запрещает редактирование общих пропорций, габаритных размеров деталей и декоративных элементов фасадов, а также изменение фактуры, текстуры, структуры, цвета и других характеристик материалов внешних поверхностей стен здания. При этом сценарий допускает воспроизведение по сохранившимся образцам дублирующих элементов фасадов в точных пропорциях, подлинных материалах в соответствии с исходными требованиями и технологиями их изготовления. Кроме этого, он предполагает восстановление аутентичных деталей и составных объемов фасадов охраняемого объекта, а также точное воссоздание утраченных элементов здания по архивным материалам.

*Интерьеры здания:* данный сценарий не допускает внесения изменений в пропорции, габаритные размеры декоративных элементов интерьеров, а также редактирования оттенка, фактуры и структуры отделочных материалов покрытий внутренних пространств. При этом допускается стилизация и интерпретация новых архитектурных решений интерьеров, отвечающих современным требованиям эвакуации и пожарной безопасности, в соответствии с эстетикой и общим первоначальным образом внутренних пространств здания. Кроме того, сценарий предполагает максимальное воспроизведение первоначального образа внутренних пространств путем восстановления руинированных и воссоздания утраченных художественно-выразительных элементов интерьера, обладающих высокой исторической ценностью.

*Конструктивная система здания:* сценарий «Контекстуальное сочетание» ограничивает принципиальные изменения действий работы конструктивной схемы здания. При этом он допускает увеличение несущей способности составных звеньев конструктивной системы объекта и предполагает восстановление исходных конструкций в первоначальном облике до достижения способности сопротивления максимальной рабочей нагрузке при низкой степени их износа, а также воссоздание частично руинированных конструкций по сохранившимся образцам до обеспечения их несущей способности в случае высокой степени обветшания здания.

**Сценарий «Нюансное сочетание»** – концептуальный принцип, который подразумевает незначительные отличия в применении основных архитектурных решений сохраняемых или изменяемых частей, допуская фрагментарную современную авторскую трактовку исторического контекста. Принцип нюансного сочетания часто используется, когда историческое здание подвергается приемам реконструкции и реновации, когда сохраняется основная идея здания, но изменения вносятся в его структуру и различные детали. Примерами проектов адаптации исторических электростанций, в которых превалирует принцип нюансного сочетания, являются Powerstation of Art в Шанхае, Powerhouse Arts в Бруклине, Tate Modern в Лондоне, а также ГЭС-2 в Москве. Анализ рассмотренных исследователями реализованных проектов [7, 8, 9] позволил выявить регламентируемые действия в отношении архитектурного решения преобразуемого исторического здания в рамках данного концептуального сценария.

*Градостроительные решения:* сценарий «Нюансное сочетание» запрещает новое строительство и реконструкцию в радиусе 10 м от охраняемого объекта, при этом он разрешает расчистку участка от малых архитектурных форм

и некапитальных объектов, не имеющих исторической ценности, а также добавление новых элементов искусственного ландшафта. Кроме этого, данный сценарий предусматривает не только транспортную доступность и наличие парковочных мест на территории участка здания, но и воссоздание утраченных элементов благоустройства, обладающих высокой исторической ценностью, а также восстановление исторических малых архитектурных форм в случае высокой степени сохранения их целостности.

*Объемно-планировочное решение исторического здания:* сценарий «Нюансное сочетание» не допускает необратимого изменения объемно-планировочного решения надземной части здания, а также пристраивания к существующему корпусу новых надземных объемов. При этом сценарий допускает обратимое изменение планировочного решения здания при сохранении общей идеи и габаритных размеров объекта, увеличение полезной площади здания за счёт его части, кроме того, предполагает организацию новой системы движения посетителей во внутренних пространствах.

*Архитектурно-художественное решение здания:* сценарий «Нюансное сочетание» ограничивает изменение пропорций и внешнего вида оконных и дверных проемов, формы кровли, а также художественно-выразительных и декоративных внешних элементов, нарушающих общий образ экстерьера здания. При этом допускается: применение современных отделочных материалов и строительных технологий, авторская интерпретация деталей, выбор новых цветовых решений, в случае низкой степени сохранности первоначального вида или невозможности установления исходного оттенка исторических элементов внешних стен здания. Более того, данный концептуальный принцип предполагает максимальное сохранение внешнего облика здания путем реставрации сохранившихся элементов экстерьера, обладающих высокой исторической ценностью.

*Интерьеры здания:* сценарий «Нюансное сочетание» не допускает демонтажа, изменения пропорций и габаритных размеров элементов интерьера, обладающих высокой исторической ценностью и влияющих на общее восприятие внутренних пространств здания. Однако он допускает выбор нового оттенка, фактуры и структуры отделочных материалов помещений, а также изменение сценариев искусственного освещения внутренних пространств, применение новых декоративных элементов, ограждающих конструкций, лестнично-лифтовых узлов, отвечающих первоначальному историческому визуальному языку, и воссоздание утраченных элементов интерьеров здания в материалах и технологиях производства, в наибольшей степени приближенных к подлинным историческим образцам.

*Конструктивная система здания:* сценарий «Нюансное сочетание» ограничивает принципиальное изменение типа конструктивной схемы здания. При этом данный концептуальный принцип допускает интеграцию новых элементов схемы, отвечающих первоначальному эстетическому языку здания, а также подразумевает усиление несущей способности существующих сохранившихся и частично утраченных конструкций, обладающих высокой исторической ценностью.

**Сценарий «Контрастное сочетание»** – концептуальный принцип, который подразумевает умышленное противопоставление основных идей архитектурного решения к существующему зданию и предполагает кардинальные

преобразования исторического здания в соответствии с авторским видением. Принцип контрастного сочетания в большинстве случаев применяется в ходе модернизации – наивысшей степени вмешательства в архитектуру, когда изменения касаются как основной идеи исторического здания, так и его архитектурных и градостроительных аспектов. Примером проекта адаптации исторических электростанций, в которых превалирует принцип контрастного сочетания, является Caixa Forum в Мадриде. На основании современных преобразований исторических архитектурных решений был выявлен ряд регламентируемых действий по изменению архитектурных решений в рамках данного концептуального сценария [10].

*Градостроительные решения:* сценарий «Контрастное сочетание» не ограничивает действия в отношении территории здания, но предполагает удаление капитальных строений и павильонов, не обладающих культурно-исторической ценностью.

*Объемно-планировочные решения исторического здания:* сценарий допускает изменение структуры здания и допускает расширение за счет добавления новых надземных и подземных корпусов, а также пристроек к существующему объему.

*Архитектурно-художественное решение здания:* принцип «Контрастное сочетание» регулирует изменения во внешнем облике здания, включая преобразование фасадов в соответствии с новой концепцией объемно-планировочного решения и организацией движения посетителей внутри здания. Принцип также предусматривает авторский подход при выборе цветовых решений для художественных элементов, лишенных культурно-исторической ценности.

*Интерьеры здания:* сценарий «Контрастное сочетание» допускает изменение общего образа внутренних пространств здания при помощи авторской интерпретации и нового визуального языка, однако предполагает максимальное сохранение фрагментов интерьера, обладающих высокой культурно-исторической ценностью.

*Конструктивная система здания:* принцип «Контрастное сочетание» позволяет применять новый каркас, соответствующий изменениям в объемно-планировочном решении и организации движения посетителей. При этом он также требует сохранения и выделения конструкций как артефактов промышленной истории здания.

Таким образом, каждый из описанных выше сценариев адаптации определяет порядок и возможность действий в отношении основных разделов архитектурного решения, необходимых при оценке потенциала, дальнейшего развития и нового функционального использования исторически ценного здания.

Проверка действенности разработанных сценариев архитектурной адаптации была проведена на примере здания и прилегающей территории Новониколаевской электростанции ТЭЦ-1 им. Калинина – первой крупной электростанции города.

Выбор наиболее эффективного концептуального принципа адаптации объекта обусловлен его размещением в градостроительной среде, культурно-исторической ценностью и состоянием первоначальных архитектурных решений, выявленных на основании натурного обследования, архивных материалов

и законодательных документов, определяющих предмет охраны. Первенствующую роль при разработке концептуальных сценариев играет максимальное сохранение схемы исходных архитектурных решений в подлинном виде с учетом исторического контекста здания ТЭЦ-1.

**Сценарий «Контекстуальное сочетание» в отношении здания ТЭЦ-1** предполагает восстановление исходного внешнего и внутреннего образа объекта для использования бывшего промышленного корпуса в качестве экспозиционного центра отечественной индустриальной техники – котлов и турбин производства Ленинградского машиностроительного завода, а также генераторов «Элеткросила», являющихся символами технологического прогресса электрификации Сибири.

В концепции контекстуального сочетания при работе с прилегающей к зданию ТЭЦ-1 территорией необходимо очистить участок поздних капитальных строений и павильонов, не обладающих исторической ценностью, в радиусе 15 м от внешних стен электростанции: перенести здание распределительных устройств, склады, гаражи, ремстройцех на промышленные территории в соответствии с текущим функциональным зонированием Новосибирска. При решении организации участка территории исторической электростанции – выстроить связь с сохранившимся зданием бывшего Клуба ТЭЦ-1 по адресу Пристанский переулок, 4/1, а также береговой насосной станцией, требующей реставрации (рис. 2, а).

В отношении объемно-планировочного решения сценарием «Контекстуальное сочетание» предусмотрен демонтаж более поздних наслоений ТЭЦ-1, возведенных в период с 1940 по 1980 г., не входящих в предмет охраны и не обладающих исторической ценностью, составляющих при этом 60,26 % от всего объема здания по состоянию на 2024 г. Эти действия позволят воссоздать первоначальный объем здания периода 1926–1935 гг. с общими габаритами в плане 33,4×48 м и максимальной высотой в коньке 16,3 м (рис. 2, б).

После демонтажа типовых объемов, не представляющих культурно-исторической ценности, необходимо восстановить смешанную конструктивную схему машинного и котельного цехов в осях, представленную шестью колоннами квадратного сечения 500×500 мм с шагом 6 м, сборными предварительно напряженными железобетонными арочными фермами для покрытия машинного зала пролетом 26,4 м и котельного зала 14,8 м. В связи с тем, что степень износа здания высока, необходимо восстановить также ограждающие конструкции, в том числе отслаивающуюся кирпичную кладку несущих стен, а также полностью заменить покрытие и элементы кровли, тем самым воспроизвести внешний облик конструкций смешанного каркаса и обеспечить несущую способность исходного объема здания для безопасного пребывания посетителей (рис. 2, в).

Кроме этого, в отношении фасадов исторического объема ТЭЦ-1 необходимо предпринять меры по восстановлению исходного индивидуального внешнего облика с художественно-выразительными элементами здания в стиле советского ретроспективизма с деталями промышленного модерна, к которым относятся: витражные окна, аэрационные и зенитные фонари, бассейн, карнизы, замковые камни, филенки под оконными проемами второго этажа, сандрики,

карнизы, фронтоны с декоративными башенками, вертикальные оштукатуренные лопатки, переходящие в парапетные столбики. При воссоздании деталей фасадов необходимо придерживаться первоначально заданных технологий изготовления, а также подлинных материалов и цветовых решений (рис. 2, в).

В отношении внутренних пространств ТЭЦ-1 в проекте адаптации в рамках концепции «Контекстуальное сочетание» следует принять меры по восстановлению их первоначального облика путем воспроизведения напольного покрытия метлахской плиткой желтого и красного оттенков по сохранившимся образцам в котельном зале. Кроме этого, нужно воссоздать гладкую фактуру стен с профилированной тягой, проходящей на высоте 1,6 м от уровня пола, служащей границей цветовых решений внутренних поверхностей. Необходима реставрация элементов освещения, подкрановой фермы в бывшем машинном цехе, а также воспроизведение лестничных маршей в первоначальной конфигурации с антресолями и ограждениями в стиле промышленного модерна с деревянными перилами и криволинейным орнаментом стоек и опор из металла в административной части здания (рис. 2, г).

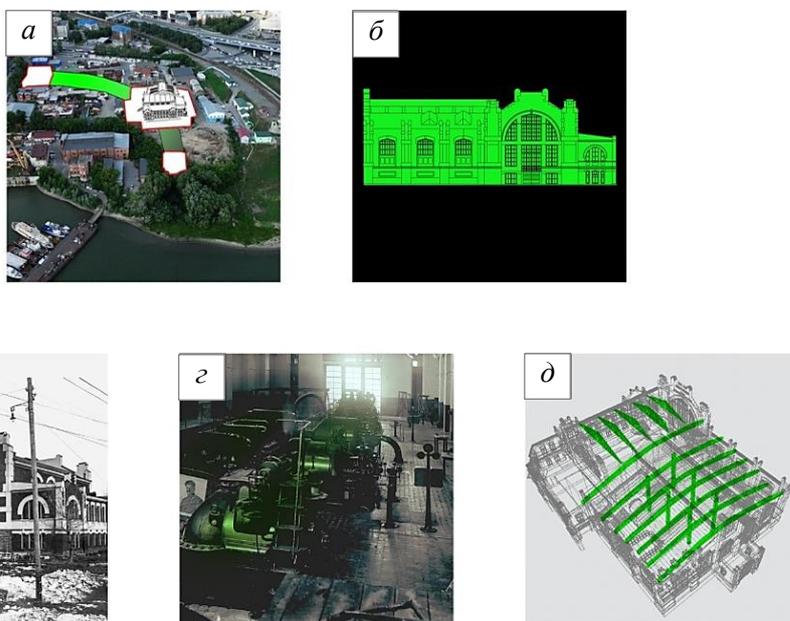


Рис. 2. Сценарий адаптации «Контекстуальное сочетание» ТЭЦ-1. Автор М.И. Желободько: а – выстраивание экспозиционного маршрута между исторически ценными объектами территории; б – восстановление объемно-планировочного решения здания до состояния периода 1926–1935 гг.; в – воссоздание утраченного исходного облика фасадов с историческими деталями; г – реставрация интерьеров для размещения подлинных производственных установок; д – усиление исторических конструкций каркаса

Fig. 2. "Contextual combination" adaptation scenario for power plant. Author M.I. Zhelobodko: a – exposition route between historically valuable objects; b – restoration of the building planning in 1926–1935; c – restoration of the lost original appearance of historical facades; d – restoration of interiors to accommodate authentic production facilities; e – strengthening of historical frame structures

Концепция «Контекстуальное сочетание» направлена на сохранение и воссоздание с высокой степенью точности первоначального образа прилегающей территории участка, объемно-планировочного решения, внешнего облика, интерьеров, конструктивной схемы Первой электростанции Новониколаевска. На основании мирового опыта адаптации исторических электростанций по принципу «Контекстуальное сочетание» предлагается решение по превращению бывшего производственного корпуса в центре Новосибирска в музей истории электричества Сибири с размещением подлинных установок, как артефактов истории, в машинном и котельном залах электростанции, а также временных экспозиций местных деятелей искусства во вспомогательных помещениях для развития творчества в регионе.

**Сценарий «Нюансное сочетание» в отношении здания Новосибирской ТЭЦ-1** подразумевает реконструкцию и реновацию бывшего производственного корпуса. Данный принцип предполагает сохранение основной идеи здания с преобразованием структуры и деталей, не нарушающих общий образ исторического объекта, а также допускает наделение здания новыми функциональными свойствами и характеристиками для современных сценариев использования.

Концепция, аналогичная сценарию «Контрастное сочетание», предусматривает удаление типовых надстроек второй половины XX в. без архитектурной ценности для восстановления первоначального вида здания. В рамках концепции «Нюансное сочетание» планируется внесение незначительных обратимых изменений, включая организацию новой системы движения посетителей с двумя лестнично-лифтовыми узлами для доступа к подземным помещениям. Глубина цокольного этажа также увеличится для согласования высоты основания с нижним ярусом машинного зала. Эти изменения позволят свободно разместить различные помещения и экспозиционные залы общей площадью 195 кв. м. Вместо вертикального деления здания предлагается сложная система перемещений, которая позволит посетителям взаимодействовать с окружающей средой через панорамные виды из витражных окон на исторические достопримечательности Железнодорожного района, Центральный мост, Обь и Михайловскую набережную (рис. 3, б).

В отношении конструктивной системы исторического корпуса ТЭЦ-1 в рамках данной концепции предполагается усиление первоначальных элементов каркаса без наращивания их исходного сечения, доливание железобетонных колонн вследствие заглубления уровня цокольного этажа котельного цеха. Кроме этого, сценарием адаптации предусматривается фрагментарная замена кирпичной кладки в участках отслаивания и гниения ограждающих конструкций, а также использование лестнично-лифтовых узлов в качестве ядер жесткости для распределения новых нагрузок (рис. 3, д).

Идея сохранения исторического облика городской электростанции Новосибирска в стиле ретроперспективизма с элементами промышленного модерна требует преобразования фасадов из-за потери декоративных элементов. Важно сохранить первоначальные формы башен, витражные окна, карнизы и другие элементы, описанные в архивных материалах. Необходимо также восстановить исторические оконные и дверные проемы, а также зенитные фонари. Для

улучшения теплоизоляции следует предусмотреть применение современных стеклопакетов с интерпретацией исторического дизайна витражей. В связи с утратой архивных данных о цвете стен, предлагается использовать светло-серый оттенок штукатурки, способный подстраиваться под погодные условия городской среды (рис. 3, в).

Преобразования исторического здания ТЭЦ-1 включали изменения в его объемно-планировочное решение, фасады и конструктивную схему, что повлекло за собой изменения во внутренних пространствах. Для достижения единого стиля был выбран белый цвет для покрытий, несущих конструкций, системы инженерных сетей и деталей интерьеров. Это позволило выделить особо значимые артефакты на фоне белого интерьера: подкрановую ферму машинного зала и элементы управления, оставив их в изначальном темно-зеленом цвете. Кроме этого, белый цвет позволил создать ощущение легкости и визуально растворить массивные железобетонные фермы и колонны здания, а также переходы с металлическими ограждениями, напоминающими разрезку витражей и промышленное прошлое здания (рис. 3, з).

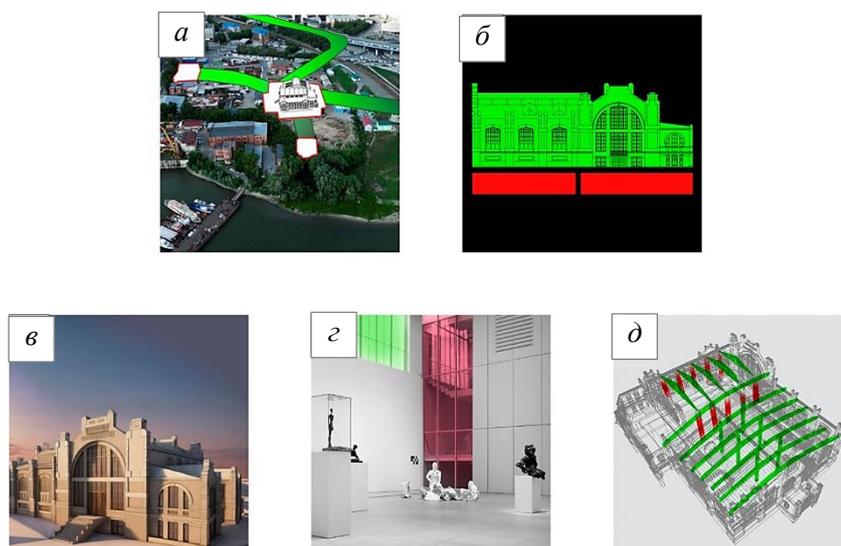


Рис. 3. Сценарий адаптации «Нюансное сочетание» ТЭЦ-1. Автор М.И. Желободько:  
*a* – организация осей прозрачности здания с внешней средой; *б* – увеличение объема цокольного этажа; *в* – авторская интерпретация деталей и выбор цветового решения при сохранении общего образа фасадов; *г* – цветовая гомогенизация интерьеров, соответствие новых архитектурных решений исходному визуальному языку здания; *д* – усиление исторических элементов каркаса

Fig. 3. "Nuance Combination" adaptation scenario. Author M.I. Zhelobodko:  
*a* – transparency axes with the external environment; *b* – increase in the basement volume; *c* – author's interpretation of details and choice of color while preserving the general image of facades; *d* – color homogenization of interiors, compliance of new architectural solutions with the original building; *e* – strengthening of historical elements.

В основе преобразования территории участка здания ТЭЦ-1 в рамках сценария «Нюансное сочетание» лежит идея создания осей прозрачности через

внутренние пространства электростанции с объектами внешней среды. Для этого необходимо организовать безбарьерную круговую систему движения посетителей вокруг здания; обеспечить спуск к р. Оби через береговую насосную станцию для продления Михайловской набережной в сторону Речного порта, что позволит соединить Первую электростанцию города с одним из главных рекреационных парков Новосибирска.

Кроме этого, необходимо при помощи зеленых насаждений изолировать территорию исторического здания от промышленной зоны Железнодорожного района и автомобильного шоссе к северо-западу от ТЭЦ-1. Это позволит восстановить зеленые парковые коридоры ул. Фабричной начала XX в. путем демонтажа гаражей и складских строений территории здания, не представляющих исторической ценности. Данные решения дадут возможность за счет преобразования участка зафиксировать ось набережной Оби с центральной частью города (рис. 3, а).

Таким образом, принцип адаптации «Нюансное сочетание» Новониколаевской ТЭЦ-1 позволит сохранить архитектурный образ и исторический контекст бывшего промышленного здания. В отличие от контекстуального сочетания, этот принцип допускает большую вариативность для функционального наполнения за счет возможности обратимых преобразований объемно-планировочных решений и схем организации движения посетителей внутри здания и за его пределами.

**Сценарий «Контрастное сочетание»** предполагает значительное отстранение исходного образа здания от исторического контекста. Обычно применяется в зданиях, построенных по типовым проектам, которые имеют копии в других регионах и не обладают уникальными архитектурными решениями. Концепцией предлагается использование не самого здания, а фактически его оболочки и местоположения в городской среде для наполнения новой функцией, что неуместно в отношении Новосибирской ТЭЦ-1 в силу индивидуальности данного проекта и причисления его к объекту культурного наследия регионального значения на законодательном уровне.

### Выводы

Таким образом, в отношении здания Новосибирской ТЭЦ-1 и ее территории наиболее подходящим сценарием является концепция «Нюансное сочетание», которая подразумевает сохранение исторического образа всех архитектурных решений с индивидуальной интерпретацией деталей.

Данный принцип позволяет более вариативно подстраиваться под изменяющиеся функциональные нужды и в тоже время помогает хранить память о промышленных исторических артефактах бывшего производственного здания первой крупной электростанции в Сибири.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Яковлев А.А. Архитектурная адаптация индустриального наследия к новой функции : специальность 05.23.21 : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры. Нижний Новгород : ННГАСУ, 2014. 230 с.

2. *Алексеев В.В.* Электрификация Сибири : историческое исследование. Часть 1: 1885–1950 гг. / отв. ред. Б.П. Орлов ; АН СССР СССР, Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1973. 312 с.
3. *Баландин С.Н.* Новосибирск: История градостроительства 1893–1945 гг. Новосибирск : Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1978. 135 с.
4. *Московский А.С.* Промышленное освоение Сибири в период строительства социализма 1917–1973 гг. Новосибирск, 1975. 263 с.
5. *Géraud Buffa* La reconversion de la centrale Montemartini dans le quartier d'Ostiense à Rome. URL: <http://journals.openedition.org/insitu/11782> (дата обращения: 31.08.2023).
6. *Natalino Neves da Silva*. Walter Francisco Figueiredo Lowande. Existences Museums: Postponing The End of The World // Reimagining Museums for Climate Action. 2021. P. 38–51.
7. *Herzog & de Meuron*. Tate Modern 2, London // Arquitectura Viva Proyectos / Luis Fernández-Galiano (Ed.). Madrid, Arquitectura Viva, 2008. № 27. P. 24–27.
8. *Powerhouse Arts*, Brooklyn, New York, USA // Herzog & de Meuron Architekten : официальный сайт. URL: <https://www.herzogdemeuron.com/projects/461-powerhouse-arts/> (дата обращения: 03.11.2023).
9. *Острогорский А.Я., Пальмин Ю.* ГЭС-2: Энергия превращений. Москва : V-A-C Press, 2022. 224 с.
10. *Nobuyuki Yoshida* (Ed.): Architecture and Urbanism. Herzog & de Meuron 2002–2006. Tokyo : A+U Publishing Co., Ltd., 08.2006.

## REFERENCES

1. *Yakovlev A.A.* Architectural Adaptation of Industrial Heritage to a New Function. PhD Thesis. Nizhny Novgorod, 2014. 230 p. (In Russian)
2. *Alekseev V.V.* Electrification of Siberia: A Historical Study. Pt. 1. 1885–1950. B.P. Orlov Ed. Novosibirsk: Nauka, 1973. 312 p. (In Russian)
3. *Balandin S.N.* Novosibirsk: History of Urban Development 1893–1945. Novosibirsk, 1978. 135 p. (In Russian)
4. *Moskovskiy A.S.* Industrial Development of Siberia During the Period of Socialism Construction in 1917–1973. Novosibirsk, 1975. 263 p. (In Russian)
5. *Géraud Buffa*. La reconversion de la centrale Montemartini dans le quartier d'Ostiense à Rome, Available: <http://journals.openedition.org/insitu/11782> (accessed August 31, 2023).
6. *Natalino Neves da Silva*. Walter Francisco Figueiredo Lowande Existences Museums: Postponing the End of The World. In: Reimagining Museums for Climate Action, 2021. Pp. 38–51.
7. *Herzog & de Meuron*. Tate Modern 2, London. In: Arquitectura Viva Proyectos. Luis Fernández-Galiano, Ed. Madrid, Arquitectura Viva. 2008; (27): 24–27.
8. *Powerhouse Arts*, Brooklyn, New York, USA. Available: [www.herzogdemeuron.com/projects/461-powerhouse-arts/](http://www.herzogdemeuron.com/projects/461-powerhouse-arts/) (accessed November 3, 2023).
9. *Ostrogorsky A.Y., Palmin Y.* GES-2: Energy of Transformations. Moscow: V-A-C Press, 2022. 224 p. (In Russian)
10. *Nobuyuki Yoshida* (Ed.) Architecture and Urbanism. Herzog & de Meuron 2002–2006. Tokyo, A+U Publishing Co., Ltd., 2006.

## Сведения об авторах

*Желободько Максим Игоревич*, магистрант, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113, [m.zhelobodko@sibstrin.ru](mailto:m.zhelobodko@sibstrin.ru)

*Акимова Мария Игоревна*, канд. искусствоведения, доцент, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113, [m.akimova@sibstrin.ru](mailto:m.akimova@sibstrin.ru)

## Authors Details

*Maksim I. Zhelobod'ko*, Graduate Student, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, 113, Leningradskaya Str., 630008, Novosibirsk, Russia, [m.zhelobodko@sibstrin.ru](mailto:m.zhelobodko@sibstrin.ru)

*Mariya I. Akimova*, PhD, A/Professor, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, 113, Leningradskaya Str., 630008, Novosibirsk, Russia, m.akimova@sibstrin.ru

**Вклад авторов**

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

**Authors contributions**

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

Статья поступила в редакцию 15.03.2024  
Одобрена после рецензирования 03.04.2024  
Принята к публикации 22.06.2024

Submitted for publication 15.03.2024  
Approved after review 03.04.2024  
Accepted for publication 22.06.2024

Вестник Томского государственного  
архитектурно-строительного университета.  
2024. Т. 26. № 4. С. 76–85.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo  
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –  
Journal of Construction and Architecture.  
2024; 26 (4): 76–85.

Print ISSN 1607-1859  
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 72.036

DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-76-85

EDN: EMUCVJ

## ОСОБЕННОСТИ ПЛАНИРОВОЧНОГО РЕШЕНИЯ БУДУЩЕГО СИБИРСКОГО МЕГАПОЛИСА НОВО-НИКОЛАЕВСКА (СОВР. НОВОСИБИРСК) В КОНЦЕ XIX – НАЧАЛЕ XX ВЕКА

**Николай Петрович Журин**

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

*Аннотация.* Предметом исследования является начальная страница в истории градостроительства будущего Новосибирска в период формирования его генерального плана в конце XIX – начале XX в. Исследуется процесс становления первоначальной структуры города в виде Центральной, Железнодорожной и Закаменской частей с их ортогональной схемой кварталов, улиц и переулков.

*Актуальность.* Градостроительный феномен дореволюционного Ново-Николаевска, исследуемый в статье, представляет значительный интерес для истории отечественного и мирового градостроительства. Рассматриваются и оцениваются черты реализации градостроительной идеи, а также возможности использования в данном случае других градостроительных концепций и новых планировочных приёмов, доступных в те годы.

*Результаты.* Обосновывается необходимость сохранения сложившейся исторической градостроительной структуры в центральной части современного Новосибирска, рассматривается возможность её использования в градостроительной практике в области реконструкции и развития исторических кварталов города.

**Ключевые слова:** градостроительство, планировочная структура, Великий Сибирский путь, прямоугольная сетка кварталов, землепользование, квартал, масштаб застройки, современное градостроительство

**Для цитирования:** Журин Н.П. Особенности планировочного решения будущего сибирского мегаполиса Ново-Николаевска (совр. Новосибирск) в конце XIX – начале XX века // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 4. С. 76–85. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-76-85. EDN: EMUCVJ

ORIGINAL ARTICLE

## NOVO-NIKOLAEVSK (NOVOSIBIRSK): PLANNING SOLUTION OF THE FUTURE SIBERIAN METROPOLIS LATE IN THE 19th AND EARLY 20th CENTURIES

**Nikolai P. Zhurin**

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

**Abstract.** The paper studies the urban planning of future Novosibirsk in the period of formation of its general plan late in the 19th and early 20th centuries. The initial structure of the city as Central, Railway and Zakamenskaya parts with their orthogonal scheme of blocks, streets and alleys is investigated.

The urban planning phenomenon of pre-revolutionary Novo-Nikolaevsk is of great interest for the history of national and world urban planning. The urban planning is considered and evaluated as well as the use of other planning concepts and new techniques available in those years.

The necessity of preserving the existing historical urban structure in the central part of modern Novosibirsk is substantiated, the possibility of its practical use in reconstruction and development of historical quarters of the city is considered.

**Keywords:** urban planning, planning structure, Great Siberian Railway, rectangular grid of blocks, land use, construction scale, urban planning

**For citation:** Zhurin N.P. Novo-Nikolaevsk (Novosibirsk): Planning Solution of the Future Siberian Metropolis Late in the 19th and Early 20th Centuries. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2024; 26 (4): 76–85. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-76-85. EDN: EMUCVJ

Градостроительный феномен дореволюционного Ново-Николаевска представляет значительный интерес для истории отечественного и мирового градостроительства. Следует отметить, что планировочная структура Ново-Николаевска начала складываться не из традиционного для сибирского города острога с его элементами радиально-кольцевой схемы и дальнейшим развитием под влиянием градостроительных идей эпохи классицизма, в частности, планировочных мероприятий, предусмотренных в регулярных градостроительных идеях архитектора В. Гесте.

Решающим фактором для развития будущего поселения явился выбор места пресечения р. Оби Западно-Сибирским участком Сибирской железной дороги (начальник строительства – гражданский инженер К.Я. Михайловский) и дальнейшего её продолжения в виде Средне-Сибирской дороги (начальник строительства – инженер-путеец Н.П. Меженинов) [1, с. 288–292]. Строительство железнодорожного моста и возникший поселок его строителей при впадении р. Каменки в Обь входили в компетенцию Алтайского горного округа, а полоса отчуждения железной дороги вдоль р. Оби и строящаяся станция «Обь» (будущий Новосибирск-Главный) уже относились к Средне-Сибирскому участку, который шёл от правого берега р. Оби до оз. Байкал.

В 1891 г. в с. Большое Кривошёково на левом берегу р. Оби прошло выездное совещание с участием К.Я. Михайловского и строителей будущего моста.

На этом совещании были рассмотрены и утверждены представленные начальником изыскательского отряда, занимавшегося определением возможного местоположения железнодорожного моста через р. Обь, В.И. Роецким гидрографические материалы его части изыскательской экспедиции. 16 февраля 1893 г. правительственные организации Российской империи одобрили окончательный вариант постройки железнодорожного моста через р. Обь у с. Большое Кривошёково, который утвердил император Александр III [2, с. 26].

Следует отметить, что земли правобережья Оби, отведённые безвозмездно для проведения железной дороги, принадлежали Томскому имению Кабинета Его Императорского Величества и управлялись администрацией Алтайского округа, располагавшейся в г. Барнауле.

Исследователь истории землеустройства на месте будущего Новосибирска Н.А. Минина, опираясь на архивные документы Главного управления Алтайского горного округа, в статье «Образование города Новониколаевска: землеустройство в 1893–1895 гг.» отмечает, что помощник начальника Алтайского округа по Земельной части Е. Недзвецкий, обращаясь 23 июня 1894 г. к начальнику Алтайского округа генералу-лейтенанту В.К. Болдареву, писал: «...на месте ныне существующих села Кривошековского и выселка его на правом берегу Оби не более как через 10–20 лет образуется один из лучших городов Сибири в торговом отношении...» [3, с. 148].

В 1895 г., почти одновременно с возникшими намерениями планировать стремительно развивающееся будущее поселение на р. Оби, в Комитет Сибирской железной дороги обратился преподаватель ситуационного черчения (градостроительства) Института гражданских инженеров и Института инженеров путей сообщения Д.А. Лебедев. Он предлагал заранее выяснить, где могут возникнуть новые поселения и какие уже существующие получают развитие, а затем составить для них градостроительные планы. В городах предлагалось четкое зонирование территории: селитьба – промышленность – железнодорожный транспортный узел.

Специальное совещание, собранное при Комитете Сибирской железной дороги, признало, что «...путем составления планов будущих поселений возможно было бы избежать в Сибири тех губительных в санитарном и пожарном отношении условий застройки, в которых находится большинство мест, возникших вдоль рельсовых линий Европейской России, создававшихся без всякой системы» [4]. Комитет предполагал приступить к реализации градостроительных мероприятий по мере выяснения на практике наиболее перспективных мест для градостроительного освоения края.

Одним из наиболее важных событий в развитии железнодорожного градостроительства явилось строительство Китайско-Восточной железной дороги (1897–1903 гг.), которое послужило мощным импульсом для дальнейшей реализации приёмов современного градостроительства на отдаленных территориях. Освоение линии КВЖД было отмечено волной прогрессивных градостроительных разработок, в которых были представлены генеральные планы городов Дальнего (гражданский инженер К.Г. Сколимовский) и Порт-Артура (1898 г.), а также г. Харбина (1899 г.), несущих в себе черты теории города-сада Э. Говарда. В проекте г. Дальнего основу городской планировки составляли

площади, соединенные проспектами, которые делили пространство на кварталы, а лучеобразные прямые улицы внутри них разделяли городское пространство на персональные владения (рис. 1) [5].

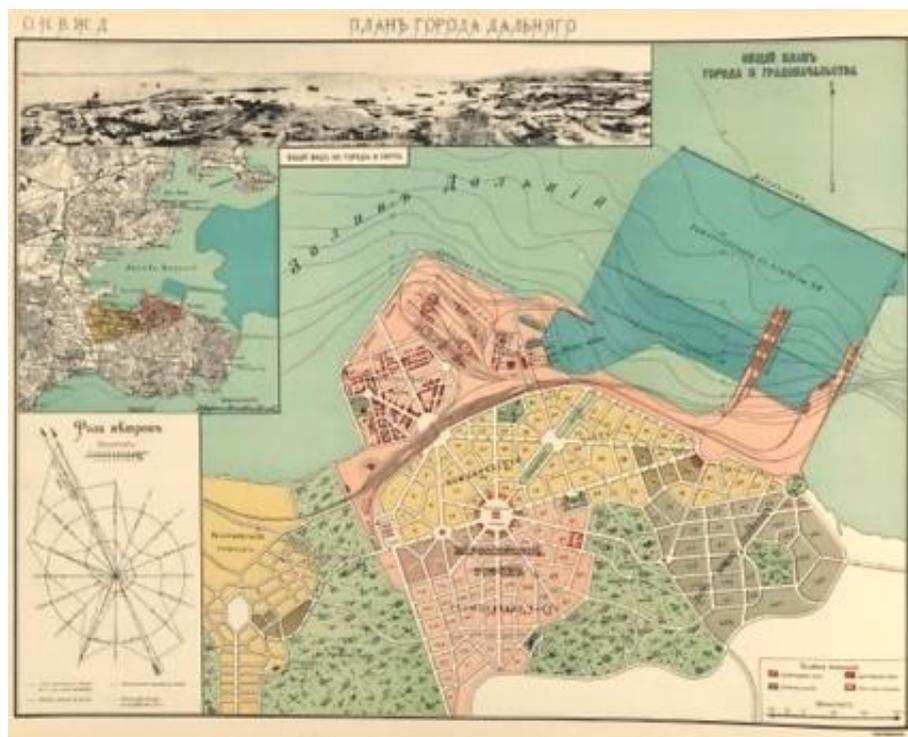


Рис. 1. Генеральный план г. Дальнего; литографированный чертеж (Альбом сооружений и типовых чертежей Китайской Восточной железной дороги, 1897–1903. Санкт-Петербург, 1903. С. 272)

Fig. 1. General plan of the town of Dalny; lithographed drawing (Album of constructions and standard drawings of the Chinese Eastern railway, 1897–1903. St.-Petersburg, 1903)

Градостроительный опыт создания населенных мест при железной дороге получил определённое развитие в проектировании железнодорожных поселений для служащих магистрали в 1910-е гг., однако он был прерван в связи с началом Первой мировой войны. Большой резонанс вызвал проект 1912 г. города-сада при железнодорожной станции Прозоровская Казанской железной дороги гражданского инженера В.Н. Семёнова и архитектора А.О. Таманова (Таманяна). Непосредственно в Сибири проектировался железнодорожный хутор-сад на левом берегу р. Иртыш близ г. Омска. Идеи города-сада в других городах Западной Сибири получили своё развитие в градостроительных проектах в годы Первой мировой войны, когда стала очевидна роль Сибири в военное время. В 1916 г. Министерством путей сообщения было принято постановление об активизации строительства железнодорожных посёлков, тяготеющих к Транссибирской магистрали, решенных в градостроительной стилистике города-сада [6, с. 28].

Несмотря на тесное сотрудничество проектировщиков и строителей Великого Сибирского пути, на правом берегу Оби основные землеустроительные работы по обустройству возникшего поселения были предприняты администрацией Алтайского горного округа. Первый эскизный план на правом берегу Оби был выполнен летом 1896 г. межевщиком Алтайского горного округа Кузнецовым, который сформировал триединую городскую застройку будущего Ново-Николаевка в виде трёх селитебных районов: Вокзального, Центрального и Закаменского, – решенных на основе одинаковой планировочной схемы – прямоугольной сетки небольших кварталов улиц и переулков – ортогональной структуры, получившей неофициальное название «шахматной» [7, с. 17–20].

В каждом районе будущего Ново-Николаевска Кузнецов выбрал одинаковую планировочную схему и координаты её построения. В Вокзальной части это были горизонтали и вертикали улиц и проулков, обращённые на железную дорогу и станцию Обь, в Центральной части – прямоугольная сеть кварталов ориентировалась на наметившуюся ось Юг-Север. В Закаменской части, отделённой от двух предыдущих каньоном р. Каменки, основой ориентации планировочной структуры явилась городская набережная р. Оби. В планировочном отношении план будущего Ново-Николаевска являл своеобразное единство противоположностей, образуя целостную геометрическую по своим принципам планировочную структуру поселения, но разделённую на три части в соответствии с положением каждой на местности и функциональным наполнением, связанным с историей их возникновения (рис. 2).

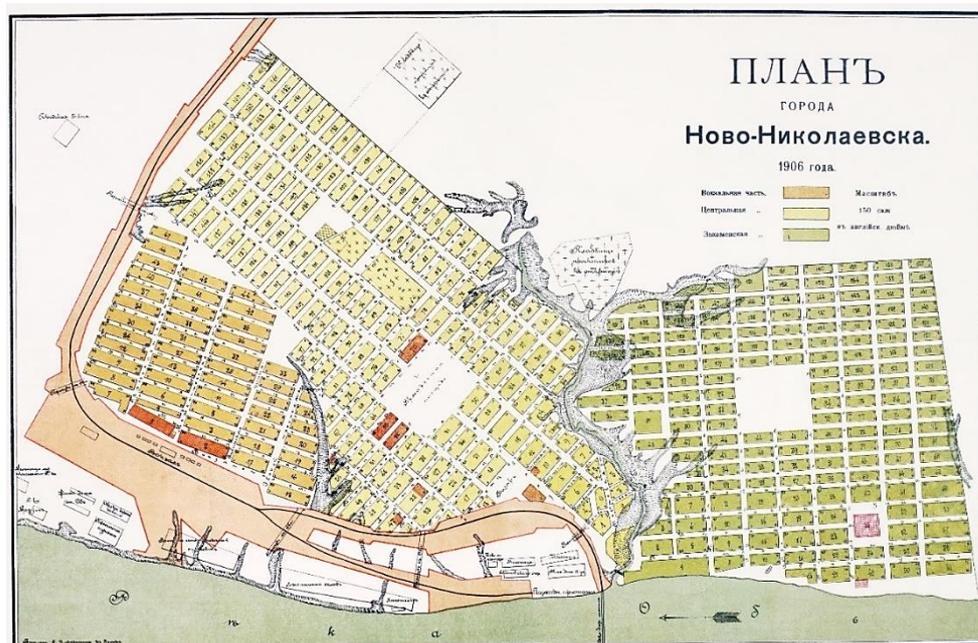


Рис. 2. План г. Ново-Николаевска 1906 г.<sup>1</sup>

Fig. 2. Plan of Novo-Nikolaevsk, 1906

<sup>1</sup> URL: <https://images.vfl.ru/ii/1643966211/8007c381/37865417.jpg>

Планы Ново-Николаевска начала XX в. фиксируют и развивают эту первоначальную градостроительную идею, которая позволяла органично осуществлять рост городской территории. В дальнейшем историческое ядро развития Ново-Николаевска подвергалось существенным изменениям, в том числе была осуществлена частичная трансформация и утрата его первоначальной исторической ортогональной структуры прямоугольной сетки кварталов с их заполнением малоэтажной усадебной застройкой начала XX в. В связи с этим важной задачей для сохранения архитектурного и градостроительного наследия является включение в структуру современного и будущего центра Новосибирска фрагментов исторического ядра Ново-Николаевска с его градостроительной составляющей. Со временем планировочные начинания, осуществлённые в Ново-Николаевске начала XX в., оказались удивительным образом созвучны современным градостроительным идеям. В частности, известный публицист в градостроительной сфере Джейн Джекобс и другие теоретики современного градостроительства призывают отойти от идеи своеобразной функциональной стерильности, осуществлённой в генеральных планах современных городов, с их предписанным авторами чётким функциональным зонированием городской территории [8, с. 190–198].

Одинаковая сетка прямоугольных по форме кварталов в Ново-Николаевске начала XX в. позволяла жителям самостоятельно выбирать их разнообразное функциональное наполнение. Современная идея многофункциональности городской территории – наполнения жилого пространства различными функциями в сфере торговли, обслуживания населения, транспортных средств – была практически осуществлена жителями города в начале XX в. При этом набор функций определялся потребностями городского района. В дореволюционном Ново-Николаевске кустарное и пищевое производство, торговля часто функционировали в одном жилом квартале, создавая своеобразную густую сеть обслуживания населения.

Несмотря на непрерывное приращение городских территорий в начале XX в., решение их по той же ортогональной схеме позволяло жителям «новых» районов хорошо ориентироваться в данной градостроительной ситуации, ощущать её сомасштабность своим сложившимся представлениям.

При этом не следует идеализировать условия жизни переселенцев в новом, бурно развивающемся, часто неблагоустроенном городском образовании: трущобная застройка на неудобьях, отсутствие элементарного благоустройства окраинных районов, их неудовлетворительное санитарное состояние были отражены в воспоминаниях, публикациях в сибирской печати, ряде фотографий тех лет.

Нельзя игнорировать и другие негативные стороны застройки молодого города – низкая огнестойкость усадебных строений горожан, их стремление к высокой плотности внутриусадебной застройки, которые привели к опустошительному пожару в 1909 г., фактически полностью уничтожившему двадцать два квартала центральной части города. В связи с этим городская администрация приняла ряд противопожарных мер; любые, даже незначительные изменения в усадебной застройке требовали утверждения или отвергались согласно действующему в те годы строительному законодательству (Строительному уставу). В частности, регламентировались противопожарные разрывы

в деревянной застройке между соседними земельными внутриквартальными наделами, возведение негораемых брандмауэров, введение в Центральной части зоны исключительно каменного строительства. Данный процесс контролировал городской архитектор, должность которого в дореволюционные годы исполнял выпускник Рижского политехнического института инженер-технолог Ф.Ф. Рамман [9, с. 48–50].

Сложившаяся городская застройка Ново-Николаевска начала XX в. оказалась сомасштабна человеку, а частое в те годы и продолжившееся впоследствии вытеснение естественных зелёных насаждений компенсировалось их фактической пешеходной доступностью за пределами города. Молодой Ново-Николаевск в начале XX в. получил в своё пользование крупные загородные территории, необходимые для его функционирования в те годы. Значительная часть жителей Ново-Николаевска имела собственный гужевой транспорт; стремительный рост сети мелких кварталов, улиц и переулков, затруднявший их благоустройство, компенсировался использованием именно этого вида транспорта в различные сезоны (рис. 3).



*Рис. 3.* Ново-Николаевск, ул. Гудимовская с оборудованными тротуарами для пешеходов и немощным дорожным полотном для проезда гужевого транспорта. Почтовая карточка 1910-х гг.<sup>2</sup>

*Fig. 3.* Novo-Nikolayevsk, Gudimovskaya Street with sidewalks for pedestrians and unpaved roadway carts. A postcard, 1910s

Сложившуюся ортогональную структуру планов Ново-Николаевска начала XX в. предложил принципиально пересмотреть в 1925 г. городской инженер И.И. Загривко (Загреев), который трактовал этот вопрос как разработку нового плана города, рассчитанного на 25 лет. Он считал необходимым

<sup>2</sup> URL: <http://letopisi54.ru/upload/userfiles/605/60550b4a15aeb8b5d972f0da39f185a5.jpg>

переработку сложившегося планировочного решения, нуждающегося в том, чтобы в него были введены лучевые магистрали, т. к. прямолинейная разбивка кварталов в связи с развивающимся движением по улицам города уже устарела (рис. 4). Предложенный И.И. Загивко послереволюционный план г. Новосибирска, как и план г. Дальнего К.Г. Сколимовского, строился на идеях города-сада Э. Говарда. Его основой была не частная земельная ячейка горожанина, а нечто коллективное, связанное с общим коммунальным интересом, созвучным идеям первых послереволюционных лет. Следует заметить, что его план г. Новосибирска не был осуществлён и центральная часть города в дальнейшем во многом сохранила планировочные черты дореволюционного периода.

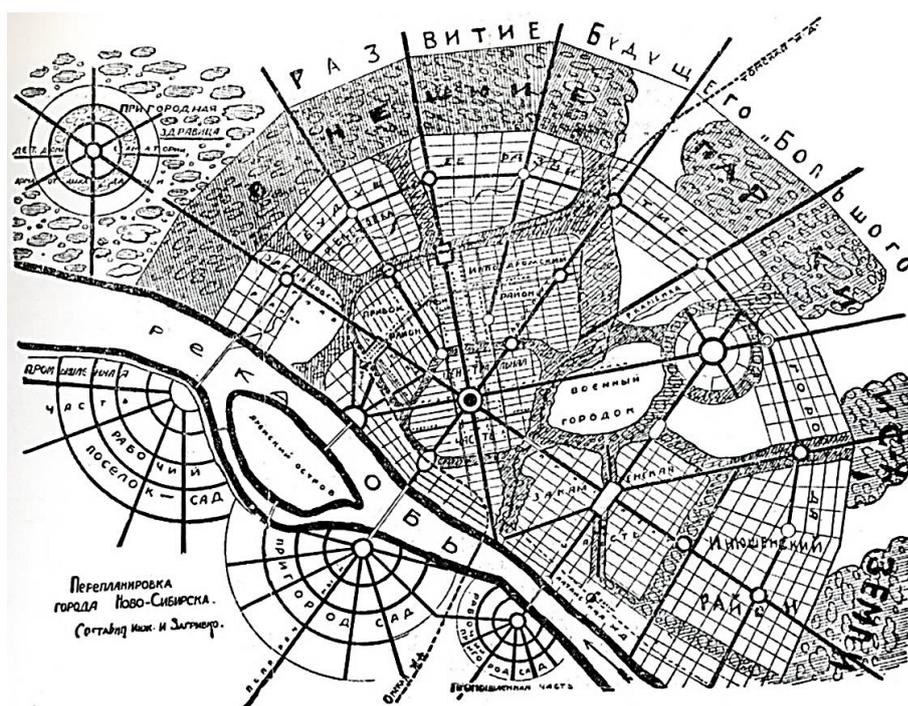
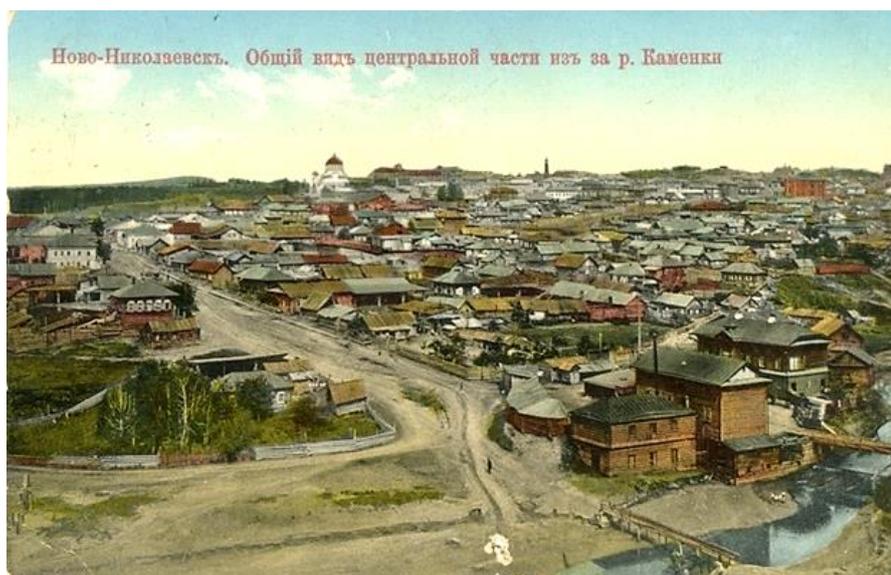


Рис. 4. План города Новосибирска арх. И.И. Загивко<sup>3</sup>  
 Fig. 4. Novosibirsk city plan. I.I. Zagivko

Застройка кварталов Ново-Николаевска начала XX в. не казалась композиционно унылой в связи с представленным на планах города однообразием прямоугольной сетки одинаковых по площади кварталов. Многовариантность ее функционального наполнения, разнообразный характер строительных приёмов объёмно-планировочного решения и декора зданий и сооружений создавали неповторимый облик динамично развивающейся городской среды, о чём свидетельствуют сохранившиеся фотографии тех лет и отдельные памятники архитектуры и градостроительства начала XX в. – истории периода рождения и взросления нашего современного мегаполиса (рис. 5).

<sup>3</sup> URL: [https://dzen.ru/a/YFsuRjvR\\_T9miOEF](https://dzen.ru/a/YFsuRjvR_T9miOEF)



*Рис. 5.* Ново-Николаевск. Общий вид центральной части города из-за р. Каменки. Почтовая карточка начала XX в.<sup>4</sup>

*Fig. 5.* Novo-Nikolaevsk: Central part of the city from behind the Kamenka River. Postcard of the early 20th century

### Выводы

Планировочная структура центральной части будущего крупнейшего центра Сибири, сложившаяся в к. XIX – н. XX в., представляет не только исторический интерес как феномен в теории и практике градостроительства XX в. Относительно короткая, но феноменально результативная в градостроительном плане история формирования структуры Ново-Николаевска – современного Новосибирска – определяет необходимость бережного отношения к сложившейся структуре его центральной части.

Местами сохранившаяся мелкая сетка прямоугольных кварталов несёт в себе широкие возможности использования для создания пешеходной зоны в исторической части города. Существовавший масштаб дореволюционной застройки, сохранившейся в виде отдельных памятников архитектуры, является перспективным направлением в современной застройке планировочных фрагментов исторического центра Ново-Николаевска – Новосибирска.

К сожалению, разрушение исторической застройки в середине XX в., укрупнение кварталов в 1960–70-е гг., резкое повышение этажности в виде точечной застройки принципиально изменили исторически сложившуюся планировочную структуру города, которая для современного градостроительства обладает большим творческим потенциалом в плане создания комфортной городской среды центра крупнейшего мегаполиса Сибири.

<sup>4</sup> URL: [https://i01.fotocdn.net/s107/252a5a4cc5f9ec25/public\\_pin\\_m/2342420505.jpg](https://i01.fotocdn.net/s107/252a5a4cc5f9ec25/public_pin_m/2342420505.jpg)

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Путеводитель по Великой Сибирской железной дороге* / под ред. А.И. Дмитриева-Мамонова, А.Ф. Здьярского. Санкт-Петербург : Товарищество Художественной печати, 1900. 600 с.
2. *Власов Г.М.* Первый железнодорожный мост через Обь: (Изыскания, проектирование, строительство). Новосибирск : Сиб. гос. ун-т путей сообщ. (НИИЖТ), 2000. 36 с.
3. *Минина Н.А.* Образование города Новониколаевска: землеустройство в 1893–1895 гг. // Вестник Томского государственного университета. 2015. № 397. С. 147–153.
4. ГАКК. Ф. 595. Оп. 59. Д. 106. Л. 1–46.
5. *Первый город-сад в России* // Городское дело. Санкт-Петербург. 1912. № 22. С. 1398–1403.
6. *Залесов В.Г., Воронина О.С., Кожуркова Т.Б.* Город-сад в Томске // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 4 (51). С. 22–35.
7. *Баландин С.Н.* Новосибирск. История градостроительства, 1893–1945 гг. Новосибирск : Западно-Сибирское кн. изд-во, 1978. 201 с.
8. *Джекобс Д.* Смерть и жизнь больших американских городов : пер. с англ. Москва : Новое издательство, 2011. 460 с.
9. *Журин Н. П.* Архитектура сибирского города конца XIX – начала XX века. Новосибирск : Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств имени А.Д. Крячкова, 2022. 144 с.

REFERENCES

1. *Dmitriev-Mamonov A.I., Zdyarskii A.F. (Ed.)* Guide to the Great Siberian Railway. St.-Petersburg: Tovarichestvo Khudozhestvennoi pečati, 1900. 600 p. (In Russian)
2. *Vlasov G.M.* First Railroad Bridge Across the Ob: Survey, Design, Construction. Novosibirsk: Siberian State Transport University, 2000. 36 p. (In Russian)
3. *Minina N.A.* The Formation of the City of Novonikolaevsk: Land Management in 1893–1895. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2015; 397: 147–153. (In Russian)
4. State Archive of the Krasnoyarsk Territory. Form 595, inventory 59, file 106, sheets 1–46.
5. The First Garden City in Russia. *Urban Affairs*. 1912; 22: 1398–1403. (In Russian)
6. *Zalesov V.G., Voronina O.S., Kozhurkova T.B.* Garden City in Tomsk. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2015; 4 (51): 22–35. (In Russian)
7. *Balandin S.N.* Novosibirsk: A History of Urban Planning, 1893–1945. Novosibirsk, 1978. 201 p. (In Russian)
8. *Jane Jacobs.* The Death and Life of Great American Cities. Moscow: Novoe izdatel'stvo, 2011. 460 p. (Russian translation)
9. *Zhurin N.P.* Architecture of Siberian City in 19–20th Centuries. Novosibirsk: Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts, 2022. 144 p. (In Russian)

Сведения об авторе

*Журин Николай Петрович*, канд. архитектуры, профессор, зав. кафедрой, Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств, 630099, г. Новосибирск, Красный пр., 38, nikolayzhurin@mail.ru

Author Details

*Nikolay P. Zhurin*, PhD, Professor, Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts, 38, Krasnyi Ave., 630099, Novosibirsk, Russia, nikolayzhurin@mail.ru

Статья поступила в редакцию 13.05.2024  
Одобрена после рецензирования 31.05.2024  
Принята к публикации 14.06.2024

Submitted for publication 13.05.2024  
Approved after review 31.05.2024  
Accepted for publication 14.06.2024

Вестник Томского государственного  
архитектурно-строительного университета.  
2024. Т. 26. № 4. С. 86–101.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo  
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –  
Journal of Construction and Architecture.  
2024; 26 (4): 86–101.

Print ISSN 1607-1859  
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 725.8.012-056.24

DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-86-101

EDN: FBDAEP

## ОРГАНИЗАЦИЯ ИНКЛЮЗИВНОСТИ В ТЕАТРЕ В ФИЗИЧЕСКОЙ И ЦИФРОВЫХ СРЕДАХ

**Алина Анатольевна Соколова**

*Московский архитектурный институт (государственная академия),  
г. Москва, Россия*

**Аннотация.** *Актуальность.* Сложность с организацией инклюзивности в театральных учреждениях сохраняется и сегодня, что становится весьма значимой проблемой для групп людей с повышенными потребностями, когда отсутствие тех или иных решений и невозможность по разным причинам организовать их в здании напрямую влияет на посещаемость театров маломобильными гражданами.

*Целью* работы является изучение возможности и методов организации инклюзивности в театральных пространствах с помощью современных развивающихся технологий, таких как VR, AR, использование метавселенных и пр.

*Методика* исследования основана на анализе современных проектов, касающихся переориентации проектирования и строительства на инклюзивность и благополучие архитектурной среды зданий, и выявлении основных критериев, инструментов и альтернативных решений для их реализации. Анализируются способы использования современных технологий в театрах на примерах реально существующих проектов.

*В результате* рассмотрены и выявлены основные критерии для переориентации проектирования на архитектуру, учитывающую потребности групп маломобильных граждан. С ориентацией на существующие театральные проекты выявлена возможность использования технологий виртуальной и дополненной реальности, метавселенных и других в театральных пространствах.

**Ключевые слова:** театр, культурно-зрелищные учреждения, инклюзивность, дополненная реальность, виртуальная реальность, метавселенные

**Для цитирования:** Соколова А.А. Организация инклюзивности в театре в физической и цифровых средах // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 4. С. 86–101. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-86-101. EDN: FBDAEP

ORIGINAL ARTICLE

## INCLUSIVITY IN PHYSICAL AND DIGITAL THEATER ENVIRONMENTS

**Alina A. Sokolova**

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

**Abstract.** Today, there is a problem with the organization of inclusivity in theatrical institutions, which becomes very significant for groups of people with increased needs, when the lack

of certain solutions and the inability, for one reason or another, directly affects the attendance of people with limited mobility.

*Purpose:* The aim of this work is to explore the possibility and methods of organizing inclusivity in theatrical space using up-to-date technologies such as VR, AR, metauniverse, etc.

*Methodology:* The analysis of modern research projects related to reorientation of design and construction to the inclusivity and well-being of the architectural environment of buildings and identification of the main criteria, tools and alternative solutions. The use of high technologies in theaters are considered using real-life projects.

*Research findings:* The main criteria are identified for reorientation of design to architecture that consider increased needs of citizens. Focusing on existing theater projects, the possibility of using virtual and augmented reality technologies and metaverses, is determined for the theater space.

**Keywords:** theater, cultural and entertainment institutions, inclusivity, augmented reality, virtual reality, metaverses

**For citation:** Sokolova A.A. Inclusivity in Physical and Digital Theater Environments. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2024; 26 (4): 86–101. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-86-101. EDN: FBDAEP

### Введение

В последние годы переориентирование архитектуры зданий разной направленности, в т. ч. и культурно-зрелищных учреждений, таких как театры, на комфорт и благополучие людей стало одним из важных факторов, обеспечивающих посещаемость того или иного пространства. Инклюзивность, доступность, внутренний комфорт и другие параметры определяют получение позитивного опыта не только посетителями, но и работниками театра.

Однако, как показывает практика, далеко не все здания реализуют требуемые приемы организации инклюзивности, что значительно ухудшает качество жизни некоторых групп пользователей. Такая ситуация может быть связана с несколькими факторами, таким, например, как недостаточная осведомленность архитекторов и прочих специалистов о современных критериях проектирования инклюзивных пространств, учитывающих потребности разнотипных посетителей, что приводит к некоторой степени «отчуждения» и создает ощущение дискомфорта и изоляции для определенных групп людей. Другая же проблема чаще всего связана со старинными или историческими сооружениями, которые были спроектированы и построены еще до того, как концепции инклюзии получили распространение в современном мире. Многие театральные пространства в исторических зданиях по тем или иным причинам нельзя переориентировать на более современные решения, не нарушая структуры самого театра. Это ведет к невозможности обеспечить представленность людей с инвалидностью в учреждении без посторонней помощи, что значительно ухудшает качество культурно-социальной жизни общества.

Технологический прогресс, происходящий в мире, может помочь решению задач по созданию инклюзивности в театральной среде. Архитектурные и инфраструктурные решения при проектировании культурно-зрелищных учреждений уже сейчас активно внедряются и позволяют значительно улучшить качество жизни посетителей и работников театров. Альтернативные решения, используемые в работе, не только соответствуют концепциям благополучия и безопасности, но и служат инструментами притяжения заинтересованной аудитории.

### О необходимости и проблемах переориентации на людей и пользовательский опыт в архитектурном проектировании

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) еще в 2019 г. заявила, что количество людей с инвалидностью продолжит с каждым годом увеличиваться. На это влияют совершенно разные факторы, такие как рост хронических заболеваний, увеличивающийся возрастной разрыв и общее старение населения, пандемии и прочие катаклизмы. По статистике, группы граждан с особыми потребностями имеют более низкие социальные и экономические показатели, более высокий уровень безработицы и бедности. Чаще всего это связано с тем, что нет базового доступа к услугам, в т. ч. в сфере культуры и досуга, а также продуманных инклюзивных программ, которые бы учитывали разносторонние потребности лиц с инвалидностью. С этими же проблемами такие люди сталкиваются и в театральной сфере.

Архитектурное проектирование в интересах инклюзивных групп, в частности маломобильных граждан и людей старшего возраста, на сегодняшний день является одним из важных этапов стратегии устойчивого развития во многих странах. На первый план выходят программы, ориентированные на людей, их пользовательский опыт и потребности. Следовательно, в ближайшее время будет необходимо изменение подходов к проектированию и реконструкции зданий. Одним из наиболее заметных исследовательских проектов в данном направлении является работа, спонсируемая программой Европейского союза «Горизонт 2020». Ученые П. Джон Клаксон и Маттео Заллио из Кембриджского университета провели исследование на тему изменения подходов к проектированию для разнотиповой публики, основные результаты которого были опубликованы в работе «Холст инклюзивного дизайна. Шаблон стратегического дизайна для профессионалов в области архитектурного проектирования» («The Inclusive Design Canvas. A Strategic Design Template for Architectural Design Professionals») [17]. Представленные ими данные в большей части касаются именно жилых зданий, но поднимаемые в исследовании вопросы должны быть ориентированы в полной мере и на общественные пространства, в т. ч. и на здания, направленные на организацию культурно-зрелищных мероприятий (например, театры).

В другом исследовании на смежную тему «Десять вопросов, касающихся благополучия в антропогенной среде» («Ten Questions Concerning Well Being in the Built Environment») отмечается, что основные ценности и убеждения о пространственных и экологических качествах среды весьма сильно меняются со временем, ориентируясь на необходимость понимания значимости взаимосвязи многих факторов, которые используются в проектировании, таких как эргономика, производительность, процветание, внутренняя и внешняя эстетика, а также общая удовлетворенность пространством для конечного пользователя и производимого на него эффекта [7]. За основу исследований берется опыт проектирования жилых зданий на основе таких стандартов, как ASHRAE 55, LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) и др.

Здания, спроектированные с упором на стандарты, ориентированные на достижение максимальных показателей качества внутренней и внешней среды,

более 80 % пользователей могут счесть «приемлемыми», однако велика вероятность выпадения из общей оценки мнения маломобильных групп людей, поскольку их процент в обществе гораздо ниже, и это весьма сильно сказывается на общем качестве проектируемых культурно-зрелищных учреждений.

Несмотря на многочисленные дискуссии, изменение подходов к архитектурному проектированию и поворот в направлении, ориентированном на все категории людей, представляется сложной задачей, поскольку существует нехватка инструментов, знаний и возможностей для профессионалов в данной области, сосредоточенных на таких аспектах пользовательского опыта, как инклюзивность, разнообразие, равенство и доступность. Здесь важно учитывать, что у всех людей разные потребности и приоритеты, поэтому инженеры, дизайнеры и архитекторы должны стремиться к целостному, общедисциплинарному, инклюзивному подходу при проектировании среды. Пока инклюзивный дизайн не оказал широкого влияния на практику архитектурного проектирования, в т. ч. и на практику проектирования театральных пространств.

В качестве основных критериев определения потребностей исследователи Клаксон и Заллио в своих трудах отмечают:

*Критерии, определяющие потребности людей в антропогенной архитектурной среде:* потребности, связанные с физическими особенностями; сенсорными особенностями; когнитивными особенностями.

*Критерии определения физических особенностей включают в себя:* потребности, связанные с движением верхней части тела; с движением нижней части тела; с удержанием равновесия; связанные с размерами тела; с голосовыми и/или речевыми особенностями; потребности, связанные с мышечной силой и выносливостью, включая силу хвата, силу подъема, толкающую силу двумя руками, тянущую силу одной рукой, статический крутящий момент двумя руками, силу мышц конечностей; потребности, связанные с ловкостью; потребности, связанные с физической возможностью управления телом; связанные с физической возможностью вращения тела или его частей.

*Критерии определения сенсорных особенностей включают в себя:* потребности, связанные со слуховыми особенностями; потребности, связанные с ограничениями по зрению, включая остроту зрения, цветовосприятие, поле зрения и др.; особые потребности, связанные с ограничением вкуса и обоняния; особые потребности, связанные с ограничением осязания, включая тактильное пространственное разрешение, тактильное временное разрешение, тепловое ощущение.

*Критерии определения особых потребностей людей с когнитивными ограничениями включают в себя:* глобальные, в том числе интеллект, сознание, энергия, мотивация; аффективные; специфические, в том числе восприятие, внимание, обучаемость, способности к запоминанию информации, рассудительность, способности к решению проблем, способности к принятию решений, способности к чтению.

Немногочисленные инструменты, используемые в работе при проектировании здания и улучшении его характеристик, чаще всего направлены именно на повышение эффективности, а не на создание инклюзивной среды внутри объекта. Это является, по сути, одной из проблем, тормозящих развитие подходов к архитектурному проектированию. Ориентация в работе на все категории

людей, их пользовательский опыт, включая инклюзивный дизайн, обсуждалась на семинарах, проведенных авторами работы «The Inclusive Design Canvas. A Strategic Design Template for Architectural Design Professionals» [17]. С помощью специально созданного диагностического инструментария были собраны сведения о проблемах и возможностях использования недавно разработанных инструментов дизайна, а также потенциальных новых решениях и подходах к проектированию (таблица).

**Тематический анализ: отзывы участников**  
**Thematic analysis: Feedback from participants**

Общая тема	Подтема	Действия
Персона пользователя	<p>А. Снижение барьеров с фокусировкой на потребностях людей</p> <p>Б. Использование демографических данных помогает выявлять различия между людьми</p> <p>В. Потребности пользователей сильно различаются: использование мнения только одного полувывмышленного человека имеет риски сведения требований к дизайну до потребностей узкой группы из нескольких человек</p> <p>Г. Выявление категории пользователей требуется на ранней стадии процесса проектирования</p> <p>Д. Недостаток данных о потребностях людей с инвалидностью у архитекторов</p>	<p>Доносить до людей понимание важности эмпатии и подчеркивать разнообразие людей</p>
Путь пользователя и характеристики здания	<p>А. Предоставление пользователям самоидентификации через осознание своих возможностей во время перемещения по зданию может помочь сформировать профиль пользователя и выявить его потребности</p> <p>Б. Пользовательский маршрут и характеристики здания должны стимулировать диалог о строительных нормах</p> <p>В. Необходимо детально проработать возможные маршруты пользователя, пути пользователя</p> <p>Г. Нужно ли пересматривать строительные нормы до определения пути пользователя?</p>	<p>Инструмент для получения образовательного опыта о перемещениях пользователей, который следует учитывать при инклюзивном проектировании в соответствии со стандартами</p>
Возможности пользователя	<p>А. Архитекторы редко осознают возможности пользователя: как убедиться, что барьеры здания определены корректно?</p> <p>Б. Необходимо рассматривать требования пользователей в позитивном ключе: чем больше входных данных для проектирования, тем лучше</p> <p>В. Необходимо сосредоточиться на окружающей среде, а не на возможностях</p> <p>Г. Требуется разработка модели социальной осведомленности о влиянии нарушений для устранения барьеров для любой категории людей</p>	<p>Позитивно относиться к пользовательским способностям как к факторам, способствующим взаимодействию между телом, разумом и окружающей средой</p>

Окончание таблицы  
End of table

Общая тема	Подтема	Действия
Потребности пользователей	<p>А. Определение ограничений, создаваемых окружающей средой, на основе личносно ориентированного подхода</p> <p>Б. Потребности – это взаимодействие между людьми и окружающей средой</p> <p>В. Большое количество потребностей пользователей может привести к стремительному увеличению числа строительных норм: высоки шансы не оправдать ожидания</p> <p>Г. Риск формализации – создание условий для удовлетворения только некоторых потребностей пользователя</p>	<p>Помогите профессионалам взглянуть на вещи под другим углом, определить проблемы и возможности, выйти за рамки формального подхода</p>
Назначение и применение инструмента	<p>А. Разработка программ обучения навыкам выявления потребностей пользователей и их идентификации</p> <p>Б. Необходима визуализация барьеров, с которыми сталкиваются отдельные категории людей, и оценка изменений при применении комплексного подхода</p> <p>В. Исключение несоответствий между стандартами и назначением инструмента проектирования</p> <p>Г. Необходим образовательный трамплин для выявления демографического разнообразия и обеспечения демографической инклюзивности</p> <p>Д. Изменение структуры проектирования для включения принципов доступности и инклюзивности в процесс проектирования</p>	<p>Образовательный трамплин для внедрения инклюзивного дизайна в процесс проектирования</p>

Приведенные в таблице данные инклюзивного дизайна структурированы в пять тематических сегментов, помогающих профессионалам ориентироваться в процессе проектирования, опираясь на возможности и потребности пользователей, для реализации инклюзивного подхода. Ориентация на «личность пользователя», используемая в проведенном анализе, должна помочь сформировать более точное понимание нужд с учетом различных показателей (культурных, физических, сенсорных, когнитивных и др. особенностей) и выявить основные возможные проблемы для каждого конкретного объекта. Сама идея анализа построения маршрута полувывымышленных и реальных персонажей хорошо ложится в канву развития новых технологий, включая виртуальную и дополненную реальность, пространственный web, метавселенные и искусственный интеллект, а новые технологии могут значительно облегчить работу архитектора.

Следует также отметить, что авторы работы «Ten Questions Concerning Well Being in the Built Environment» («Десять вопросов, касающихся благополучия в антропогенной среде») [7] считают, что подобная переориентация возможна (во всяком случае, на данном этапе) в области жилого проектирования, поскольку в таких сферах, как производство, развлечения и отдых, даже 20%-й уровень неудовлетворенности зданием пользователей обычно не учитывается.

Специалистам в области архитектуры и дизайна с этим сложно согласиться и сложно не согласиться, т. к. такие важные показатели благополучия людей, как социальное и эмоциональное здоровье, а также когнитивные функции и производительность людей, очень трудно учитывать при проектировании зданий, рассчитанных на массовые посещения, таких как театры, концертные залы, спортивные стадионы и пр. Однако стремительное развитие технологий дополненной и виртуальной реальности, пространственного web, появление метавселенных и внедрения искусственного интеллекта в процесс проектирования и последующего пользования зданием поможет расширить возможности пространств, в т. ч. и культурно-зрелищных.

Использование элементов виртуальной реальности в театрах способно помочь в решении ряда открытых вопросов, связанных в том числе с невозможностью достижения полной инклюзивности из-за разных, в ряде случаев взаимоисключающих, потребностей различных категорий зрителей с ограниченными возможностями, а также невозможностью перестройки исторических зданий под потребности определенной категории посетителей. Переориентация в строительстве и проектировании на благополучие человека, в совокупности с применением новых технологий, может стать хорошим решением на первый взгляд сложно решаемых вопросов.

#### **О невозможности выбора между сохранением исторического облика здания, бюджетами и инклюзивным дизайном театральных зданий**

Понятие «инклюзивный театр» включает в себя не только возможность организации спектаклей для зрителей с ограниченными физическими возможностями. Инклюзивный театр – это пространство, в котором могут работать люди с различными особенностями, физическими или психологическими. В настоящее время существует не так много театров, включающих людей с инвалидностью в свой производственный состав. Есть два основных направления по включению людей с ограниченными возможностями в театральную деятельность. Первое – это включение в состав труппы как обычных людей, так и людей с ограниченными возможностями. Второе – развитие театральных коллективов только с инвалидным составом.

На данный момент отсутствие безбарьерных архитектурно-планировочных и технических решений является основным препятствием доступу инвалидов. Многие здания не оборудованы пандусами или лифтами для инвалидов на колясках; не применяется шрифт Брайля для слабовидящих; не используется дублирование субтитрами звуковой информации для слабослышащих; не создаются условия для людей с психологическими и психоэмоциональными особенностями. Так, нейроотличительным людям нужны отдельные помещения и особые условия для участия в репетициях или просмотра спектаклей. Многие театры размещаются в относительно старых зданиях, адаптация которых проводилась с учетом современных потребностей и норм, однако даже в этом случае некоторые требования по обеспечению инклюзивности и доступности могут быть проигнорированы по тем или иным причинам. Существуют также небольшие театры, которые используют помещения, изначально не предназначавшиеся для размещения зрителей, в том числе передвигающихся на инвалидных колясках или нейроотличительных

людей. Однако, даже когда элементы зданий или пространств, таких как входные группы, фойе, зрительный зал и т. д., адаптированы с учетом людей с повышенными потребностями, без внимания театрального сообщества остается проблема включения людей с инвалидностью в деятельность учреждений культуры, возникающая за кулисами.

Следует отметить, что многие приспособления для людей с ограниченными возможностями приносят пользу всем людям в здании. Например, пандусы и лифты значительно облегчают перемещение костюмов из костюмерной. Перенос декораций с применением пандусов более безопасен для всех сотрудников театра, чем подъем по лестнице. Субтитры, которые необходимы для людей с ограничениями по слуху, могут использоваться всеми посетителями в случае превышения уровня шума. Основная трудность, с которой сталкиваются многие театры при обеспечении доступности зданий, заключается в повышенных расходах. Финансирование многих театров, особенно региональных, сильно ограничено, а создание инклюзивной среды требует внушительных финансовых затрат при достаточно низкой отдаче от инвестиций.

Возможно, когда включение актеров с инвалидностью в труппу театра станет более распространенным явлением, а трудности с созданием безбарьерной среды и обеспечением доступности за кулисы начнут напрямую влиять и на качество постановки, вопросы физической адаптации и оснащения театров под потребности людей будут решаться проще. В этом контексте стоит рассмотреть различные современные технологии, т. к. с высокой степенью вероятности они позволят решать вышеперечисленные проблемы более экономичным и эффективным способом. Это, безусловно, потребует определенных архитектурных, дизайнерских и конструктивных решений.

#### **О пандемии, online-спектаклях, Zoom и новых шагах по направлению к инклюзивности**

В мае 2021 г. Алекс Маршалл, репортер по европейской культуре в *The New York Times*, в своей статье «Disabled People Fear Being Left Behind as U.K. Culture Venues Reopen» («Люди с ограниченными возможностями боятся остаться без внимания, поскольку культурные заведения Великобритании вновь открываются») [12] приводит интересную статистику, затрагивающую использование видео- и аудиотехнологий в культуре во время пандемии. Данные основаны на опросах маломобильных граждан, проживающих на территории Великобритании. Часть респондентов была довольна виртуальным проведением спектаклей и репетиций, открывшим для них новые возможности, другая же часть осталась обеспокоена тем, что театры и культурные заведения не вернуться к классическим методам работы. Однако, как показала практика, классические методы не только остались, но к ним добавились и инструменты работы в виде новых технологий.

В своей работе «Towards a Theatre of Neurodiversity: Virtual Theatre and Disability During a Global Pandemic»<sup>1</sup> («На пути к театру Нейроразнообразия:

<sup>1</sup> Magni S. Towards a Theatre of Neurodiversity: Virtual Theatre and Disability During a Global Pandemic // York University. 2020. P. 36.

виртуальный театр и инвалидность во время глобальной пандемии») Сара Магни рассказала о создании виртуального театра Нейроразнообразия. Из-за пандемии COVID-19 работа с группой нейроразнообразных людей перешла на виртуальную платформу, что способствовало переосмыслению самого формата работы театра. Все репетиции, мастер-классы проходили по групповым видеозвонкам (рис. 1), выступления шли в прямом эфире, а участники постановки ни разу не работали вместе в одном репетиционном зале. Театр трансформировался и стал больше похож на мейнстримный проект, находящийся совершенно новые площадки в Интернете.



Рис. 1. Театральный урок для нейроразнообразных исполнителей и исполнителей с ограниченными возможностями<sup>2</sup>

Fig. 1. Theatre class for neurodivergent performers and performers with disabilities

В поисках информации Сара Магни наткнулась на адаптированное виртуальное представление опытной театральной труппы с фестиваля Fringe Mind of a Snail – компании, состоящей из двух исполнителей, использующих проекторы и специальные объекты для создания визуальных историй. Представление основывалось на импровизации, которая задействовала самих зрителей из Zoom. Проекция демонстрировалась на экране, а исполнитель накладывал на них изображения предметов и кукол, превращал их в солнце и воду, отправлял их плавающие тела в путешествие, в то время как другой исполнитель сопровождал действие живой музыкой. Такой необычный опыт помог автору театра Нейроразнообразия в организации ее собственной работы. Магни провела семь Zoom-семинаров с нейроразнообразными актерами. После видеозаписи всех нужных реплик редактор собирал видеофрагменты воедино. Такие трансляции позволили автору продолжить работу с нейроразнообразными актерами и исполнителями с ограниченными интеллектуальными возможностями.

#### **О новых технологиях и их месте в создании инклюзивных театров**

В статье журнала American Theatre «What Dreams May Come: A VR ‘Hamlet’ Puts Us in the Room» («К чему могут прийти мечты: VR-сериал “Гамлет” переносит нас в комнату») [8] журналист София Баррел описывает свой опыт погружения в виртуальную реальность иммерсивной театральной постановки

<sup>2</sup> Thatz Showbiz Theatre Project. URL: <https://thatzshowbiz.com/programs/> (дата обращения: 10.01.2024).

«Гамлет 360: Дух твоего отца» (рис. 2), созданной компанией Commonwealth Shakespeare Company, которая объединилась с Google для создания захватывающей адаптации виртуальной реальности.



Рис. 2. VR-спектакль «Hamlet 360: Thy Father's Spirit»<sup>3</sup>  
Fig. 2. VR performance "Hamlet 360: Thy Father's Spirit"

Ответственный за постановку художественный руководитель Стив Малер придумал идеальный способ оживить театр для огромной аудитории, задействовав в своих постановках технологии AR/VR от Google. Цели компании по обеспечению доступа к информации по всему миру и цели Малера совпали, в результате чего появился целостный иммерсивный театральный проект. Отдельные фрагменты снимались камерой с 17 объективами и обзором на 360°. Эта технология позволяла зрителю в любой момент шоу наблюдать за всеми актерами в комнате. Создание постановки потребовало определенных дизайнерских и конструктивных решений на импровизированной сцене.

Элементы виртуальной (VR) и дополненной реальности (AR) являются технологиями, на которых строится новый иммерсивный театр, способный разрушить барьеры между зрителем и актером, устранить дистанцию между ними, размещая их в едином пространстве. VR можно описать как среду, созданную средствами вычислительной техники, программного обеспечения и пользовательских устройств, с декорациями и объектами, создающими у пользователя ощущение реальности нахождения и погружения в эту среду. AR-технологии добавляют цифровые элементы к объектам реального мира. Иными словами, они превращают реальный мир и объекты в нем в специфическую структуру, внутрь которой можно встраивать цифровые объекты, изображения и т. п.

Возможность привлечь новых зрителей и открыть доступ к постановкам для более широкого круга населения является большим преимуществом для виртуальной реальности и иммерсивного театра. Для лиц с ограниченными возможностями такой театр открывает путь к просмотру спектакля без дополнительных

<sup>3</sup> Barrell S. What Dreams May Come: A VR 'Hamlet' Puts Us in the Room. American Theatre. 2019. URL: <https://www.americantheatre.org/2019/01/25/what-dreams-may-come-a-vr-hamlet-puts-us-in-the-room/> (дата обращения: 17.01.2024).

усилий. В совокупности с новыми подходами к архитектурному проектированию зданий и переориентацией стандартов и норм на благополучие человека иммерсивные и виртуальные постановки, возможно, смогут решить вопрос обеспечения доступа людей с повышенными потребностями и сохранить при этом исторический облик театров. В этом направлении архитекторам и дизайнерам предстоит большая комплексная работа по проектированию инклюзивной виртуальной среды.

Иммерсивный театр не привязан к реальному пространству, в котором физически размещен. Виртуальная реальность фактически поглощает физическое окружение и заменяет его цифровым. Применение средств виртуальной и дополненной реальности, скорее всего, потребует смены отраслевых стандартов для проектирования культурно-зрелищных учреждений, в том числе и в части обеспечения инклюзивности, что может оказаться непростой задачей для небольших театров, с их ограниченными финансовыми ресурсами и отсутствием навыков работы с элементами VR. Вопрос с привлечением к работе в подобных театрах маломобильных сотрудников также является достаточно сложным и пока малоизученным.

В работе «The raising role of virtual reality in Accessibility Systems» («Повышение роли виртуальной реальности в системах доступности») [13], подготовленной в рамках Международного семинара по будущим тенденциям в области ассистивных технологий (FTAT 2019), авторы рассматривали возможность применения систем виртуальной реальности для обеспечения инклюзивных решений в театрах для глухих и слабослышащих (ДНН). Они разработали систему субтитров в VR-среде для внедрения их в живые постановки. Слабослышащие зрители получали гарнитуру Gear VR, соединенную с другими устройствами, которые подключались к локальному серверу театра. Приложение отображает текст каждого действующего лица определенным цветом, разбивая его на части, если он не помещается целиком, и учитывая комфортное для зрителя время прочтения всего текста.

Однако последующее тестирование показало, что зрители остались недовольны качеством отображения субтитров из-за невозможности регулировать яркость и четкость. Основные жалобы касались напряжения головы и глаз из-за тяжести гарнитуры, из-за чего около 30 % пользователей вынуждены были снимать устройство не менее одного раза на протяжении спектакля. По мнению авторов, такая система расширяет возможности коммуникации и может быть полезна не только для людей с ограниченными возможностями, но и для иностранных зрителей, что значительно расширяет круг применения подобных решений.

Еще одно перспективное направление, применимое для театров, было рассмотрено в работе «Designing the metaverse: A study on inclusion, diversity, equity, accessibility and safety for digital immersive environments» («Проектирование метавселенной: исследование инклюзивности, разнообразия, справедливости, доступности и безопасности для цифровой иммерсивной среды») [16]. Авторы определяют метавселенную как то, что охватывает различные цифровые пространства, включая взаимосвязанные иммерсивные 3D-проекты. Исследователи и разработчики полагают, что метавселенная сможет обеспечить новый сенсорный опыт путем добавления тактильной, сенсорной и когнитивной обратной

связи, что также позволит улучшить текущий двумерный опыт взаимодействия со смартфонами, планшетами, компьютерами и другими устройствами.

С высокой степенью вероятности определение и способы использования данных технологий будут меняться по мере того как архитекторы, дизайнеры, инженеры, исследователи, политики, пользователи и многие другие члены сообщества будут пополнять базу знаний о преимуществах и недостатках технологий. Так, в метавселенной пользователи могут испытывать физический или сенсорный дискомфорт при взаимодействии с другими людьми или объектами, а эргономичная конфигурация и чрезмерный вес VR-гарнитур и других устройств могут сковывать движения или вызывать мышечный дискомфорт при длительном ношении. Более того, для некоторых театральных постановок, использующих такие инструменты, могут потребоваться особые комнаты со специфическими планировочными решениями и дизайном.

Открытым остается вопрос умственных и когнитивных проблем, которые могут возникнуть при взаимодействии с метавселенной. Для некоторых групп пользователей эта технология может оказаться неподходящей, т. к. при входе в метавселенную может проявиться ряд психологических травм. Чрезмерный шум, подавляющая информация, поведенческое, словесное или визуальное давление могут вызвать различные негативные эмоции, что особенно опасно для нейроотличных людей. Предполагается, что в будущем метавселенная будет восприниматься как «реальная» виртуальная среда. Поэтому проектирование в ней должно основываться на концепции благополучия и инклюзивности, учитывать требования безопасности. Эксперты полагают, что нужно опираться на накопленные знания и нормы в области инклюзивного дизайна, наличие практик и правил в области разнообразия, справедливости и инклюзивности (DEI), а сообщество профессионалов будет учитывать все эти аспекты в работе.

Перед архитекторами, проектировщиками и дизайнерами открывается уникальная возможность создать такую среду, в которой пространственное осознание человека и его взаимодействие с окружающими будут существенно улучшены, а различные инструменты: датчики, VR-шлемы, тактильная одежда и пр. – могут обеспечить пользователям новый физический, сенсорный и когнитивный опыт. Кроме того, это даст повод задуматься, стоит ли сохранять существующий вид реальных зданий театров и помещений внутри них (например, фойе и зал) или стоит проектировать абсолютно новые пространства. Будут ли театры долговечными или проектирование пойдет по принципу «каждому новому спектаклю – новый театр или сцена»? Нужно ли будет учитывать особые приспособления в зданиях и особый реквизит для зрителей и актеров с повышенными потребностями, посещающих театры, тем самым перенося их опыт в виртуальную среду? Текущий опыт показывает, что постановщики иммерсивных спектаклей пытаются сохранить у публики ощущение нахождения в пространстве реального, а не виртуального зала, а руководство старается сделать количество продаваемых билетов на каждую online или иммерсивную постановку равным количеству продаваемых билетов на классические спектакли в реальном здании, что формирует у пользователей ощущение посещения театра в реальности.

Авторы исследования «Проектирование метавселенной: исследование инклюзивности, разнообразия, справедливости, доступности и безопасности для

цифровой иммерсивной среды» разработали манифест инклюзивности, разнообразия, справедливости, доступности и безопасности в метавселенной. Десять принципов, ставшие основой концепции: открытость и доступность; честность и понятность; безопасность и надежность; продвижение принципов социальной справедливости и инклюзивности; устойчивость; ценить конфиденциальность, этику и честность; гарантировать защиту данных и права собственности; расширять возможности разнообразия посредством самовыражения; ответственно подходить к инновациям; дополнять физический мир. По мнению авторов, этот манифест может стать отправной точкой обсуждений и поиска решений для создания метавселенной, цель которой не заменить реальный мир, а лишь дополнить его. Работа по проектированию должна осуществляться людьми и для людей, позволять объединять знания и опыт профессионалов.

### Выводы

Отсутствие осведомленности части специалистов о том, как продуманно организовывать инклюзивную среду в архитектуре в целом и в театральном пространстве в частности, становится серьезным препятствием в процессе проектирования, а отсутствие исчерпывающих рекомендаций и полноценных данных о применяемых инструментах значительно затрудняет работу.

Для дальнейшей переориентации, учитывающей, по возможности, благополучие в архитектуре для всех групп граждан, следует рассматривать вопросы, касающиеся правильной постановки целей, выделения и оценки качества того или иного пространства; подбор диагностического инструментария, направленного на понимание и оценку тех мер, которые должны предпринять архитекторы и руководство культурно-зрелищных учреждений для обеспечения доступности и инклюзивности. Взаимодействие, в данном случае с сообществом инвалидов, является важным принципом «Ничего о нас без нас». Это поможет более четко и компетентно выявить основные потребности конечного пользователя. К этим данным, как показывают исследования, впоследствии могут обращаться архитекторы, дизайнеры и другие специалисты.

Следует также отдельно оценить, какие междисциплинарные исследования должны быть проведены в рамках проектирования и какие дополнительные инструменты и приемы должны быть включены в состав проекта. Многие исследования в этой области сходятся во мнении, что предложить нечто универсальное, подходящее абсолютно всем, не представляется возможным на современном этапе. Однако это не отменяет необходимость продолжать разрабатывать и внедрять новые приемы. Напротив, иногда стоит отойти от традиционных приемов и использовать усовершенствованные или пересмотренные решения, включающие современные технические и технологические возможности, а оценка внутренней и внешней среды культурно-зрелищных учреждений не должна сводиться к позиции: «Если никто не жалуется, то проект можно считать успешным».

Проведенный анализ исследований внедрения современных технологий в проектирование и работу театра весьма наглядно демонстрирует их неоспоримую пользу при организации инклюзивной среды и иммерсивных решений для включения сообщества маломобильных граждан не только в процесс просмотра спектаклей, но и в саму работу культурно-зрелищных учреждений. Для

специалистов реализация подобных решений в театральной среде станет весьма нетривиальной задачей, начиная от создания и включения специальных зон для спектаклей с элементами VR и AR до проектирования театральных пространств в метавселенных, учитывающих современные концепции инклюзивности.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Гилязова О.С.* Виртуальная реальность и действительность: проблема соотношения // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. 2017. № 3-2 (77). С. 40–43.
2. *Данилов С.М.* Онтологические основы виртуальной реальности в архитектуре // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 1. С. 56–59.
3. *Елхова О.И.* Иллюзия присутствия в виртуальном мире // Вестник Башкирского университета. 2015. Т. 20. № 4. С. 1386–1389.
4. *Махина С.Т.* Иммерсивность в современной культуре // Вестник Санкт-Петербургского государственного института культуры. 2022. № 3. (52). С. 69–79. DOI 10.30725/2619-0303-2022-3-69-79
5. *Никифорова А.А., Воронова Н.И.* Иммерсивные практики в современном культурном пространстве (мировой и отечественный опыт) // Философия и культура. 2023. № 5. DOI: 10.7256/2454-0757.2023.5.40731
6. *Полицкоева Н.Г., Прокопцова В.П.* Использование технологии виртуальной реальности в хореографическом искусстве // Культурная жизнь Юга России. 2021. № 2. (81). С. 69–79. DOI: 10.24412/2070-075X-2021-2-69-79
7. *Altomonte S., Allen J., Bluysen P.M., Brager G., Hescong L., Loder A., Schiavon S., Veitch J.A., Wang L., Wargocki P.* Ten Questions Concerning Well-Being in the Built Environment // Building and Environment. 2020. V. 180. P. 106949. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106949>
8. *Barrell S.* What Dreams May Come: A VR ‘Hamlet’ Puts Us in the Room. American Theatre. 2019. URL: <https://www.americantheatre.org/2019/01/25/what-dreams-may-come-a-vr-hamlet-puts-us-in-the-room/> (дата обращения: 17.01.2024).
9. *Brilli S., Gemini L., Giuliani F.* Theatre Without Theatres: Investigating Access Barriers to Mediatized Theatre and Digital Liveness During the Covid-19 Pandemic // Poetics. 2023. V. 97. P. 101750. <https://doi.org/10.1016/j.poetic.2022.101750>
10. *Gold B.* Neurodivergency and Interdependent Creation: Breaking into Canadian Disability Arts // Studies in Social Justice. 2021. V. 15. № 2. P. 209–229.
11. *Gold B., Bulmer A.* Creative Enabling: Relations and Structures of Support for Disabled Artists // Canadian Theatre Review. 2022. V. 190. P. 19–23. <https://doi.org/10.3138/ctr.190.004>
12. *Marshall A.* Disabled People Fear Being Left Behind as U.K. Culture Venues Reopen. The New York Times. 2021. URL: <https://www.nytimes.com/2021/05/21/arts/disabled-access-theater-museums.html#:~:text=theater%2Dmuseums.html-,Disabled%20People%20Fear%20Being%20Left%20Behind%20as%20U.K.%20Culture%22Venues,provide%20it%2C%20but%20fears%20persist.> (дата обращения: 21.01.2024).
13. *Mauro R.S. Teófilo, Alvaro A.B. Lourenço, Juliana Postal, Yuri M.L.R. Silva, Vicente F. Lucena Jr.* The Raising Role of Virtual Reality in Accessibility Systems // Procedia Computer Science : материалы Международного семинара по будущим тенденциям в ассистивных технологиях (FEAT 2019), 4–7 ноября 2019 г. Коимбра, Португалия. С. 671–677.
14. *McArthur J.J., Powell C.* Health and Wellness in Commercial Buildings: Systematic Review of Sustainable Building Rating Systems and Alignment with Contemporary Research // Building and Environment. 2020. V. 171. P. 106635. URL: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106635>
15. *Won M., Ungu D.A.K., Henry Matovu H., Treagust D.F., Tsai C., Park J., Mocerino M., Tasker R.* Diverse Approaches to Learning with Immersive Virtual Reality Identified from a Systematic Review // Computers & Education. 2023. V. 195. P. 104701. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104701>
16. *Zallio M., Clarkson P.J.* Designing the Metaverse: A Study on Inclusion, Diversity, Equity, Accessibility and Safety for Digital Immersive Environments // Telematics and Informatics. 2022. V. 75. P. 101909. DOI: 10.1016/j.tele.2022.101909

17. Zallio M., Clarkson P. J. The Inclusive Design Canvas. A Strategic Design Template for Architectural Design Professionals // *Proceedings of the Design Society*. 2022. V. 2. P. 81–90. URL: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106949>

## REFERENCES

1. Gilyazova O.S. Virtual Reality and Reality: The Problem of Correlation. *Istoricheskie, filosofskie, politicheskie i yuridicheskie nauki, kul'turologiya i iskusstvovedenie. Voprosy teorii i praktiki*. 2017; 77 (2): 40–43. ISSN 1997-292X. (In Russian)
2. Danilov S.M. Ontological Foundations of Virtual Reality in Architecture. *Bulletin of Shukhov Belgorod State Technological University*. 2014; 1: 56–59. (In Russian)
3. Elkhova O.I. Illusion of Presence in the Virtual World. *Bulletin of the Bashkir University*. 2015; 20. (4): 1386–1389. (In Russian)
4. Makhlina S.T. Immersivity in Modern Culture. *Bulletin of the St. Petersburg State Institute of Culture*. 2022; 3 (52): 69–79. DOI 10.30725/2619-0303-2022-3-69-79 (In Russian)
5. Nikiforova A.A., Voronova N.I. Immersive Practices in Modern Cultural Space (Foreign and Russian Experience). *Filosofiya i kul'tura*. 2023; 5. DOI: 10.7256/2454-0757.2023.5.40731 (In Russian)
6. Politskova N.G., Prokoptsova V.P. Virtual Reality Technology in Choreographic Art. *Kul'turnaya zhizn' Yuga Rossii*. 2021; 2 (81): 69–79. DOI: 10.24412/2070-075X-2021-2-69-79 (In Russian)
7. Altomonte S., Allen J., Bluyssen P.M., Brager G., Heschong L., Loder A., Schiavon S., Veitch J.A., Wang L., Wargocki P. Ten Questions Concerning Well-Being in the Built Environment. *Building and Environment*. 2020; 180: 106949. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106949>
8. Barrell S. What Dreams May Come: A VR 'Hamlet' Puts Us in the Room. *American Theatre*. 2019. Available: [www.americantheatre.org/2019/01/25/what-dreams-may-come-a-vr-hamlet-puts-us-in-the-room/](http://www.americantheatre.org/2019/01/25/what-dreams-may-come-a-vr-hamlet-puts-us-in-the-room/). (accessed January 17, 2024).
9. Brilli S., Gemini L., Giuliani F. Theatre Without Theatres: Investigating Access Barriers to Mediatized Theatre and Digital Liveness During the COVID-19 Pandemic. *Poetics*. 2023; 97: 101750. <https://doi.org/10.1016/j.poetic.2022.101750>
10. Gold B. Neurodivergency and Interdependent Creation: Breaking into Canadian Disability Arts. *Studies in Social Justice*. 2021; 15 (2): 209–229.
11. Gold B., Bulmer A. Creative Enabling: Relations and Structures of Support for Disabled Artists. *Canadian Theatre Review*. 2022; 190: 19–23. <https://doi.org/10.3138/ctr.190.004>
12. Marshall A. Disabled People Fear Being Left Behind as U.K. Culture Venues Reopen. *The New York Times*. 2021. Available: [www.nytimes.com/2021/05/21/arts/disabled-access-theater-museums.html#:~:text=theater%2Dmuseums.html-,Disabled%20People%20Fear%20Being%20Left%20Behind%20as%20U.K.%20Culture%22Venues,provide%20it%2C%20but%20fears%20persist](https://www.nytimes.com/2021/05/21/arts/disabled-access-theater-museums.html#:~:text=theater%2Dmuseums.html-,Disabled%20People%20Fear%20Being%20Left%20Behind%20as%20U.K.%20Culture%22Venues,provide%20it%2C%20but%20fears%20persist) (accessed January 21, 2024).
13. Mauro R.S. Teófilo, Alvaro A.B. Lourenço, Juliana Postal, Yuri M.L.R. Silva, Vicente F. Lucena Jr. The Raising Role of Virtual Reality in Accessibility Systems. *Procedia Computer Science: International Workshop on Future Trends in Assistive Technology (FTAT 2019)*. November 4–7, 2019, Coimbra, Portugal. Pp. 671–677.
14. McArthur J.J., Powell C. Health and Wellness in Commercial Buildings: Systematic Review of Sustainable Building Rating Systems and Alignment with Contemporary Research. *Building and Environment*. 2020; 171: 106635. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106635>
15. Won M., Ungu D.A.K., Henry Matovu H., Treagust D.F., Tsai C., Park J., Mocerino M., Tasker R. Diverse Approaches to Learning with Immersive Virtual Reality Identified from a Systematic Review. *Computers & Education*. 2023; 195: 104701. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104701>
16. Zallio M., Clarkson P.J. Designing the Metaverse: A Study on Inclusion, Diversity, Equity, Accessibility and Safety for Digital Immersive Environments. *Telematics and Informatics*. 2022; 75: 101909. DOI: 10.1016/j.tele.2022.101909
17. Zallio M., Clarkson P.J. The Inclusive Design Canvas. A Strategic Design Template for Architectural Design Professionals. *Proceedings of the Design Society*. 2022; 2: 81–90. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106949>

**Сведения об авторе**

*Соколова Алина Анатольевна*, аспирант, Московский архитектурный институт (государственная академия), 107031, Москва, ул. Рождественка, 11/4, корп. 1, стр. 4, a.sokolova@markhi.ru

**Author Details**

*Alina A. Sokolova*, Research Assistant, Moscow Architectural Institute (State Academy), 11/4, Rozhdestvenka Str., 107031, Moscow, Russia, a.sokolova@markhi.ru

Статья поступила в редакцию 02.03.2024  
Одобрена после рецензирования 14.03.2024  
Принята к публикации 14.06.2024

Submitted for publication 02.03.2024  
Approved after review 14.03.2024  
Accepted for publication 14.06.2024

Вестник Томского государственного  
архитектурно-строительного университета.  
2024. Т. 26. № 4. С. 102–117.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo  
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –  
Journal of Construction and Architecture.  
2024; 26 (4): 102–117.

Print ISSN 1607-1859  
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 721

DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-102-117

EDN: EAKCLZ

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО ГОРНОЛЫЖНОГО КОМПЛЕКСА

Елизавета Сергеевна Буренок, Юлия Александровна Скоблицкая

*Академия архитектуры и искусств*

*Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, Россия*

**Аннотация.** Актуальность исследования обусловлена ростом популярности активного экстремального вида туризма – горнолыжного, который предлагает все большую доступность горнолыжной инфраструктуры и обеспечен поддержкой государства в развитии данного направления.

*Целью работы является выявление принципов и тенденций проектирования современного горнолыжного комплекса.*

*Методика исследования включает: анализ зарубежного и отечественного опыта проектирования; анализ функциональной типологии горнолыжных комплексов; изучение принципов создания современной архитектуры, интегрированной в природную среду.*

*Границы исследования: географические границы исследования включают в себя анализ горнолыжных комплексов России, европейских стран, Японии и США, временные границы – XX–XI вв.*

*Научная новизна* заключается в изучении особенностей зарубежного и отечественного опыта проектирования горнолыжных комплексов; изучении факторов, влияющих на проектирование в сложном рельефе; определении функционально-планировочной структуры и номенклатуры помещений горнолыжных комплексов.

*Практическая значимость* исследования: результаты могут быть использованы при проектировании горнолыжного комплекса.

*Результаты исследования:* изучен исторический аспект появления горнолыжного спорта и его становления как популярного направления туризма. На базе сравнительного анализа сформированы принципы проектирования горнолыжных комплексов. Проведена связь между выделенными принципами и принципами устойчивой архитектуры. Приведена классификация по назначению горнолыжных комплексов. Выделено влияние времени пребывания туристов на функциональное наполнение горнолыжных комплексов. Сформулированы функционально-планировочные аспекты проектирования и влияние на них архитектурно-стилистического решения. Представлена модель функционально-планировочной структуры. Выявлена зависимость способов объемно-пространственного расположения от функционально-планировочной структуры.

**Ключевые слова:** горные лыжи, экстремальный туризм, проектирование, классификация, связь с природной средой, современная архитектура, типология, функциональность

**Для цитирования:** Буренок Е.С., Скоблицкая Ю.А. Особенности формирования современного горнолыжного комплекса // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 4. С. 102–117. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-102-117. EDN: EAKCLZ

ORIGINAL ARTICLE

## FORMATION OF MODERN SKI COMPLEX

Elizaveta S. Burenok, Yulia A. Skoblickaya

*Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia*

**Abstract.** The paper relevance is determined by the growing popularity of active extreme tourism, where ski holidays offer increasing accessibility to ski infrastructure and are supported by the government.

*Purpose:* Identification of design principles and trends in a modern ski complex.

*Methodology:* The analysis of Russian and foreign experience; functional typology of ski complexes; principles of creating modern architecture integrated into the environment; ski resorts in Russia, European countries, Japan and the USA in the 20-21st centuries.

*Research findings:* The historical aspect of the emergence of skiing as a popular tourism is considered herein. Based on the comparative analysis, the principles of designing ski complexes are formulated. The connection between these principles and sustainable architecture is shown. The classification is given to ski complexes. The influence of residence time on functional content is highlighted. The functional planning aspects of design and the influence of architectural and stylistic solutions on them are formulated. The functional planning structure is presented. The dependence of spatial arrangement with the functional planning structure is demonstrated.

*Practical implications:* The results can be used in the design of ski complexes.

*Originality:* The paper studies Russian and foreign experience in design of ski complexes; factors influencing the design in the complex terrain; determines the functional and planning structure and nomenclature of the premises of ski complexes.

**Keywords:** ski resort, extreme tourism, design features and trends, classifications, relationship with the natural environment, domestic and foreign experience, functionality

**For citation:** Burenok E.S., Skoblitskaya Yu.A. Formation of Modern Ski Complex. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2024; 26 (4): 102–117. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-102-117. EDN: EAKCLZ

### Введение

Современный горнолыжный курорт – это не просто гостиница и ресторан с трассами для катания, а многофункциональный семейный комплекс, предлагающий большой спектр услуг и развлечений активного и размеренного характера.

На современном этапе развития общества растет число людей, занимающихся спортом и ведущих активный образ жизни. По данным опроса ВЦИОМ: «Доля россиян, занимающихся спортом с той или иной периодичностью, выросла с 38 % в 2006 г. до 60 % в 2018 г.; в том числе 17 % респондентов тренируются ежедневно, 22 % – несколько раз в неделю, 10 % – раз в неделю, 5 % – несколько раз в месяц, 6 % – несколько раз в год» [7].

В настоящее время существует большое многообразие туристических направлений, которые формируются на основе потребностей и желаний людей. Спортивный и экстремальный туризм занимает далеко не последнее место среди популярных видов отдыха людей, которые ценят адреналин и препятствия.

Такой отдых может быть не только активным, но и пассивным, что предполагает не личное участие, а лишь наблюдение за неким спортивным событием,

мероприятием. Весьма популярны горнолыжные курорты (рис. 1), особенно среди любителей активного отдыха. В большинстве случаев инфраструктура современных курортов включает разнообразные СПА-центры, места для купания в горячих источниках, предлагая широкий спектр услуг помимо возможности покататься на лыжах и сноуборде.



Рис. 1. Ранжирование зимних видов спорта по популярности. Выполнено Е.С. Буренок  
Fig. 1. Winter sports by popularity. Comp. E.S. Burenok

Загруженность горнолыжных курортов значительно ниже, чем морских. Их важной особенностью является естественное природное окружение. Отдых в природной среде отвлекает от городской рутины и заряжает энергией, дарит положительные эмоции. Продуманные архитектурно-планировочные решения гармонизируют единение с природой. Эти условия в совокупности формируют факторы популярности горного туризма среди населения (рис. 2).



Рис. 2. Факторы формирования популярности отдыха на горнолыжных курортах. Выполнено Е.С. Буренок  
Fig. 2. Factors of popularity of downhill skiing. Comp. E.S. Burenok

Стоит отметить, что в настоящее время в значительной степени изменился статус, а также доступность горнолыжных курортов, а именно их массовая доступность для населения. В советский период подобный отдых был распространен преимущественно среди профессиональных спортсменов и членов различных спортивно-туристических сообществ. Сейчас горнолыжные курорты отличаются большим функционалом и широким спектром услуг для различных финансовых возможностей и предпочтений гостей, делая отдых более доступным [5].

Следовательно, можно провести анализ факторов привлекательности российских курортов для населения и ранжировать географию горнолыжных курортов (ГЛК) по популярности (рис. 3).

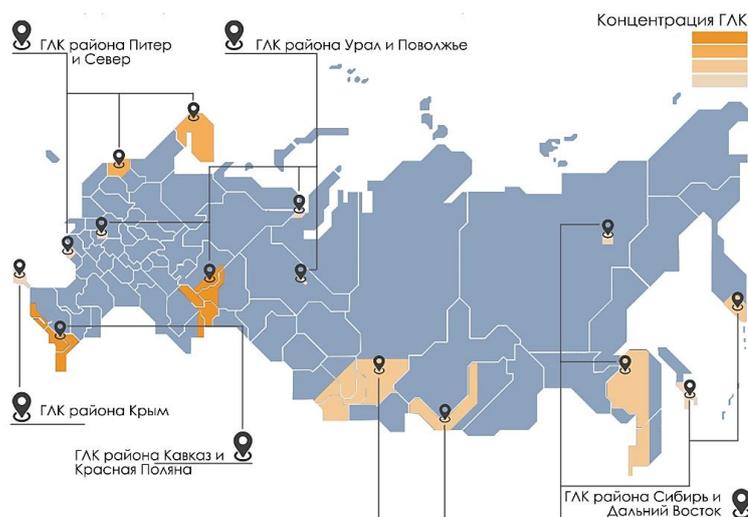


Рис. 3. География горнолыжного отдыха россиян (ГЛК – горнолыжный курорт). Выполнено Е.С. Буренок

Fig. 3. Geography of ski holidays for Russians. Comp. E.S. Burenok

### Исторические предпосылки формирования горнолыжного спорта и туризма

Лыжи использовались с древних времен, они применялись как средство передвижения в зимний период, но позже стали еще и предметом массовой спортивной и развлекательной направленности.

В 1881 г. состоялось открытие первой лыжной школы в Норвегии.

1902–1904 гг. – основание первого горнолыжного клуба, когда группа британцев из четырех человек впервые приехала в Альпы в зимний период, для того чтобы организовать первые лыжные спуски. До этого времени занятия горными лыжами у британцев представляли собой подъем в горы и примитивные спуски, а отели в Альпах закрывались после летнего сезона. В 1902–1903 гг. группой британцев был заключен договор на эксклюзивное использование отеля в Адельбодене (Швейцария). Эта группа позднее стала ядром Альпийского спортивного клуба публичных школ.

В 1903 г. братья Ричардсоны основали первый английский горнолыжный клуб в Давосе. Чуть позже ими же был организован и горнолыжный Клуб Великобритании. Во время зимних месяцев центр Клуба находился в Мюррене (Швейцария).

1920-е гг. – строительство первого подъемника в Европе. Он был построен в Германии в первом десятилетии XX в. Затем в 1908 г. был построен подъемник в Дорнбёрне (Австрия). Далее последовала Франция с запуском канатной дороги в Шамони в 1927 г, а через год там был построен санный подъемник для менее опытных лыжников. Трассы катания стали более сложными и усовершенствованными.

1936 г. – внесение горнолыжного спорта в Олимпийские игры. В Германии Международный олимпийский комитет разыграл один набор медалей на Олимпиаде 1936 г. Это способствовало развитию лыжного отдыха и впоследствии стало местом сбора международного сообщества. Однако такой вид отдыха еще являлся отличительным признаком крупной буржуазии и не был массовым.

1960-е гг. – первый подъемник в СССР. Подъемники, доступные как профессиональным спортсменам, так и любителям, строились в горных районах СССР. Первой в стране канатно-кресельной дорогой стала построенная в 1963 г. дорога на Чегете. Позднее, в 1969 г., была запущена первая очередь «Эльбрусской канатки» от станции Азау до станции Кругозор. К концу десятилетия кресельные и буксировочные подъемники заработали и в других регионах: Домбае (Кавказ), Кировске (Хибины), Славско (Карпаты), Бакуриани (Кавказ, Грузия).

Интерес к лыжам как спорту способствовал формированию первых лыжных клубов, обустройству горных зон для катания и первых подъемников. Со временем увлечение лыжами стало доступным не только профессионально занимающимся спортом и состоятельным людям, но и любителям, что активизировало развитие индустрии горнолыжных курортов [1].

#### Отечественный и зарубежный опыт проектирования горнолыжных комплексов

1. Горнолыжный курорт Yunmen Mountain, Цинчжоу, Китай / АТАН + MADA s.p.a.m. (рис. 4).



Рис. 4. Горнолыжный комплекс Yunmen Mountain<sup>1</sup>

Fig. 4. Yunmen Mountain Ski Complex

<sup>1</sup> URL: <https://architizer.com/projects/yunmen-mountain-all-seasons-resort/>

Всесезонный курортный отель Yunmen Mountain расположен в горном регионе Цилу. Дизайн основан на интеграции объема здания в горы, а не на культуре или истории. Участок расположен на южном гребне горы Юньмэнь. Трасса является единственным искусственным сооружением, а большая часть архитектурной массы спрятана под трассой [8].

2. Шале Les Étrennes горнолыжного курорта Вербье, Швейцария (рис. 5).



Рис. 5. Шале Les Étrennes горнолыжного курорта Вербье<sup>2</sup>  
Fig. 5. Chalet Les Étrennes of the Verbier ski resort

Шале расположено в уединённом тихом месте и обеспечивает идеальные условия для горнолыжного отдыха. Шале предлагает виды на деревню внизу и на массив Монблан вдали. Шале Les Étrennes состоит из четырёх этажей и может разместить двенадцать гостей в шести спальнях с отдельными ванными комнатами и комплексом СПА [9].

3. Красная Поляна, Сочи, Россия (рис. 6).



Рис. 6. Горнолыжный курорт «Красная Поляна»<sup>3</sup>  
Fig. 6. Krasnaya Polyana ski resort

<sup>2</sup> URL: <https://www.leotrippi.com/ru/switzerland/verbier/chalet-les-etrennes/>

<sup>3</sup> URL: <https://krasnayapolyanaresort.ru/about>

Горный курорт «Красная Поляна» расположен в предгорье Главного Кавказского хребта. Комплекс разбит на множество полей с богатым функциональным наполнением с собственными отелями и апартаментами. К примеру, Поляна 540: это территория как для динамичной аудитории, так и для семейного отдыха. Развита необходимая сопутствующая инфраструктура: магазины, ТРЦ, парк «Времена года», скейт-парк, детские клубы и спортивные площадки, прогулочные зоны работают в режиме 24/7 [10].

4. Горнолыжный курорт Barin Ski Resort, Иран / RYRA Studio (рис. 7).



Рис. 7. Горнолыжный курорт Barin Ski Resort<sup>4</sup>

Fig. 7. Barin Ski Resort

Barin Ski Resort считается ультрасовременным отелем в Шемшаке, втором по величине горнолыжном курорте Ирана. Проект призван стать образцом гармоничного взаимодействия архитектурного дизайна и природы. Разработчики проекта отстранились от идеи объекта, спроектированного на основе национальных мотивов, также исключили заимствование особенностей «импортируемой» в Иран западной культуры. В итоге отель представляет обособленное и уникальное пространство, которое способно говорить на одном языке с окружающим ландшафтом [11].

5. Les Arcs Panorama, Франция / Club Med (рис. 8).



Рис. 8. Горнолыжный комплекс Les Arcs Panorama<sup>5</sup>

Fig. 8. Les Arcs Panorama Ski Resort

<sup>4</sup> URL: <https://goiran.ru/gornolyzhnye-kurorty-v-irane/>

<sup>5</sup> URL: <https://www.clubmed.ru/r/les-arcs-panorama/w>

Arcs Panorama представляет собой изогнутый сосуд из стекла, дерева и необработанного камня. Курорт предлагает широкий выбор спортивных, культурных и гастрономических вариантов досуга. Благодаря своей стройной и пышной архитектуре Les Arc Panorama выходит за пределы обрамляющих его гор и вписывается в окружающий лес. Цель проекта состояла в создании уединенного места в горах [14].

6. Академия зимних видов спорта, Красноярск, Россия / А2 (рис. 9).



*Рис. 9. Академия зимних видов спорта<sup>6</sup>*  
*Fig. 9. Winter Sports Academy*

Академия расположена в западной части г. Красноярска и занимает восточный и северный склоны Николаевской сопки. Для минимизации антропогенного влияния на природный ландшафт применены следующие приемы проектирования: уменьшение площади застройки; использование складок рельефа; интеграция зданий с ландшафтом; эксплуатируемые кровли; многоуровневые подземные паркинги; минимизация сноса зеленых насаждений, сохранение ценных пород; застройка ранее урбанизированных территорий [15].

Для сравнительного анализа были взяты зарубежные и российские горнолыжные комплексы. Они являются как представителями современного формирования архитектуры ГЛК, так и объектами классически сложившегося традиционного (характерными для каждого отдельного региона) облика данной архитектуры. На основе проведенного анализа горнолыжных курортов выявлены факторы, формирующие их современный образ (таблица).

Отличительными особенностями при проектировании горнолыжного курорта является интеграция в природную среду, предполагающая использование рельефа как формообразующего инструмента с отражением основной функции в объемно-художественном образе.

Не менее важной характеристикой, присущей современным горнолыжным курортным комплексам, является их всесезонность, что в значительной мере увеличивает спектр предлагаемых услуг.

<sup>6</sup> URL: <http://www.proa2.ru/projects/akademiy-a-sporta>

### Сравнительный анализ зарубежного и российского опыта проектирования Comparative analysis of Russian and foreign experience

Элемент сравнит. анализа	Горнолыжные курорты					
Объект	Yunmen Mountain All-Seasons Ski Resort, Цинчжоу, Китай / АТАН+MADA s.p.a.m.	Шале Les Étrennes горнолыжного курорта Вербье, Швейцария	Красная Поляна, Сочи, Россия	Отель горнолыжного курорта Barin Ski Resort, Иран / RYRA Studio	Les Arcs Panorama, Франция / Club Med	Академия зимних видов спорта, Красноярск, Россия / А2
Назначение	Всесезонный курорт (включает в том числе отели и апартаменты)	Горнолыжный курорт (включает в том числе отели и апартаменты)	Всесезонный курорт (включает в том числе отели и апартаменты)	Отель, входящий в структуру горнолыжного курорта	Горнолыжный курорт (включает в том числе отели)	Региональный центр спортивной подготовки
Интеграция в природную среду	+ Посредством обустройства трасс на крыше здания с перетеканием в рельеф местности	+ Посредством использования натуральных природных материалов	+ Учет протекающей реки в формировании комплексов	+ Использование бионического стиля в архитектурном объеме и дизайне интерьера	+ Использование природных материалов и террасирования, формообразования	+ Посредством отделки камнем, цветового решения и формообразования
Конструктивный учет рельефа местности	+ Архитектурный объем врезан в рельеф местности	+ Распределение отдельно стоящих объектов по разным высотным отметкам	- Объем строится на площадках одного уровня	+ Архитектурный объем врезан в рельеф местности	+ Архитектурный объем врезан в рельеф местности	- Объем строится на площадках одного уровня
Функциональное наполнение (основные элементы)	1. Открытая терраса 2. Открытая и закрытая лыжная база 3. Отель 4. Апартаменты	1. Шале 2. Баня 3. Террасы 4. СПА 5. Отель 6. Апартаменты	1. Шале 2. Баня 3. Террасы 4. СПА 5. Отель 6. Апартаменты	1. Отель 2. Трассы для катания	1. Отель 2. СПА и бассейны 3. Ресторан 4. Детский клуб	1. Спортивная школа 2. Скейтпарк 3. Гостиница 4. Подземный паркинг
Наличие эксплуатируемых кровель	+ Использование для смотровой площадки и трасс с искусственным покрытием	- Не предусмотрено	- Не предусмотрено	- Не предусмотрено	- Не предусмотрено	+ Озеленение кровли с обустроенными на них трибунами
Сезон работы	Всесезонно	Всесезонно	Всесезонно	Декабрь – апрель	Декабрь – апрель	Всесезонно
Связь с национальными особенностями и традициями	- Не предусмотрено	+ Традиционная архитектура горнолыжных курортов Швейцарии	+ Традиционная архитектура горнолыжных курортов Швейцарии	- Не предусмотрено	+ Традиционная архитектура горнолыжных курортов Альп, основанная на применении природных материалов	- Не предусмотрено
Отражение основной функции в объеме	+ Волнообразное движение архитектурных форм повторяет изгибы извилистых трасс	+ Комфортное жилье	+ Комфортное жилье	+ Каждая жилая ячейка окутана биоморфной формой, напоминающей снега	+ Отделка камнем и террасирование повторяют горный ландшафт	+ Форма основана на ассоциации со спортом и движением
Уровень сейсмической опасности	4.8	6–7	8–9	6–8	6–7	7–9
Расположение объема на участке	Единый объем	Равномерное расположение блоками по всему участку	Равномерное расположение блоками по всему участку	Единый объем	Два основных блока соединены входной группой, террасированы в местах прилегания к рельефу	Равномерное расположение блоками по всему участку
Отдаление от населенного пункта	5 км	14 км	Внутри города	57 км	30 км	На окраине города

Большинство ГЛК располагаются вне городской среды, что традиционно для объектов данной направленности. Однако среди современных построек отмечается тенденция внедрения объектов в городскую среду, что определяется широкой доступностью и развитием технологий искусственных снежных покрытий.

### **Принципы проектирования**

При проектировании горнолыжных курортов важно соблюдать принципы рационального планирования и учитывать множество аспектов во избежание стихийного застраивания территории и наполнения излишними функциями, ведущими к перегрузке курорта, которая в свою очередь вызывает экологические изменения. Выявленные в исследовании М.В. Сугатовой принципы проектирования во многом исходят из принципов «устойчивой архитектуры» и отражают ее специфику. Таким образом, при проектировании следует учитывать:

1. Экологический принцип. Необходимо ограничить курорты по размеру занимаемой территории для контроля неблагоприятного воздействия самих курортов и посетителей на горные экосистемы. Для этого также следует использовать экологичные природные материалы, возобновляемые источники энергии и «умные» технологии.

2. Принцип всесезонности. Для заполненности курортов в периоды завершения сезона катания необходимо расширить спектр предоставляемых услуг. Кроме того, можно использовать помещения и территории круглогодично, но со сменой функции.

3. Градостроительный принцип. Для сохранения природных территорий и экономической выгоды при строительстве необходимо реализовывать компактное градостроительное решение, а также учитывать пешеходную и транспортную доступность.

4. Функциональный принцип. Разделенный на небольшие комплексы, курорт должен учитывать соответствие зонирования курорта функциональному наполнению. Продуманное расположение различных функциональных блоков должно быть логичным и удобным, не мешая движению различных групп отдыхающих.

5. Архитектурный принцип. Чтобы обеспечить выполнение предыдущих принципов, преобладающим типом застройки должны быть здания малой и средней этажности, не доминирующие над окружающей природной средой, а дополняющие ее или создающие органичный акцент [3].

### **Классификация горнолыжных комплексов**

По основному назначению выделяют:

- 1) учебно-тренировочные;
- 2) спортивно-развлекательные;
- 3) многофункциональные.

По ландшафтному признаку – отношению объекта к рельефу (учитываются габариты проектируемого объекта, форма, объем, общее архитектурно-планировочное решение):

1. Повторение рельефа – архитектура, повторяющая рельеф, первоначально учитывает движение горизонталей горной местности, что отражается

в объемно-пространственной структуре комплекса в целом. Как главные, так и второстепенные блоки строятся параллельно горизонталям рельефа, учитывая строение горных масс, что формирует уравновешенную композицию.

2. Слияние с рельефом – предполагает не только использование рельефа как инструмента объемно-пространственного формирования, но и предлагает подчинить себе архитектурный замысел, который сможет раствориться в окружающем ландшафте или составить единую функциональную схему, где природное взаимодействует с архитектурным [2,13].

По объемно-планировочному решению:

- 1) компактные;
- 2) линейные (без застраивания подтрассового пространства);
- 3) совмещенные (с застраиванием подтрассового пространства).

По времени пребывания посетителей:

1. Краткосрочного пребывания (2–4 ч). Как правило, представлены в виде тренировочных центров и центров реабилитации спортсменов. В подобных специализированных объектах преобладающей функциональной зоной является зона катания (ski-зона), которая может быть оснащена точками обслуживания, зрительской зоной и различными дополнительными спортивными тренировочными зонами.

2. Среднесрочного пребывания (в течение 1 дня). Представлены в виде многофункциональных комплексов (МФК) с главенствующей торговой или развлекательной функцией. Объекты горнолыжного спорта здесь формируются трассами с искусственным покрытием. В зависимости от преобладающей функции развитость горнолыжной инфраструктуры отличается.

Для МФК с торговой функцией предпочтение отдается неопытным лыжникам, любителям и семьям с детьми. Помимо зоны катания предполагаются дополнительные развлекательные функции, сгруппированные таким образом, чтобы переход к ним осуществлялся через торговые точки.

Для МФК с развлекательной функцией упор ведется на привлечение опытных лыжников, где зоны катания устраиваются с разным уровнем сложности и конфигурации, а также для любителей экспериментальных видов спорта.

3. Долгосрочного пребывания (более суток). МФК с преобладающей гостиничной функцией, где делается акцент на долгосрочном пребывании и размещении большого количества постояльцев. Зоны катания также разной сложности и конфигурации, а состав дополнительных функциональных зон зависит от вместимости и уровня комфорта гостиничного комплекса.

### **Методы объемно-пространственной организации и функционально-планировочной структуры**

Способы объемно-пространственного расположения объекта в среде:

1. Свободное размещение объектов. Свободное размещение наиболее распространено. Это обусловлено отсутствием возможности устройства целостного, часто протяженного объема. Объясняется это особенностями рельефа местности. Свободное размещение представляет собой рассредоточенность объектов по территории курорта. Подобное устройство имеет как положительные, так и отрицательные стороны. С одной стороны, они в меньшей

степени нарушают рельеф, а с другой – вызывают неудобство у туристов, т. к. требуют наличия связей между всеми функциональными блоками комплекса. Под связями понимается не только пешая доступность, но и проезды, подъемники, канатные дороги и т. д.

2. Наслоение. Наслоение – принцип, при котором происходит объединение основных функциональных объемов в полноценное здание. В зависимости от особенностей рельефа и характера горного ландшафта могут формироваться дополнительные связи в виде выходов на кровлю или оборудованных рекреационных площадок. Стоит отметить, что связи могут формироваться как горизонтально, так и вертикально.

Современный горнолыжный комплекс по своему функциональному наполнению должен соответствовать условию всесезонности и многофункциональности, а значит, предлагать богатый спектр услуг с круглогодичным использованием.

На основе проведенного анализа опыта проектирования и выявленных принципов можно выделить планировочную схему функциональных блоков современного горнолыжного комплекса (рис. 10).



Рис. 10. Схема функционально-планировочной структуры. Выполнено Е.С. Буренок  
 Fig. 10. Schematic of functional-planning structure. Done by E.S. Burenok

Важно отметить, что способы объемно-пространственного расположения объекта в среде влияют на взаимосвязь функциональных блоков. При свободном размещении рационально разделять блоки по основным функциям: проживание – отдых – спорт – дополнительные развлечения.

Этот же принцип необходим и при формировании способом наслоения, когда все функциональные блоки объединены в целостный архитектурный объем, но при общем размещении необходимо учитывать различные уровни шума и выстраивать планировочную структуру таким образом, чтобы активный блок развлечения и спорта не мешал отдыхающим жилым ячеек.

При любом способе формирования объемно-пространственной структуры приоритетным является:

- пешеходная связь как внутри функциональных блоков, так и снаружи;
- исключение возможности пересечения потоков отдыхающих разного уровня подготовки на трассах катания;
- исключение пересечений потоков катающихся с остальной массой туристов.

### Психологически-эмоциональное влияние архитектурного облика в совокупности с природным окружением на человека

Современной тенденцией в проектировании комплексов горного туризма является создание целостной, спокойной и лаконичной архитектуры, которая при всей своей масштабности не будет доминировать над естественной природной средой. Именно поэтому многие архитекторы стараются использовать природные материалы, вписывать здание и его форму в окружающий ландшафт, а планирование территории курорта – с учетом сохранения целостности лесного массива.

Однако при всей важности данной тенденции существуют исключения – горнолыжные курорты, архитектура которых вовсе не располагает к единению с природой. Это значимая проблема, т. к. нарушение гармоничного перехода от архитектуры к природе напрямую влияет на популярность туристического направления конкретного региона [4, 6].

Например, рассмотрим туристическое направление г. Сочи и Алтайского края (рис. 11).



Рис. 11. Архитектура курортов Сочи (Красная Поляна) и Алтайского края (Телецкий)<sup>7</sup>  
Fig. 11. Architecture of resorts in Sochi (Krasnaya Polyana) and Altai Krai (Teletskiy)

ГЛК Красная Поляна обрел свою популярность не столько за счет проведения в городе Олимпийских игр, хотя это, несомненно, послужило импульсом для развития, сколько благодаря своему эстетическому и располагающему архитектурно-художественному облику. В распоряжении отдыхающих целая курортная деревня, где во многом архитектура выстроена на принципах проектирования горнолыжных комплексов, которые сложились много лет назад. Это традиционная лаконичная архитектура в стиле альпийских курортов, откуда начиналось строительство и развитие первых подобных комплексов [12].

<sup>7</sup> URL: <https://krasnayapolyanaresort.ru/about>, <https://kurort-expert.ru/portal/rossiia/altai/c-gornolyzhnye-kurorty>

ГЛК Алтайского края предлагают богатое разнообразие трасс для катания, однако саму архитектуру порой сложно отличить от невзрачных построек торгового назначения, встречающихся в любом городе. При выборе курорта спортсмены и профессионалы могут отдать предпочтение данному направлению благодаря сложности и разнообразию трасс, в то время как новичок или любитель скорее всего предпочтет комфорт, как визуальный, так и эстетический.

Таким образом, туристы чувствуют единение с чем-то первозданным, когда перед ними встает природа, не нарушенная рукой человека посредством архитектурного образа, а связанная с духом местности и видом активного отдыха. Такой отдых оказывает благотворное влияние на психологическое и эмоциональное здоровье человека, обеспечивая и адреналин от экстремального вида спорта, и спокойствие, отдых от шума и суеты. Значит, и сама архитектура не должна возвращать отдыхающих к мыслям о городской среде.

### **Выводы**

Практика проектирования и строительства зданий для отдыха и туризма в каждой стране имеет свои особенности, обусловленные различными историческими, национальными, экономическими, социально-бытовыми и материально-техническими факторами, находящимися в непосредственной связи. В современной зарубежной и российской практике наблюдается стремление к возведению комплексов большой вместимости.

Проектирование и строительство зданий для зимнего отдыха и туризма в горных районах имеет ряд особенностей и связано с определенными сложностями. Сформированные принципы проектирования направлены на корректную и лаконичную организацию архитектурной среды на базе набирающих популярность принципов «устойчивой архитектуры»:

- уменьшение количества занимаемой территории;
- экологичность применяемых строительных материалов;
- минимизация негативного влияния на человека и окружающую среду;
- многофункциональность и всесезонность;
- оптимальная интеграция в природную среду;
- энергоэффективность и вторичное использование;
- сохранение природного окружения.

В настоящее время произошли большие изменения, связанные с появлением разработок в сфере инженерного и транспортного оборудования (усовершенствованные подъемники), современных машин для создания и расчистки трасс и трамплинов, новых архитектурных конструкций и строительных материалов, которые используются при реализации горнолыжных комплексов. Однако возник ряд других вопросов, связанных с экологией и охраной окружающей среды, влиянием того или иного материала на природу, людей, животных, что является очень важной проблемой, требующей поиска решений.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. *Крацев В.К.* Горнолыжные курорты: туристическая эволюция в территориальной организации // Российские регионы: взгляд в будущее. 2016. № 2. С. 147–163.

2. Полякова Е.А. Туристско-рекреационные комплексы в условиях горного ландшафта // Системные технологии. 2019. № 33. С. 62–69.
3. Сугатова М.В. Принципы проектирования горнолыжных курортов // Наука, образование и экспериментальное проектирование. Москва : МАРХИ, 2022. С. 197–198.
4. Мингазова З.З. Интеграция ландшафта в структуру архитектурного объекта // Вестник магистратуры. 2021. № 9-2. С. 53–54.
5. Десятирик И. Летняя эксплуатация ГЛК – смена декораций // Ski industry = Горнолыжная индустрия : журнал для профессионалов горнолыжной индустрии. 2013. № 2. С. 40–45.
6. Творогова Т.Ю. Формообразование туристического комплекса с позиции устойчивой архитектуры // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. Екатеринбург : УралНИИпроект РААСН, 2020. С. 65–69.
7. Федосенкова К.Э., Кузьмина К.Д. Особенности проектирования зданий в условиях сложного рельефа: возможности применения ресурсосберегающих принципов и технологий // Оригинальные исследования (ОРИС). 2022. № 6. С. 189–194.
8. Клокова И.В., Метаньева Д.А. Устойчивая архитектура и пространство инноваций // Архитектура и строительство России. 2015. № 7. С. 17–31.
9. Спортивная Россия: быстрее, выше, сильнее! // ВЦИОМ Новости : [сайт]. URL: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/sportivnaya-rossiya-bystrye-vyshe-silnee> (дата обращения: 05.09.2023).
10. Yunmen Mountain All-Seasons Resort // Architizer : [сайт]. URL: <https://architizer.com/projects/yunmen-mountain-all-seasons-resort/> (дата обращения: 20.09.2023).
11. Шале Les // LEO TRIPPI Luxury Travel Since 1882 : [сайт]. URL: <https://www.leotrippi.com/ru/switzerland/verbier/chalet-les-etrennes/> (дата обращения: 20.10.2023).
12. Красная Поляна. Курорт : [сайт]. URL: <https://krasnayapolyanaresort.ru/about> (дата обращения: 20.09.2023).
13. Горнолыжные курорты в Иране // GoIran : [сайт]. URL: <https://goiran.ru/gornolyzhnyekurorty-v-irane/> (дата обращения: 22.09.2023).
14. Les Arcs Panorama // ClubMed : [сайт]. URL: <https://www.clubmed.ru/t/les-arcs-panorama/w> (дата обращения: 22.09.2023).
15. Академия зимних видов спорта // А2 : [сайт]. URL: <http://www.proa2.ru/projects/akademiya-sporta> (дата обращения: 24.09.2023).

## REFERENCES

1. Krastev V.K. Ski Resorts: Tourist Evolution in Territorial Organization. *Rossiiskie regiony: vzglyad v budushchee*. 2016; (2): 147–163. (In Russian)
2. Polyakova E.A. Tourist and Recreational Complexes in a Mountainous Landscape. *Sistemnye tekhnologii*. 2019; (33): 62–69. (In Russian)
3. Sugatova M.V. Design Principles of Ski Resorts. In: Science, Education and Experimental Design. Moscow, 2022. Pp. 197–198. (In Russian)
4. Mingazova Z.Z. Integration of Landscape Into the Structure of Architectural Object. *Vestnik magistratury*. 2021; (9-2): 53–54. (In Russian)
5. Desyatirik I. Summer Operation of GLK: Change of Scenery. *Gornolyzhnaya industriya*. 2013; (2): 40–45. (In Russian)
6. Tvorogova T.Y. Tourist Complex Formation in Terms of Sustainable Architecture. *Akademicheskii vestnik UralNIIProekt RAASN*. 2020. Pp. 65–69. (In Russian)
7. Fedosenkova K.E., Kuzmina K.D. Building Design in Difficult Terrain: Possibilities of Applying Resource-Saving Principles and Technologies. *Original'nye issledovaniya*. 2022; (6): 189–194. (In Russian)
8. Klokova I.V., Metanyev D.A. Sustainable Architecture and Innovation. *Arkhitektura i stroitel'stvo Rossii*. 2015; (7): 17–31. (In Russian)
9. Sports Russia: Faster, Higher, Stronger! Available: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/sportivnaya-rossiya-bystrye-vyshe-silnee> (accessed May 9, 2023). (In Russian)
10. Yunmen Mountain All-Seasons Resort. Available: <https://architizer.com/projects/yunmen-mountain-all-seasons-resort/> (accessed May 9, 2023).

11. Les Etrennes Chalet. Available: [www.leotrippi.com/ru/switzerland/verbier/chalet-les-etrennes](http://www.leotrippi.com/ru/switzerland/verbier/chalet-les-etrennes) (accessed October 20, 2023).
12. About the Resort, Available: <https://krasnayapolyanaresort.ru/about> (accessed October 20, 2023). (In Russian)
13. Ski Resorts in Iran. Available: <https://goiran.ru/gornolyzhnye-kurorty-v-irane> (accessed September 22, 2023). (In Russian)
14. Les Arcs Panorama. Available: [www.clubmed.ru/r/les-arcs-panorama/w](http://www.clubmed.ru/r/les-arcs-panorama/w) (accessed September 22, 2023).
15. Academy of Winter Sports. Available: [www.proa2.ru/projects/akademiya-sporta](http://www.proa2.ru/projects/akademiya-sporta) (accessed September 24, 2023). (In Russian)

#### **Сведения об авторах**

*Буренок Елизавета Сергеевна*, магистрант, Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета, 344082, г. Ростов-на-Дону, пр. Будёновский, 39, [burenok@sfedu.ru](mailto:burenok@sfedu.ru)

*Скоблицкая Юлия Александровна*, канд. архитектуры, Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета, 344082, г. Ростов-на-Дону, пр. Будёновский, 39, [yskoblickaya@sfedu.ru](mailto:yskoblickaya@sfedu.ru)

#### **Authors Details**

*Elizaveta S. Burenok*, Graduate Student, Southern Federal University, 39, Budennovskii Ave., 344082, Rostov-on-Don, Russia, [burenok@sfedu.ru](mailto:burenok@sfedu.ru)

*Yulia A. Skoblitskaya*, PhD, Southern Federal University, 39, Budennovskii Ave., 344082, Rostov-on-Don, Russia, [yskoblickaya@sfedu.ru](mailto:yskoblickaya@sfedu.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 06.05.2024  
Одобрена после рецензирования 15.05.2024  
Принята к публикации 14.06.2024

Submitted for publication 06.05.2024  
Approved after review 15.05.2024  
Accepted for publication 14.06.2024

Вестник Томского государственного  
архитектурно-строительного университета.  
2024. Т. 26. № 4. С. 118–129.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo  
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –  
Journal of Construction and Architecture.  
2024; 26 (4): 118–129.  
Print ISSN 1607-1859  
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 72.01

DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-118-129

EDN: HВОНСУ

## ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ПРОСТРАНСТВА И ПЛАСТИКИ В ПРОЕКТЕ ФИЛИАЛА ТРЕТЬЯКОВСКОЙ ГАЛЕРЕИ В КАЛИНИНГРАДЕ

**Тимофей Вадимович Журавлев, Елена Валентиновна Ермоленко**  
*Московский архитектурный институт (государственная академия),  
г. Москва, Россия*

**Аннотация.** Статья представляет собой фрагмент из системного научного исследования проектной деятельности бюро «Меганом», проводимого в рамках изучения особенностей авторского подхода в современной отечественной архитектуре.

**Цель работы** заключается в определении концептуальных первооснов, применяемых в построении пространства и пластики в здании филиала Третьяковской галереи, спроектированном студией Ю.Э. Григоряна в г. Калининграде.

В работе использован *метод* построения аналитических моделей, выявляющих характерные особенности авторских приемов построения пространства и пластики в проекте здания филиала Третьяковской галереи в г. Калининграде.

**Основные результаты и выводы.** На основе проведенного исследования, при сравнении авторских схем с некоторыми примерами современного зодчества, показано развитие авторского подхода и преемственность концептуальных идей. Построение пространства и пластики в проекте филиала Третьяковской галереи в г. Калининграде выполнено в общей для современной архитектуры стилистике с учетом наиболее ярких тенденций мирового музейного зодчества, с сохранением авторского концептуального понимания архаического выставочного пространства.

**Ключевые слова:** архитектурное бюро «Меганом», филиал Третьяковской галереи, музейное пространство, пластика, плита, городская площадь

**Для цитирования:** Журавлев Т.В., Ермоленко Е.В. Особенности построения пространства и пластики в проекте филиала Третьяковской галереи в Калининграде // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 4. С. 118–129. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-118-129. EDN: HВОНСУ

## ORIGINAL ARTICLE

**CONSTRUCTION OF SPACE AND PLASTICITY  
IN THE PROJECT OF THE TRETYAKOV GALLERY BRANCH  
IN KALININGRAD****Timofey V. Zhuravlev, Elena V. Ermolenko***Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow, Russia*

**Abstract.** This article is a fragment of a systematic scientific study of the design activity of the "Meganom" bureau, conducted within the framework of the author's approach to contemporary Russian architecture.

**Purpose:** To determine the conceptual fundamentals used in the construction of space and plasticity of the Tretyakov Gallery branch, designed by Meganom" bureau in Kaliningrad.

**Methodology:** Building analytical models of the proposed space and plasticity construction in the project of the Tretyakov Gallery branch in Kaliningrad are used.

**Research findings:** The development of the proposed approach and continuity of conceptual ideas is shown. The space and plasticity construction is carried out in the common architectural style taking into account the most striking trends of the world museum architecture, with the preservation of the author's understanding of the archetype of the exhibition space.

**Keywords:** "Meganom" architectural bureau, Tretyakov Gallery branch, museum space, plastic, slab, town square

**For citation:** Zhuravlev T.V., Ermolenko E.V. Construction of Space and Plasticity in the Project of the Tretyakov Gallery Branch in Kaliningrad. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2024; 26 (4): 118–129. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-118-129. EDN: НВОНСУ

**Введение**

В 2019 г. архитектурно-градостроительный совет Калининградской области утвердил проектное решение нового культурного кластера на Октябрьском острове. Разработка концепции мастер-плана музейно-театрального комплекса была поручена студии «Меганом» под руководством Ю.Э. Григоряна. В состав объектов, планируемых к размещению на участке застройки, входило и здание филиала Третьяковской галереи, открытие которого запланировано на лето 2024 г. С момента представления концепции музей почти не изменил свой первоначальный облик и представляет собой яркий пример выставочного пространства среди новейших проектов архитектурного бюро «Меганом».

К середине 2000-х гг. практический опыт студии «Меганом» включал в себя значительное количество реализованных крупных общественных и выставочных пространств, среди которых проекты реконструкции и развития ГЦСИ им. Пушкина, Музея военно-морского флота в г. Кронштадте, а также здания Нового Музея Кремля. Филиал Третьяковской галереи – работа, в рамках которой студия Ю.Э. Григоряна представляет свое концептуальное видение современного музейного пространства, а также принципы взаимодействия архитектуры со средой и окружающим контекстом.

**Контекст**

Среди многочисленных культурно-общественных пространств проект филиала Третьяковской галереи выделяется, прежде всего, своим контекстом.

В отличие от проектов Пушкинского музея и музея ВМФ, когда архитекторам бюро «Меганом» приходилось взаимодействовать с сохраняемой исторической средой, проект в Калининграде расположен на еще не освоенной территории Октябрьского острова за границами городской застройки. Освоение этого участка земли, зажатого между двумя рукавами р. Преголи, началось со строительства стадиона «Ростех Арена». Фактически на данной территории архитекторы вольны работать вне жестких рамок, вне ориентации на существующий исторический контекст.

Кластер, в который входит филиал Третьяковки, стал второй очередью застройки острова, работы на этом участке начались сразу после проведения футбольного первенства 2018 г. Вытянутое вдоль р. Преголи ровное плато предлагало архитекторам условия *tabula rasa* [1], никак не органичивая в выборе формы и конфигурации объектов. Корпуса ранее располагавшейся на этой территории немецкой деревянной фабрики почти полностью были утрачены при строительстве эстакадного моста в послевоенные годы. К началу XXI в. территория превратилась в пустырь, периодически затапливаемый водами реки.

Работая в ситуации фактически полного отсутствия ограничений со стороны исторического контекста, «Меганом» сформировал мастер-план участка из двух функциональных зон, разделенных ландшафтным парком (рис. 1). Такое решение не имеет явных обоснований и взаимосвязей с прошлым или настоящим Калининграда-Кенегсберга и представляется как исключительная воля авторов, задающих новый масштаб застройки этой части города.



Рис. 1. Концепция генерального плана общественно-культурного кластера на Октябрьском острове в г. Калининграде. Архитектурная концепция. АБ «Меганом», 2019 г., план-схема

Fig. 1. Master plan concept of social and cultural cluster on the Oktyabrsky Island in Kaliningrad. Meganom architectural bureau, 2019

Филиал музея Третьяковской галереи размещается вблизи эстакадного моста, отделяющего территорию кластера от массива жилой застройки. Выбор

такого положения объема музея в структуре мастер-плана представляется неоднозначным, т. к. доступ к зданию со стороны города на момент ввода в эксплуатацию будет осуществляться преимущественно через малопривлекательное пространство крытой парковки под дорогой. Однако с точки зрения развития этой территории филиал Третьяковской галереи представляет собой своего рода буферную зону на стыке пространства старой застройки и новых кварталов, проектирование которых подразумевалось в планах городского развития [2]. В личном интервью ведущий архитектор проекта Александр Салько поделился своими воспоминаниями о процессе проектирования, рассказав, что отправной точкой формирования облика проекта стало желание «оторвать экспозицию от уровня земли, превратив вестибюль в продолжение ландшафтного парка».

### Форма и пространство здания. Общая концепция

Здание филиала Третьяковской галереи представляет собой прямоугольную ортогонально расположенную плиту, покоящуюся на свободностоящих прямоугольных блоках (рис. 2). Из музейного объема словно бы вырастает лаконичная четырехугольная призма, в которой, по задумке архитекторов, должны разместиться административные пространства.



Рис. 2. Здание филиала Третьяковской галереи. Фото авторов, 2024 г.  
Fig. 2. Tretyakov Gallery branch building. 2024

Верхний и нижний уровни здания имеют разную программную функцию. На первом этаже размещаются служебные и рекреационные зоны – кафе, магазин, лекторий, зрительный зал и гардероб. Общественное пространство здесь формируется благодаря массивным блокам административных и технических помещений, которые расставлены по периметру этажа (рис. 3). В центральной части устроен двухсветный вестибюль, который обеспечивает связь с залами экспозиции (рис. 3). Сами авторы проекта предъявляют первый уровень как «городскую площадь» [3], которая должна стать ядром общественного пространства, где будут собираться посетители и экскурсионные группы перед входом на выставку. Рем Колхас, один из лидеров современной архитектуры, уже в конце XX в. позиционировал музеи как «городские гостиные», задача которых лежала в плоскости организации общественной жизни мегаполисов, развитии

и придании разнообразия городской ткани. Отголоски этой идеи прослеживаются и в концепции рассматриваемого музея.

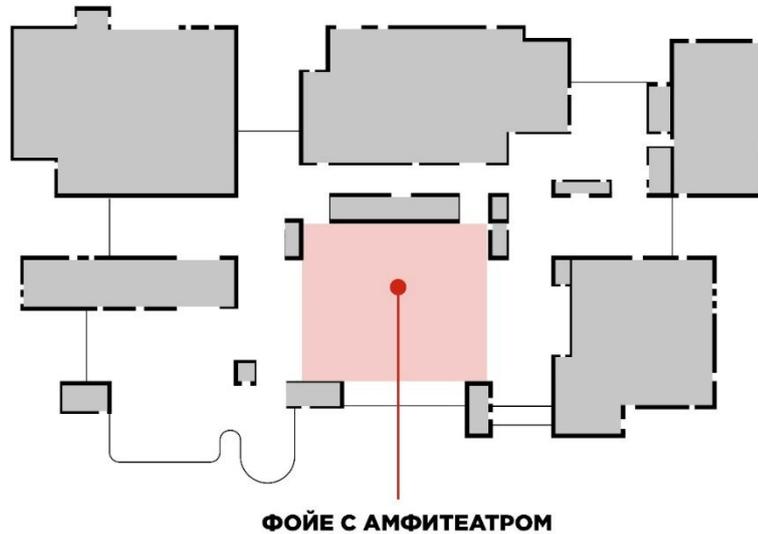


Рис. 3. Здание филиала Третьяковской галереи. Архитектурная концепция. АБ «Меганом», 2019 г., схема построения пространства первого этажа  
Fig. 3. Tretyakov Gallery branch building, ground floor. Meganom architectural bureau, 2019

«Алюминиевая пластина» верхнего уровня вмещает в себя все экспозиционные пространства, небольшой лекторий и часть технических помещений, необходимых для эксплуатации выставок. В отличие от «городской площади» первого этажа, которая предположительно должна стать продолжением ландшафтного парка, второй этаж здания концептуализируется авторами проекта как «анонимный контейнер для искусства» [3]. Здесь пространство формируется из прямоугольных залов разного масштаба, удерживаемых в ортогональном контуре внешних стен (рис. 4). Мы вернемся к анализу внутреннего пространства музея чуть позже, однако сейчас отметим данный прием как принципиально важный, объясняющий авторское видение музейного здания.

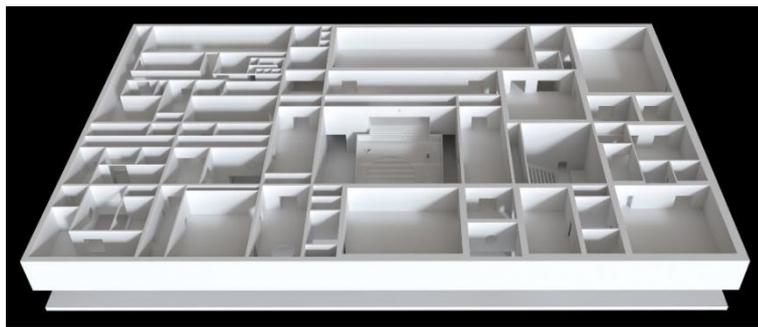


Рис. 4. Здание филиала Третьяковской галереи. Архитектурная концепция. АБ «Меганом», 2019 г., структура пространства второго этажа, макетный рендер  
Fig. 4. Tretyakov Gallery branch building, second floor, Meganom architectural bureau, 2019

В стеклянной призме, возвышающейся над кровлей здания, размещаются административные зоны и залы для переговоров. Связь с этими помещениями обеспечивается через лестнично-лифтовой узел, вокруг которого разворачиваются пространства этажей. Для посетителей доступ в этот блок ограничен, а вестибюль коммуникационного узла расположен в структуре одного из технических блоков первого уровня с отдельным входом со стороны эстакадного моста.

### Концептуальные первоосновы формообразования

В отличие от большинства городов материковой России, Калининградская область представляет собой пространство с уникальным и неоднородным историко-культурным фоном, в котором смешиваются слои из нескольких эпох [4]. В описании проекта на сайте бюро [3] указано, что архитекторы стремились уйти от какого-либо очевидного решения. Такая нейтральная позиция студии Ю.Э. Григоряна не исключает наличия в этой работе нескольких возможных прочтений построения пространства и пластики, которые могут быть выявлены путем сопоставления с различными примерами современной отечественной и зарубежной практики.

Опираясь на результаты исследования, можно рассматривать форму здания филиала Третьяковской галереи как реакцию на неоднозначность окружающего контекста. Например, соседний эстакадный мост имеет сходную с концепцией музея логику построения – обеспечивает возможность беспрепятственной циркуляции между городской застройкой и остальным пространством Октябрьского острова за счет поднятой на бетонные опоры дороги (рис. 5). Кроме того, объем вертикальной призмы, размещаемый архитекторами на кровле здания, своим масштабом и прямоугольной формой отсылает к панельным домам, расположенным по другую сторону путепровода (рис. 5). В рамках такой трактовки допустимо рассматривать формообразование музея как коллаж из «архетипов нескольких городских ситуаций» [5], объединенных в рамках одного здания.

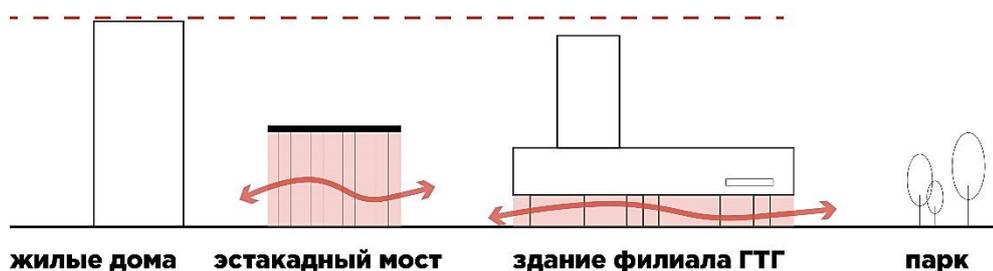


Рис. 5. Развертка застройки Октябрьского острова в районе эстакадного моста

Fig. 5. Oktyabrsky Island development near the flyover bridge

Музейное зодчество – одно из самых интересных в проектной практике XX–XXI вв. Самые известные архитекторы и бюро работали над проектами музеев, реализуя в них свои концепции, приверженность к тем или иным стилистическим направлениям. Очевидно, что архитекторы, разрабатывающие музеи

сегодня, имея свое личностное понимание музейного пространства и роли музея в современном мире, чувствуют некие характерные тренды, взаимодействуют с концепциями других авторов. В данном исследовании авторы провели сопоставление проекта филиала Третьяковской галереи с работами японского бюро SANAA и, в частности, со зданием театра и культурного центра De Kunstlinie [6] в голландском городе Алмере (рис. 6). Как и в проекте бюро «Меганом», основные функциональные помещения собраны внутри пластины, над которой возвышается несколько призматических объемов. Кроме того, схожесть проектов прослеживается и в особенностях контекста – оба здания находятся вблизи открытой водной поверхности и являются частью реновации городских территорий. Различие между подходами заключается в том, что «Меганом» поднимает пластину на постамент из ортогональных блоков, формируя тем самым более разнообразное внутреннее пространство.

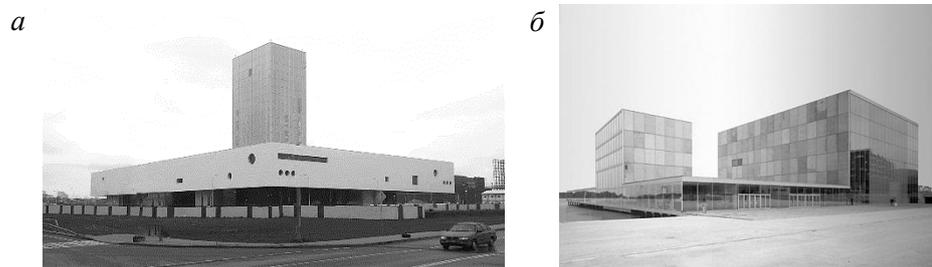


Рис. 6. Сравнение визуального облика проектов АБ «Меганом» и студии SANAA: *a* – здание филиала Третьяковской галереи. Фото авторов, 2024 г.; *б* – культурный центр De Kunstlinie. Фото авторов, 2010 г. [6]

Fig. 6. Comparison of projects of Mgeanom architectural bureau and SANAA studio: *a* – Tretyakov Gallery branch building, 2024; *b* – cultural center "De Kunstlinie", 2010

Минималистичное формообразование здания музея отсылает нас к работе архитектурного бюро ОМА, зданию Биржи в Китае, где традиционная башня поднята над базой, что создает ощущение консоли. Данное решение позволило организовать пространство в уровне земли.

Таким образом, уже в рамках общей концепции формообразования можно наблюдать различные референции постмодернистских концепций. Возможность представить внешний облик здания как результат сложения нескольких архетипов «городских ситуаций» отсылает к идеям Освальда Матиаса Унгерса [7]. В то же время аскетичность пластического решения «плиты над парком» может отражать влияние на студию Ю.Э. Григоряна эстетики минимализма современной японской архитектуры.

### Концептуальные первоосновы построения пространства первого этажа

Рассмотрим подробнее пространственное решение общественной зоны музея. Первый уровень, вмещающий в себя рекреационные фойе, кафе и магазины, – это «городская площадь перед музеем» [3]. Такая трактовка представляется прямым отражением внутренней логики. Рассматривая общественное пространство первого уровня в сравнении с приемами построения средневековых

европейских площадей (рис. 7) [8], можно обнаружить, что положение административных и служебных блоков в структуре плана филиала Третьяковской галереи подчинено определенной структуре. Помещая ортогональные объемы разной формы свободно друг от друга, архитекторы студии «Меганом» воспроизводят разветвленную систему из нескольких типов «городских ситуаций»:

- «променады» и «улицы» – вытянутые проходы между массивными блоками, сформированные по внешнему контуру здания;
- «центральная площадь» – пространство вестибюля, в котором располагается амфитеатр, сформированное небольшими ортогональными объемами служебных помещений;
- «второстепенная площадь» – пространство кафе, которое формируется одновременно и массивным ортогональным объемом, и небольшими призматическими формами, представляя собой гибрид между двумя предыдущими типологиями.

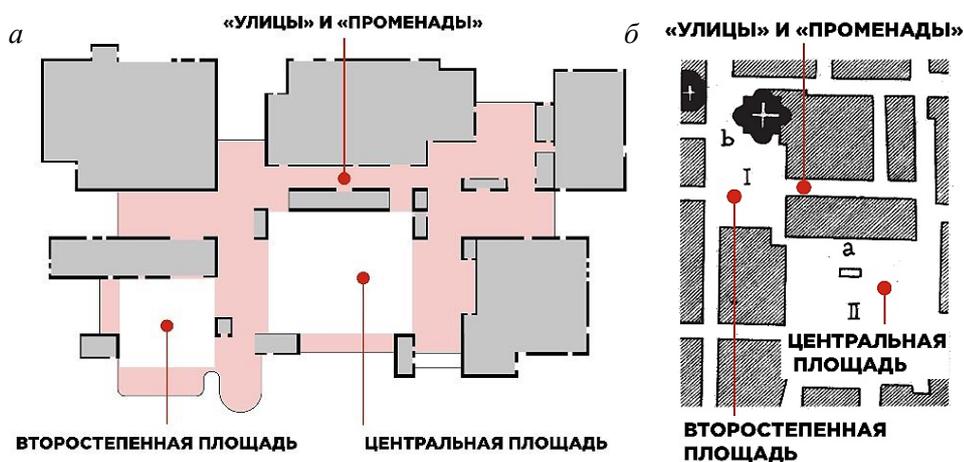


Рис. 7. Сравнение построения пространства в проекте АБ «Меганом» и принципов организации средневековой площади:

*a* – здание филиала Третьяковской галереи. Архитектурная концепция. АБ «Меганом», 2019 г., пространственная схема первого этажа; *б* – Парма. Площадь Стеккате и площадь Гранте в структуре городской застройки [8]

Fig. 7. Comparison of the construction space in the project of "Meganom" and medieval square: *a* – Tretyakov Gallery branch building. Meganom architectural bureau, 2019, first floor; *b* – Parma. Piazza Stekkate and Piazza Grante

При этом внутренние пространства блоков служебных помещений, формирующих контуры этих городских зон, представляют собой набор прямоугольных комнат разного функционального назначения. В планировочной структуре они могут быть сведены к ортогональной сетке с разными габаритами ячеек (рис. 9, б). Выбор масштаба самих блоков также может быть рассмотрен в концепции формирования «городской площади». Более крупные объемы собираются по периметру здания, формируя особенно плотный контур со стороны эстакадного моста; промежутки, оставленные между ними, направляют основные потоки посетителей к «городской площади» – центральному общественному

пространству здания (рис. 9, а). В то же время со стороны ландшафтного парка размещаются более мелкие объемы, которые не препятствуют циркуляции, но при этом артикулируют пространство фойе в структуре плана.

Прием формирования общественного пространства за счет интервалов между функциональными блоками также может быть рассмотрен в сравнении со зданием музея искусства XXI в. в г. Канадзаве, спроектированным студией SANAA [6] (рис. 8). В данном проекте японские архитекторы представили внутреннюю структуру в виде ортогональной сетки из отдельно стоящих экспозиционных залов, собранных в рамках контура круга. Общественное пространство, помещенное в интервалах между блоками, как и в проекте бюро «Меганом», зонировается именно за счет уменьшения или увеличения ширины прохода (рис. 8).

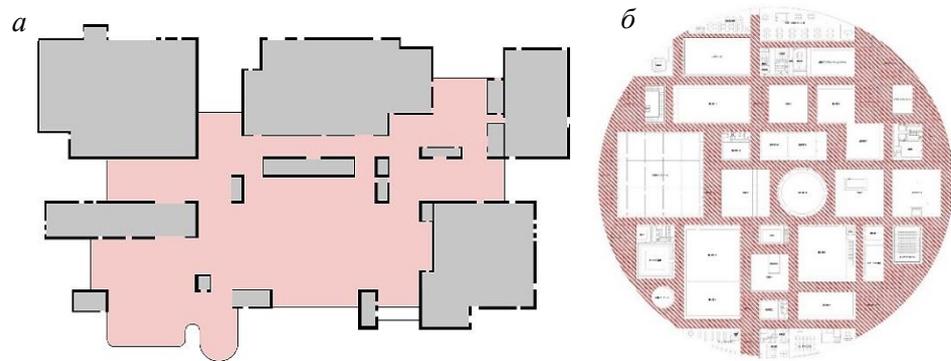


Рис. 8. Сравнение построения пространства в проектах АБ «Меганом» и студии SANAA: а – здание филиала Третьяковской галереи. Архитектурная концепция. АБ «Меганом», 2019 г., пространственная схема первого этажа; б – Музей искусства XXI в. SANAA, Япония, Канадзава, 2010 г., пространственная схема первого этажа [6]

Fig. 8. Comparison of space construction in the project of Meganom architectural bureau and SANAA studio:

а – Tretyakov Gallery branch building, first floor. Meganom, 2019; б – Museum of Art of the 21st century. SANAA, Japan, Kanazawa, 2010

### Концептуальные первоосновы построения пространства экспозиции

При создании своего «анонимного контейнера для искусства» [3] архитекторы бюро «Меганом» используют систему планировочных решений, строящуюся на иных принципах, нежели те, что были рассмотрены в тексте выше. Основное отличие внутреннего содержания уровня «плиты» от уровня «городской площади» заключается в том, что пространство здесь формируется из сплошной сетки комнат и залов разного масштаба. Примыкая вплотную друг к другу, ячейки этой структуры вписываются в ровный прямоугольный контур внешнего периметра стен, что вызывает аналогии с принципом самоподобия фрактальной геометрии.

Отметим, что в новейшей архитектуре чрезвычайно важную роль играют проекты, в которых доминирует жёсткий контур плана, «сдерживающий» разнообразные построения внутри себя. Так, на примере Музея искусств в Толидо

(арх. бюро SANAA) или Музея Беркели (Т. Ито) можно проследить единую логику построения современного экспозиционного пространства.

Также при анализе концепции формообразования уже были отмечены определенные сходства между пластиной филиала Третьяковской галереи и плитой здания культурного центра De Kunstlinie в г. Алмере. В проекте бюро SANAA построение структуры плана также может быть прочитано как вариация на тему фрактальных построений. Такой вариант рассмотрения предлагает критик и теоретик архитектуры Джуан Кортес в своей статье *Architectural Topology* [6]. В этом же тексте указана и еще одна трактовка, представляющая пространство здания культурного центра De Kunstlinie как пример «неиерархической планировочной структуры» [6].

Сравнивая проект филиала Третьяковской галереи с работой SANAA, важно отметить, что используемые архитекторами бюро «Меганом» приемы построения выставочных пространств имеют определенное сходство с подходом японских коллег (рис. 9). Формируя планировочную структуру из помещений с одинаковым типом геометрии, студия Ю.Э. Григоряна воспроизводит неиерархическую структуру плана, освобождая кураторов от ограничений, накладываемых анфиладным построением комнат в классических музеях.

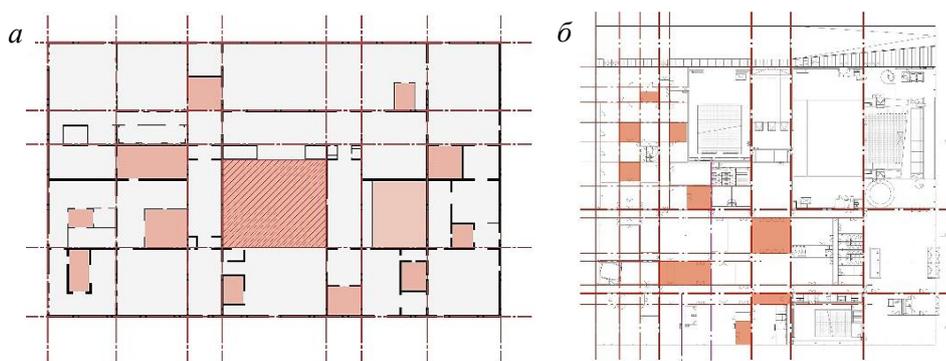


Рис. 9. Сравнение построения пространства в проектах АБ «Меганом» и студии SANAA: *a* – здание филиала Третьяковской галереи. Архитектурная концепция. АБ «Меганом», 2019 г., пространственная схема первого этажа; *б* – Культурный центр De Kunstline, план здания, SANAA, Алмере, Нидерланды, 2010 г. [6]

Fig. 9. Comparison of space construction in the project of Meganom architectural bureau and SANAA studio:  
*a* – Tretyakov Gallery branch building, first floor, Meganom, 2019; *b* – Cultural Center De Kunstline, building plan, SANAA, Almere, Netherlands, 2010

Еще одним аспектом, позволяющим проводить аналогию между этими двумя проектами, является «система пустот», которая встраивается в сетку прямоугольных залов (рис. 9). Используя этот прием, обе архитектурные студии, очевидно, преследуют вполне прагматическую цель – обеспечить дополнительную инсоляцию помещений.

Однако на этом сходства проектов заканчиваются. Если в проекте SANAA открытые пространства могут быть рассмотрены как логические интервалы между некоторыми функциональными зонами, которые, тем не менее,

имеют сквозной проход, то в здании филиала Третьяковской галереи «пустоты» представляют собой световые колодцы, исключающие доступ внутрь из помещений второго этажа. При этом их расположение в структуре плана переключается с расположением общественных пространств первого этажа. Можно предположить, что архитекторы бюро «Меганом» наделяют «систему пустот» качеством «концептуальной арматуры» [9], которая связывает между собой два уровня здания.

### Выводы

Выявленные в ходе исследования трактовки принципов построения пространства и пластики в здании филиала Третьяковской галереи позволяют говорить о попытке совмещения архитекторами студии «Меганом» нескольких постмодернистских концепций, в число которых входят как радикальные «критические манифесты», так и сдержанные высказывания, граничащие с концепциями модернизма.

Такой подход к проектированию интересен тем, что итоговая форма не является результатом полноценного цитирования, а представляет собой гибрид из различных приемов. Можно предположить, что архитектурное бюро «Меганом» в проекте филиала Третьяковской галереи стремится дистанцироваться от однозначности своей позиции, предлагая в качестве авторского подхода множество заимствований из отечественной и зарубежной практики, смешанных в калейдоскопе постмодернистского коллажа.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Аурели П.В.* Теология Tabula Rasa: Вальтер Беньямин и архитектура в эпоху предопределенности // Log. 2013. Winter/Spring. № 27. P. 111–127.
2. *Остров-Оазис* // Archi.Ru : [сайт]. URL: <https://archi.ru/russia/83938/ostrovoazis?ysclid=lufticvib3174318063> (дата обращения: 31.03.2024).
3. *МЕГАНОМ* : [официальный сайт архитектурного бюро]. URL: <https://meganom.moscow/ru/> (дата обращения: 31.03.2024).
4. *Чечот И.Д.* Гению места Калининграда и Кенегсберга // АТР ГИД. Ru : [сайт]. URL: <http://kaliningrad-old.ncca.ru/art-guide/index-6.htm?by=p&aglang=rus&au=003chechot> (дата обращения: 31.03.2024).
5. *Аурели П.В.* Возможности абсолютной архитектуры : пер. с англ. Москва : Strelka Press, 2014. 304 с.
6. *Fernando Marques Cecilia, Richard Levene.* SANAA Kazuyo Sejima Ryue Nishizawa 2004–2008. El Croquis, 139. Madrid, 2007.
7. *Ситар С.В.* Освальд Матиас Унгерс и его несвоевременная философия сложности // Проект Россия ПИ 44. 2017. С. 154–155.
8. *Зитте К.* Художественные основы градостроительства / пер. с нем. Я. Крастиньша. Москва : Стройиздат, 1993. 255 с.
9. *Айзенман П.* Десять канонических зданий: 1950–2000 : пер. с англ. Москва : Strelka Press, 2017. 312 с.

### REFERENCE

1. *Aureli P.V.* The Theology of Tabula Rasa: Walter Benjamin And Architecture in the Age of Pre-arity. Log. No. 27, Winter/Spring 2013. New York: Anyone Corporation. 2013 Pp. 111–127.
2. *Oasis Island*: Archi.Ru. Available: <https://archi.ru/russia/83938/ostrovoazis?ysclid=lufticvib3174318063> (accessed March 31, 2024) (In Russian)

3. Meganom. Available: <https://meganom.moscow/ru/> (accessed March 31, 2024)
4. *Chechot I.D.* To Genius of the Place of Kaliningrad and Kenegsberg. APR GID. Available: <http://kaliningrad-old.ncca.ru/art-guide/index-6.htm?by=p&aglang=rus&au=003chechot> (accessed March 31, 2024). (In Russian)
5. *Aureli P.V.* The Possibility of an Absolute Architecture. Moscow: Strelka Press, 2014. 304 p. (Russian translation)
6. *Fernando Marques Cecilia, Richard Levene.* SANAA Kazuyo Sejima Ruye Nishizawa 2004–2008, El Croquis 139, Madrid 2007
7. *Sitar S.V.* Oswald Matthias Ungers and his Untimely Philosophy of Complexity. *Proekt International*. 2017; (44): 154–155. (Russian translation)
8. *Zitte K.* Artistic Bases of Urban Development. Moscow: Stroyizdat, 1993. 255 p. (Russian translation)
9. *Eisenman P.* Ten Canonical Buildings: 1950–2000. Moscow: Strelka Press, 2017. 312 p. (Russian translation)

#### Сведения об авторах

*Журавлев Тимофей Вадимович*, магистрант, Московский архитектурный институт (государственная академия), 107031, г. Москва, ул. Рождественка, 11/4, корп. 1, стр. 4, [timmy.non.stop@gmail.com](mailto:timmy.non.stop@gmail.com)

*Ермоленко Елена Валентиновна*, канд. архитектуры, доцент, член Союза архитекторов, член российского отделения DOCOMOMO, Московский архитектурный институт (государственная академия), 107031, г. Москва, ул. Рождественка, 11/4, корп. 1, стр. 4, [markhi\\_ermolenko@mail.ru](mailto:markhi_ermolenko@mail.ru)

#### Authors Details

*Timofey V. Zhuravlev*, Graduate Student, Moscow Architectural Institute (State Academy), 11, Rozhdestvenka Str., 107031, Moscow, Russia, [timmy.non.stop@gmail.com](mailto:timmy.non.stop@gmail.com)

*Elena V. Ermolenko*, PhD, A/Professor, member of UMA, DOCOMOMO, Moscow Architectural Institute (State Academy), 11, Rozhdestvenka Str., 107031, Moscow, Russia, [markhi\\_ermolenko@mail.ru](mailto:markhi_ermolenko@mail.ru)

#### Вклад авторов

*Журавлев Т.В.* – концепция исследования, сбор и обработка материала, написание статьи.  
*Ермоленко Е.В.* – научное руководство и редактирование текста.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Authors contributions

*Zhuravlev T.V.* conceptualization, data curation and processing, writing – original draft preparation.

*Ermolenko E.V.* supervision and editing the manuscript.  
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 09.04.2024  
Одобрена после рецензирования 21.05.2024  
Принята к публикации 14.06.2024

Submitted for publication 09.04.2024  
Approved after review 21.05.2024  
Accepted for publication 14.06.2024

Вестник Томского государственного  
архитектурно-строительного университета.  
2024. Т. 26. № 4. С. 130–137.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo  
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –  
Journal of Construction and Architecture.  
2024; 26 (4): 130–137.

Print ISSN 1607-1859  
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 72.012.18 (571.16)

DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-130-137

EDN: ICCPHK

## КВАРТИРОГРАФИЯ СОЦИАЛЬНОГО ЖИЛЬЯ ДЛЯ ГОРОДА ТОМСКА В АРХИТЕКТУРЕ ЖИЛИЩА

**Ирина Дмитриевна Верёвкина**

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

**Аннотация.** *Актуальность.* Квартирография – оценка типов жилых ячеек и их соотношения в многоквартирном жилом здании или жилой застройке – является одним из основных в комплексе параметров, определяющих объемно-планировочные решения при архитектурном проектировании многоквартирного жилого здания.

*Цель:* составление рекомендаций по формированию номенклатуры жилых ячеек жилого фонда социального использования, которая будет применяться при архитектурном проектировании многоквартирного жилого здания; определение предпочтительной этажности размещения разных типов квартир для проживания семей, состоящих на учете в качестве нуждающихся в улучшении жилищных условий в районных администрациях г. Томска.

Критериями, определяющими место жилых ячеек в объемно-планировочном решении многоквартирного жилого здания, являются демографический состав семей и группы мобильности их членов.

В процессе работы использован *метод* статистического анализа данных, моделирование графических схем объемно-планировочных решений многоквартирных жилых зданий на основе вариативности типов жилых ячеек от одной до шести комнат.

*Результатом* работы является разработка предложений в части квартирографии по архитектуре жилища при формировании объемно-планировочных решений многоквартирных жилых зданий жилого фонда социального использования г. Томска.

**Ключевые слова:** архитектура жилища, социальное жилье, жилые ячейки, многоквартирное жилое здание

**Для цитирования:** Верёвкина И.Д. Квартирография социального жилья для города Томска в архитектуре жилища // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 4. С. 130–137. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-130-137. EDN: ICCPHK

ORIGINAL ARTICLE

## APARTMENT LAYOUTS OF SOCIAL HOUSING FOR TOMSK ARCHITECTURE

Irina D. Verevkina

*Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia*

**Abstract.** Apartment layouts define the types of residential cells and their correlation with a multi-apartment residential building or residential development. It is one of the main parameters that determines spatial planning in the architectural design of a multi-apartment residential building.

**Purpose:** To formulate recommendations for classification of residential cells of the housing fund for social use, which will be appropriate for the architectural design of a multi-apartment residential building; to determine accommodation of different types of apartments for families registered in the Tomsk regional administrations to improve living conditions. The criteria that determine the place of residential cells in the spatial planning solution of a multi-apartment residential building include the demographic composition of families and mobility of their members.

**Methodology:** Statistical data analysis and diagrams of spatial planning solutions for multi-apartment residential buildings, making use of residential cells of one to six rooms.

**Value:** Solutions for housing architecture are proposed through apartment layouts in terms of the spatial planning for multi-apartment residential buildings in the Tomsk social housing.

**Keywords:** housing architecture, social housing, residential cells, multi-apartment residential building

**For citation:** Verevkina I.D. Apartment Layouts of Social Housing for Tomsk Architecture. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2024; 26 (4): 130–137. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-130-137. EDN: ICCPHK

Улучшение жилищных условий граждан является одной из основных задач государственной стратегии развития России. Одной из мер социальной поддержки для людей, не имеющих возможности приобретения или аренды жилья по рыночным ценам, является предоставление социального жилья. Под социальным понимается жилье, право собственности на которое принадлежит федеральным или местным органам власти и которое может быть предоставлено малоимущим и нуждающимся гражданам на основе договора социального найма жилого помещения. Такое жилье необходимо для регулирования социального и демографического развития общества.

Квартирография жилой застройки и многоквартирных жилых зданий определяется демографическим составом и запросами будущих жителей. Соответственно квартирография социального жилья для г. Томска должна быть определена минимально допустимыми значениями площади жилых ячеек и демографическим составом семей, состоящих на учете в качестве нуждающихся в улучшении жилищных условий в районных администрациях г. Томска [1].

На рис. 1 для жилого фонда социального использования г. Томска приведено целесообразное процентное соотношение типов жилых ячеек (от однокомнатной для одиноко проживающего человека до шестикомнатной для больших семей из 5–6 чел.) с учетом демографического состава населения и количества разных типов семей. Следует отметить, что типы и подтипы жилых ячеек были рассмотрены ранее [1]. По планировочной структуре, учитывая

климатические особенности, к наиболее подходящим для г. Томска можно отнести секционные и коридорные многоквартирные жилые дома.

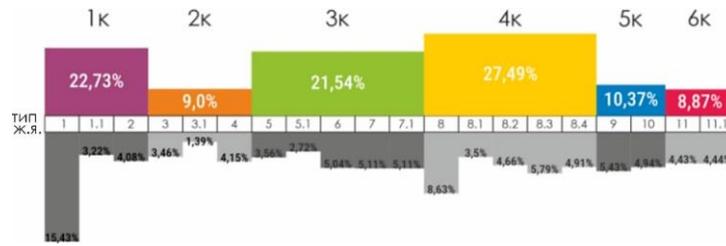


Рис. 1. Целесообразное процентное соотношение типов жилых ячеек  
 Fig. 1. Appropriate percentage of residential cell types

При применении (размещении) разработанных типов и подтипов жилых ячеек в составе многоквартирных жилых зданий необходимо учитывать социально-демографические характеристики проживающих. Для разных типов жилых ячеек автором составлена таблица, в которой представлены предпочтительные этажи размещения жилых ячеек в многоквартирных жилых зданиях.

**Анализ предпочтений размещения жилых ячеек в многоквартирных жилых зданиях**

**Preferences for residential cells in multi-apartment residential buildings**

ж.я.	СОСТАВ СЕМЬИ	тип	вариант размещения	комментарии
1к.		1	на 1 этаже	Для людей с ограниченной подвижностью, пожилых, которым трудно подниматься по лестнице и важен более легкий выход на улицу.
1к.		1.1		
1к.		2	на 2-4 этажах	Семьям с детьми предпочтительны квартиры на нижних этажах, чтобы избежать необходимости поднимать транспорт детей по лестнице / ждать лифт.
2к.		3		
2к.		3.1	на 2-4 этажах	Супружеские пары или семьи с детьми в возрасте до 3 лет.
2к.		4		
3к.		5	на 2-4 этажах	Супружеские пары или семьи с детьми и пожилыми родственниками / МГН.
3к.		5.1		
3к.		6	на 5-9 этажах	4, 5, 6- комнатные ж.я. следует размещать над 1, 2- комн. согласно размещению инженерных систем
3к.		7		
3к.		7.1	на 5-9 этажах	Семьи с детьми среднего и старшего школьного возраста.
4к.		8		
4к.		8.1	на 5-9 этажах	Супружеские пары или семьи с детьми до 3 лет или пожилыми родственниками
4к.		8.2		
4к.		8.3	на 5-9 этажах	Для людей или семей, где один из членов имеет ограниченную подвижность (МГН), которым трудно подниматься по лестнице и важен более легкий выход на улицу.
4к.		8.4		
5к.		9	на 10 этаже	4, 5, 6- комнатные жилые ячейки следует размещать над 1, 2- комнатными согласно размещению инженерных систем
5к.		10		
6к.		11	на 10 этаже	Семьи с детьми среднего и старшего школьного возраста
6к.		11.1		

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ: РЕКОМЕНДУЕТСЯ ВОЗМОЖНО НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ

На основании данных таблицы и процентного соотношения жилых ячеек (см. рис. 1) составлена матрица формирования многоквартирного жилого здания по этажам (рис. 2).

этаж	тип жилой ячейки																			
	1 к			2 к			3 к				4 к				5 к		6 к			
	1	1.1	2	3	3.1	4	5	5.1	6	7	7.1	8	8.1	8.2	8.3	8.4	9	10	11	11.1
10																				
9																				
8																				
7																				
6																				
5																				
4																				
3																				
2																				
1																				
%	15,43	3,22	4,08	3,46	1,39	4,15	3,56	2,72	5,04	5,11	5,11	8,63	3,5	4,66	5,79	4,91	5,43	4,94	4,43	4,44

Рис. 2. Матрица формирования многоквартирного жилого здания квартирами разного типа по этажам

Fig. 2. Matrix of apartment building formation with flats of different types

С учетом материалов настоящего исследования размещение квартир разных типов и подтипов на одном этаже многоквартирного жилого здания (с выходом на одну площадку, холл, в один внеквартирный коридор) не регламентируется, они могут быть запроектированы в любом сочетании. Однако размещение типов квартир по этажам имеет существенное значение для комфорта проживающих.

Согласно результатам социологического опроса, проведенного автором [2], наиболее предпочтительные этажи для проживания – с 2-го по 5-й (68 % опрошенных). С учётом наличия у 81 % опрошенных как минимум одного ребёнка выбор этажности является очевидным и объясняется необходимостью поднимать коляску и/или детский транспорт (велосипед, самокат). Еще 15 % опрошенных – люди старше 60 лет, для них проживание на нижних этажах облегчает выход на улицу.

При компоновке этажа следует руководствоваться требованиями СП 54.13330.2022 «Здания жилые многоквартирные», а именно запретом размещения санузлов над жилыми помещениями и кухнями нижерасположенных квартир. Не допускается также размещение кухни над жилыми комнатами.

При выборе этажности многоквартирных жилых зданий для социального жилья предлагается учитывать данные проведенного автором опроса [2].

Предпочтение следует отдавать малоэтажной (1–4 этажа) и среднеэтажной (5–8 этажей) застройке, при необходимости обеспечения нормативной плотности застройки и населения – многоэтажной от 9, но не более 10 этажей. Для целей социального жилья более предпочтительными этажами для проживания респондентами были выбраны 2–5-й этажи (68 % опрошенных). Предпочтительная этажность застройки для социального жилья представлена на рис. 3.

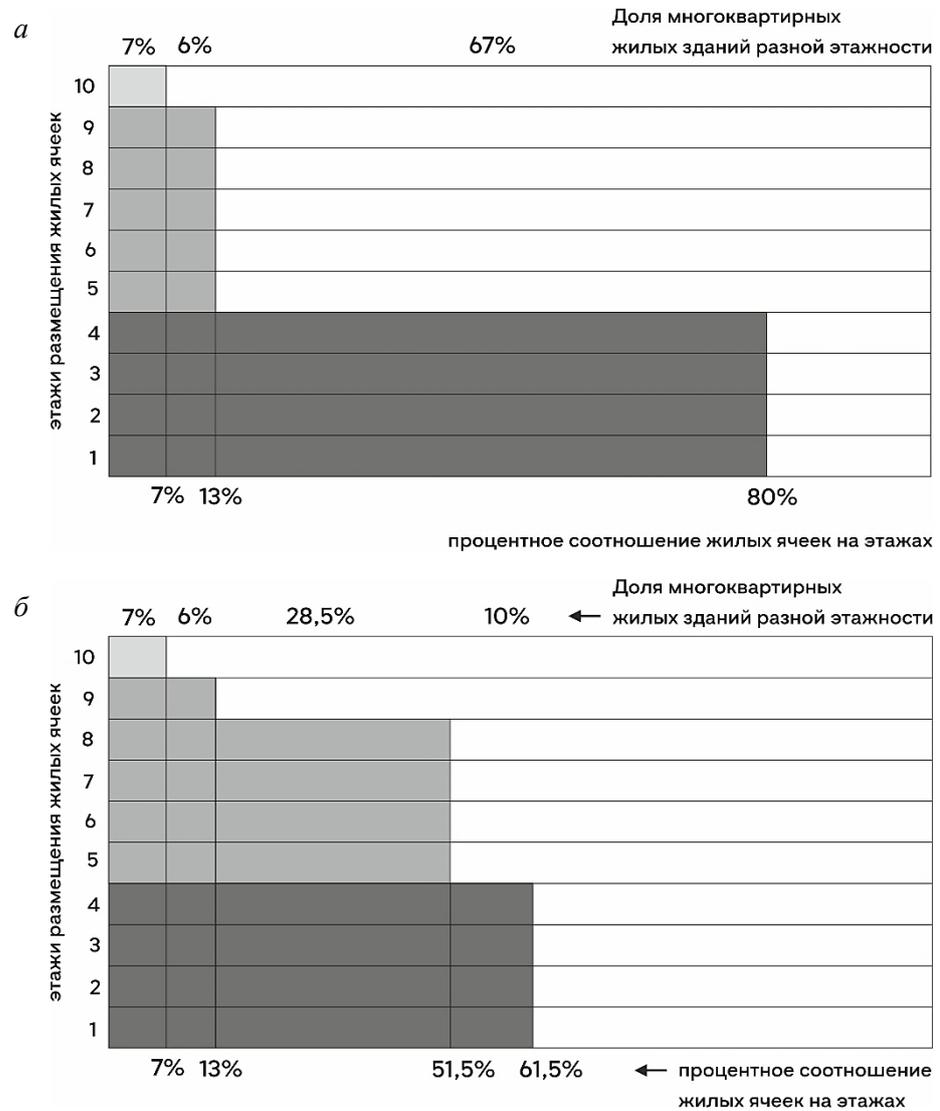


Рис. 3. Предпочтительная этажность многоквартирных жилых зданий для размещения социального жилья:

*a* – на основе социологического исследования жителей г. Томска; *b* – корректировка с учетом экономических факторов

Fig. 3. Preferred storey of multi-apartment residential buildings to accommodate social housing: *a* – based on a sociological survey of Tomsk residents; *b* – adjustment for economic factors

Многэтажная застройка в последнее время все чаще подвергается критике. Так, писательница и основательница движения нового урбанизма Джейн Джекобс в своей книге «Смерть и жизнь больших американских городов» называла коридоры и подъезды в высотках мрачными ловушками, которые не дают жителям выйти наружу.

В известном исследовании социальных жилищ Нью-Йорка архитектор О. Ньюман, по заданию Министерства юстиции США (Newman, 1972), выявил связи между физическими характеристиками жилой среды (размер комплексов, планировка территорий, высота зданий, особенности планировки внеквартирных помещений) и уровнем преступности. Главный вывод заключался в следующем: все основные аспекты архитектурного решения жилого комплекса влияют на уровень преступности в его территориальных и объемных пределах. Наибольшую угрозу безопасности в социальном жилище несет многэтажная застройка с плохо контролируемые территориями и внутридомовыми внеквартирными пространствами. Застройка меньшей этажности (до 6–7 этажей) может обеспечивать сравнимые с 14 этажами плотность населения, но при этом создавать гораздо лучше просматриваемую, организованную, интенсивно освоенную и безопасную среду. Лучшее средство борьбы с криминалом – не вооруженные патрули полиции, а постоянная забота обитателей о своей среде и способность архитектуры транслировать эту заботу потенциальным нарушителям. Такую среду автор назвал «защищающим пространством» [4].

Согласно данным портала «ДомРФ», на качество жизни в многоквартирных жилых зданиях влияет:

- число квартир в доме или на этаже, количество соседей, которые совместно используют пространство внутри дома и придомовую территорию, а также несут ответственность за их содержание и эксплуатацию;
- качество организации мест общего пользования (входных групп, лестничных клеток, внеквартирных коридоров, колясочных);
- наличие мест для хранения в местах общего пользования вне квартир (внеквартирных кладовых, колясочных, велосипедных) [5].

Как установлено в документах «ДомРФ», оптимальное количество квартир на этаже одно- и многосекционных многоквартирных жилых зданий – от двух до восьми: это обеспечивает социальный контроль и повышает ответственность жильцов за содержание мест общего пользования. В коридорном доме допускается размещение до 20 квартир на одном этаже [5].

Данные, представленные на рис. 3, отражают максимальный спрос на малоэтажную застройку. Однако следует учитывать, что в городе этажность влияет на плотность застройки и экономические показатели, что немаловажно для социального жилья. Кроме того, первые этажи не всегда оказываются удобными для проживания, но необходимы для размещения общественных помещений.

Согласно официальным данным сайта администрации города, численность населения Томска составляет 572 тыс. чел. и, по СП 42.13330, он относится к группе крупных городов. Таким образом, при формировании жилой застройки могут быть использованы положения СП 534.1325800.2024 по проектированию среднеэтажной модели городской среды, которая может включать отдельные многэтажные и малоэтажные здания. Их количество не может быть

четко зафиксировано, т. к. нельзя учесть адресные условия проектирования. Однако в качестве исходного параметра можно установить долю в 10 %, по аналогии с размером допустимого Градостроительным кодексом отклонения от предельных параметров разрешенного строительства.

Поэтому можно предположить увеличение доли среднеэтажной застройки (рис. 3, б).

Среднеэтажная застройка дополнительно повышает уровень безопасности и качества жизни населения. Для формирования уникального облика территории жилой застройки предлагается использовать следующие типы многоквартирных жилых зданий: многосекционные, односекционные, блокированные. Не менее трех типов в каждом микрорайоне.

Планировочные и объемно-пространственные решения жилой застройки должны предусматривать возможность увеличения доли помещений общественного назначения на первых этажах для коммерческой инфраструктуры, в том числе гибкую конструктивную схему зданий для обеспечения вариативности в процессе эксплуатации [6]. Уже сейчас можно использовать минимальное количество несущих стен [7]. Кроме того, важно, чтобы дом можно было легко модернизировать [3].

### Выводы

Таким образом, результатом настоящего исследования стала разработка матрицы по квартирографии, а именно размещению жилых ячеек по этажам в зависимости от их типа и состава проживающих в них семей.

С учетом выявленных параметров рассмотрено соотношение многоквартирных жилых зданий для размещения социального жилья в жилой застройке разной этажности, определяющее предпочтительные решения.

Полученные параметры непосредственно влияют на архитектуру жилища и могут быть использованы архитекторами, разрабатывающими объемно-планировочные решения зданий, и градостроителями, формирующими жилую застройку, включающую объекты жилого фонда социального использования г. Томска.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Верёвкина И.Д., Дубынин Н.В. Перспективы развития и архитектурно-типологическое разнообразие социального жилья для г. Томска // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 2. С. 75–90. DOI 10.31675/1607-1859-2023-25-2-75-90
2. Верёвкина И.Д. Социальное жильё: основные требования потребителя // Academia. Архитектура и строительство. 2019. № 1. С. 43–50. DOI 10.22337/2077-9038-2019-1-43-50
3. Новое жильё : онлайн-курс (вып. 05.07.2018). URL: <https://xn--80akijuiemcz7e.xn--p1ai/courses/housing> (дата обращения: 03.06.2024).
4. Жильё / под ред. К. Бутузова, Д. Джафарова, Л. Бакал, П. Патимова, А. Сувалко. С. 94–95. URL: <https://xn--80akijuiemcz7e.xn--p1ai/courses/housing> (дата обращения: 03.06.2024).
5. Жильё дома // Каталог принципиальных архитектурно-планировочных решений (ред. от 31 мая 2019 г.). По заказу Фонда единого института развития в жилищной сфере. URL: [https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/5e3/08\\_Katalog-2\\_Printsipialnye\\_arkhitekturno\\_planirovochnye\\_resheniya\\_zhilye\\_doma\\_.pdf](https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/5e3/08_Katalog-2_Printsipialnye_arkhitekturno_planirovochnye_resheniya_zhilye_doma_.pdf) (дата обращения: 03.06.2024).

6. Харитонов А.А., Дубынин Н.В. Трансформация жилых зданий в современных условиях // Промышленное и гражданское строительство. 2021. № 3. С. 44–48. DOI: 10.33622/0869-7019.2021.03.44-48
7. Магай А.А., Дубынин Н.В. Крупнопанельные жилые дома с широким шагом несущих конструкций, обеспечивающих свободную планировку квартир // Жилищное строительство. 2016. № 10. С. 21–24. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2017-746-3-4-8>

#### REFERENCES

1. Verevkina I.D., Dubynin N.V. Social Housing in Tomsk: Prospects of Development, Architectural and Typological Diversity. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. – 2023; 25 (2): 75–90. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-75-90 (In Russian)
2. Verevkina I.D., Dubynin N.V. Social Housing in Tomsk: Prospects of Development, Architectural and Typological Diversity. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2023; 25 (2): 43–50. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-43-50 (In Russian)
3. New Housing: Online Course of a Free Educational Program for Professional Development (released 07/05/2018). <https://xn--80akijuiemcz7e.xn--p1ai/courses/housing> (accessed March 6, 2024). (In Russian)
4. Butuzova K., Jafarova D., Bakal L., Patimova P., Suvalko A. (Eds.) Housing. Available: <https://xn--80akijuiemcz7e.xn--p1ai/courses/housing> (date of access: 06/03/2024) (In Russian)
5. Catalog of Fundamental Architectural and Planning Solutions. Residential Buildings Available: [https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/5e3/08\\_Katalog-2\\_Printsipialnye\\_arhitekturno\\_planirovочnye\\_resheniya\\_zhilye\\_doma\\_.pdf](https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/5e3/08_Katalog-2_Printsipialnye_arhitekturno_planirovочnye_resheniya_zhilye_doma_.pdf) (accessed March 6, 2024). (In Russian)
6. Kharitonov A.A., Dubynin N.V. Transformation of Residential Buildings in Modern Conditions. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2021; (3): 44–48. DOI: 10.33622/0869-7019-2021.03.44-48 (In Russian)
7. Magai A.A., Dubynin N.V. Large-Panel Residential Buildings with Wide Spacing of Load-Bearing Structures and Apartments Layout. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2016; (10): 21–24. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2017-746-3-4-8> (In Russian)

#### Сведения об авторе

Верёвкина Ирина Дмитриевна, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, verevkinai@mail.ru

#### Author Details

Irina D. Verevkina, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, verevkinai@mail.ru

Статья поступила в редакцию 26.06.2024  
Одобрена после рецензирования 09.07.2024  
Принята к публикации 10.07.2024

Submitted for publication 26.06.2024  
Approved after review 09.07.2024  
Accepted for publication 10.07.2024

Вестник Томского государственного  
архитектурно-строительного университета.  
2024. Т. 26. № 4. С. 138–148.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo  
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –  
Journal of Construction and Architecture.  
2024; 26 (4): 138–148.

Print ISSN 1607-1859  
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 725.727

DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-138-148

EDN: JRNOWO

## АРХИТЕКТУРНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ГЛАВНОГО КОРПУСА УНИВЕРСИТЕТА В ГОРОДЕ НОВОЧЕРКАССКЕ

Александр Александрович Жуков<sup>1</sup>, Николай Анатольевич Моргун<sup>1</sup>,  
Александр Анатольевич Тумасов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Академия архитектуры и искусств

Южно-федерального университета, г. Ростов-на-Дону, Россия

<sup>2</sup>Южно-Российский государственный политехнический университет  
(Новочеркасский политехнический институт) им. М.И. Платова,  
г. Новочеркасск, Россия

**Аннотация.** *Актуальность.* Развитие материально-технической базы университетов является одним из приоритетных направлений государственной политики в области создания кадрового и технологического суверенитета страны. Высокий уровень современного инженерного обеспечения и технологий обучения в высшей школе требует модернизации обширной сети существующих зданий вузов по всей стране, часть из которых является памятниками культуры и архитектуры разного уровня.

*Цель работы.* Рассмотреть возможность проведения архитектурной модернизации как средства развития университетской материальной базы на примере конкретного объекта – главного корпуса университета в г. Новочеркасске, являющегося памятником архитектуры федерального значения.

*Результаты.* На основе анализа существующего состояния и актуальных проблем главного корпуса предложена концепция архитектурной модернизации с изменением его функциональной и объемно-планировочной организации.

**Ключевые слова:** архитектурная модернизация, университетская архитектура, объект культурного наследия, реконструкция

**Для цитирования:** Жуков А.А., Моргун Н.А., Тумасов А.А. Архитектурная модернизация главного корпуса университета в городе Новочеркасске // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 4. С. 138–148. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-138-148. EDN: JRNOWO

## ORIGINAL ARTICLE

**ARCHITECTURAL MODERNIZATION OF MAIN UNIVERSITY BUILDING IN NOVOCHERKASSK****Aleksandr A. Zhukov<sup>1</sup>, Nikolay A. Morgun<sup>1</sup>, Aleksandr A. Tumasov<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*Southern Federal University, Academy of Architecture and Art, Rostov-on-Don, Russia*<sup>2</sup>*Platov South-Russian State Polytechnic University, Novocherkassk, Russia*

**Abstract.** The development of the material and technical base of universities is one of the priority areas of the state policy in the field of creating personnel and technological sovereignty of the country. The high level of modern engineering support and teaching technologies in higher education requires modernization of university buildings throughout the country, some of which are cultural and architectural monuments.

**Purpose:** To consider the possibility of architectural modernization as a means of developing the university's material base on the example of the main university building in Novocherkassk, which is an architectural monument of federal significance.

**Research findings:** Based on an analysis of current problems of this building, of architectural modernization concept is proposed with a change in its functional and space-planning organization.

**Keywords:** architectural modernization, university architecture, cultural heritage site, reconstruction

**For citation:** Zhukov A.A., Morgun N.A., Tumasov A.A. Architectural Modernization of Main University Building in Novocherkassk. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2024; 26 (4): 138–148. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-138-148. EDN: JRNOWO

**Введение**

Для создания баланса между потребностями видоизменившегося функционального процесса высшей школы и возможностями здания университета требуется модернизация последнего. Задача значительно усложняется при работе с историческими зданиями, чей статус неминуемо накладывает на проектировщика ряд ограничений в выборе возможных архитектурных и инженерных решений, делая тем самым модернизацию каждого такого здания уникальной.

Главный корпус – центральное здание ансамбля кампуса Южно-Российского государственного политехнического университета (Новочеркасского политехнического института) им. М.И. Платова (далее – ЮРГПУ (НПИ)) в г. Новочеркасске, являющегося памятником архитектуры федерального значения. Здание возведено в период 1911–1930 гг. по проекту польского архитектора Б.С. Рогуйского [1, 2]. Кампус университета считается первым специализированным университетским комплексом на юге России.

Четырехэтажное (в т. ч. цокольный этаж) здание главного корпуса в неоклассическом стиле (с элементами модерна) имеет симметричную композицию, образованную тремя колодцеобразными объемами, сгруппированными по продольной оси здания (рис. 1, а). Центральный объем со стороны главного фасада композиционно выделен повышением этажности и оформлен шестиколонным портиком с фронтоном. Со двора к центральному объему примыкает прямоугольный объем библиотеки с развитой пластикой фасадов. Этажи корпуса

имеют планировку галерейно-замкнутого типа (рис. 2). Рабочие кабинеты и учебные аудитории сгруппированы вдоль обходных галерей, огибающих три внутренних двора-колодца, один из которых, центральный, перекрыт световым фонарем и имеет стеклянный витражный потолок (рис. 1, б).



Рис. 1. Главный корпус ЮРГПУ (НПИ)<sup>1</sup>:

*a* – вид с южной стороны; *б* – фрагмент интерьера крытого двора

Fig. 1. Main University building:

*a* – general view from the South; *b* – fragment of the interior of the covered courtyard

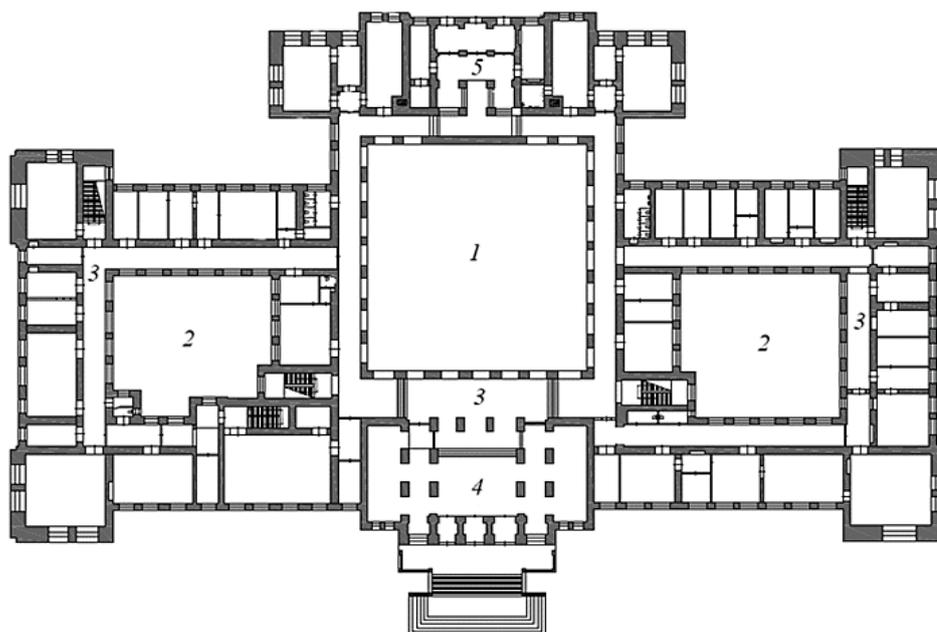


Рис. 2. План 1-го этажа главного корпуса:

*1* – крытый двор; *2* – боковой двор-колодец; *3* – обходная галерея; *4* – южный вестибюль (главный вход); *5* – северный вестибюль под объемом бывшей библиотеки

Fig. 2. First floor of the main building:

*1* – covered courtyard; *2* – side yard-well; *3* – bypass gallery; *4* – southern vestibule (main entrance); *5* – northern vestibule under the former library

<sup>1</sup> URL: <https://novocherkassk.net/gallery/tags/ЮРГПУ%20%28НПИ%29/>

Согласно паспорту объекта культурного наследия, охране подлежат: первоначальное объемно-пространственное и композиционно-стилистическое решение, архитектурно-художественное оформление всех фасадов здания, включая лепной декор, ритм и конфигурацию прямоугольных и полуциркульных оконных проемов, местоположение и габариты центральных и боковых раскреповок и ризалитов фасадов здания, материал и характер обработки стен всех фасадов здания, первоначальное архитектурно-художественное и композиционное решение помещения крытого двора, световой фонарь, расположенный в средней части потолка крытого двора, первоначальная напольная плитка с орнаментом геометрического характера, архитектурно-художественное решение обходных галерей крытого двора.

### Современное состояние и актуальные проблемы

За время существования университета в корпусе проводился ряд изменений внутренней планировочной структуры, что связано с дефицитом площадей. Так, в обходных галереях первого и второго этажей были выгорожены рабочие кабинеты, нарушившие продуманные схемы движения потоков людей в здании, создавшие тупиковые коридоры, не отвечающие требованиям пожарной безопасности и перераспределившие потоковые нагрузки на лестничные клетки. На втором этаже в одной из аудиторий было возведено перекрытие, поделившее помещение на два уровня. Для создания учебной аудитории была перекрыта центральная обходная галерея третьего этажа и устроено остекление аркады крытого двора, нарушившее исторический интерьер главного общественного пространства университета. Как и во многих других исторических зданиях, в главном корпусе оригинальные деревянные окна были заменены на металлопластиковые, весьма отдаленно напоминающие расстекловку исторических образцов.

Кроме бессистемного вмешательства в структуру памятника архитектуры, в корпусе также были проведены работы по реконструкции на высоком профессиональном уровне. Так, была увеличена пропускная способность северного выхода из корпуса и расчищен от временных перегородок вестибюль при нём с воссозданием исторического интерьера, а также был произведен ремонт стеклянного потолка и изменено цветовое решение, обогатившее монохромный интерьер крытого двора (архитектор А.А. Тумасов). Утраченные детали лепного декора фасадов были восстановлены в 1980-х гг. с применением специального бетона, разработанного специалистами строительного факультета университета.

В настоящее время завершён перенос библиотеки из главного корпуса в новое специально построенное здание, в силу чего освобождаются значительные площади. Объёмы боковых дворов обеспечивают освещение примыкающих к ним боковых галерей и более функционально никак не используются. Административные помещения небольшими группами разрознены по всем этажам, чередуясь с учебными аудиториями вне всякой логики.

Преобразование форм учебного процесса, развитие техники и норм проектирования выдвигают к историческому зданию новые эксплуатационные требования. Совершенствование методики преподавания с использованием современных технических средств, развитие административного аппарата и изменение

форматов общественно-культурных мероприятий требуют расширения имеющихся площадей, появления рекреационных пространств, оптимизации существующих помещений для создания упорядоченных планировочных структур отделов и кафедр. Кроме того, в современных условиях немаловажным является повышение комфорта эксплуатации здания, в том числе и для маломобильных групп населения, а именно устройство пассажирских лифтов и создание комфортного микроклимата. Таким образом, необходимо решить следующие основные проблемы:

- недостаток площадей для доведения номенклатуры учебных и административных помещений кафедр до нормативной;
- неупорядоченность размещения функциональных зон и неудобство их взаимосвязей;
- недостаточно развитый набор санитарных помещений;
- недостаток рекреационных и выставочных пространств;
- частичная утрата горизонтальных коммуникаций (коридоры, проходы, галереи), отсутствие современного вертикального транспорта (лифтов) и непригодность здания для его использования маломобильными группами населения.

Очевидно, что здание требует профессиональной модернизации и приспособления к современным требованиям. Мероприятия по модернизации необходимо провести с максимальной деликатностью по отношению к архитектурному памятнику. Новые решения должны обогащать его, а не вносить диссонанс, что возможно при творческом и профессиональном подходе к реконструкции со строгим соблюдением норм проектирования и охранного законодательства.

#### **Отечественный и зарубежный опыт**

Отечественная и зарубежная практика располагает обширным опытом реконструкции и модернизации исторических зданий культурно-образовательных и административных учреждений. Среди наиболее известных можно выделить реконструкцию Лувра (Париж, Франция) [3], Рейхстага (Берлин, Германия) [4], Конюшенного корпуса усадьбы великого князя Михаила Николаевича под главный корпус Высшей школы менеджмента СПбГУ (Санкт-Петербург, Россия) [5], реконструкцию восточного крыла здания Главного штаба под нужды Эрмитажа (Санкт-Петербург, Россия) [6], реконструкцию здания Центрального выставочного зала «Манеж» (Москва, Россия) [7], главного здания кампуса Гданьского технологического университета (Гданьск, Польша) [8].

Анализ указанных объектов позволяет выявить основные тенденции (приемы) модернизации исторических зданий: максимально возможное сохранение исторических конструкций и пространств в первоначальном виде и наделение их новыми функциями, грамотное взаиморасположение функциональных зон и организация движения людей в здании, использование пространств внутренних дворов и чердаков для увеличения полезной площади здания, применение для возведения новых конструкций стекла и облегченных металлических элементов.

#### **Архитектурная модернизация**

Основной задачей модернизации здания главного корпуса ЮРГПУ (НПИ) является создание условий для полноценного функционирования современного

образовательного процесса и повышение комфорта эксплуатации помещения с максимальным сохранением оригинальной объёмно-планировочной структуры исторического здания и его частей, подлежащих государственной охране.

Концепция архитектурной модернизации разработана с учётом требований современного учебного процесса и на основе принципов и приёмов, выявленных в результате анализа отечественного и зарубежного опыта, а также с опорой на современные нормы проектирования общественных зданий.

Согласно паспорту объекта культурного наследия (паспорт объекта культурного наследия «Комплекс зданий Политехнического института: главный учебный корпус, химический учебный корпус, горный учебный корпус, энергетический учебный корпус»), историческое объёмно-планировочное решение и внешний вид здания главного корпуса являются предметами охраны, что сокращает возможный «инструментарий» архитектурных и инженерных решений.

Недостаток площадей для учебных, рекреационных и выставочных помещений предполагается восполнить за счет использования пространств боковых внутренних дворов и объёма бывшей библиотеки.

Восстановление оригинальной системы транспортных коммуникаций предполагается произвести расчисткой исторической планировки от более поздних включений и дополнительным устройством грузопассажирских лифтов, что позволит повысить комфорт эксплуатации здания и скорость передвижения людей, упростит перемещение громоздкого научного и учебного оборудования и сделает здание доступным для маломобильных групп населения.

Новое функциональное зонирование позволит упорядочить подразделения университета в объёмно-планировочной структуре здания, разместить дополнительные объекты общественного питания и зону самостоятельной работы студентов, создать их удобные связи и грамотно распределить потоки людей.

Реализация данных мероприятий позволит максимально использовать существующее объёмно-планировочное решение здания без искажения исторического облика, обогатит его современными пространствами и архитектурными конструкциями, а также повысит удобство его эксплуатации.

*Функциональное зонирование.* Грамотная функциональная организация существующего объёмно-планировочного решения здания позволяет максимально использовать его имеющиеся ресурсы без проведения серьезных мероприятий по реконструкции.

Существующее функциональное зонирование главного корпуса формировалось стихийно в течение длительного времени. Неоднократные реорганизации кафедр и подразделений университета влекли за собой перераспределение занимаемых ими помещений между другими подразделениями университета, результатом чего стало алогичное расположение учебных аудиторий и помещений кафедр попеременно с административными помещениями университета, разрозненность их по всем этажам и размещение некоторых учебных аудиторий в помещениях, не отвечающих требованиям санитарных норм.

Настоящая концепция предполагает чёткое разделение помещений главного корпуса по функциональному признаку и организацию их удобной функциональной связи, концентрацию и группировку помещений кафедр и факультетов.

Концепция реконструкции предполагает применение системы «ярусного зонирования», предусматривающей выделение в каждой крупной функциональной зоне одного или нескольких собственных этажей. Очередность расположения зон по вертикали определяется с учетом их востребованности, проходимости, удобства функциональных связей, индивидуальных требований (уровень шума, освещенность, удаленность, непересекаемость и т. д.).

Выделим основные функциональные зоны:

- учебная (учебные аудитории и помещения кафедр, зоны самостоятельной работы студентов (коворкинг));
- административная (помещения руководящих органов, кабинеты служащих);
- общественная (общественные пространства, выставочные помещения);
- рекреационная (зоны отдыха, предприятия общественного питания);
- коммуникационная (коридоры, лестничные клетки, лифты);
- вспомогательная (типография, магазин учебных пособий);
- служебная (санузлы, помещения для хранения уборочного инвентаря, помещения вахтеров и охраны, технические службы).

*Планировочная организация.* Формирование новой функционально-планировочной структуры выполняется на основе вышеописанного функционального зонирования, имеет цель создать подходящие планировочные условия для размещения функциональных зон и организовать удобные функциональные связи между ними.

Основными преобразованиями существующей объемно-планировочной структуры здания главного корпуса станут следующие мероприятия:

- включение в планировочную структуру объемов боковых дворов с интеграцией их в транспортную структуру (рис. 3);
- полное преобразование пространства бывшего книгохранилища из ярусно-этажерочной системы хранения в зальное пространство лекционной аудитории с амфитеатром;
- освобождение исторической планировки от элементов поздних перепланировок и создание новых перегородок для оптимизации размеров существующих помещений и приведения помещений к соответствию требованиям современных норм проектирования.

Светопрозрачное покрытие боковых дворов (рис. 4) планируется выполнить на уровне перекрытия первого этажа, что создаст оптимальный отопляемый объем и психологически благоприятные пропорции новообразованных помещений. Высотная отметка пола дворов находится на 0,5 м выше уровня пола цокольного этажа. Функционально дворы должны быть связаны с основным транзитным этажом, поэтому входы в них предусмотрены с первого этажа в виде одномаршевых лестниц с уровня промежуточных площадок на уровне цокольного этажа существующих лестничных клеток (рис. 3). Для удобной и быстрой связи наиболее удаленных помещений цокольного этажа с первым этажом предлагается устроить еще один вход во двор из цокольного этажа с противоположной от лестницы стороны в существующем транспортном проезде, который позволит избежать тупиковых пространств и повысит их проходимость, что важно для выставочного пространства.



Рис. 3. Схема объёмно-планировочной организации восточного двора:

*a* – до реконструкции; *б* – после реконструкции

Fig. 3. Schematic of space-planning organization of the Eastern courtyard:

*a* – before reconstruction; *b* – after reconstruction

Пространство бывшего книгохранилища, занимающего центральную зону северной части здания на высоту второго и третьего этажей и занятого четырёхъярусной этажерочной системой, планируется переоборудовать под зальное пространство лекционной аудитории вместимостью 120 чел. Предусмотрен демонтаж ярусно-этажерочной системы и устройство амфитеатра с разницей отметок верхнего и нижнего ряда в один этаж. Для обеспечения быстрой загрузки и эвакуации предполагается устройство двух входов-выходов – с уровня второго этажа у основания амфитеатра и с третьего этажа. Центральная часть амфитеатра занята посадочными местами и обрамлена двумя боковыми проходами. Такая планировка разрешит производить загрузку аудитории с верхнего уровня, а разгрузку –

через нижний, что также позволит избежать встречного движения «входящего» и «выходящего» потоков людей и сократить время этого процесса.

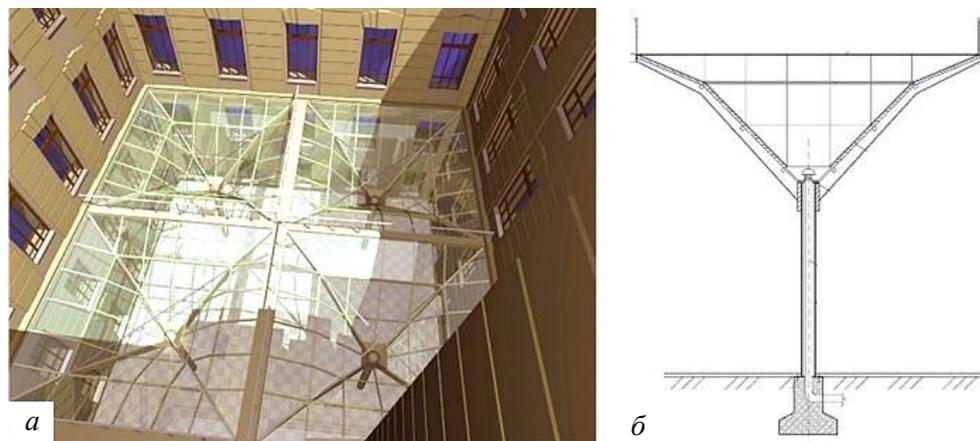


Рис. 4. Модульное покрытие боковых дворов (архитектор А.А. Тумасов):  
а – общий вид; б – конструктивная схема

Fig. 4. Modular covering of side yards (architect A.A. Tumasov)  
a – general view; b – schematic

Боковые помещения объёма библиотеки предлагается разделить перегородками для обустройства учебных аудиторий вместимостью 1–2 академические группы и административных помещений кафедр.

Модернизация транспортной системы здания заключается в восстановлении первоначальной планировки, в которой были грамотно организованы потоки движения людей, а именно в расчистке обходных галерей и коридоров от поздних конструкций и устройстве вертикального транспорта – грузопассажирских лифтов. Размещение лифтов предполагается в южной части здания, в непосредственной связи с обходными галереями крытого двора и вблизи южного вестибюля, что удобно свяжет главный вход со всеми этажами.

Для восстановления транспортной структуры третьего этажа и устройства коворкинга предусмотрено освобождение широкой части обходной галереи крытого двора от перегородок.

### Заключение

Использование пространств внутренних дворов весьма эффективно, т. к. позволяет увеличить полезную площадь и объём здания без серьезных изменений его существующего планировочного решения. Кроме того, объёмно-световой контраст двора, превращенного в многосветный атриум, с существующими относительно небольшими помещениями обогащает архитектурно-художественное решение внутреннего пространства здания.

Грамотная функциональная организация и продуманная логистика позволяют максимально рационально использовать ресурсы здания, не прибегая к серьёзным изменениям существующей планировки и конструкций, тем самым снижая общий объём работ и, следовательно, их стоимость. Кроме того,

это дает возможность обойтись без создания современных пристроек, искажающих исторический вид здания, а размещение современной функции в историческом окружении приводит к их взаимообогащению.

Прозрачность и визуальная лёгкость стекла в новых конструкциях смогут обеспечить требуемый уровень освещенности помещений и гармонично вписать в историческую среду привносимые в неё элементы, а малый вес облегчённых металлоконструкций позволит использовать существующие конструкции в качестве несущих, не прибегая к устройству дополнительных опор, размещение которых в сложившейся планировке не всегда возможно по техническим или эстетическим причинам. При возвращении зданию его первоначальных функций или незначительном их изменении для эффективного использования здания достаточно лишь восстановить его первоначальное объёмно-планировочное решение.

Таким образом, в зависимости от сложившейся ситуации и конкретных потребностей университета комбинация различных методов архитектурной модернизации позволяет повысить эффективность использования существующих зданий университетских кампусов, даже таких сложных, как объекты культурного наследия.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Репников В.Н.* Мой город. Ростов-на-Дону : Старые русские, 2003. 96 с.
2. *История университета* // Сайт ФГБОУ ВО «ЮРГПУ(НПИ) имени М.И.Платова». URL: <https://www.npi-tu.ru/university/about/history/> (дата обращения: 03.12.2022).
3. *Модернизация Большого Лувра*. URL: <https://www.pcf-p.com/projects/grand-louvre-modernization/> (дата обращения: 14.03.2024).
4. *Реконструкция Рейхстага – архитектор Норман Фостер*. URL: <http://delovoy-kvartal.ru/rekonstruktsiya-reyhstaga/> (дата обращения: 14.03.2024).
5. *Реконструкция на контрасте*. URL: <https://archi.ru/russia/66350/rekonstrukciya-na-kontraste-7> (дата обращения: 14.03.2024).
6. *Явейн О., Бетши А., Ибелингс Х. и др.* Эрмитаж, XXI век. Новый музей в Главном штабе. Лондон : ThamesandHudson, 2014. 207 с.
7. *Реставрация и приспособление к современному использованию здания ЦВЗ «Манеж»* // Технологии строительства. Спец. выпуск «Качественная архитектура». 2006. С. 24–29.
8. *Bąkowski J.* Refurbishment and Modernization of Gdansk University of Technology Campus Main Building. Case Study. 2013. URL: [https://www.researchgate.net/publication/265963964\\_Refurbishment\\_and\\_modernization\\_of\\_Gdansk\\_University\\_of\\_Technology\\_campus\\_main\\_building\\_Case\\_study](https://www.researchgate.net/publication/265963964_Refurbishment_and_modernization_of_Gdansk_University_of_Technology_campus_main_building_Case_study) (дата обращения: 14.03.2024).

#### REFERENCES

1. *Repnikov V.N.* My City. Rostov-on-Don: Starye russkie, 2003. 96 p. (In Russian)
2. History of the University. Available: [www.npi-tu.ru/university/about/history/](http://www.npi-tu.ru/university/about/history/) (accessed March 14, 2024). (In Russian)
3. Modernization of the Grand Louvre. Available: [www.pcf-p.com/projects/grand-louvre-modernization/](http://www.pcf-p.com/projects/grand-louvre-modernization/) (accessed March 14, 2024). (In Russian)
4. Reconstruction of the Reichstag, Architect Norman Foster. Available: <http://delovoy-kvartal.ru/rekonstruktsiya-reyhstaga/> (accessed March 14, 2024). (In Russian)
5. Contrast-Based Reconstruction. Available: <https://archi.ru/russia/66350/rekonstrukciya-na-kontraste-7> (accessed March 14, 2024). (In Russian)
6. *Yavein O., Betshi A., Ibelings H.* Hermitage, 21st Century. New Museum in the General Staff Building. London: ThamesandHudson, 2014, 207 p.

7. Restoration and Adaptation of the Manezh Central Exhibition Centre Building for Modern Use. *Tekhnologii stroitel'stva* 2006; 24-29. (In Russian)
8. *Bąkowski J.* Refurbishment and Modernization of Gdansk University of Technology Campus Main Building. Case Study. 2013. Available: [www.researchgate.net/publication/265963964\\_Refurbishment\\_and\\_modernization\\_of\\_Gdansk\\_University\\_of\\_Technology\\_campus\\_main\\_building\\_Case\\_study](http://www.researchgate.net/publication/265963964_Refurbishment_and_modernization_of_Gdansk_University_of_Technology_campus_main_building_Case_study) (accessed March 14, 2024).

#### Сведения об авторах

*Жуков Александр Александрович*, аспирант, Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета, 344002, г. Ростов-на-Дону, пр. Буденновский, 39а, [alezhu@sfedu.ru](mailto:alezhu@sfedu.ru)

*Моргун Николай Анатольевич*, канд. архитектуры, профессор, Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета, 344002, г. Ростов-на-Дону, пр. Буденновский, 39а, [namorgun@sfedu.ru](mailto:namorgun@sfedu.ru)

*Тумасов Александр Анатольевич*, канд. архитектуры, профессор, Южно-Российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) им. М.И. Платова, 346400, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132.

#### Authors Details

*Aleksandr A. Zhukov*, Research Assistant, Southern Federal University, Academy of Architecture and Art, 39, Budennovskii Ave., 344082, Rostov-on-Don, Russia, [alezhu@sfedu.ru](mailto:alezhu@sfedu.ru)

*Nikolay A. Morgun*, PhD, Professor, Southern Federal University, Academy of Architecture and Art, 39, Budennovskii Ave., 344082, Rostov-on-Don, Russia, [namorgun@sfedu.ru](mailto:namorgun@sfedu.ru)

*Aleksandr A. Tumasov*, PhD, Professor, Platov South-Russian State Polytechnic University, 132, Prosveshcheniya Str., 346400, Novocherkassk, Russia.

#### 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 18.03.2024  
Одобрена после рецензирования 21.05.2024  
Принята к публикации 14.06.2024

Submitted for publication 18.03.2024  
Approved after review 21.05.2024  
Accepted for publication 14.06.2024

Вестник Томского государственного  
архитектурно-строительного университета.  
2024. Т. 26. № 4. С. 149–160.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo  
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –  
Journal of Construction and Architecture.  
2024; 26 (4): 149–160.  
Print ISSN 1607-1859  
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 72.01

DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-149-160

EDN: JXSAYB

## ГОРОДИЩЕ ШАБРАН: АРХИТЕКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И РОЛЬ В ИСТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНА

**Светлана Исмаил Аллахвердиева**

*Азербайджанский архитектурно-строительный университет,  
г. Баку, Азербайджан*

**Аннотация.** *Постановка задачи.* Рассмотрено историческое значение территории современного Азербайджана в контексте формирования цивилизации. Подчеркнута важность архитектурных артефактов укрепленных городов и крепостей, сосредоточенных на пространстве Шабранского района.

Особый акцент сделан на оборонительных сооружениях, таких как городище Шабран, относящиеся к раннему Средневековью. Проанализированы исторические и археологические данные, связанные с возникновением и развитием этого города. Описано военно-стратегическое и экономическое значение данной территории, особенности ее водоснабжения и торговли.

*Целью* настоящей работы является изучение и анализ археологических, исторических и архитектурных особенностей городища Шабран, а также его роли в историческом контексте Азербайджана.

*Результаты.* Исследован процесс трансформации города из регионального центра ремесла и торговли в маленький населенный пункт и его последующее разрушение из-за постоянных набегов.

Выявлено влияние архитектуры Сасанидского Ирана на первоначальном этапе развития Шабрана, определены временные периоды и описаны находки, связанные с этим городом. Особое внимание уделено архитектурным особенностям и строительству крепостей и замков, выявленным в результате археологических раскопок.

*Выводы.* Подчеркивается значимость исследований для понимания исторического и культурного контекста развития градостроительства в Азербайджане.

**Ключевые слова:** феодальный город, Шабран, социально-исторический контекст, населенный пункт, обожженный кирпич

**Для цитирования:** Аллахвердиева С.И. Городище Шабран: архитектурные особенности и роль в истории Азербайджана // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 4. С. 149–160. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-149-160. EDN: JXSAYB

## ORIGINAL ARTICLE

**SHABRAN ANCIENT SETTLEMENT: ARCHITECTURE AND HISTORICAL SIGNIFICANCE OF AZERBAIJAN****Svetlana I. Allahverdiyeva***Azerbaijan University of Architecture and Construction, Baku, Azerbaijan*

**Abstract.** The article delves into the historical significance of modern Azerbaijan, particularly in terms of civilization formation. The author highlights the importance of architectural artifacts, fortified cities, and fortresses within the Shabran district. Special attention is given to defensive structures like the Shabran Hill Fort, which dates back to early Middle Ages. The article analyzes historical and archaeological data concerning the city emergence and development, outlines the military-strategic and economic significance of the territory alongside its water supply and trade features.

**Purpose:** Study and analysis of archaeological, historical and architectural properties of the Shabran settlement as well as its role in the Azerbaijan history.

**Research findings:** The author examines the city transition from a regional hub of crafts and trade into a small village, followed by its eventual destruction due to recurrent raids. Research identifies the influence of Sassanid Iranian architecture on the initial Shabran development, studies the history, and discoveries is link with the city. Particular focus on the architectural characteristics and construction of fortresses and castles unearthed after archaeological excavations.

**Value:** The significance of research is in comprehending the historical and cultural context of urban development in Azerbaijan.

**Keywords:** feudal town, Shabran, socio-historical context, settlement, flame brick

**For citation:** Allahverdiyeva S.I. Shabran Ancient Settlement: Architecture and Historical Significance of Azerbaijan. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2024; 26 (4): 149–160. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-149-160. EDN: JXSAYB

**Введение**

Одним из первых очагов зарождения цивилизации стала территория исторического Азербайджана, как одного из наиболее благоприятных уголков земного шара. Гармоничная связь с окружающей природой, монументальность, цельность и четкость композиционного построения, строгость пропорциональных соотношений отдельных масс характеризуют древнюю архитектуру Азербайджана, занимающую одно из ведущих мест в многовековой культуре страны [8].

Археологические открытия и изучение исторических объектов играют ключевую роль в раскрытии тайн прошлого и понимании развития общества. В контексте исследования феодальных городов анализ оборонительных сооружений и инфраструктуры дает нам возможность взглянуть на сложные аспекты жизни средневекового общества [13].

Феодальный город Шабран представляет собой уникальный объект исследования [15]. В отличие от многих других городов своего времени, его концепция обороны от внешних угроз отличалась нетрадиционными подходами. Несмотря на более позднее время постройки замка (после возведения крепостных стен), он был интегрирован в единый комплекс, что обеспечивало эффективную координацию обороны в случае нападения. Мощные стены, составленные из различных строительных материалов, свидетельствуют о высоком уровне технологий и мастерства, использовавшихся при его возведении [4].

Помимо оборонительных сооружений, исследования позволили выявить систему водоснабжения и канализации, которые имели огромное значение для хозяйственной жизни города. Строительство караван-сараев и других объектов также отражает развитие торговли и коммуникаций в этом регионе [16].

С начала 1980-х гг., благодаря усилиям Ширвано-Шабранской археологической экспедиции, были получены ценные данные о происхождении и жизни г. Шабран. Археологические раскопки позволили установить временные рамки существования города, его архитектурные особенности и социально-исторический контекст.

В настоящей статье представлены результаты исследований, позволяющие более глубоко понять историю и значение этого важного объекта культурного наследия.

Дальнейшее изучение феодального города Шабран не только позволит расширить сведения о его прошлом, но и поможет лучше понять его роль в истории Азербайджана и влияние на развитие общества в широком контексте Средневековья.

### **Методология**

Для исследования и анализа истории городища Шабран, его архитектурных особенностей и культурного значения был применен междисциплинарный методологический подход, включающий археологические, исторические и архитектурные методы исследования. Ниже приведена основная методология, используемая при изучении и интерпретации археологических находок и исторических данных о городище Шабран:

- Применение методов археологических раскопок для выявления артефактов и структур, связанных с историей и жизнью городища.
- Применение методов датировки для определения времени возникновения и развития различных строений и периодов активности городища.
- Анализ исторических источников и научной литературы для понимания политического, социального и экономического контекста, повлиявшего на развитие городища Шабран.
- Изучение исторических документов, хроник и путеводителей для описания и анализа важных событий, происходивших в городе и его окрестностях.
- Сопоставление исторических данных с результатами археологических исследований для формирования более полного представления о жизни и развитии города.
- Анализ архитектурных особенностей сооружений и оборонительных систем городища, в том числе стен, башен, замков и других общественных зданий.
- Реконструкция архитектурных планов и схем городища на основе археологических находок и исторических данных.
- Анализ влияния внешних факторов, таких как войны, политические изменения и экономические сдвиги, на судьбу и развитие г. Шабран.

### **Результаты и обсуждение**

Результатом многовекового социально-экономического развития страны явилось возникновение укрепленных городов и крепостей в Азербайджане.

Особый интерес представляют памятники оборонительного зодчества, расположенные на территории современного Шабранского района. Развалины городища Шабран, история возникновения которого, согласно письменным источникам и археологическим исследованиям, приходится на период раннего Средневековья (V–VII вв.), находятся в северо-восточной части Азербайджана в Шабранском районе на территории близ сел Шахназарлы, Рагимли и Гяндоб (рис. 1). В этой зоне Кавказские горы вплотную примыкают к Каспийскому морю, образуя узкую прибрежную полосу [9]. Как известно, с древнейших времен по этой территории пролегал знаменитый Шелковый путь, связывающий Юго-Восточную Европу с Передней Азией [2]. В источниках этот район именуется «Каспийскими, Албанскими и Дербентскими воротами» [5].



Рис. 1. Месторасположение г. Шабран на карте Азербайджана [3]

Fig. 1. Location of Shabran on the map of Azerbaijan

В связи с проходящей дорогой и характером топографии зона городища Шабран, как и его проходов, во все времена имела огромное экономическое и военно-стратегическое значение. Не случайно здесь возведены такие грандиозные фортификационные сооружения, как Дербент, Кавказская стена, включающая в себя крепость Чирахгала и Гильгильчайское укрепление [1].

Помимо военно-стратегического значения данная территория имела и большую торгово-экономическую значимость. Средневековый Шабран славился своими шелками, сельскохозяйственными продуктами, а также добычей так называемого пробного черного камня. В этой связи небезынтересно отметить, что средневековые источники XIV в. среди крупных населенных мест Азербайджана упоминают такие города, как Шабран, Байлакан, Махмудабад

и др. В частности, Контарини, описывая Шабран, отмечал: «На половине пути между Шемахой и Дербентом находится небольшой довольно красивый городок, что, глядя на них, не веришь собственным глазам» [12]. Вплоть до конца XVII в. Шабран являлся одним из крупных культурно-экономических и военно-стратегических центров средневекового Азербайджана.

Сообщения письменных источников об этом городе скудны и противоречивы, в них городище именуется Шабуран, Сапуран, Шапуран, Сатуран, Шавран, Самаран и т. д. Арабоязычные авторы приписывают основание города сасанидскому царю Хосрову Ануширвану (531–579 гг.) [17]. Почти повторяя друг друга, об этом сообщают Ибн Хордабек, Ахмед Баладзори, Абдул Фариди ибн Кудама, Якут Хамави, Ибн ал Асир, Хадуллах Казвини и др. [10]. Ряд ученых отождествляют г. Шабран с птоломеевым Шапотраном. Геоклиматические условия зоны Шабран позволили знаменитому азербайджанскому поэту и историку XIX в. Аббас-Кули-Ага Бакиханову назвать эту территорию «Гюлистан-и Ирам» («Райский цветник») [6]. Арабские авторы Истахри и Якуби сообщают, что г. Шабран маленький, но хорошо укрепленный и расположен на самой границе.

Исследованиями было установлено, что городище Шабран возникло в эпоху поздней Античности и просуществовало до XVIII в. Следует отметить, что система фортификации городища Шабран достигала высокого уровня, в ней были использованы все особенности рельефа, усиливающие ограждающую функцию оборонительных сооружений.

Сохранившиеся части стен и башен выложены из крупногабаритных камней и обожженного кирпича (рис. 2, 3). Отметим, что характерные особенности кладки Шабранского замка отличаются от кладок Абшеронских феодальных замков [4]. Подобного рода кладка была использована при возведении фортификационных сооружений средневекового г. Шамкир.



Рис. 2. Участники Шабранской археологической экспедиции [3]  
Fig. 2. Participants of Shabran archaeological expedition



Рис. 3. Руины Шабранской крепостной стены [3]  
Fig. 3. Ruins of Shabran fortress wall

На различных участках этого городища обнаружены остатки системы водоснабжения. Вопросы водоснабжения средневековых городов Азербайджана имели большое значение в хозяйственной жизни страны. Кроме того, развивающаяся торговля требовала строительства караван-сараев, овданов, кягризов и колодцев.

В XIV в. г. Шабран, как и другие города Азербайджана: Барда, Карабаг, Таус, Сезевар, Кара-Агач, Биласувар, Салмас и Базар, сумел сохранить статус города, в этих городах действовали также монетные дворы [12]. Феодалные междоусобицы в XVI в. привели к значительному ослаблению Сефевидского государства в военно-политическом отношении. Воспользовавшись этим, султанская Турция захватила северные области Азербайджана вплоть до Каспийского моря. Турецкими войсками были захвачены Гянджа, Ареш, Баку, Дербент, Кабала, Шабран и другие города [11].

Еще во второй половине XVI в. Дон Жуан Персидский назвал город Шабран одним из значительных городов в пределах всего Сефевидского государства в северо-восточной части Ширвана. Шабран в период сефевидско-османских войн к. XVI – н. XVII в. пострадал не больше, чем другие города северных областей Азербайджана. Уже к началу 70-х гг. XVII в. Я. Стрейс считает Шабран просто «городком» [8, 14]. По имеющимся данным, к концу 1669 г. жители Шабрана были разграблены, а значительная часть перебита казаками. Хотя нанесенный городу ущерб был велик, однако вряд ли именно это явилось решающей причиной его окончательного упадка, поскольку, как уже было отмечено, средневековые города Азербайджана подвергались и более существенным разрушениям и разорению, но, как правило, находились силы на восстановление разрушенных домов и крепостных стен [22]. Это было в тех случаях, когда имелись необходимые условия для воспроизводства производительных сил. Однако совсем иное представление о значимости Шабрана отмечается в статье у исследователя этого города археолога Т. Достиева: «...Город не терял своего могущества вплоть до первой четверти XVIII в. Путешественники и ученые, дипломаты и купцы восхищались его красотой» [16].

На рубеже XVII–XVIII вв. г. Шабран превратился в небольшой населенный пункт и фактически перестал быть центром ремесла и торговли. Позже из-за постоянных вражеских набегов он был полностью разрушен.

Архитектурно-археологические исследования оборонительных сооружений Шабранского района позволили выявить определенное влияние на изначальном этапе их возведения архитектуры Сасанидского Ирана. При этом важно отметить, что историческое развитие градостроительства укрепленных городов Азербайджана происходило под влиянием местного колорита и зависело от застройки, художественных контрастов и силуэтов укрепленных городов [19, 21].

Благодаря раскопкам, проведенным на развалинах городища, установлено, что его наиболее насыщенная остатками материальной культуры территория охватывает площадь около 40 га. Она состоит из многослойных мощных культурных отложений, достигающих пяти метров. В результате архитектурно-археологических раскопок было выявлено четыре строительных периода: первый период отражает раннесредневековый, второй – охватывает IX–XII вв., третий – XII–XIII вв., четвертый – XIV–XVIII вв. Время расцвета г. Шабран соответствует II и III строительным периодам – именно на этих строительных горизонтах выявлены оси ряда крупных общественных зданий [18]. К их числу относятся остатки храма, сооруженного на булыжном фундаменте из чисто обработанного камня-известняка и обожженного кирпича. Он состоит из одного зала длиной 12 м, шириной 7 м с возвышенной алтарной частью и девяти квадратных келий. Отметим, что раскопки еще не дали необходимого архитектурного материала для составления обстоятельной характеристики планировочной структуры и облика городища. Продуманность архитектуры возведенных мощных фортификационных сооружений свидетельствует о высоком уровне развития оборонительного строительства.

Обычно строительство феодального города начиналось с возведения цитадели. В отличие от классических приемов, в городище Шабран замок был построен позже фортификационных сооружений – в XIV в., но компактно решен в едином комплексе с ранее построенной крепостью (X в.). Преимущество данного решения состояло в том, что оборона всего комплекса могла быть единым командным началом при непосредственном участии в бою. Стены крепости и замка были мощными, сложенными из различных строительных материалов, и возводившие их мастера умело использовали природные свойства этих материалов для усиления конструкций.

Замок имеет традиционную форму со сторонами 10,0; 8,0; 8,5; 10 м. Небольшая площадь двора замка, близкая к квадрату, была защищена стенами толщиной не менее двух метров с глухими полубашнями на стыке. Башни были ориентированы строго по сторонам света. Диаметр башен достигал 3,5 м при сохранившейся высоте 1,1 – больше метра. Стены в башне замка выложены из обожженного кирпича размерами 24×24×5 см и крупного речного булыжника. Архитектурно-археологические изыскания последних лет позволили выявить северо-восточную часть крепостной стены городища Шабран с ее боевыми башнями, выступающими за внешнюю плоскость. Подобное расположение боевых башен, одновременно служивших для закрепления стен, позволило фланкировать крепостные стены. Однако незначительность выступа монолитных полубашен за плоскости стен не создавало условий для надежной защиты. Средства обороны, вероятно, сосредоточивались на стенах и на верхних площадках

привратных башен, диаметр которых достигал 6,5 м при сохранившейся высоте 4,1 м. Ширина ворот не превышала 1,5 м (рис. 4–7).

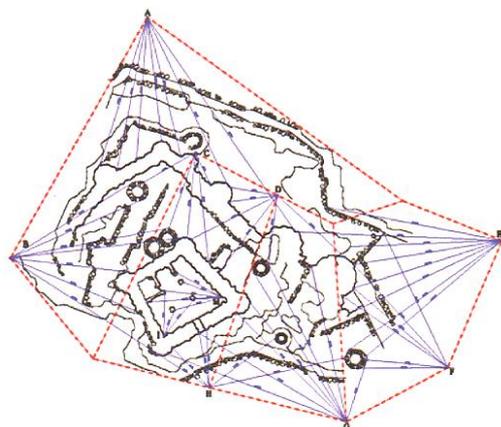


Рис. 4. Общий план обмера остатков Шабранского замка до реставрации [3]

Fig. 4. General plan of measuring the ruins of Shabran castle before restoration

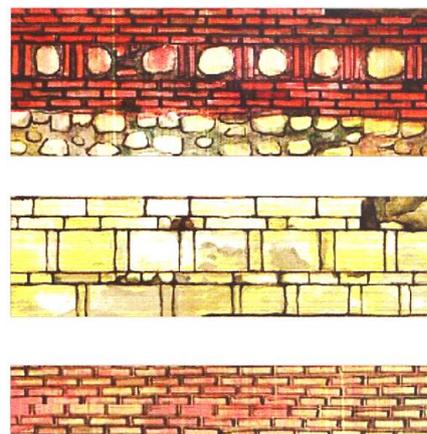


Рис. 5. Типы кладок, встречающиеся в руинах Шабранского замка [3]

Fig. 5. Types of masonry found in the ruins of Shabran castle

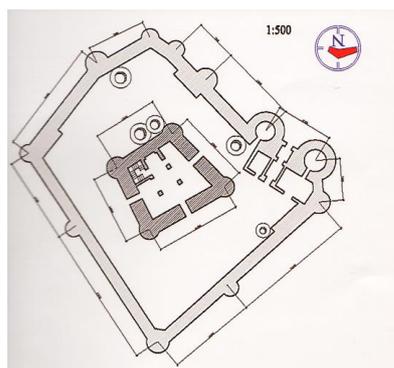


Рис. 6. Проект реставрации генплана Шабранского замка [3]

Fig. 6. Restoration project of the general plan of Shabranský Castle



Рис. 7. Вариант реставрации общего вида Шабранского замка [3]

Fig. 7. Restoration of the Shabranský Castle

Сохранившиеся части стен и башен выложены из крупноразмерных камней и обожженного кирпича. Отметим, что характерные особенности кладки Шабранского замка отличаются от кладок Абшеронских феодальных замков. В различных частях замка встречаются места использования смешанной кладки из необработанных известковых плит, булыжника, обожженного кирпича размером 24×24×5 см. Подобного рода кладка была использована при возведении фортификационных сооружений средневекового города Шамкир.

Следует еще раз подчеркнуть, что система фортификации городища Шабран достигала высокого уровня, используя все особенности рельефа,

усиливая преграды путем возведения оборонительных сооружений. Обнаруженные остатки системы водоснабжения, караван-сараяв, овданов, кягризов и колодцев свидетельствуют о развитой хозяйственной и торговой жизни страны. Снабжение караван-сараяв питьевой водой было не менее существенным, нежели обеспечение его безопасности. В исторических источниках имеются сведения о том, что посредством глиняных труб в город была проведена вода из родников, находящихся на расстоянии 14 км. Важным открытием археологов было обнаружение ведущей к реке системы канализации. Выявленные здесь канализационные системы закрытого типа, относящиеся к XI в., являются уникальными не только для Азербайджана, но и для многих областей соседних с ним государств, не говоря уже о Европе, где первые системы канализации появились лишь в XIX в.

С 1980 г., в связи с планируемыми работами на участке расположения Шабрана, Институтом археологии и этнографии АН Азербайджанской Республики была организована стационарная, постоянно действующая Ширвано-Шабранская археологическая экспедиция под руководством кандидата исторических наук Г. Гошкарлы. Основным объектом явилось исследование остатков городища Шабран [7].

Археологическими исследованиями было установлено, что городище Шабран возникло в эпоху поздней Античности и просуществовало до XVIII в. В 2012 г. на территории бывшего г. Шабран, в непосредственной близости от старых раскопок 1980 г., на разных частях раскопчного участка вырисовывались контуры сложенных в основном из булыжников и обожженных кирпичей кладок, различные по конфигурации в плане помещений прямоугольной и полукруглой формы [20].

В ходе проведенных археологических работ в 2013 г. было выявлено восемь помещений разной площадью, у которых сохранились лишь фундаменты. Практически все эти помещения с северной стороны были объединены общей стеной. Хотелось бы отметить, что у прямоугольных зданий, построенных в исследованный период (X–XII вв.), фундаменты были заложены в основном из булыжников, а стены возводились из обожженных кирпичей. Таким образом, традиция сооружения зданий восходит к развитому Средневековью.

В ходе проведенных в 2014 г. археологических работ на территории бывшего г. Шабран была выявлена часть строения, очевидно, являвшаяся оборонительной стеной. Неоднозначная в разные исторические периоды социально-историческая обстановка определяла общий характер развития оборонительного зодчества, обладавшего довольно высоким для той поры техническим уровнем. Определенное воздействие на формирование зодчества Азербайджана оказали политические, военные, торгово-экономические и культурные связи, миграции отдельных групп, оседавших на территории страны.

### **Выводы**

В заключение отметим, что исследования оборонительных сооружений и культурного наследия г. Шабран позволили более глубоко понять его историческую значимость и особенности развития. Строительство феодального города в Шабране отличалось от классических подходов, где замок был компактно

включен в единый комплекс с ранее построенной крепостью. Это позволяло иметь единую систему обороны и управления в случае нападения, демонстрируя высокий уровень технологических и архитектурных решений для своего времени.

Кроме того, обнаруженные остатки системы водоснабжения и канализации свидетельствуют о продвинутой инженерных решений, применяемых в городах средневекового Азербайджана. Развитая торговля и забота о безопасности караван-сараев и путешественников также играли важную роль в хозяйственной жизни и обороне региона.

Продолжающиеся археологические исследования на территории Шабрана дополняют картину его исторического развития, вносят новые данные в археологическую науку. Они также подчеркивают важность междисциплинарного подхода к изучению исторических объектов, который позволяет более полно раскрыть их значение и влияние на общественную жизнь в разные исторические периоды.

Таким образом, город Шабран остается важным объектом изучения и сохранения культурного наследия Азербайджана, предоставляя уникальные возможности для понимания прошлого этого региона и его роли в широком контексте истории и археологии.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Абдуллаева Н.Д.* Архитектура инженерных сооружений Азербайджана. Баку, 2009. 229 с.
2. *Агазаде Р.Р.* Архитектурно-градостроительные особенности развития городов Великого Шелкового пути (на примере Азербайджана) : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата архитектуры. Баку : Азербайджанский архитектурно-строительный университет, 2004. 26 с.
3. *Аллахвердиева С.И.* Архитектура оборонительных сооружений античной и средневековой Кавказской Албании : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры. Баку : Азербайджанский архитектурно-строительный университет, 1995. 130 с.
4. *Амензаде Р.* Композиционные закономерности монументальных сооружений Азербайджана XI–XVII веков. Баку : Elm, 2007. 226 с.
5. *Ахундов Д.А.* Архитектура древнего и раннесредневекового Азербайджана. Баку : Азербайджанский архитектурно-строительный университет, 1986. 311 с.
6. *Бакиханов А.* Гюлистан-и Ирам // Труды общества обследования и изучения Азербайджана. 1926. № 4.
7. *Бретаницкий Л., Саламзаде А.* Архитектура советского Азербайджана. Москва : Изд-во литературы по строительству, 1973. 262 с.
8. *Бретаницкий Л.С.* Зодчество Азербайджана XII–XV вв. и его место в архитектуре Переднего Востока. Москва : Наука, 1966. 558 с.
9. *Гаджимурадов М.Т.* Утверждение власти Сасанидов на Восточном Кавказе в раннем Средневековье // Вестник Дагестанского государственного университета. 2013. Т. 4. С. 85–91.
10. *Гаджиев М.С.* О функционировании оборонительной системы Даг-бары в арабский период // Исламоведение. 2012. Т. 3. С. 93–107.
11. *Гаджиев М.С.* Роль Сасанидского Ирана в урбанизации Восточного Кавказа. Северокавказский город в региональном историческом процессе : материалы Международной научной конференции, 18–19 сентября 2012 г. Каспийск, 2012.
12. *Гейдаров М.Х.* Города и городское ремесло Азербайджана XIII–XVII вв. Баку, 1982. 281 с.
13. *Гияси Дж.* Архитектура Азербайджанского средневековья // İrs–Наследие. 2006. Т. 1. С. 18–22.
14. *Гияси Дж.* Минареты сельджукского периода в архитектуре Азербайджана // Древние и средневековые города: археологическое наследие, история и архитектура : материалы Международной научной конференции. Баку, 2012. С. 529–535.

15. Достиев Т.М. Средневековый город Шабран // Журнал Ирс. 2002. Т. 3. С. 41–43.
16. Достиев Т.М. Средневековая городская культура Азербайджана (инновации и традиции) // Археология Евразийских Степей. 2018. Т. 4. С. 222–237.
17. Луконин В.Г. Древний и раннесредневековый Иран. Москва : Наука, 1987. 295 с.
18. Стародуб Т.Х. Исламский мир: художественная культура VII–XII вв. Москва : Восточная литература, 2010. 255 с.
19. Шахбазу Ширан Х.Э. Средневековые археологические памятники Ардебилля : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата исторических наук. Баку, 2014. 26 с.
20. Belyaev L.A. Historical Archaeology in Russia: New Directions of Research // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Istoriya – Tomsk State University Journal of History. 2017. V. 49. P. 66–70.
21. Dastenaei M.H., Niknami K.A. An Investigation on the Impact of Physical Environment on the Formation and Continuity of Ancient Settlements a Case Study the Merek River Catchment, Central Zagros Iran // Journal of Ancient History and Archaeology. 2020. V. 7. № 4. P. 79–90.
22. Farahi F. World of Similitude: The Metamorphosis of Iranian Architecture // Architectural Design. 2012. V. 82. № 3. P. 52–61.

## REFERENCES

1. Abdullayeva N.D. Architecture of Engineering Structures of Azerbaijan. Baku, 2009. 229 p.
2. Agazade R.R. Architecture and Urban Planning of Cities Along the Great Silk Road in Azerbaijan. PhD Abstract, Azerbaijan University of Architecture and Construction, 2004. 26 p.
3. Allahverdiyeva S.I. Architecture of Defensive Structures of Ancient and Medieval Caucasian Albania. PhD Thesis, Azerbaijan University of Architecture and Construction, 1995. 130 p. (In Russian)
4. Amenzade R. Compositional Patterns of Monumental Structures of Azerbaijan in the 11–17th centuries. Baku: Elm, 2007. 226 p.
5. Akhundov D.A. Architecture of Ancient and Early Medieval Azerbaijan. Baku: Azerneshr, 1986. 311 p.
6. Bakikhanov A. Gulistan-i-iram. In: Proceedings of the Society for Survey and Study of Azerbaijan. 1926. No. 4.
7. Bretanitsky L., Salamzade A. Architecture of Soviet Azerbaijan. Moscow: Stroiizdat, 1973. 262 p. (In Russian)
8. Bretanitsky L.S. Architecture of Azerbaijan in 12–15th Centuries and its Place in the Architecture of the Near East. Moscow: Nauka, 1966. 558 p. (In Russian)
9. Gadzhimuradov M.T. Establishment of Sassanid Power in the Eastern Caucasus in the Early Middle Ages. *Bulletin of the Dagestan State University*. 2013; 4: 85–91.
10. Gadzhiev M.S. Defensive System of Dag-bars in the Arab Period. *Islamic Studies*. 2012; 3: 93–107.
11. Gadzhiev M.S. The Role of Sasanian Iran in Urbanization of the Eastern Caucasus. In: North Caucasian City in the Regional Historical Process. Kaspiysk, 2012.
12. Heydarov M.Kh. Cities and Urban Crafts of Azerbaijan in the 13–17th Centuries. Baku, 1982.
13. Giyasi J. Architecture of Azerbaijani Middle Ages, İrs–Heritage. 2006; 1: 18–22.
14. Giyasi J. Minarets of the Seljuk Period in Azerbaijan Architecture. In: *Proc. Sci. Conf. 'Ancient and Medieval Cities: Archaeological Heritage, History and Architecture'*. Baku, 2012. Pp. 529–535.
15. Dostiev T.M. The Medieval City of Shabran. *Irs Magazine*. 2002; 3: 41–43.
16. Dostiev T.M. Medieval Urban Culture of Azerbaijan (Innovations and Traditions). *Archeology of the Eurasian Steppes*. 2018; 4: 222–237.
17. Lukonin V.G. Ancient and Early Medieval Iran. Moscow: Nauka, 1987. 295 p. (In Russian)
18. Starodub T.Kh. Islamic World: Artistic Culture in the 7–12th Centuries. Moscow: Vostochnaya literatura, 2010. 255 p. (In Russian)
19. Shahbazi Shiran H.E. Medieval Archaeological Monuments of Ardabil. PhD Abstract. Baku, 2014. 26 p.
20. Belyaev L.A. Historical Archaeology in Russia: New Directions of Research. *Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta Istoriya-Tomsk State University Journal of History*. 2017; 49: 66–70. (In Russian)

21. *Dastenaei M.H., Niknami K.A.* Impact of Physical Environment on Formation and Continuity of Ancient Settlements. The Case Study of the Merek River Catchment, Central Zagros Iran. *Journal of Ancient History and Archaeology*. 2020; 7(4): 79–90.
22. *Farahi F.* World of Similitude: The Metamorphosis of Iranian Architecture. *Architectural Design*. 2012; 82 (3): 52–61.

#### Сведения об авторе

*Аллаhverдиева Светлана Исмаил*, канд. архитектуры, доцент, Азербайджанский архитектурно-строительный университет, AZ-1073, Азербайджан, г. Баку, ул. А. Султанова, 11, svetlana.allahverdiyeva1@gmail.com

#### Author Details

*Svetlana I. Allahverdiyeva*, PhD, A/ Professor, Azerbaijan University of Architecture and Construction, 11, Sultanov Str., AZ-1073, Baku, Azerbaijan, svetlana.allahverdiyeva1@gmail.com

Статья поступила в редакцию 21.05.2024  
Одобрена после рецензирования 07.06.2024  
Принята к публикации 14.06.2024

Submitted for publication 21.05.2024  
Approved after review 07.06.2024  
Accepted for publication 14.06.2024

Вестник Томского государственного  
архитектурно-строительного университета.  
2024. Т. 26. № 4. С. 161–175.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo  
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –  
Journal of Construction and Architecture.  
2024; 26 (4): 161–175.

Print ISSN 1607-1859  
Online ISSN 2310-0044

## НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 72.01+712.2+502

DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-161-175

EDN: LDKMAQ

# ЦЕННОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОРИЧЕСКИХ САДОВ ГОРОДА ТОМСКА

**Эльнура Эльдар Мамедова кызы**

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

**Аннотация.** Статья посвящена определению ценностных характеристик исторических садово-парковых территорий города Томска, сформировавшихся в конце XVIII – начале XX в., как рекреационных территорий и градостроительных элементов в планировочной структуре города.

**Целью** работы является выявление ценностных характеристик для дальнейшей разработки охранных мероприятий исследуемых исторических территорий.

**Методика** исследования основана на комплексном историко-архитектурном анализе и обобщении архивных материалов, натурных данных. В настоящей работе анализируются существующие методики определения ценностных характеристик объектов культурного наследия и их применение с учетом особенностей томских садово-парковых территорий (далее СПТ). В основу анализа также вошли методики, применяемые в различных регионах Российской Федерации.

**Научная новизна** работы заключается в том, что впервые определены ценностные характеристики исторических садов и парков Томска и разработана методика установления историко-культурной значимости СПТ Томска, включающая комплекс критериев и инструментов оценивания с установленными расчетными показателями объектов историко-культурного наследия.

Предпринята попытка разработать научно обоснованный метод выявления ценностных характеристик для произведений ландшафтной архитектуры и садово-паркового искусства г. Томска, что позволяет обеспечить физическую сохранность, целевое функциональное использование СПТ, а также преемственность развития градостроительного и природного окружения города.

**Результаты** исследования могут быть использованы при подготовке охранных документов, регламентирующих порядок сохранения, развития и дальнейшего использования исторических садов и парков как объектов культурного и природного наследия Томска.

**Ключевые слова:** садово-парковые территории, исторические сады и парки, объекты культурного наследия, критерии оценки, историко-мемориальная ценность, градостроительная ценность, архитектурно-планировочная ценность, ландшафтная ценность, социально-культурологическая ценность, Городской сад, Лагерный сад, Буфф-сад, сад Горохова

**Финансирование:** работа выполнена при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-39-90028/20.

**Для цитирования:** Мамедова Э.Э. Ценностные характеристики исторических садов города Томска // Вестник Томского государственного архитектурно-

строительного университета. 2024. Т. 26. № 4. С. 161–175. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-161-175. EDN: LDKMAQ

ORIGINAL ARTICLE

## VALUABLE CHARACTERISTICS OF HISTORICAL GARDENS IN TOMSK

**Elnura E. Mamedova**

*Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia*

**Abstract.** The article defines valuable characteristics of historical gardens and parks in Tomsk, formed in the late 18 and early 20th centuries as recreational areas and urban planning elements in its planning structure.

**Purpose:** To identify valuable characteristics of further development of protective measures for historical territories.

**Methodology:** Comprehensive historical and architectural analyses and generalization of archival materials, field data. This analysis of existing methods for determining valuable characteristics of cultural heritage objects and their application, taking into account garden and park territories in Tomsk. The analysis is based on the methods used in various regions of the Russian Federation.

**Research findings:** An attempt is made to develop a scientifically based method for assessing valuable characteristics of landscape architecture and art of the city of Tomsk, which allow for physical preservation and targeted functional use of gardens and parks and continuous development of the urban and natural environment of the city.

**Practical implications:** The results can be used in the preparation of protective documents regulating the preservation procedure, development and further use of historical gardens and parks as objects of cultural and natural heritage.

**Originality:** Valuable characteristics of historical gardens and parks in Tomsk are determined for the first time and a methodology is developed for establishing the historical and cultural value of the Tomsk gardens and parks, including a set of criteria and assessment tools with calculated indicators of historical and cultural objects.

**Keywords:** garden and park territories, historical gardens and parks, cultural heritage objects, assessment criteria, historical and memorial value, urban planning, architectural and planning, landscape, City Garden, Camp Garden, Buff Garden, Gorokhov's Garden

**Funding:** Research was financially supported by Grant No. 20-39-90028/20 from the Russian Foundation for Basic Research.

**For citation:** Mamedova E.E. Valuable Characteristics of Historical Gardens in Tomsk. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2024; 26 (4): 161–175. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-161-175. EDN: LDKMAQ

Сохранение объектов культурного наследия (ОКН) – произведений ландшафтной архитектуры и садово-паркового искусства<sup>1</sup> – является приоритетным направлением Российского государства для обеспечения охраны, восстановления и использования исторически значимых рекреационных территорий в населенных пунктах.

<sup>1</sup> Произведения ландшафтной архитектуры и садово-паркового искусства: преобразованные человеком фрагменты природного ландшафта, содержащие комплекс элементов благоустройства, планировки, озеленения, архитектуры малых форм, инженерных гидротехнических и иных сооружений и являющиеся одновременно или эволюционно сложившимся образованием. – Федеральный закон от 25 июня 2002 № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации», статья 56.3.

Порядок проведения работ по выявлению, установлению и определению ценности объекта регламентирован Федеральным законом № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации»<sup>2</sup>.

В отечественном законодательстве зафиксирован процесс выявления, документирования и обеспечения сохранности ОКН, включающий в себя несколько этапов:

1. Проведение комплексных историко-культурных исследований.
2. Оформление заявки на включение объекта в Единый государственный реестр ОКН РФ и предоставление в региональный орган охраны памятников необходимых документов.
3. Проведение Государственной историко-культурной экспертизы.
4. Определение предмета охраны ОКН.
5. Внесение ОКН в Единый государственный реестр ОКН с обозначением категории памятника.
6. Оформление паспорта объекта.
7. Ведение постоянного контроля за состоянием памятника, обеспечение его сохранности и безопасности.

Проведены комплексные историко-культурные исследования объектов, являющихся произведением ландшафтной архитектуры и садово-паркового искусства, сформировавшихся в исторические садово-парковые территории (СПТ) г. Томска в к. XVIII – н. XX в. Рассматриваемые СПТ могут быть использованы для подготовки документов охраны уникальных садов и парков города. Необходимо отметить, что г. Томск богат объектами культурного наследия, в т. ч. произведениями ландшафтной архитектуры и садово-паркового искусства. Некоторые СПТ уже вошли в Единый государственный реестр ОКН, внесены в список объектов. Сведения о таких объектах, расположенных на территории города, приводятся на сайте Комитета по охране объектов культурного наследия Томской области [1].

В то же время некоторые исторические и уникальные природные объекты еще не вошли в Реестр и по мере развития города в отсутствие необходимых охранных документов остаются под угрозой ухудшения их состояния и необратимой утраты. Поэтому выявление и изучение истории формирования СПТ, анализ архитектурно-планировочных особенностей и определение ценностных характеристик с последующим оформлением охранных документов в виде ОКН является актуальной задачей для сохранения природного каркаса г. Томска.

При разработке методики ценностных характеристик ОКН приняты во внимание законодательные акты, ведомственные документы, методические указания для выполнения историко-культурных исследований с определением территорий ОКН (изд. ГУП «Научно-исследовательский и проектный институт генерального плана города Москвы», 2009 г.) и оригинальные работы Э.А. Митягина [8], О.И. Пруцына, С.Д. Семенцова, А.П. Сергеева, А.В. Слабухи, Э.А. Шевченко, Н.И. Явейна и др.

<sup>2</sup> Федеральный закон от 25 июня 2002 г. № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации».

Порядок организации работ по выявлению объектов культурного наследия и установлению историко-культурной ценности объектов архитектурного наследия приводятся более широко в ряде публикаций А.В. Слабухи, проводившего экспертный анализ базовых источников и публикаций по обозначенной теме известных авторов, таких как О.А. Пруцын, С.В. Зеленова, Л.Н. Вольская, С.В. Семенцова и др., на таком высоком уровне, что нет необходимости более подробно на них останавливаться [11, 12]. Достаточно согласиться с мнением А.В. Слабухи, что рассмотренные исследования представляют несколько различные характеристики и трактовки критериев ценности объектов культурного наследия. При этом накопленный научно-методический опыт демонстрирует общую картину современных теорий о содержании системы историко-культурных ценностей объектов культурного наследия, включающих историческую, ландшафтно-средовую, градостроительную, архитектурно-эстетическую, эмоционально-художественную, типологическую, строительно-технологическую, научно-реставрационную, функциональную, культурологическую ценность.

Основанием для включения исторического объекта (памятника истории и культуры) в единый государственный реестр объектов культурного наследия является его историко-культурная ценность, определяемая существующими методиками. Важно отметить, что рассматриваемая тема по выявлению историко-культурной ценности произведений садово-паркового искусства мало изучена. Исключение составляют исследовательские работы по системе охраны градостроительного наследия, выполненные под руководством С.В. Семенцова: Б.С. Матвеева [5], А.Ю. Назаровой [9] и др. Особенно хотелось бы отметить методическое указание, разработанное ГУП Научно-исследовательским и проектным институтом генерального плана города Москвы, которое может быть использовано как руководящий документ для практических работ по определению ценностных характеристик СПТ [13].

Результаты анализа публикаций и отечественного опыта показывают, что сегодня отсутствует универсальная методика определения ценностных характеристик для садово-парковых территорий. Попытка создания универсальной методики приведет к чрезмерному усложнению алгоритма расчета ценностных характеристик, который потребует дополнительных сведений по учету специфики и особенности объектов, а также истории развития СПТ и мест их локации (закладки). Поэтому каждому городу будет присуще собственная система оценки, учитывающая историческую, социальную и иные региональные особенности. Соответственно, существующие методики определения ценностных характеристик, разработанные для других городов и регионов страны, не могут быть применимы для томских СПТ.

В настоящее время в Департаменте архитектуры и градостроительства, а также в Комитете по охране объектов культурного наследия Томской области уделяется значительное внимание проблемам сохранения исторических и уникальных объектов, зеленого каркаса г. Томска. Также необходимо отметить, что решение этих проблем не должно сдерживать естественный процесс развития градостроительства и расширения границ города, не каждый старый объект должен обладать статусом ОКН.

Наиболее острый характер носит обсуждение вопросов строительства и перепланировок в исторической части города, принятие решения о включении

исторических объектов в Реестр ОКН с последующим составлением охранных документов. Изменение статуса каждого исторического объекта требует всестороннего исследования и должно базироваться на более объективной цифровой оценке – установлении исторической ценности уникальных объектов, разработке руководящих документов и методических указаний для практического использования применительно для г. Томска. Анализ имеющихся исследований, публикаций и документов показывает, что до настоящего времени методики по определению ценностных характеристик СПТ и обобщающего методического руководства, посвященного комплексному историко-культурному исследованию объектов озеленения г. Томска, не разработано.

В настоящем исследовании предпринята попытка разработать научно обоснованный метод выявления ценностных характеристик произведений ландшафтной архитектуры и садово-паркового искусства г. Томска. Это позволило бы обеспечить физическую сохранность и целевое функциональное использование СПТ, а также преемственность развития градостроительного и природного окружения города.

В основу анализа вошли методики, применяемые в различных регионах Российской Федерации, в частности, предлагаемые С.В. Зеленовой [2, 3], О.И. Пруцына [10], А.В. Слабухи [11, 12], Ю.Ю. Курашова [4], как наиболее наглядные, информативные и охватывающие практически все аспекты ценностных характеристик объекта, «претендующего» на статус «объект культурного наследия».

При разработке методики частично были заимствованы общие подходы оценки архитектурных объектов. В данной работе приведены и обоснованы дополнительные критерии для оценки объектов СПТ и ландшафтной архитектуры с учетом особенностей и историко-социального развития г. Томска.

Критерии оценки томских СПТ ранжированы таким образом, чтобы сумма присвоенных максимальных баллов в пределах данной ценности составляла 100 единиц – это является первым этапом определения ценностных характеристик. Баллы подобраны с учетом всесторонней оценки вклада отдельных элементов, характеризующих каждый рассматриваемый объект, без загромождения табл. 1.

*Историко-мемориальная ценность* объекта определяется значимым исторически документированным событием, участием выдающейся личности или деятеля в его создании. В данный критерий включены такие понятия, как «связь ОКН с важным историческим событием в масштабе территории» (1) в масштабе губернии, Западной Сибири и страны, «связь ОКН с выдающейся личностью в масштабе территории» (2) в губернии и Западной Сибири и «время закладки объекта» (3). Особенность данной ценности заключается в использовании исторической шкалы со знаковыми датами для Томска: 1763 г. – закладка Московско-Сибирского тракта; 1804 г. – создание Томской губернии, 1832 г. – издание указа Императора об отводе земли, в т. ч. садов; 1845 г. – начало строительства на Новособорной площади церкви; 1880 г. – начало строительства Императорского университета; 1885 г. – расширение границ Томской губернии за счет присоединения прилежащих округов, а также ранжирование площади СПТ.

Таблица 1

## Критерии оценки историко-культурной ценности объектов культурного наследия г. Томска

Table 1

## Criteria for assessing historical and cultural values of Tomsk objects

I – ИСТОРИКО-МЕМОРИАЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ				Сумма баллов
1. Связь ОКН с важным историческим событием в масштабе территории		2. Связь ОКН с выдающейся личностью в масштабе территории (Авторство)		
Томской губернии	Западной Сибири	Страны	Томской губернии	Западной Сибири
10	20	30	10	20
3. Время закладки объекта				
После 1920 г.	1881–1920 гг.	1856–1880 гг.	1805–1850 гг.	До 1804
10	20	30	40	50
II – ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ				
1. Градостроительное значение		2. Сохранность общей объемно-пространственной структуры (ОПС)		
Доминанта районного значения (в жилых районах)	Доминанта общегородского значения	Имеются значительные утраты, подлежащие возможному восстановлению	Имеются искажающие утраты функционального использования	Имеются незначительные утраты, искажающие пристройки и надстройки
10	20	10	20	30
3. Площадь объекта, м <sup>2</sup>				
До 500	От 500 до 1000	От 1000 до 5000	От 5000 до 25 000	Более 25 000
10	20	30	40	50

Окончание табл. 1  
End of table 1

III – АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНАЯ ЦЕННОСТЬ										
1. Степень сохранности исторической планировки (ИПС), функциональных зон (ФЗ) и границ объекта*		2. Наличие на территории объекта исторически сохранившихся малых архитектурных форм (МДФ)** и элементов благоустройства								
IV категория	III категория	II категория	I категория	Объект утрачен, имеется возможность восстановления МДФ и элементов благоустройства	Отдельно стоящие на территории МДФ и элементы благоустройства	МДФ и элементы благоустройства сохранены частично	МДФ и элементы благоустройства сохранены полностью	X3		
10	20	40	50	10	20	30	40	50		
IV – ЛАНДШАФТНАЯ ЦЕННОСТЬ										
1. Рельеф природного и антропогенного происхождения		2. Тип природного озеленения								
Прибрежный, пойменный	Искусственный	Естественный	Искусственный (деревья, кустарники, цветники)	Естественный/искусственный (смешанный)	Естественный (леса, рощи, поляны и др.)	Имеются значительные утраты (более 75 % утрат)	Имеются фрагментарные утраты (до 50 % утрат)	Историческое озеленение сохранено (до 25 % утрат)	X4	
10	20	30	10	20	40	10	20	30		
V – СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ										
1. Особое общественное значение, популярность		2. Элементы функциональной структуры								
г. Томска	Томской губернии	Западной Сибири	Страны	Утеряно	Частично сохранено	Преимущественно сохранено	3. Культурологическое значение			
20	30	40	50	10	20	30	10	20		

\* Планировочные оси, конфигурация территории, историческая трассировка ограждения, положение входов и въездов.  
\*\* Историческая трассировка ограждения, наличие скульптуры, мостов и других элементов малых архитектурных форм.

Для оценки исторической ценности было учтено время закладки и история создания СПТ, в том числе исторические даты и периоды, характерные для Томской губернии. Согласно этому критерию наиболее ценными можно считать объекты, время устройства которых приходится на период конца XVIII – начала XIX в., например, территории монастырского комплекса «Алексеевский» (1760–1806 гг.). Этому объекту можно присвоить максимально возможные 50 баллов; объект «Первый общественный сад» (1812 г.) – 40 баллов, «Городской сад» (1883 г.) – 20 баллов.

*Градостроительная ценность* включает пространственное расположение объекта в городе, общегородское значение в силуэте города и др. Здесь использованы такие критерии, как «градостроительное значение» (1) для учета объекта как доминанты, «сохранность общей объемно-пространственной структуры» (2) для оценки сохранности, функциональности и возможности восстановления, а также «площадь объекта» (3), которая ранжирована исходя из занимаемой (сохраненной) на сегодняшний день территории.

Например, историческое расположение объемно-пространственной структуры для Лагерного и Городского сада, Буфф-сада и Пушкинского сквера сохранено с незначительными изменениями, соответственно, каждому можно присвоить 30 баллов по критерию (2). В современной и исторической системе застройки произошли некоторые изменения и трансформации Университетской рощи, что соответствует 20 баллам по критерию (2). Что касается критерия (3), то можно отметить относительно скромные площади территорий садов и парков или того, что от них осталось.

Архитектурно-планировочная ценность определяется особенностями планировочной структуры садово-парковой территории (планировочные оси, трассировка дорог, тропинок, конфигурация площадей и др.), выявляются исторические стилевые признаки и элементы планировочной структуры. Критерий «степень сохранности исторической планировки» оценен по категориям (I–IV), соответственно от 10 до 50 баллов. Например, архитектурно-планировочная структура и историческая конфигурация Городского сада сохранена фактически без изменений (50 баллов), имеется фрагментарная сохранность исторической транспортно-пешеходной связи на Ново-Соборной площади (25 баллов). Так, Ново-Соборная площадь находится в прямой связи с несколькими объектами культурного наследия, обеспечивая целостность их восприятия в историческом градостроительном контексте.

Ландшафтная ценность включает тип природного озеленения (рощи, леса, луга и др.), приемы озеленения, в том числе цветники, клумбы, рабатки и пр. Например, в Городском саду сохранена зона с аллеями и рядовыми посадками вдоль дорожек в восточной части сада (преимущественно тополями, яблонями, березами), пейзажная центральная часть с прудом в западной части (преимущественно ива, береза, тополь серебристый). Таким образом, для Городского сада по критериям: «рельеф природного и антропогенного происхождения» – искусственный (20 баллов); «тип природного озеленения» – смешанный (20 баллов); «озеленение территории» – историческое озеленение сохранено (30 баллов), общий бал по ландшафтной ценности – 70 баллов.

В систему оценки нами включена и социально-культурологическая ценность – качество, позволяющее определить социальную значимость, популярность, сохранение функциональности, связанность с духовными, мифологическими, дидактическими особенностями, а также туристической привлекательностью. Для томских СПТ данный критерий охватывает оценку параметров: «общественное значение, популярность» (1), «сохранение элементов функциональной структуры» (2) и «культурологическое значение» (3). Например, по этим критериям Городской сад может быть оценен следующим образом: (1) – 30 баллов, (2) – 30 баллов, (3) – 15 баллов, итого – 75 баллов.

Результирующая оценка проводится на втором этапе расчета нахождением суммы произведений итогового балла ( $X_i$ ) и вклада ( $Y_i$ , рис. 1) отдельных ценностных характеристик по следующей формуле:

$$\text{ЦЕННОСТЬ ОБЪЕКТА} = \sum X_i Y_i / 100,$$

где  $i$  – номер критерия.

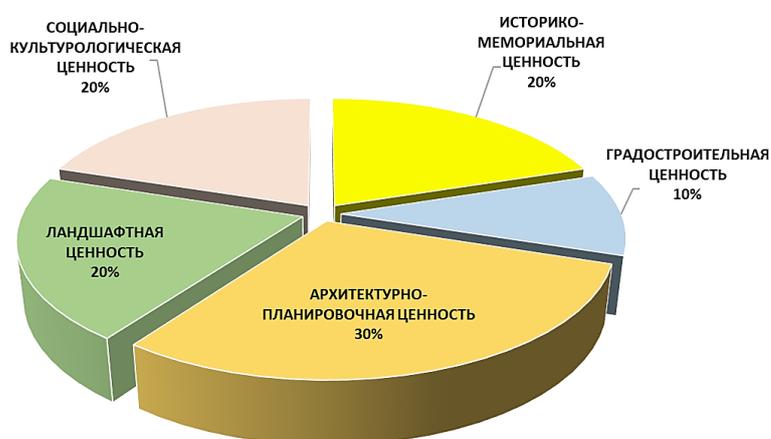


Рис. 1. Диаграмма, отражающая историко-культурные ценности объектов и их вклад ( $Y_i$ ) в определении ценностных характеристик

Fig 1. Historical and cultural values of objects and their contribution ( $Y_i$ ) in determination of valuable characteristics

Таким образом, предложенный подход позволяет дать оценку некоторым типам садово-парковых объектов Томска. Настоящее исследование может быть применено для обоснования решения о включении объектов в перечень выявленных объектов культурного наследия (Городской сад, территория бывшего сада Горохова, Буфф-сад и др.), которые могут быть отнесены к произведениям ландшафтной архитектуры и садово-паркового искусства (сады, парки, скверы, бульвары) и получить статус объекта культурного наследия.

Предложенная в настоящей работе методика может быть использована для других городов при условии дополнительного определения характеристик историко-мемориальной ценности (отличительной особенностью являются исторические даты, значимые для каждого города) и социально-культурологической ценности в масштабе города, региона и страны соответственно.

Для определения ценностных характеристик исторических СПТ Томска предварительно было проведено историко-архитектурное исследование известных садов и парков, их размещение в архитектурно-планировочной структуре города [6, 7]. Ниже приводится пояснение по использованию разработанной системы оценки на примере известного исторического сада Томска объекта «Городской сад», сформированного рядом с Ново-Соборной площадью в конце XIX в.

Историко-мемориальная ценность Городского сада связана с историческим событием – визитом цесаревича Николая Александровича (будущего императора Николая II) 5 июля 1891 г. Совершая кругосветное путешествие и оказавшись в Томске, он посадил в Городском саду 5 саженцев серебристого тополя. Данное историческое событие учтено с присвоением значения 30 баллов.

Связь с исторической личностью в масштабе территории г. Томска: устройство Городского сада инициировал известный государственный деятель – томский губернатор Г.А. Тобизен; авторство разрабатываемой планировки сада принадлежит выдающемуся ученому, садовнику Ботанического сада Томского Императорского университета П.Н. Крылову, деятельность которого существенным образом оказала влияние на развитие садово-паркового устройства России, и Томска в частности. Числовое значение по шкале – 20 баллов. Сад был заложен в 1883 г., соответственно, по шкале присваиваем – 20 баллов. Таким образом, историко-мемориальная ценность объекта составляет  $X_1 = 70$  баллов.

Градостроительная ценность является доминантой общегородского значения – 30 баллов, сохранность общей объёмно-пространственной структуры – имеются незначительные утраты (30 баллов). Исторически ценный градоформирующий объект, также сохранена визуальная связь со смежной исторической застройкой (с северной стороны здание бывшей губернской мужской гимназии и другие объекты историко-градостроительной среды). Площадь СПТ имеет большое значение при оценке объекта. Общая площадь сада составляет 2,86 га, что по шкале находится в интервале от 5 000 до 25 000 м<sup>2</sup> (40 баллов). Сумма по градостроительной ценности составляет  $X_2 = 90$  баллов.

Архитектурно-планировочная ценность характеризуется степенью сохранности исторической планировочной структуры территории II категории – 40 баллов. Можно утверждать, что планировочная структура сохранена в первоначальном виде (90 %): границы владений сохранены полностью, имеются фрагментарные утраты в северной части в районе зеленых островков, методом проецирования историко-архитектурного опорного плана на современный ситуационный план выявлена степень сохранности исторической дорожно-тропиночной сети на 90 %.

Числовое значение наличия объекта исторически сохранившихся МАФ – 20 баллов. Прослеживаются значительные утраты объёмно-пространственной структуры территории на 80 %: садовые здания и сооружения утрачены (деревянный павильон, летний театр, беседка у пруда, качели, танцевальная площадка, мосты, ограждение сада и входная арка с южной стороны). В северной части территории сохранен только отдельно стоящий фонтан), имеются фрагментарные изменения в контурах застроенных и незастроенных площадок. Сумма  $X_3 = 60$  баллов.

Ландшафтная ценность характеризуется сложившейся спокойной природно-антропогенной трансформацией исторического ландшафта: рельеф

природного и антропогенного происхождения – искусственный (20 баллов), тип природного – смешанный (20 баллов). С восточной стороны – озеленение с аллейнными и рядовыми посадками, вдоль дорожек – цветники, клумбы, газоны. Прослеживаются фрагментарные утраты озеленения: цветники, клумбы с западной стороны. В умеренной степени сохранено историческое озеленение в западной части преимущественно с видом породного состава лиственных и хвойных деревьев: насаждения липы, яблони, ели, березы и др. В пейзажной части сада имеются ценные древесные породы – липы, клены, тополя, ивы, следовательно, сохранность фрагментов элементов озеленения территории – 30 баллов. Сумма  $X_4 = 70$  баллов.

Социально-культурная ценность определяется высокой популярностью сада в масштабах Томской губернии (30 баллов), где преимущественно сохранена функциональность (30 баллов) и привлекательность для туристов и гостей города (20 баллов) – качество, позволяющее оценить социальную значимость, популярность, сохранение функциональности. Сумма  $X_5 = 75$  баллов.

Итоговые баллы и значимость ценностных характеристик для Городского сада:

1. Историко-мемориальная – 70 баллов, вклад – 20 %.
2. Градостроительная – 90 баллов, вклад – 10 %.
3. Архитектурно-планировочная – 60 баллов, вклад – 30 %.
4. Ландшафтная – 70 баллов, вклад – 20 %.
5. Социально-культурологическая – 80 баллов, вклад – 20 %.

Таким образом, ценность объекта «Городской сад» составляет:

$$\begin{aligned} \text{ЦЕННОСТЬ ОБЪЕКТА} &= \\ &= (70 \cdot 20 + 90 \cdot 10 + 60 \cdot 30 + 70 \cdot 20 + 80 \cdot 20) / 100 = 71. \end{aligned}$$

Таким образом, общая ценность по 100-балльной системе Городского сада составляет 71 балл.

На основе этой методики были определены ценностные характеристики и других объектов озеленения г. Томска, которые отличаются по типологии (табл. 2). В качестве примера использования предложенной методики были рассмотрены следующие объекты, отличающиеся происхождением, принадлежностью и формами собственности: Городской сад – как общественный, Лагерный сад – как объект военного ведомства (ныне общественный, мемориальный), Буфф-сад – как частный доходный (ныне общественный), сад Горохова – как частный (ныне утерянный).

Как видно из результирующих данных (рис. 2), ценностные характеристики объектов озеленения достаточно сильно отличаются: наибольшую ценность рассматриваемых по 100-балльной шкале имеет Лагерный сад (80 баллов). Можно отметить высокую градостроительную ценность этого объекта, которая находится на уровне 100 баллов, кроме того, он имеет самую большую площадь зеленой зоны в размере около 40 га, вытянувшись по берегу Томи. Соответственно этот объект находится под пристальным вниманием крупных строительных компаний и привлекателен для бизнеса. По этой причине для сохранения уникальности и исключения дальнейшего разрушения и перепланировок необходима подготовка охранных документов, внесение в реестр особо охраняемых зон и присвоение статуса «объект культурного наследия».

Таблица 2

Ценностные характеристики анализируемых СПТ г. Томска  
с разной типологизацией

Table 2

Valuable characteristics of Tomsk parks and gardens with different typology

Ценности		Критерии ценности	Городской сад	Лагерный сад	Буфф-сад	Сад Горохова
I	Историко-мемориальная	1. Связь ОКН с важным историческим событием в масштабе территории	30	20	10	20
		2. Связь ОКН с выдающейся личностью в масштабе территории (авторство)	20	20	10	20
		3. Время закладки объекта	20	40	20	40
		<b>I. Сумма баллов, X1</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>40</b>	<b>80</b>
II	Градостроительная	1. Градостроительное значение	20	20	10	20
		2. Сохранность общей объемно-пространственной структуры (ОПС)	30	30	20	10
		3. Площадь объекта, м <sup>2</sup>	40	50	30	30
		<b>II. Сумма баллов, X2</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>60</b>	<b>60</b>
III	Архитектурно-планировочная	1. Степень сохранности исторической планировки (ИПС), функциональных зон (ФЗ) и границ объекта	40	50	40	10
		2. Наличие на территории объекта исторически сохранившихся малых архитектурных форм (МАФ)*3 и элементов благоустройства	20	30	40	10
		<b>III. Сумма баллов, X3</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>20</b>
IV	Ландшафтная	1. Рельеф природного и антропогенного происхождения	20	30	30	10
		2. Тип природного озеленения	20	30	20	20
		3. Сохранность озеленения территории	30	20	30	10
		<b>IV. Сумма баллов, X4</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>40</b>
V	Социально-культурологическая	1. Особое общественное значение, популярность	30	30	20	20
		2. Элементы функциональной структуры	30	20	20	10
		3. Культурологическое значение	20	20	20	10
		<b>V. Сумма баллов, X5</b>	<b>80</b>	<b>70</b>	<b>60</b>	<b>40</b>
<b>Итоговая ценность объекта, баллы</b>			<b>71</b>	<b>80</b>	<b>66</b>	<b>44</b>

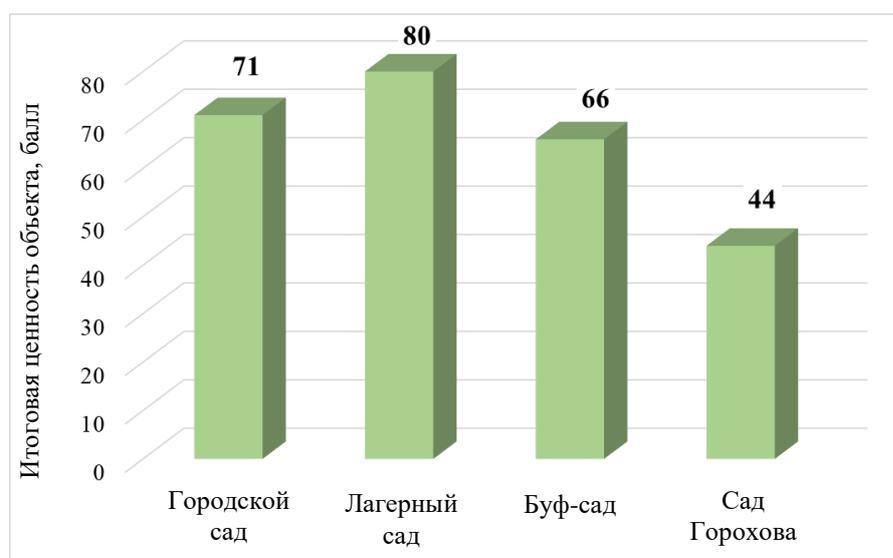


Рис. 2. Итоговая историко-культурная ценность некоторых объектов озеленения г. Томска  
Fig. 2. Total historical and cultural value of landscaping objects in Tomsk

Необходимо разработать регламентирующие документы для объектов озеленения Томска, категорировать их таким образом, чтобы по результатам расчета ценностных характеристик можно было бы ввести в реестр с последующим получением статуса ОКН или сделать выборку их на стадии предварительного анализа объектов.

В настоящее время в этой области науки накоплен опыт, однако отсутствует широко распространенный и систематизированный метод. Таким образом, предложенная в данной работе система расчета может быть использована для определения ценностных характеристик и других томских СПТ и может стать удобным инструментом профильных специалистов соответствующих ведомств. Результаты исследования могут быть применены при оценке и возможности научного обоснования историко-культурной ценности исторических садов и парков, воссоздании, сохранении и паспортизации утраченных и сохранившихся садов и парков г. Томска.

Разработанная методика расширяет представление об историческом формировании, развитии и типологических особенностях садово-парковых территорий г. Томска. Эти сведения дают возможность понять значимость садово-парковых территорий как исторически ценных градоформирующих объектов, подлежащих государственной охране; историко-культурную ценность сохранения их как объектов культурного наследия и дальнейшей разработки охраняемых мероприятий, а также расширения исследовательской базы по истории архитектуры и градостроительства.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сведения об объектах культурного наследия, расположенных на территории Томской области // Комитет по охране объектов культурного наследия Томской области, 2009–2017 :

- [сайт]. URL: <https://heritage.tomsk.gov.ru/svedeniya-ob-obektah-kulturnogo-nasledija> (дата обращения: 02.10.2023).
2. Зеленова С.В. Формирование системы критериев оценки историко-архитектурного наследия в России : специальность 18.00.01 : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры. Нижний Новгород, 2009. 178 с.
  3. Зеленова С.В. Методика определения категории историко-культурной ценности объектов историко-архитектурного наследия. URL: <https://studfiles.net/preview/2554266/> (дата обращения: 16.09.2017).
  4. Курашов Ю.Ю. Критерии оценки объектов культурного наследия: культурно-исторический аспект и правовое решение // Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН. 2017. № 4. С. 40–44.
  5. Матвеев Б.С. Историко-теоретические и научно-практические разработки градостроительной регламентации исторической городской среды Сестрорецкого архитектурно-ландшафтного комплекса : специальность 05.23.20 : автореферат диссертации кандидата архитектуры. Санкт-Петербург, 2013. 26 с.
  6. Мамедова Э.Э. Усадебные сады в озеленении города Томска (XIX–XX вв.) // Избранные доклады 63-й университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых. Томск : Изд-во ТГАСУ, 2017.
  7. Мамедова Э.Э. Садово-парковая территория усадьбы купца Ф.А. Горохова в Томске (середина XIX в.) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 4. С. 19–30.
  8. Митягин С.Д., Шевченко Э.А., Семенов С.В. Федеральный закон № 73-ФЗ и вопросы организации системы охраны объектов культурного наследия // Academia. Архитектура и строительство. 2023. № 1. С. 45–51. DOI: 10.22337/2077-9038-2023-1-45-51
  9. Назарова А.Ю. Силуэт исторической застройки в системе охраны градостроительного наследия (на примере Санкт-Петербурга) : специальность 2.1.22 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата архитектуры. Санкт-Петербург, 2023. 22 с.
  10. Пруцын О.И. Реставрация и реконструкция архитектурного наследия. Теоретические и методические основы реставрации исторического и архитектурного наследия // Труды Академии реставраций. Вып. 9. Москва, 1997. 104 с.
  11. Слабуха А.В. Установление историко-культурной ценности объектов архитектурного наследия (часть 1): организационно-методические проблемы // Человек и культура. 2016. № 6. С. 1–8.
  12. Слабуха А.В. Установление историко-культурной ценности объектов архитектурного наследия (часть 2): критерии и метод в современной экспертной практике // Человек и культура. 2016. № 6. С. 9–22.
  13. Методика выполнения историко-культурных исследований с определением территорий объектов культурного наследия (произведений ландшафтной архитектуры и садово-паркового искусства), зон их охраны, предмета охраны, режимов использования земель и градостроительных регламентов в границах зон охраны объекта культурного наследия (произведений ландшафтной архитектуры и садово-паркового искусства). Книга 1/ ГУП «Научно-исследовательский и проектный институт генерального плана города Москвы». Москва : Правительство Москвы Комитет по архитектуре и градостроительству города Москвы, 2009. 80 с.

## REFERENCES

1. Information About Cultural Heritage Sites Located on the Tomsk Region. Committee for the Protection of Cultural Heritage Sites Tomsk region, 2009–2017. Available: <https://heritage.tomsk.gov.ru/svedeniya-ob-obektah-kulturnogo-nasledija> (accessed October 2, 2023). (In Russian)
2. Zelenova S.V. Criteria for Assessing Historical and Architectural Heritage in Russia. PhD Thesis. Nizhny Novgorod, 2009. 178 p. (In Russian)
3. Zelenova S.V. Methodology for Category Determination of Historical and Cultural Value of Historical and Architectural Heritage Objects. Available: <https://studfiles.net/preview/2554266/> (accessed September 16, 2017). (In Russian)

4. Kurashov Yu.Yu. Criteria for Evaluating Cultural Heritage Objects: Cultural and Historical Aspect and Legal Decision. *Akademicheskii vestnik URALNIIPROEKT RAASN*. 2017; (4): 40–44. (In Russian)
5. Matveev B.S. Historical-Theoretical and Scientific-Practical Development of Urban Planning in Historical Urban Environment of Sestroretsk Architectural and Landscape Complex. PhD Thesis, Saint-Petersburg, 2013 (In Russian)
6. Mamedova E.E. Manor Gardens in Tomsk Landscaping (19–20th Centuries). In: *Proc. 63rd Sci. Conf. of Students and Young Scientists*. Tomsk: TSUAB, April 2017. (In Russian)
7. Mamedova E.E. Garden and Park Territory of F.A. Gorokhov's Mansion in Tomsk in the Middle of the 19th Century. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2021; 23 (4): 19–30. (In Russian)
8. Mityagin S.D., Shevchenko E.A., Sementsov S.V. Federal Law No. 73-FE and Organization of Protection of Cultural Heritage Objects. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2023; (1): 45–51. DOI: 10.22337/2077-9038-2023-1-45-51 (In Russian)
9. Nazarova A.Y. Silhouette of Historical Buildings in Protection System of Urban Heritage (Saint-Petersburg Case Studies). PhD Thesis, Saint-Petersburg, 2023. (In Russian)
10. Prutsyn O.I. Restoration and Reconstruction of Architectural Heritage. Theoretical and Methodological Foundations of Restoration of Historical and Architectural Heritage. *Trudy Akademii restavratsii*. 1997; 9: 104. (In Russian)
11. Slabukha A.V. Historical and Cultural Value of Architectural Heritage Objects. Part 1: Organizational and Methodological Problems. *Chelovek i kul'tura*. 2016; (6): 1–8. (In Russian)
12. Slabukha A.V. Establishing Historical and Cultural Value of Architectural Heritage Objects (Part 2): Criteria and Method in Modern Expert Practice. *Chelovek i kul'tura*. 2016; (6): 9–22. (In Russian)
13. Research Methodology of History and Culture of Territories with Cultural Heritage Objects (Landscape Architecture and Art), Protection Zones, Land Use and Urban Planning Regulations. Book 1. Moscow, 2009. 80 p. (In Russian)

#### Сведения об авторе

Мамедова Эльнура Эльдар кызы, ст. преподаватель, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, tsuab.univer.tia@gmail.com

#### Author Details

Elnura E. Mamedova, kyzy, Senior Lecturer, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, tsuab.univer.tia@gmail.com

Статья поступила в редакцию 26.05.2024  
Одобрена после рецензирования 27.07.2024  
Принята к публикации 29.07.2024

Submitted for publication 26.05.2024  
Approved after review 27.07.2024  
Accepted for publication 29.07.2024

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

## BUILDING AND CONSTRUCTION

Вестник Томского государственного  
архитектурно-строительного университета.  
2024. Т. 26. № 4. С. 176–186.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo  
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –  
Journal of Construction and Architecture.  
2024; 26 (4): 176–186.  
Print ISSN 1607-1859  
Online ISSN 2310-0044

### НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 693.22:624.04

DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-176-186

EDN: OXOMCR

## СОВМЕСТНАЯ РАБОТА ОПОРНОЙ ПЛИТЫ БАЗЫ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КОЛОННЫ С ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТОЙ СТОЛБЧАТОГО ФУНДАМЕНТА ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ

**Иван Иванович Подшивалов**

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

**Аннотация.** Объектом исследования является совместная работа опорной металлической плиты базы колонны с нижерасположенной железобетонной плитой столбчатого фундамента на естественном основании в условиях реконструкции промышленного здания.

**Цель работы** состоит в получении напряженно-деформированного состояния опорной металлической плиты в базе колонны, железобетонной плиты столбчатого фундамента, а также значения контактных усилий между ними и характера их распределения по контактной плоскости.

**Методы.** Расчетное обоснование совместной работы опорной металлической плиты базы колонны с нижерасположенной железобетонной плитой столбчатого фундамента выполнено моделированием в программном комплексе Ing+2021 MicroFe с разработкой расчетной конечно-элементной пространственной модели.

**Результаты.** Получены напряженно-деформированное состояние двух контактных несущих элементов базы металлической колонны и совместная работа их взаимодействия, что позволило разработать рекомендации по восстановлению эксплуатационной пригодности бетона железобетонной плиты столбчатого фундамента в контурной зоне опорной металлической плиты колонн при реконструкции промышленного здания.

**Ключевые слова:** база колонн, опорная металлическая плита, железобетонная плита фундамента, совместная работа, моделирование

**Для цитирования:** Подшивалов И.И. Совместная работа опорной плиты базы металлической колонны с железобетонной плитой столбчатого фундамента промышленного здания // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 4. С. 176–186. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-176-186. EDN: OXOMCR

## ORIGINAL ARTICLE

## JOINT OPERATION OF COLUMN BASE METAL PLATE AND REINFORCED CONCRETE SLAB OF POST FOOTING OF INDUSTRIAL BUILDING

**Ivan I. Podshivalov**

*Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia*

**Abstract.** The paper studies the joint operation of the base metal plate of column base and reinforced concrete slab of post spread footing of industrial building of a reconstructed industrial building.

**Purpose:** The achievement of the stress-strain state of the base metal plate of the column base, reinforced concrete slab of the post footing, contact forces between them and their distribution along the contact plane.

**Methodology/approach:** The theoretical model of the joint operation of these elements is performed in Ing + 2021, MicroFe software with the proposed finite element model.

**Research findings:** The stress-strain state is determined for two contacting bearing elements of the metal column base and their joint operation.

**Practical implications:** Recommendations are given to the concrete reconstruction of the reinforced concrete slab of the post footing within the base metal plate perimeter of the industrial building.

**Keywords:** column base, base metal plate, reinforced concrete slab, joint operation, finite element model

**For citation:** Podshivalov I.I. Joint Operation of Column Base Metal Plate and Reinforced Concrete Slab of Post Footing of Industrial Building. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2024; 26 (4): 176–186. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-176-186. EDN: OXOMCR

Анализ напряженно-деформированного состояния опорных узлов колонн металлических каркасов с железобетонными фундаментами при выполнении реконструкции промышленных зданий связан с необходимостью оценки несущей способности металлических конструкций с учетом фактического их состояния и соответствия современным нормам [1, 2].

Реконструкция промышленных предприятий, как правило, связана с изменением конструктивных решений зданий и технологических нагрузок на существующие конструкции и, как следствие, с необходимостью оценки их технического состояния [3]. Отказы отдельных элементов или всего здания обусловлены, как правило, ошибками при проектировании, дефектами при изготовлении и монтаже конструкций и в последующем длительной эксплуатацией в неблагоприятных условиях [4, 5].

Анализ надежности несущих металлоконструкций показывает, что минимизация ущерба возможна путем регулирования взаимодействия несущих элементов каркаса между собой. Например, для стропильных ферм достаточно реализовать конструктивные мероприятия применительно к связевым элементам покрытий [6, 7].

Как известно, основной задачей связей в покрытии каркасных зданий является восприятие и передача горизонтальных нагрузок от фахверковых колонн на несущие колонны каркаса и через их базы – на фундаменты [8].

Большое практическое значение представляет расчет несущей способности конструкций металлического каркаса, у которых в процессе эксплуатации из-за скрытых дефектов, ошибок проектирования, изготовления, монтажа, эксплуатации возможно повреждение отдельных конструкций, в том числе выход из строя некоторых стержней. В работе [9] представлена методика расчета конструкций с поврежденными стальными стержневыми элементами.

Представляют интерес численные исследования напряженно-деформированного состояния базы колонны, состоящей из одной опорной пластины [10, 11]. Целью являлось исследование работы базы колонны упрощенного типа при внецентренном сжатии. Решение задачи выполнялось варьированием толщины опорной плиты в расчетной модели. Получены следующие результаты: для опорной плиты толщиной от 70 мм характерна практически линейная деформация; от 20 до 70 мм – нелинейно-упругая деформация; при толщине до 20 мм – нелинейная деформация.

В настоящей статье объектом исследования является металлический каркас промышленного здания, находящегося в стадии реконструкции. Размеры здания в плане – 60×168 м, номинальная высота до низа конструкций покрытия – 10,8 м (рис. 1).

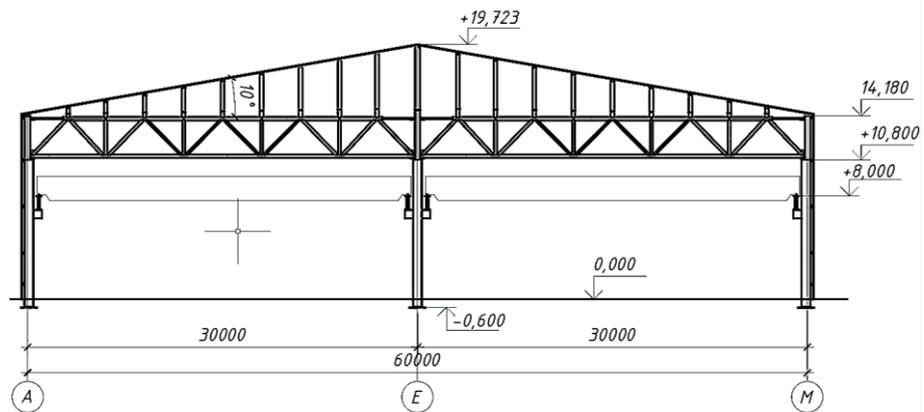


Рис. 1. Схема поперечного разреза

Fig. 1. Transverse section of the metal frame of industrial building

Каркас здания выполнен по рамно-связевой схеме. Продольная устойчивость каркаса обеспечивается вертикальными связями по колоннам, а поперечная устойчивость – за счет статической работы двух пролетных рам. Пролет

рам – 30 м, высота рам – 10,8 м. Сопряжение с фундаментом стоек рам, выполненных из прокатного широкополочного двутавра I70Ш4, жесткое. Фундамент под каждой колонной представляет собой плиту размером  $1,8 \times 1,8 \times 0,8$  (h) м. Фундаменты расположены на стабильном основании. Покрытие промышленного здания образовано стальными бесфасоночными фермами с параллельными поясами пролетом 30 м, высотой 2,9 м. Шаг ферм в продольном направлении здания – 12 м. Пояса и элементы решетки ферм выполнены из труб.

При обследовании баз несущих колонн металлического каркаса было зафиксировано наличие бетона пористой структуры в контурной области отдельных опорных металлических плит (рис. 2). В связи с этим возникла необходимость в определении характера совместной работы опорной металлической плиты с нижней железобетонной плитой столбчатого фундамента, в том числе по их контактной плоскости.



Рис. 2. Бетон пористой структуры в контурной области металлической плиты базы колонны  
Fig. 2. Cellular concrete in the perimeter of the base metal plate.

В программном комплексе Ing+2021 MicroFe с использованием плоских и объемных (для грунта), а также стержневых конечных элементов была разработана конечно-элементная модель, состоящая из колонны, жестко закрепленной на опорной металлической плите толщиной 20 мм, и нижерасположенной железобетонной плиты фундамента толщиной 800 мм на грунтовом основании (рис. 3, а). Расстояние между срединными плоскостями плит назначалось равным половине суммы их толщины так, чтобы происходил полный контакт поверхностей плит, в нашем случае – 410 мм. Взаимодействие плит между собой моделировалось стержнями типа «трос», которые могут работать на сжатие-растяжение, либо только на сжатие, либо только на растяжение. Для допущения возможности «отлипания» плит друг от друга стержни работали только на сжатие. Шаг стержней принят равным 0,1 м в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Площадь поперечного сечения каждого стержня равна  $A_{ст} = 0,01 \text{ м}^2$ , т. е. стержни примыкают друг к другу без зазора (рис. 3, б). При монтаже колонн,

после их выверки в вертикальное положение с помощью анкерных болтов, пространство между опорной металлической плитой и железобетонной плитой фундамента заполняется мелкозернистым бетоном. Поэтому модуль упругости для стержней принят равным  $E = 2,3 \cdot 10^7$  кН/м<sup>2</sup>, что соответствует модулю упругости бетона класса В15. Стержни типа «трос» работают по конструктивно нелинейной схеме с односторонними связями, работающими только на сжатие. В фундаменте установлены четыре анкерных болта Ø28 мм.

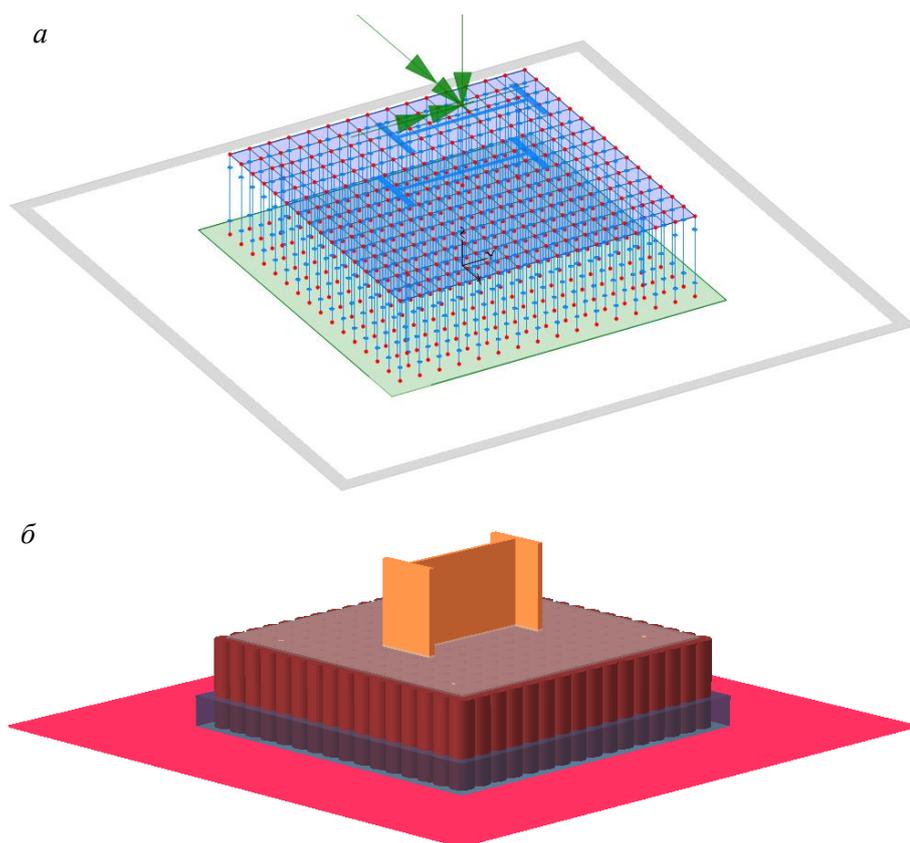


Рис. 3. Расчетная конечно-элементная модель (а) и ее визуализация (б) (шарниры в узлах сопряжения стержней типа «трос» с плитами условно не показаны)

Fig. 3. FEM (a) and model visualization (b)

Железобетонная плита фундамента представлена слоистым материалом из 20 слоев, четыре из которых – арматурные слои, а 16 – слои из бетона. Железобетонная плита работает по физически нелинейной схеме по соответствующим диаграммам деформирования арматуры и бетона.

Из статического расчета металлического каркаса было установлено, что по нижнему обрезу крайних колонн наибольшая продольная сжимающая сила составила  $N = -820,8$  кН, два соответствующих изгибающих момента, создающих вертикальные нормальные напряжения в плитах, были равны:  $M_x = 188,6$  кНм,  $M_y = 3,4$  кНм.

Далее в статье представлены результаты статического анализа исследуемых конструкций. В опорной металлической плите базы крайней колонны изополя изгибающих моментов  $M_x$  относительно оси  $X$  приведены на рис. 4, наибольшие значения которых составили: растягивающие верхние волокна металлической плиты  $M_x = -59,3$  кНм/м; растягивающие нижние волокна металлической плиты  $M_x = 81,9$  кНм/м. На рис. 5 показаны изополя вертикальных перемещений опорной металлической плиты, где отражен характер этих перемещений в форме лунки.

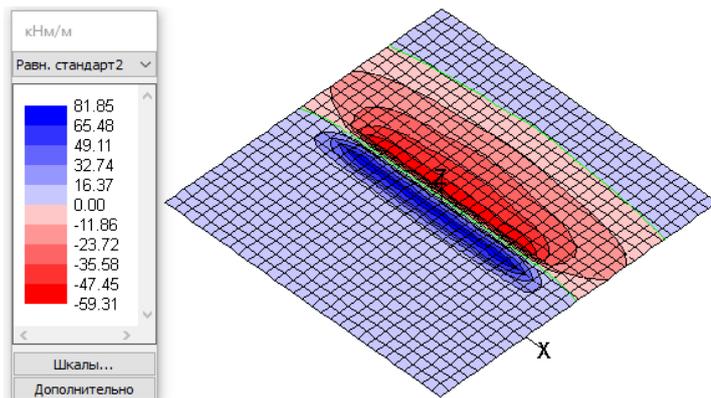


Рис. 4. Изополя изгибающих моментов  $M_x$  относительно оси  $X$  в опорной металлической плите  
 Fig. 4. FEM of base metal plate with bending moment isofields relative to  $X$  axis

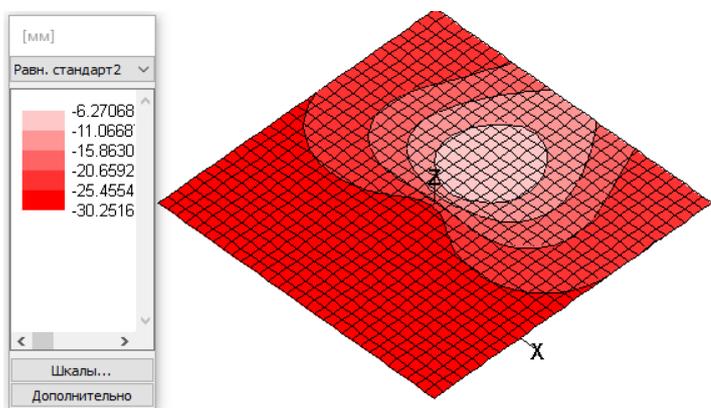


Рис. 5. Вертикальные перемещения опорной металлической плиты  
 Fig. 5. Vertical displacement of base metal plate

Эпюры продольных сил в стержнях типа «трос», моделирующих совместную работу плит, показаны на рис. 6. Анализируя данные, можно отметить следующее:

– все продольные силы в стержнях сжимающие, что соответствует действительному характеру совместной работы плит, где возможно «отлипание» плит относительно друг друга, чему связи не должны препятствовать;

– наибольшие сжимающие силы в стержнях между плитами возникают под стволом колонны  $N_{\max} = -349,4$  кН и в контурных углах под опорной металлической пластиной  $N_{\text{кон}} = -15,3$  кН в плоскости действия изгибающего момента от колонны каркаса;

– в остальной части контакта между плитами сжимающие силы в стержнях не возникают.

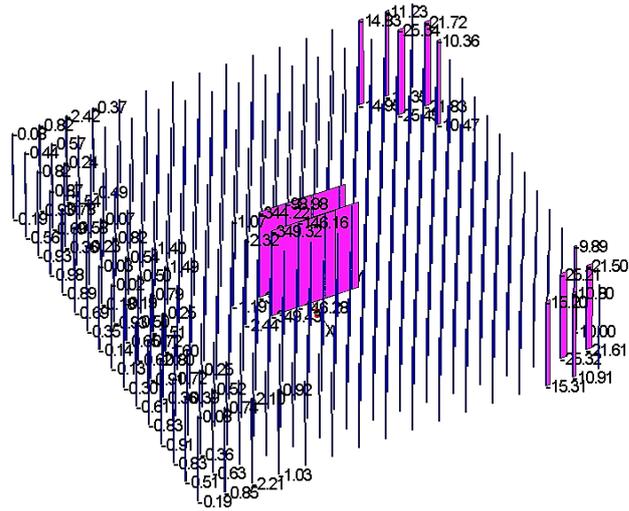


Рис. 6. Эпюры продольных сил (кН) в стержнях типа «трос» между плитами  
Fig. 6. Longitudinal forces (kN) in rope-between-plate rods

В анкерных болтах  $\varnothing 28$  мм фундамента появляются растягивающие усилия с максимальным значением  $N_{\text{анк max}} = 144$  кН (рис. 7). Наибольшие растягивающие усилия в анкерных болтах возникают у грани опорной металлической плиты, где в стержнях типа «трос» наблюдаются максимальные сжимающие усилия между плитами, что соответствует принципу работы статически неопределимых систем «сжатие-растяжение».

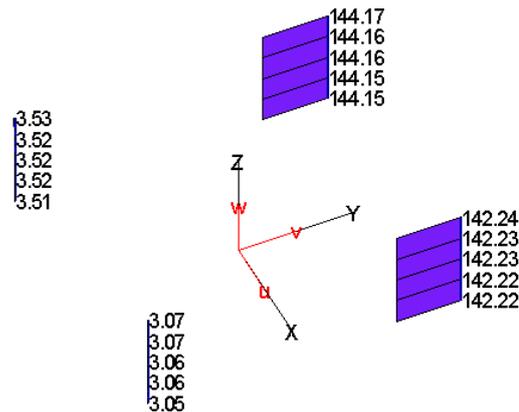


Рис. 7. Эпюры продольных сил (кН) в анкерных болтах фундамента  
Fig. 7. Longitudinal forces (kN) in anchoring screws of post footing

В качестве сравнения на рис. 8 показаны эпюры продольных сил в стержнях типа «трос» под средней колонной. На изображении видно, что наибольшие сжимающие силы в стержнях между плитами возникают под стволом колонны  $N_{\max} = -905,6$  кН, а также, как и в предыдущем случае, в стержнях, расположенных в контурных углах под опорной металлической пластиной  $N_{\text{кон}} = -4,9$  кН в плоскости действия изгибающего момента от колонны каркаса. Здесь заданы по нижнему обрезу средней колонны сжимающая продольная сила  $N = -2718$  кН и один изгибающий момент  $M_x = 44,5$  кНм. В целом характеры напряженного состояния в стержнях по контактным зонам между плитами под крайней и под средней колоннами подобны.

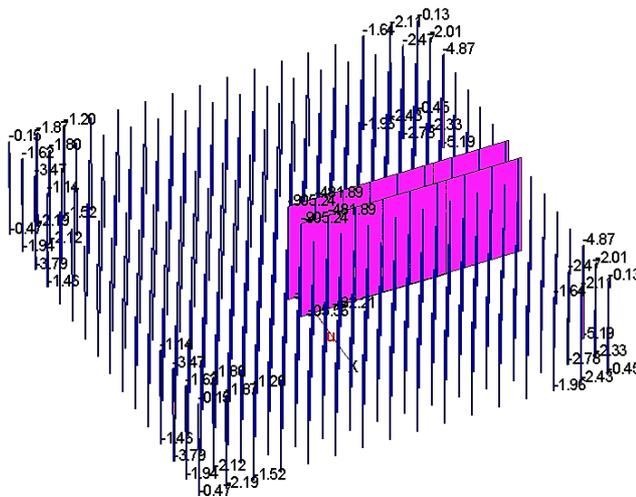


Рис. 8. Эпюры продольных сил (кН) в стержнях типа «трос» между плитами под средней колонной (в качестве сравнения)

Fig. 8. Longitudinal forces (kN) in in rope-between-plate rods under central column (for comparison)

В железобетонной плите фундамента изополя изгибающих моментов  $M_x$  относительно оси  $X$  показаны на рис. 9, все значения этих моментов имеют один знак и растягивают нижние волокна плиты. Максимальное значение  $M_{x\max} = 173,8$  кНм/м возникает в плите под стволом колонны. На рис. 10 даны изополя вертикальных перемещений железобетонной плиты фундамента, распределение которых имеет наклонный характер в плоскости действия изгибающего момента от колонны несущего каркаса.

Поскольку железобетонная плита фундамента представлена слоистым материалом с возможностью нелинейной работы бетона и арматуры, то достаточно интересным является выполнение анализа изменения модуля упругости бетона в нижнем слое, контактирующем с грунтом (рис. 11).

На представленном рисунке видно, что область слоя, расположенная под колонной, получила значительные деформации с уменьшением значения модуля упругости бетона практически до нуля. При этом в угловых зонах плиты значения модуля упругости бетона в целом не изменились, в верхнем слое плиты модуль упругости бетона также не изменился.

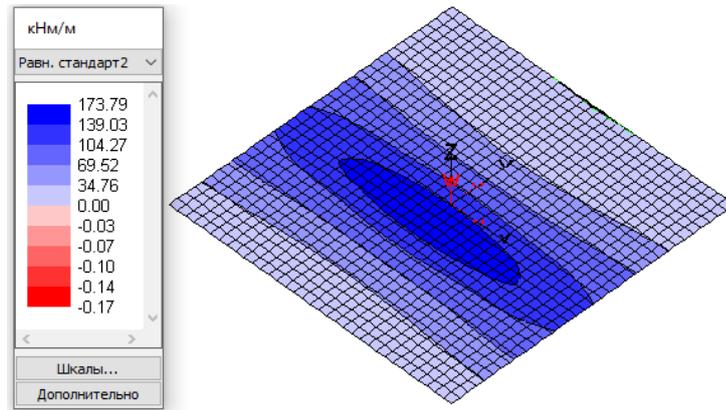


Рис. 9. Изополя изгибающих моментов  $M_x$  относительно оси  $X$  в железобетонной плите фундамента

Fig. 9. FEM of reinforced concrete slab with bending moment isofields relative to  $X$  axis

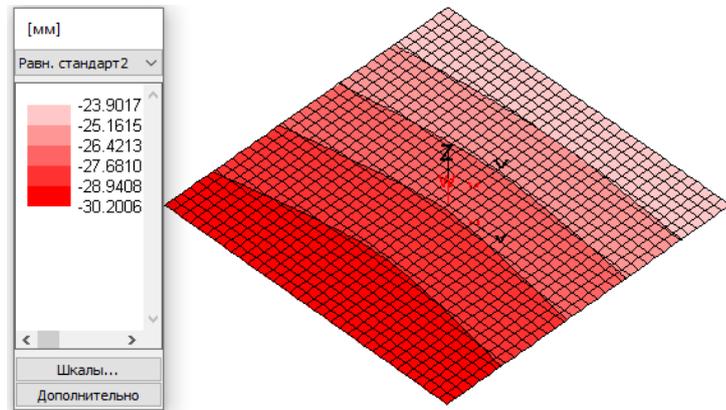


Рис. 10. Вертикальные перемещения железобетонной плиты фундамента

Fig. 10. Vertical displacement of reinforced concrete slab

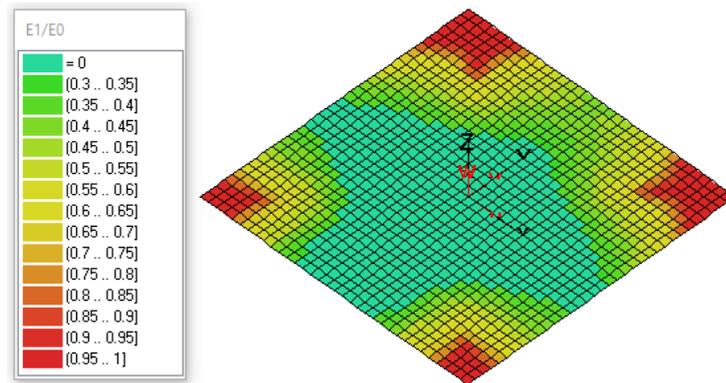


Рис. 11. Изменение модуля упругости бетона в нижнем слое железобетонной плиты фундамента, контактирующем с грунтом

Fig. 11. Elastic modulus of concrete at the bottom of reinforced concrete slab contacting with soil

### Выводы

В заключение можно отметить следующие результаты:

1. Разработана расчетная модель базы металлической колонны, совместно работающей с железобетонной плитой столбчатого фундамента на естественном основании.
2. Выполнено моделирование совместной работы опорной металлической плиты с железобетонной плитой фундамента с помощью специальных стержней типа «трос», работающих только на сжатие.
3. Получено напряженно-деформированное состояние элементов баз колонн каркаса, а также распределение контактных усилий между плитами.
4. Результаты моделирования позволили разработать рекомендации по восстановлению бетона железобетонных плит фундамента в контактной зоне с опорными металлическими плитами баз металлических колонн при реконструкции промышленного здания.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Золина Т.В., Туснин А.Р. Увеличение срока эксплуатации промышленного объекта введением конструктивных мер // Вестник МГСУ. 2015. № 6. С. 41–49.
2. Золина Т.В. Порядок проведения обследования здания с целью последующей оценки его остаточного ресурса // Вестник МГСУ. 2014. № 11. С. 98–108.
3. Боровский Д.С. Расчет на прочность усиливаемых под нагрузкой стержневых элементов стальных конструкций при многопараметрическом нагружении // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 2 (85). С. 36–41.
4. Гукова М.И., Искендеров В.Г., Фарфель М.И. Ошибки проектирования, изготовления и монтажа, приводящие к аварийному состоянию строительных конструкций производственных зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 10. С. 25–28.
5. Лебедь Е.В., Григорян А.А. Влияние монтажных расчетных схем ребер двухъярусного металлического купола на начальные усилия при устранении погрешностей // Вестник МГСУ. 2015. № 8. С. 66–79.
6. Еремин К.И., Матвеевский С.А. Анализ риска несущих конструкций покрытий стальных каркасов одноэтажных промышленных зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2011. № 3. С. 16–18.
7. Еремин К.И., Матвеевский С.А. Анализ надежности несущих конструкций покрытий стальных каркасов одноэтажных промышленных зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 10. С. 19–21.
8. Туснина О.А. Работа связей в покрытии промышленного здания со стальным каркасом // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 1. С. 37–42.
9. Туснин А.Р., Бергер М.П. Расчет металлической фермы с поврежденными элементами // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 11. С. 35–41.
10. Алтатов В.Ю., Лукин А.О., Сахаров А.А. Исследование жесткости узла базы стальной колонны, состоящей из одной опорной плиты // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 9. С. 9–14.
11. Алтатов В.Ю. Анализ влияния жесткости опор на напряженно-деформированное состояние структурной конструкции // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре: мат-лы 63-й Всерос. науч.-техн. конф. по итогам НИР университета за 2005 г. Самара : СГАСУ, 2006. С. 428–431.

### REFERENCES

1. Zolina T.V., Tushnin A.R. Extending of Operation Life of Industrial Building. *Vestnik MGSU*. 2015; (6): 41–49. (In Russian)

2. Zolina T.V. Examination Procedure for Building Residual Operation Life. *Vestnik MGSU*. 2014; (11): 98–108. (In Russian)
3. Borovskiy D.S. Strength Analysis of Rod Elements of Steel Structures Under Multiparameter Loading. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2021; 2 (85): 36–41. (in Russian)
4. Gukova M.I., Iskenderov V.G., Farfel M.I. Design, Manufacture and Construction Errors Leading to Emergency of Industrial Buildings. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2013; (10): 25–28. (in Russian)
5. Lebed E.V., Grigoryan A.A. Influence of Analytical Rib Models of Double Metal Dome on Initial Forces at Error Elimination. *Vestnik MGSU*. 2015; (8): 66–79. (in Russian)
6. Eremin K.A., Matveyushkin S.A. Risk Analysis of Bearing Structures of Steel Frame Covering of One-Storey Industrial Buildings. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2011; (3): 16–18. (in Russian)
7. Eremin K.A., Matveyushkin S.A. Reliability Analysis of Load-Bearing Structures of Steel Frame Coverings of One-Storey Industrial Buildings. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2010; (10): 19–21. (in Russian)
8. Tushina O.A. Performance of Covering Bonds of Industrial Building with Steel Frame. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2019; (1): 37–42. (in Russian)
9. Tushin A.R., Berger M.P. Calculation of Metal Truss with Damaged Elements. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2018; (11): 35–41. (in Russian)
10. Alpatov V.Yu., Lukin A.O., Sakharov A.A. Stiffness of Base Node of Steel Column with Single Tipped Plate. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2015; (9): 9–14. (in Russian)
11. Alpatov V.Yu. Influence of Support Stiffness on Stress-Strain State of Structural Design. In: *Proc. 63rd All-Russ. Sci. Conf. 'Relevant Problems in Construction and Architecture'*. Samara, 2006. Pp. 428–431. (in Russian)

#### Сведения об авторе

Подшивалов Иван Иванович, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, ivanpodchivalov@list.ru

#### Author Details

Ivan I. Podshivalov, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia; ivanpodchivalov@list.ru

Вестник Томского государственного  
архитектурно-строительного университета.  
2024. Т. 26. № 4. С. 187–198.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo  
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –  
Journal of Construction and Architecture.  
2024; 26 (4): 187–198.

Print ISSN 1607-1859  
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК.624.04

DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-187-198

EDN: SRVIGY

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖОРДАНОВЫХ ИСКЛЮЧЕНИЙ В АНАЛИЗЕ УСИЛИЙ ПРИ ИЗМЕНЕНИЯХ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ БАЛКИ

**Дмитрий Николаевич Песцов, Маргарита Олеговна Моисеенко,  
Татьяна Алексеевна Трепутнева**

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

**Аннотация.** *Актуальность.* Работа посвящена актуальной проблеме сокращения времени расчетов при решении задач оптимизации стержневых систем.

*Цель* – исследование изменений усилий в поперечных сечениях статически неопределимой балки при внесении изменений в ее расчетную схему.

Поставленная цель достигается применением жордановых исключений для решения разрешающей системы уравнений. Применение жордановых исключений для анализа изменений рассматривается на примере формирования статически неопределимой балки путем соединения двух ранее рассчитанных статически неопределимых балок в одну.

*Результаты.* Использование данных в результате расчета двух отдельных статически неопределимых балок и аппарата жордановых исключений, позволило получить значения усилий и перемещений для статически неопределимой балки, сформированной путем соединения двух отдельных балок без необходимости формирования и решения новой системы разрешающих уравнений.

*Выводы.* Применение жордановых исключений для решения разрешающей системы уравнений позволяет определять новые значения усилий в поперечных сечениях стержней и перемещения узлов системы при внесении изменений (введение либо удаление опорных или внутренних связей, изменение жесткостных характеристик элементов статически неопределимых систем и т. д.) в расчетную схему без необходимости формирования и решения новой системы разрешающих уравнений при каждом изменении.

**Ключевые слова:** жордановы исключения, расчетная схема, стержневая система, анализ усилий

**Для цитирования:** Песцов Д.Н., Моисеенко М.О., Трепутнева Т.А. Использование жордановых исключений в анализе усилий при изменениях расчетной схемы балки // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 4. С. 187–198. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-187-198. EDN: SRVIGY

## ORIGINAL ARTICLE

## JORDAN ELIMINATIONS IN FORCE ANALYSIS WHEN CHANGING BEAM STRUCTURAL DESIGN

Dmitrii N. Pestsov, Margarita O. Moiseenko, Tatyana A. Treputneva  
Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

**Abstract. Purpose:** The aim of the work is to study changes in forces in cross sections of a statically indeterminate beam when changing the structural design.

**Methodology:** Jordan elimination is used to solve the system of equations. Jordan elimination used in the force analysis is considered on the example of the formation of a statically indeterminate beam by connecting two previously calculated statically indeterminate beams into one.

**Research findings:** The data obtained for two separate statically indeterminate beams and Jordan elimination allow to calculate the forces and displacements for a statically indeterminate beam obtained by connecting two separate beams without the need to solve a new system of resolving equations.

**Keywords:** Jordan elimination; structural design; rod system; force analysis

**For citation:** Pestsov D.N., Moiseenko M.O., Treputneva T.A. Jordan Eliminations in Force Analysis When Changing Beam Structural Design. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2024; 26 (4): 187–198. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-187-198. EDN: SRVIGY

В работах [1, 2, 3] на примере статически неопределимой балки (рис. 1, а) показан метод, позволяющий определять усилия в элементах балки без необходимости формирования новой системы разрешающих уравнений и их полного перерасчета в случае внесения таких изменений в расчетную схему [4, 5], как введение или удаление внешних связей. Для вычисления усилий использовались жордановы исключения (ЖИ) [6, 7, 8, 9] и тип конечного элемента, представленный на рис. 1, б.

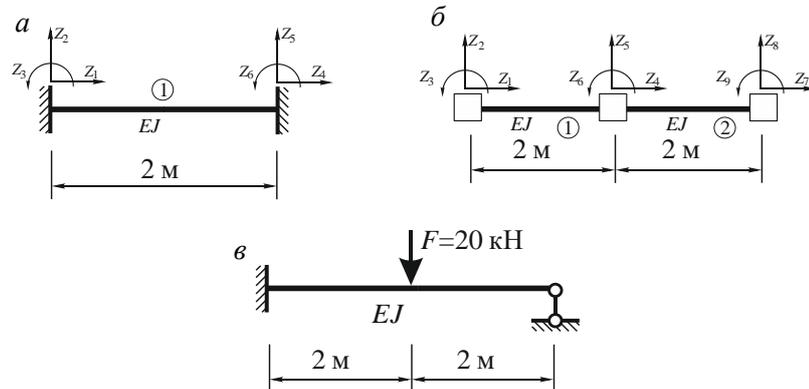


Рис. 1. Расчетные схемы балки:

а – статически неопределимая балка; б – конечный элемент метода перемещений; в – статически неопределимая балка с расстановкой связей

Fig. 1. Schematic of the beam:

а – statically indeterminate beam; б – final element of the displacement method; в – statically indeterminate beam with connections

В табл. 1 для балки, показанной на рис. 1, а, приведены данные, полученные в работе [1]. Элементы таблицы, находящиеся на пересечении столбца  $F$  и строк  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_8$ , соответствуют значениям опорных реакций для балки длиной 4 м, загруженной посередине сосредоточенной силой  $F$ , имеющей жесткое защемление слева, шарнирное опирание справа (рис. 1, а).

Таблица 1  
Table 1

	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Z_5$	$Z_6$	$Z_7$	$Z_8$	$Z_9$	$F$
$Z_1$	0	0	0	-1	0	0	-1	0	0	0
$Z_2$	0	0,05	0,19	0	-0,69	0,28	0	-0,05	0,38	13,75
$Z_3$	0	0,19	0,75	0	-0,75	0,13	0	-0,19	0,5	15
$Z_4$	1	0	0	0,05	0	0	0,05	0	0	0
$Z_5$	0	-0,69	0,75	0	0,58	0,13	0	0,32	-0,5	-11,67
$Z_6$	0	-0,28	-0,13	0	0,13	0,31	0	0,29	-0,25	-2,5
$Z_7$	1	0	0	0,05	0	0	0,1	0	0	0
$Z_8$	0	-0,05	-0,19	0	-0,31	-0,28	0	0,05	-0,38	6,25
$Z_9$	0	-0,38	-0,5	0	-0,5	-0,25	0	0,38	1	10

Используя полученные данные (табл. 1), проведем дальнейшие изменения в расчетной схеме.

Из балки, представленной на рис. 1, а, получим балку, представленную на рис. 2, не составляя новую систему разрешающих уравнений и не производя полный их перерасчет.

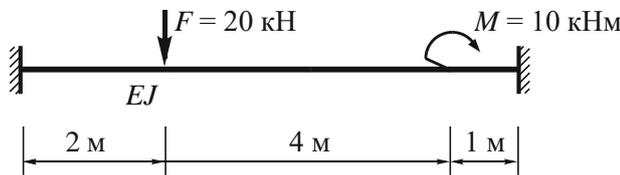


Рис. 2. Статически неопределимая балка  
Fig. 2. Statically indeterminate beam

Для такого преобразования добавим к балке (рис. 1) справа дополнительную балку (рис. 3, а).

Сформируем систему разрешающих уравнений для балки, изображенной на рис. 3, а, как показано в работе [1]. Примем  $EJ = 1$  кН·м<sup>2</sup>,  $EJ = 50$  кН. Делим балку на два конечных элемента, стержень 3 и стержень 4 (рис. 3, б).

Для стержня 3:

$$l_3 = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} = \sqrt{(2 - 0)^2 + (0 - 0)^2} = 2 \text{ м};$$

$$\cos \alpha_3 = \frac{x_2 - x_1}{l_3} = \frac{2 - 0}{2} = 1; \quad \sin \alpha_3 = \frac{y_2 - y_1}{l_3} = \frac{0 - 0}{2} = 0.$$

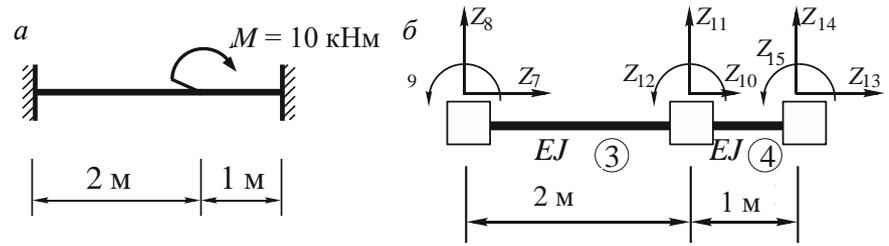


Рис. 3. Правая часть балки:

*a* – правая статически неопределимая балка; *б* – расстановка связей

Fig. 3. Right part of the beam:

*a* – statically indeterminate beam; *b* – connections

Матрица жесткости стержня 3 в местной системе координат:

$$\begin{aligned}
 [k_3^*] = & \begin{pmatrix} Z_7 & Z_8 & Z_9 & Z_{10} & Z_{11} & Z_{12} \\ \frac{EA}{l_3} & 0 & 0 & -\frac{EA}{l_3} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EJ}{l_3^3} & \frac{6EJ}{l_3^2} & 0 & -\frac{12EJ}{l_3^3} & \frac{6EJ}{l_3^2} \\ 0 & \frac{6EJ}{l_3^2} & \frac{4EJ}{l_3} & 0 & -\frac{6EJ}{l_3^2} & \frac{2EJ}{l_3} \\ -\frac{EA}{l_3} & 0 & 0 & \frac{EA}{l_3} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EJ}{l_3^3} & -\frac{6EJ}{l_3^2} & 0 & \frac{12EJ}{l_3^3} & -\frac{6EJ}{l_3^2} \\ 0 & \frac{6EJ}{l_3^2} & \frac{2EJ}{l_3} & 0 & -\frac{6EJ}{l_3^2} & \frac{4EJ}{l_3} \end{pmatrix} = \\
 & \begin{pmatrix} \frac{50}{2} & 0 & 0 & -\frac{50}{2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12 \cdot 1}{8} & \frac{6 \cdot 1}{4} & 0 & -\frac{12 \cdot 1}{8} & \frac{6 \cdot 1}{4} \\ 0 & \frac{6 \cdot 1}{4} & \frac{4 \cdot 1}{2} & 0 & -\frac{6 \cdot 1}{4} & \frac{2 \cdot 1}{2} \\ -\frac{50}{2} & 0 & 0 & \frac{50}{2} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12 \cdot 1}{8} & -\frac{6 \cdot 1}{4} & 0 & \frac{12 \cdot 1}{8} & -\frac{6 \cdot 1}{4} \\ 0 & \frac{6 \cdot 1}{4} & \frac{2 \cdot 1}{2} & 0 & -\frac{6 \cdot 1}{4} & \frac{4 \cdot 1}{2} \end{pmatrix} =
 \end{aligned}$$

$$= \begin{vmatrix} 25 & 0 & 0 & -25 & 0 & 0 \\ 0 & 1,5 & 1,5 & 0 & -1,5 & 1,5 \\ 0 & 1,5 & 2 & 0 & -1,5 & 1 \\ -25 & 0 & 0 & 25 & 0 & 0 \\ 0 & -1,5 & -1,5 & 0 & 1,5 & -1,5 \\ 0 & 1,5 & 1 & 0 & -1,5 & 2 \end{vmatrix}$$

Матрица направляющих косинусов:

$$[C_3] = \begin{vmatrix} \cos\alpha_3 & -\sin\alpha_3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \sin\alpha_{31} & \cos\alpha_3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos\alpha_3 & -\sin\alpha_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sin\alpha_3 & \cos\alpha_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Матрица жесткости стержня 3 в общей системе координат:

$$[k_3] = [C_3]^T [k_3^*] [C_3] = \begin{vmatrix} 25 & 0 & 0 & -25 & 0 & 0 \\ 0 & 1,5 & 1,5 & 0 & -1,5 & 1,5 \\ 0 & 1,5 & 2 & 0 & -1,5 & 1 \\ -25 & 0 & 0 & 25 & 0 & 0 \\ 0 & -1,5 & -1,5 & 0 & 1,5 & -1,5 \\ 0 & 1,5 & 1 & 0 & -1,5 & 2 \end{vmatrix}$$

Для стержня 4:

$$l_4 = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} = \sqrt{(1-0)^2 + (1-0)^2} = 1 \text{ м};$$

$$\cos\alpha_4 = \frac{x_2 - x_1}{l_4} = \frac{1-0}{1} = 1; \quad \sin\alpha_4 = \frac{y_2 - y_1}{l_4} = \frac{0-0}{2} = 0.$$

Сформируем матрицу жесткости стержня 2 в местной системе координат:

$$[k_4^*] = \begin{vmatrix} Z_{10} & Z_{11} & Z_{12} & Z_{13} & Z_{14} & Z_{15} \\ \frac{EA}{l_4} & 0 & 0 & -\frac{EA}{l_4} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EJ}{l_4^3} & \frac{6EJ}{l_4^2} & 0 & -\frac{12EJ}{l_4^3} & \frac{6EJ}{l_4^2} \\ 0 & \frac{6EJ}{l_4^2} & \frac{4EJ}{l_4} & 0 & -\frac{6EJ}{l_4^2} & \frac{2EJ}{l_4} \\ -\frac{EA}{l_4} & 0 & 0 & \frac{EA}{l_4} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EJ}{l_4^3} & -\frac{6EJ}{l_4^2} & 0 & \frac{12EJ}{l_4^3} & -\frac{6EJ}{l_4^2} \\ 0 & \frac{6EJ}{l_4^2} & \frac{2EJ}{l_4} & 0 & -\frac{6EJ}{l_4^2} & \frac{4EJ}{l_4} \end{vmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} \frac{50}{1} & 0 & 0 & -\frac{50}{1} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12 \cdot 1}{1} & \frac{6 \cdot 1}{1} & 0 & -\frac{12 \cdot 1}{1} & \frac{6 \cdot 1}{1} \\ 0 & \frac{6 \cdot 1}{1} & \frac{4 \cdot 1}{1} & 0 & -\frac{6 \cdot 1}{1} & \frac{2 \cdot 1}{1} \\ -\frac{50}{1} & 0 & 0 & \frac{50}{1} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12 \cdot 1}{1} & -\frac{6 \cdot 1}{1} & 0 & \frac{12 \cdot 1}{1} & -\frac{6 \cdot 1}{1} \\ 0 & \frac{6 \cdot 1}{1} & \frac{2 \cdot 1}{1} & 0 & -\frac{6 \cdot 1}{1} & \frac{4 \cdot 1}{1} \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} 50 & 0 & 0 & -50 & 0 & 0 \\ 0 & 12 & 6 & 0 & -12 & 6 \\ 0 & 6 & 4 & 0 & -6 & 2 \\ -50 & 0 & 0 & 50 & 0 & 0 \\ 0 & -12 & -6 & 0 & 12 & -6 \\ 0 & 6 & 2 & 0 & -6 & 4 \end{pmatrix}$$

Матрица направляющих косинусов:

$$[C_4] = \begin{pmatrix} \cos \alpha_4 & -\sin \alpha_4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \sin \alpha_4 & \cos \alpha_4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos \alpha_4 & -\sin \alpha_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sin \alpha_4 & \cos \alpha_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Матрица жесткости стержня 4 в общей системе координат:

$$[k_4] = [C_4]^T [k_4^*] [C_4] = \begin{pmatrix} 50 & 0 & 0 & -50 & 0 & 0 \\ 0 & 12 & 6 & 0 & -12 & 6 \\ 0 & 6 & 4 & 0 & -6 & 2 \\ -50 & 0 & 0 & 50 & 0 & 0 \\ 0 & -12 & -6 & 0 & 12 & -6 \\ 0 & 6 & 2 & 0 & -6 & 4 \end{pmatrix}$$

Значения перемещений и усилий в балке, приведенной на рис. 3, а, даны в табл. 2.

Таблица 2

Table 2

	$Z_7$	$Z_8$	$Z_9$	$Z_{10}$	$Z_{11}$	$Z_{12}$	$Z_{13}$	$Z_{14}$	$Z_{15}$	$F$
$Z_7$	25	0	0	-25	0	0	0	0	0	0
$Z_8$	0	1,5	1,5	0	-1,5	1,5	0	0	0	0
$Z_9$	0	1,5	2	0	-1,5	1	0	0	0	0
$Z_{10}$	-25	0	0	75	0	0	-50	0	0	0
$Z_{11}$	0	-1,5	-1,5	0	13,5	4,5	0	-12	6	0
$Z_{12}$	0	1,5	1	0	4,5	6	0	-6	2	10
$Z_{13}$	0	0	0	-50	0	0	50	0	0	0
$Z_{14}$	0	0	0	0	-12	-6	0	12	-6	0
$Z_{15}$	0	0	0	0	6	2	0	-6	4	0

Сделав по табл. 2 три шага ЖИ с разрешающими элементами (РЭ)  $Z_{10}$ ,  $Z_{11}$ ,  $Z_{12}$ , получим табл. 3, содержащую значения перемещений и усилий в балке на рис. 4, б.

Таблица 3

Table 3

	$Z_7$	$Z_8$	$Z_9$	$Z_{10}$	$Z_{11}$	$Z_{12}$	$Z_{13}$	$Z_{14}$	$Z_{15}$	$F$
$Z_7$	16,7	0	0	-0,33	0	0	-16,7	0	0	0
$Z_8$	0	0,444	0,667	0	-0,27	0,444	0	-0,44	0,667	-4,44
$Z_9$	0	0,667	1,333	0	-0,22	0,333	0	-0,67	0,667	-3,33
$Z_{10}$	0,33	0	0	0,01	0	0	0,667	0	0	0
$Z_{11}$	0	0,259	0,222	0	0,1	-0,07	0	0,740	-0,44	0,740
$Z_{12}$	0	-0,44	-0,33	0	-0,07	0,22	0	0,444	0	-2,22
$Z_{13}$	-16,7	0	0	-0,67	0	0	16,67	0	0	0
$Z_{14}$	0	-0,44	-0,67	0	-0,74	-0,44	0	0,444	-0,67	4,444
$Z_{15}$	0	0,667	0,667	0	0,444	0	0	-0,67	1,333	0

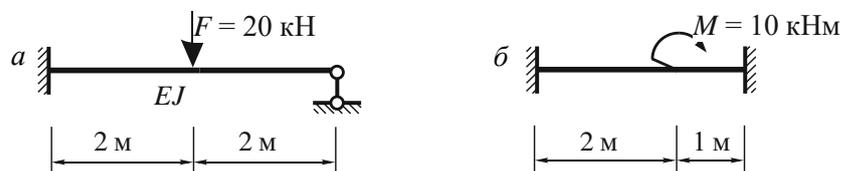


Рис. 4. Две отдельные статически неопределимые балки:

$a$  – левая балка;  $b$  – правая балка

Fig. 4. Two separate statically indeterminate beams:

$a$  – left beam;  $b$  – right beam

В табл. 1, 3 содержатся данные отдельно для левой и правой балок (рис. 4, а, б). Соединим два стержня в одну конструкцию. Вначале введем для левой балки (рис. 4, а) горизонтальную и моментную связи на правой опоре, сделав два шага ЖИ по элементам на пересечении строк и столбцов с одинаковыми индексами  $Z_7$  и  $Z_9$  в табл. 1. Полученные значения соответствуют балке, показанной на рис. 5, а. Значения усилий и перемещений записаны в табл. 4.

Таблица 4  
Table 4

	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Z_5$	$Z_6$	$Z_7$	$Z_8$	$Z_9$	$F$
$Z_1$	12,5	0	0	-0,5	0	0	-12,5	0	0	0
$Z_2$	0	0,19	0,375	0	-0,5	0,375	0	-0,19	0,38	10
$Z_3$	0	0,38	1	0	-0,5	0,25	0	-0,38	0,5	10
$Z_4$	0,5	0	0	0,02	0	0	0,5	0	0	0
$Z_5$	0	0,5	0,5	0	0,333	0	0	0,5	-0,5	-6,67
$Z_6$	0	-0,38	-0,25	0	0	0,25	0	0,38	-0,25	0
$Z_7$	-12,5	0	0	-0,5	0	0	12,5	0	0	0
$Z_8$	0	-0,19	-0,38	0	-0,5	-0,38	0	0,19	-0,38	10
$Z_9$	0	0,38	0,5	0	0,5	0,25	0	-0,38	1	-10

В табл. 3, 4 находятся значения усилий и перемещений для двух отдельных балок с жесткими защемлениями по краям (рис. 5).

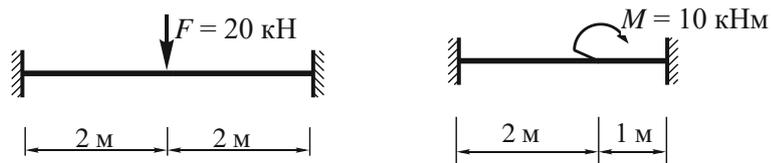


Рис. 5. Статически неопределимые балки с жесткими закреплениями по концам  
Fig. 5. Statically indeterminate beams with rigid fasteners at its ends

Соберем две отдельные балки в одну (рис. 6). Для этого необходимо соединить две таблицы. Данные записываются по соответствующим ячейкам, числа из табл. 3, 4 с элементами на пересечении строк и столбцов с индексами  $Z_7$ ,  $Z_8$ ,  $Z_9$  суммируются. После всех преобразований получим значения, приведенные в табл. 5, которая представляет собой систему разрешающих уравнений смешанного метода [2] для балки, представленной на рис. 6.

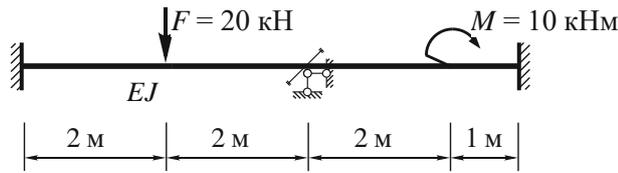


Рис. 6. Статически неопределимая балка, собранная из двух отдельных балок  
 Fig. 6. Statically indeterminate beam assembled from two separate beams

Таблица 5  
 Table 5

	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Z_5$	$Z_6$	$Z_7$	$Z_8$	$Z_9$	$Z_{10}$	$Z_{11}$	$Z_{12}$	$Z_{13}$	$Z_{14}$	$Z_{15}$	$F$
$Z_1$	12,5	0	0	-0,5	0	0	-12,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Z_2$	0	0,1875	0,375	0	-0,5	0,375	0	-0,1875	0,375	0	0	0	0	0	0	10
$Z_3$	0	0,375	1	0	-0,5	0,25	0	-0,375	0,5	0	0	0	0	0	0	10
$Z_4$	0,5	0	0	0,02	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Z_5$	0	0,5	0,5	0	0,333	0	0	0,5	-0,5	0	0	0	0	0	0	-6,67
$Z_6$	0	-0,375	-0,25	0	0	0,25	0	0,375	-0,25	0	0	0	0	0	0	0
$Z_7$	-12,5	0	0	-0,5	0	0	29,1667	0	0	-0,333	0	0	-16,67	0	0	0
$Z_8$	0	-0,1875	-0,375	0	-0,5	-0,375	0	0,6319	0,2917	0	-0,2593	0,444	0	-0,444	0,6667	5,5556
$Z_9$	0	0,375	0,5	0	0,5	0,25	0	0,2917	2,3333	0	-0,222	0,333	0	-0,667	0,667	-13,33
$Z_{10}$	0	0	0	0	0	0	0,333	0	0	0,013	0	0	0,667	0	0	0
$Z_{11}$	0	0	0	0	0	0	0	0,259	0,222	0	0,099	-0,074	0	0,741	-0,444	0,7407
$Z_{12}$	0	0	0	0	0	0	0	-0,444	-0,333	0	-0,074	0,222	0	0,444	0	-2,222
$Z_{13}$	0	0	0	0	0	0	-16,667	0	0	-0,667	0	0	16,667	0	0	0
$Z_{14}$	0	0	0	0	0	0	0	-0,444	-0,667	0	-0,741	-0,444	0	0,444	-0,667	4,444
$Z_{15}$	0	0	0	0	0	0	0	0,667	0,667	0	0,444	0	0	-0,667	1,333	0

Для получения перемещений и усилий в балке, показанной на рис. 2, необходимо удалить связи  $Z_7$ ,  $Z_8$ ,  $Z_9$  в балке, изображенной на рис. 6. Сделать это можно, произведя расчеты ЖИ по табл. 5 с РЭ, находящимися на главной диагонали (элементы на пересечении строк и столбцов с одинаковыми индексами  $Z_7$ ,  $Z_8$ ,  $Z_9$ ).

Табл. 6 представляет собой данные усилий и перемещений для балки, изображенной на рис. 2.

Таблица 6  
Table 6

	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>	Z <sub>5</sub>	Z <sub>6</sub>	Z <sub>7</sub>	Z <sub>8</sub>	Z <sub>9</sub>	Z <sub>10</sub>	Z <sub>11</sub>	Z <sub>12</sub>	Z <sub>13</sub>	Z <sub>14</sub>	Z <sub>15</sub>	F
Z <sub>1</sub>	7,143	0	0	-0,714	0	0	-0,429	0	0	0	0	0	-7	0	0	0
Z <sub>2</sub>	0	0,035	0,122	0	-0,802	0,175	0	-0,394	0,21	0	0	0	0	0	0	14,985
Z <sub>3</sub>	0	0,122	0,571	0	-1,02	-0,102	0	-0,735	0,306	0	0	0	0	0	0	18,163
Z <sub>4</sub>	0,714	0	0	0,029	0	0	0,017	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z <sub>5</sub>	0	0,802	1,02	0	0,972	0	0	0,945	-0,332	0	0	0	0	0	0	-16,346
Z <sub>6</sub>	0	-0,175	0,102	0	0	0,554	0	0,682	-0,192	0	0	0	0	0	0	-6
Z <sub>7</sub>	0,429	0	0	0,017	0	0	0,034	0	0	0,011	0	0	0,571	0	0	0
Z <sub>8</sub>	0	0,394	0,735	0	0,945	0,682	0	1,679	-0,21	0	0,389	-0,676	0	0,606	-0,98	-12,128
Z <sub>9</sub>	0	-0,21	-0,306	0	-0,332	-0,192	0	-0,21	0,455	0	0,047	-0,058	0	0,21	-0,163	7,23
Z <sub>10</sub>	0	0	0	0	0	0	0,011	0	0	0,017	0	0	0,857	0	0	0
Z <sub>11</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0,389	0,047	0	0,21	-0,262	0	0,945	-0,735	-0,797
Z <sub>12</sub>	0	0	0	0	0	0	0	-0,676	-0,058	0	-0,262	0,542	0	0,105	0	0,758
Z <sub>13</sub>	-7	0	0	0	0	0	-0,571	0	0	-0,857	0	0	7,143	0	0	0
Z <sub>14</sub>	0	0	0	0	0	0	0	-0,606	-0,21	0	-0,945	-0,105	0	0,035	-0,122	5,015
Z <sub>15</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0,98	0,163	0	0,735	-0,49	0	-0,122	0,571	-3,265

Таким образом, рассмотренный выше метод позволяет учитывать изменения в расчетной схеме балки (добавлять или удалять внешние и внутренние связи, добавлять или удалять элементы) без необходимости формирования и решения новой системы разрешающих уравнений при каждом изменении в расчетной схеме балки.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Песцов Д.Н. Применение жордановых исключений для анализа стержневых систем при изменениях в расчетной схеме // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 1. С. 96–104.
2. Песцов Д.Н. Статический анализ шарнирно-стержневых систем при изменениях в расчетной схеме // Сборник трудов молодых ученых НГАСУ. Новосибирск : Новосиб. гос. архит.-строит. ун-т, 1999. № 2. 152 с.
3. Песцов Д.Н., Те А.Б. Анализ шарнирно-стержневых систем при изменениях в расчетной схеме // Сборник тезисов докладов научно-технической конференции, Новосибирск, 01–30 апреля 1995 г. Новосибирск : Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 1995. С. 2–4.

4. *Серазутдинов М.Н., Убайдуллоев М.Н., Низамеев В.Г.* Расчет нагруженных конструкций, усиливаемых способами увеличения сечения и изменения расчетной схемы // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 3 (37). С. 255–262.
5. *Кабанцев О.В., Тамразян А.Г.* Учет изменений расчетной схемы при анализе работы конструкции // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 5 (49). С. 15–26.
6. *Те А.Б.* Механическая интерпретация жордановых исключений в задачах расчета статически неопределимых систем // Исследования по строительной механике и строительным конструкциям. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1989. С. 144–150.
7. *Перельмутер А.В., Сливкер В.И.* Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. Москва : ДМК-Пресс, 2011. 736 с.
8. *Прихач Н.К., Кондратьева Н.А.* Математическое программирование. Минск : БНТУ, 2021. 157 с.
9. *Зуховицкий С.И., Авдеева Л.И.* Линейное и выпуклое программирование. Москва : Наука, 1967. 460 с.

## REFERENCES

1. *Pestsov D.N.* Jordan Eliminations in Bar System Analysis with Changes in Design Model. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2021; 23 (1): 96–104. (In Russian)
2. *Pestsov D.N.* Static Analysis of Hinge-Rod Systems with Changes in Structural Design. *Sbornik trudov molodykh uchenykh NGASU*. 1999; (2) 152. (In Russian)
3. *Pestsov D.N., Te A.B.* Analysis of Hinge-Rod Systems with Changes in Structural Design. In: *Proc. Sci. Conf.*, Novosibirsk, April 1–9. 1995. Pp. 2–4. (In Russian)
4. *Serazutdinov M.N., Ubaidulloev M.N., Nizameev V.G.* Calculation of Loaded Structures with Reinforced Cross Section and Changed Structural Design. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2016; 3 (37): 255–262. (In Russian)
5. *Kabantsev O.V., Tamrazyan A.G.* Changes in Structural Design in Analysis of Operation. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2014; 5 (49): 15–26. (In Russian)
6. *Te A.B.* Mechanical Interpretation of Jordan Eliminations in Calculation of Statically Indeterminate Systems. In: *Research on Structural Mechanics and Structures*. Tomsk: TSU, 1989. Pp. 144–150. (In Russian)
7. *Perel'muter A.V., Slivker V.I.* Design Models of Constructions and Their Analysis. Moscow: ДМК-Press, 2011. 736 p. (In Russian)
8. *Prikhach N.K., Kondrat'eva N.A.* Mathematical Programming. Minsk, 2021. 157 p. (In Russian)
9. *Zukhovitskii S.I., Avdeeva L.I.* Linear and Convex Programming. Moscow: Nauka, 1967. 460 p. (In Russian)

## Сведения об авторах

*Песцов Дмитрий Николаевич*, канд. техн. наук, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, DmitryPestsov@rambler.ru

*Моисеенко Маргарита Олеговна*, канд. техн. наук, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, mmo77@mail.ru

*Трепутнева Татьяна Алексеевна*, канд. техн. наук, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, tta2019tta@yandex.ru

## Authors Details

*Dmitry N. Pestsov*, PhD, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, DmitryPestsov@rambler.ru

*Margarita O. Moiseenko*, PhD, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, mmo77@mail.ru

*Tatiana A. Treputneva*, PhD, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Sol-  
yanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, tta2019tta@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 21.05.2024  
Одобрена после рецензирования 06.06.2024  
Принята к публикации 14.06.2024

Submitted for publication 21.05.2024  
Approved after review 06.06.2024  
Accepted for publication 14.06.2024

# ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

## CONSTRUCTION TECHNOLOGY AND MANAGEMENT

Вестник Томского государственного  
архитектурно-строительного университета.  
2024. Т. 26. № 4. С. 199–210.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo  
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –  
Journal of Construction and Architecture.  
2024; 26 (4): 199–210.  
Print ISSN 1607-1859  
Online ISSN 2310-0044

### НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 69.003:665.6/.7:004.9

DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-199-210

EDN: UIEZGP

## ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ТИМ В ПАО «НК «РОСНЕФТЬ» КАК ОТВЕТ НА СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

**Антон Владимирович Саитов**

*Томский научно-исследовательский и проектный институт  
нефти и газа (АО «ТомскНИПИнефть»), г. Томск, Россия*

**Аннотация.** *Актуальность.* Ключевой целью модернизации строительной отрасли и повышения качества строительства является внедрение технологий информационного моделирования (ТИМ).

ТИМ является эффективным инструментом конкурентоспособности предприятия за счёт повышения скорости и качества выполнения проектных и строительных работ, оптимизации ресурсов, а также эффективности взаимодействия участников процесса на всем жизненном цикле объекта капитального строительства (концептуальный проект-обоснование инвестиций, проектирование, строительство, эксплуатация, демонтаж).

В статье представлен опыт внедрения технологии информационного моделирования (3D-проектирования) в ПАО «НК «Роснефть» с учетом задач обеспечения адаптации к процессам проектно-изыскательских работ в компании и перехода на полномасштабное 3D-проектирование. Обоснован выбор программного обеспечения, описаны реальные примеры выполненных пилотных проектов с применением ТИМ, представлены результаты внедрения ТИМ.

**Результаты.** В результате цифровой трансформации процессов проектирования разработана модель системы управления жизненным циклом объекта капитального строительства, основой которой является его информационная модель. Кроме того, обозначены основные проблемы, требующие решения для успешного внедрения ТИМ в практику: недостатки отечественного программного обеспечения, дефицит или полное отсутствие высококвалифицированных кадров, неготовность заказчиков работать с ТИМ, снижение эффективности деятельности организации за счет внедрения в существующие процессы

нового подхода реализации проектов, сопротивление нововведениям сотрудников, заказчиков и подрядчиков строительно-монтажных работ.

**Выводы.** Внедрение ТИМ в деятельность ПАО «НК «Роснефть» позволило достичь поставленных целей по импортозамещению технологий и подготовить достойный ответ глобальным геополитическим вызовам. Представленный в статье опыт поможет компаниям, находящимся на этапе внедрения ТИМ, принять решение по выбору того или иного программного обеспечения.

**Ключевые слова:** технология информационного моделирования, ТИМ, 3D-модель, информационная модель объекта капитального строительства, импортозамещение, цифровизация

**Для цитирования:** Саитов А.В. Опыт внедрения ТИМ в ПАО «НК «Роснефть» как ответ на современные вызовы цифровизации строительной отрасли // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 4. С. 199–210. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-199-210. EDN: UIEZGP

## ORIGINAL ARTICLE

### INFORMATION MODELING IMPLEMENTATION IN PAO “ROSNEFT” AS A CHALLENGE OF DIGITIZATION IN CONSTRUCTION INDUSTRY

**Anton V. Saitov**

*Tomsk Research and Design Institute of Oil and Gas (AO “TomskNIPIneft”),  
Tomsk, Russia*

**Abstract.** Key goals of construction industry modernization and quality improvement are the introduction of information modeling which is an effective tool for increasing the enterprise competitiveness through the quality of design and construction, resource optimization and efficiency of interaction between process participants throughout the entire life cycle.

The article presents information modeling (3D design) in PAO “Rosneft” with respect to the tasks of ensuring adaptation to design procedure in the company and the transition to full-scale 3D design. The choice of software is justified, real examples of completed pilot projects using information modeling are described, and information modeling implementation are presented. The experience in information modeling implementation helps companies to choose one or another software, and become familiar with the process at PAO “Rosneft”. As a result of the digital transformation of design processes, a model of the life cycle management system of capital construction project is developed, the basis of which is its information model. In addition, the main problems that require solutions for the successful information modeling implementation are identified, i.e., shortcomings of domestic software, shortage or absence of highly qualified personnel, unwillingness of customers to work with technical information, efficiency decrease of the organization due to the introduction of a new approach to project implementation into existing processes, resistance from employees, customers and contractors of construction, and installation works.

The information modeling introduction in the PAO “Rosneft” allow to achieve goals for import substitution of technologies and prepare a worthy response to global geopolitical challenges.

**Keywords:** information modeling, 3D model, information model, capital construction project, import substitution, digitalization

**For citation:** Saitov A.V. Information Modeling Implementation in PAO “Rosneft” as Challenge of Digitization in Construction Industry. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo

arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2024; 26 (4): 199–210. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-199-210. EDN: UIEZGP

### Введение

Цифровизация экономики России в настоящее время является ключевой задачей [1]. В инвестиционно-строительной сфере она основана на применении технологий информационного моделирования (ТИМ) в практике управления инвестиционно-строительными проектами [2].

ТИМ – технологии информационного моделирования объекта строительства, в результате которого должна быть создана его цифровая информационная модель (3D-модель).

Для успешного внедрения ТИМ в производственную деятельность корпоративных проектных институтов и обществ группы ПАО «НК «Роснефть» на всех этапах жизненного цикла объекта разработаны мероприятия [3, 4], учитывающие инициативы Правительства РФ, Минстроя РФ, геополитические вызовы. Обозначенные инициативы и вызовы главным образом ориентированы на импортозамещение и требуют от промышленных компаний незамедлительного перехода на отечественное программное обеспечение. Применение ТИМ существенно снижает риски увеличения капиталовложений; значительно улучшает качество проектно-сметной документации, уменьшает влияние человеческого фактора, сводя его участие лишь к стадии ввода данных, тем самым минимизируя ошибки, несоответствия и иные неточности [5, 6].

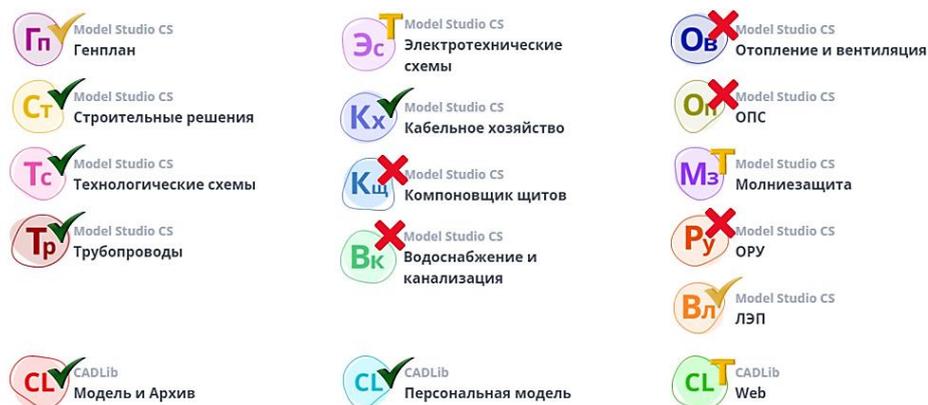
В связи с этим в ПАО «НК «Роснефть» определены основные цели внедрения ТИМ: импортозамещение и обеспечение независимости от международной конъюнктуры; сокращение стоимости программного обеспечения; оптимизация процессов проектирования, сокращение времени на выполнение задач; повышение качества проектирования и строительства.

Полноценное внедрение ТИМ в компании возможно за счет планомерного решения трех основных задач:

1. Формирование базиса информационного моделирования – создание, наполнение, актуализация базы данных деталей и оборудования – «Единый каталог 3D-изделий».
2. Методологическое сопровождение и разработка локальных нормативных документов, стандартов, регламентов взаимодействия.
3. Обслуживание и техническая поддержка программного обеспечения – адаптация, настройка программных модулей, разработка макросов и утилит, стратегическое партнерство с вендором по совместным планам развития.

На первом этапе внедрения ТИМ была сформирована мультидисциплинарная команда, включающая в себя специалистов разных направлений: «ТИМ-лидер», «ТИМ-менеджер», «ТИМ-координатор», аналитики и программисты, а также проектировщики по разным направлениям проектирования. Специалисты успешно прошли обучение работе в программном комплексе, повысили компетенции по информационному моделированию в Университете Минстроя. Полученные знания и опыт позволили сократить объемы внешнего обучения сотрудников института за счет наличия достаточного количества внутренних тренеров.

На этапе анализа потребностей проектировщиков и выбора программного обеспечения была проведена оценка возможностей применяемых на тот момент зарубежных программ и составлен чек-лист необходимых для оптимальной работы проектировщиков программных инструментов для создания 2D- и 3D-моделей, генерации проектной продукции и проведения инженерных расчетов. В результате исследования рынка ПО выбор был остановлен на отечественном программном комплексе Model Studio CS, обеспечивающем максимальное покрытие проектных дисциплин и обладающем достаточными средствами интеграции как между собственными программными модулями, так и со сторонними расчетными программами (рис. 1).



**Условные обозначения:**

- ✓ используемый модуль;
- ✓ новый модуль, дорабатывается CSoft по замечаниям Института;
- Т в тестировании, неиспользуемый модуль;
- ✗ неиспользуемый модуль.

Рис. 1. Используемые модули Model Studio CS  
Fig. 1. Model Studio CS modules

Адаптация отечественного программно-аппаратного комплекса осуществляется с учетом рынка программных продуктов. В рамках импортозамещения выполнена замена зарубежных программных продуктов (AutoCAD, CIVIL 3D, Bentley, AutoCAD Plant 3D b kheubt) отечественным программным обеспечением Model Studio CS. Целевая архитектура программно-аппаратного комплекса, применяемого в промышленной эксплуатации, построена на среде общих данных всех участников проекта и основана на кроссплатформенных решениях программного комплекса отечественной разработки. Единообразие представления информации в модели обеспечивается наличием единого каталога 3D-оборудования изделий и материалов. Оборудование, изделия и материалы в едином каталоге не просто объекты, имеющие геометрические размеры в пространстве и состоящие из 3D-примитивов, это единица будущей информационной модели, которая уже содержит атрибуты, заполненные согласно нормативно-техническим документам. Такие атрибуты являются динамическими параметризованными элементами информационной модели.

Стратегическое партнерство с вендором российского программного комплекса, включающее в себя конструктивный диалог по планам развития и текущим проблемам, позволяет более эффективно внедрять ТИМ в процессы проектирования. За время внедрения ТИМ проведено 1158 консультаций, выполнены настройки форм и чертежей, оперативно дорабатываются ошибки в программном комплексе и вносятся предложения от проектировщиков и заказчиков по доработке/улучшению работы программного комплекса. Для обмена опытом и тиражирования ТИМ создано сообщество в мессенджере Telegram, которое насчитывает более 1600 пользователей (рис. 2).

Основой для обеспечения задач ТИМ в компании стало создание «Единого каталога 3D-изделий» (рис. 3), сопровождением которого для нужд всех КНИПИ занимается специализированный институт по технологиям информационного моделирования в проектировании и строительстве. На текущий момент база данных по всем направлениям проектирования содержит около 200 тыс. 2D- и 3D-элементов (трубопроводы и технологическое оборудование – более 166 тыс. элементов, кабельное хозяйство – более 30 тыс. элементов, строительные решения – более 22 тыс. элементов), что покрывает основные потребности специалистов при разработке проектов с применением ТИМ.



Рис. 2. QR-код на сообщество ТИМ в Telegram

Fig. 2. QR code for the IM community in Telegram

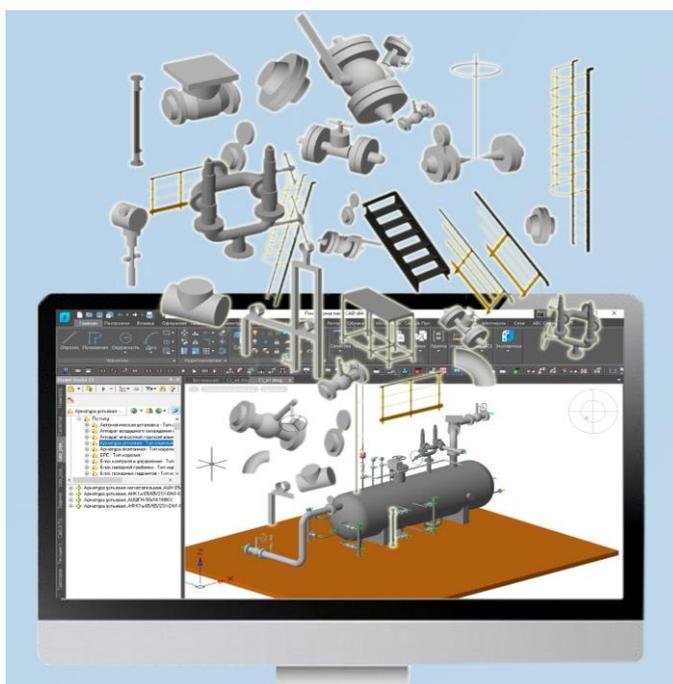


Рис. 3. Единый каталог 3D-изделий

Fig. 3. Unified catalogue of 3D products

В настоящее время в проектной деятельности корпоративных институтов ПАО «НК «Роснефть» технологии информационного проектирования нашли широкое применение. Приведем лишь некоторые примеры успешного использования ТИМ по различным направлениям проектирования.

В направлениях «Технология» и «Инженерные сети» решается весь спектр задач: от сборки уникальной единицы оборудования до моделирования всех трубопроводных систем на площадках и эстакадах. На основе модели формируются данные для проведения прочностного расчета (рис. 4) и определения нагрузок на опоры для передачи задания для разработки других разделов проекта. Благодаря возможностям отечественного программного комплекса информационная модель технологических схем, включающих оборудование, трубопроводы, задвижки, имеет атрибутивную информацию и все необходимые данные для расчетов и формирования заказной документации, такие как объём, температура, диаметр, масса, уровень ответственности, группа и класс трубопроводов, расчетная температура и давление, теплоизоляция и т. д.

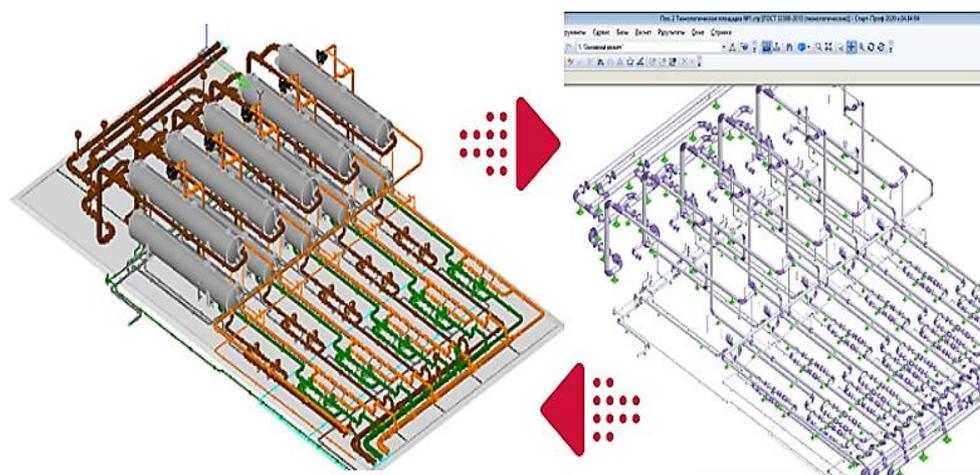


Рис. 4. Передача данных из модели для выполнения прочностных расчетов трубопроводов  
Fig. 4. Data transfer from the model to perform strength calculations of pipelines

Применение 3D-технологии при проектировании генеральных планов (рис. 5) позволяет не только обеспечить визуальную оценку принятых решений, но и сформировать цифровую модель рельефа, проектную поверхность, разбивочный план, план организации рельефа, план земляных масс, план благоустройства территории, ведомости и спецификации.

*Архитектурно-строительное направление.* Помимо использования для построения модели отдельных элементов архитектуры, железобетона и металлопроката, в процессе внедрения были разработаны сложные параметрические блоки готовых конструкций (рис. 6). Полученные разработки позволяют не только быстро собирать необходимую 3D-модель по принципу деталей конструктора, но и оперативно вносить корректировки при изменении проектных решений, а также сокращать коллизии и ошибки в проекте.

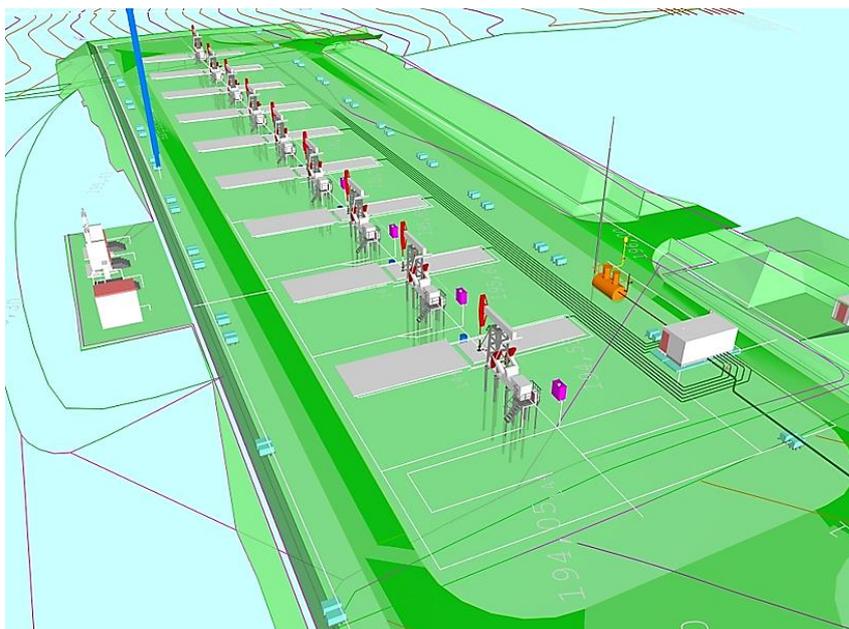


Рис. 5. Инженерная подготовка территории и генеральный план  
Fig. 5. Engineering preparation of the territory and master plan

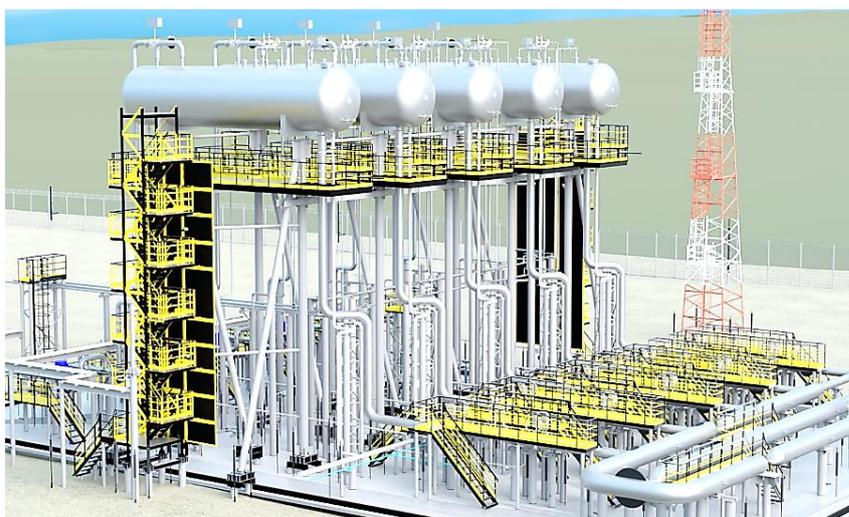


Рис. 6. Пример информационной модели со строительными решениями  
Fig. 6. Information model with construction solutions

Параметрические блоки представляют собой готовые сборки строительных конструкций. Они выполнены в соответствии с локальными нормативными документами ПАО «НК «Роснефть» и предназначены для ускорения и упрощения 3D-моделирования строительных конструкций промышленных зданий и сооружений по объектам обустройства месторождений (рис. 7). Все

параметрические блоки содержат атрибуты и свойства, которые позволяют генерировать выводные формы спецификаций, ведомости объемов работ, рабочие чертежи.

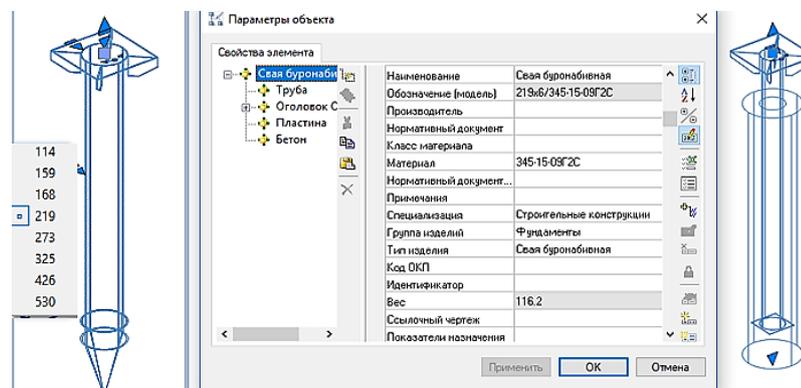


Рис. 7. Пример параметрического блока «Свая буронабивная»  
Fig. 7. Example of a parametric block "Bored pile"

При изменении геометрии строительных конструкций автоматически меняются их свойства, такие как масса и площадь окраски элементов, длина сварных соединений, маркировка элементов фасонного металлопроката по государственным стандартам для корректного вывода в спецификации и ведомости объемов работ. При формировании информационной модели и использовании параметрических блоков исключен факт возникновения коллизий, ошибок, связанных с некорректным назначением атрибутов.

На сегодняшний день инженерами АО «ТомскНИПИнефть» зарегистрирована база данных параметрических элементов для трехмерного моделирования строительных конструкций по объектам обустройства месторождений [7], которая содержит 31 параметрический блок на различные строительные конструкции: балка кабельной эстакады, типовые лестницы и площадки обслуживания, ограждение площадок, траверсы, сваи, стойки технологические, типовые ростверки, навес эстакады и др.

Параметрические блоки помогают проектировщикам улучшить процесс создания информационной модели и ускорить моделирование 3D-модели объекта. В параметрических блоках настроена автоматическая генерация ведомости объемов работ, спецификаций и заказных спецификаций, позволяющая точно и быстро получить необходимую информацию для дальнейшей передачи и расчета сметной стоимости, а также заказа материалов для строительства.

Структура классификатора элементов информационной модели по направлениям энергетики, автоматике, телемеханики, сигнализации и связи обеспечивает построение комплексной модели с полным набором материалов и оборудования. В информационную модель выносятся все элементы, имеющие пространственный объем, включая кабельную продукцию. Организована интеграция с однолинейной схемой, автоматизирована раскладка кабелей на эстакаде (рис. 8).

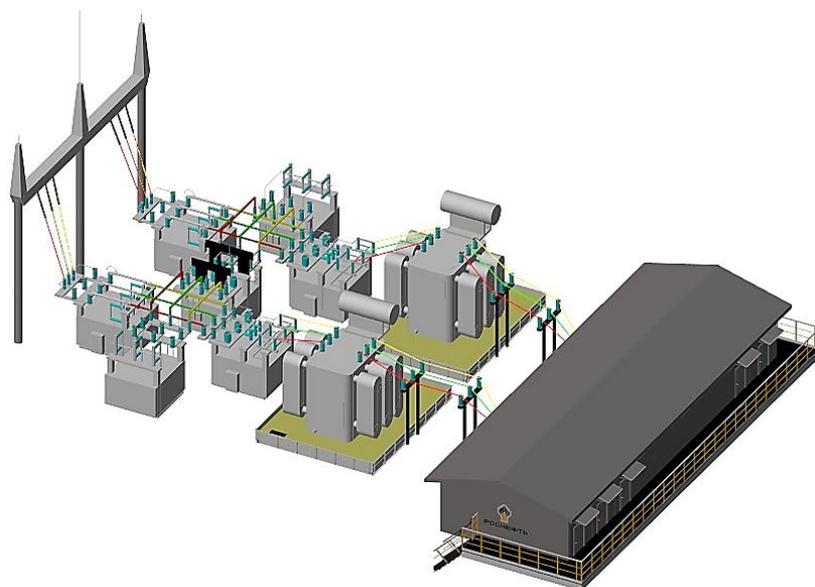


Рис. 8. Пример информационной модели «Подстанция 35/6 кВ»  
Fig. 8. Information model "35/6 kW substation"

Внедрение ТИМ в компании происходит на реальных проектах по объектам нефтегазового комплекса ПАО «НК «Роснефть» по направлению обустройства нефтегазовых месторождений (кустовые площадки, вахтовые жилые комплексы, дожимные насосные станции и другие технологически сложные объекты). Проекты ПАО «НК «Роснефть» признаются лучшими в России, что подтверждается призовыми местами по итогам ежегодного Всероссийского конкурса «ТИМ-лидеры», организованного при поддержке Минстроя России:

– I место на V Всероссийском конкурсе с международным участием «ВИМ-технологии 2020/21» в номинации «Информационное моделирование промышленных зданий»;

– III место на VI Всероссийском конкурсе «ТИМ-лидеры 2021/2022». ВИМ-проект в номинации «Информационное моделирование промышленных зданий»;

– II место на VII Всероссийском конкурсе «ТИМ-лидеры 2022/23» в номинации «Применение отечественного ПО в области информационного проектирования»;

– победитель Международного конкурса «НОПРИЗ» в номинации «Лучший проект промышленного назначения (реализованный)», 2023 г. (рис. 9).

Достижению высоких результатов в области технологий 3D-проектирования в ПАО «НК «Роснефть» способствует слаженная работа команды ТИМ-инженеров. Организована системная работа по обучению специалистов и обмену опытом между сотрудниками проектных институтов как внутри компании, так и за ее пределами. Разработаны учебные курсы по технологии информационного моделирования объектов надземного обустройства месторождений для каждого направления проектирования.



Рис. 9. Информационная модель технологически сложного объекта  
Fig. 9. Information model of a complex object

ТИМ оказывают значительное влияние на эффективность процессов проектно-изыскательских, строительного-монтажных работ и эксплуатации как в проектах нового строительства (рис. 10), так и при реконструкции объектов [8].



Рис. 10. Информационная модель «Установки подготовки нефти»  
Fig. 10. Information model "Oil treatment units"

### Заключение

Таким образом, актуальной и стратегической задачей развития строительной отрасли является внедрение ТИМ на всем жизненном цикле объекта. Отметим, что внедрение ТИМ в деятельность ПАО «НК «Роснефть» позволило достичь поставленных целей по импортозамещению технологий и подготовить достойный ответ глобальным геополитическим вызовам.

В результате стремления компании к непрерывному саморазвитию и стабильности получены положительные эффекты от применения ТИМ для проектных команд: автоматизация процесса проектирования; исключение коллизий до начала строительства; сокращение трудозатрат на разработку проектно-сметной документации и внесение корректировок в нее при изменениях исходных данных; работа специалистов в единой среде общих данных.

Кроме того, существенные положительные эффекты от применения ТИМ получены для заказчика: снижение простоев из-за задержек в поставках за счет контроля сроков ПИР и СМР; высокая точность расчёта стоимости материально-технических ресурсов; актуальный и полный перечень технических данных на каждый элемент 3D-модели; получение цифрового двойника по итогам строительства (на стадии эксплуатации); визуализация графика строительства объекта; внесение изменений в проект непосредственно на строительной площадке.

ТИМ позволяет управлять инженерными данными, решать конкретные задачи на разных этапах. При этом максимальный положительный эффект может быть достигнут в результате применения технологии в процессе всего жизненного цикла объекта капитального строительства.

ПАО «НК «Роснефть» планомерно внедряет технологии информационного моделирования объектов капитального строительства и организует их использование на всех этапах жизненного цикла. Технологии информационного моделирования крайне востребованы в компании для повышения эффективности процессов проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ. Поставлены цели на будущее: от автоматизации процессов моделирования до создания цифрового двойника.

Представленные в статье данные помогут компаниям, находящимся на этапе внедрения технологии информационного моделирования, принять решение в ее пользу, а также осуществить выбор и переход на другое программное обеспечение, статья позволяет получить представление об использовании ТИМ на реальном примере.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Российская Федерация. Президент.* О ключевых целях модернизации строительной отрасли и повышения качества строительства : Поручение Президента Российской Федерации от 19.07.2018 г № Пр-1235 // Официальный интернет-портал правовой и нормативно-технической информации. URL: <https://docs.cntd.ru/>
2. *Саенко И.А., Шпенькова Т.А., Саенко Я.Д.* Исследование системы управления инвестиционно-строительными проектами с применением технологии информационного моделирования // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 1. С. 152–162. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-1-152-162. EDN: KOB DJV
3. *Дидичин Д.Г., Павлов В.А., Волков М.Г., Дмитрюк А.А., Калимуллин И.А., Котельников В.А., Литовченко С.В., Горячев Д.С., Назаров А.В., Радолова Ю.Б., Манжоло И.Б., Мурунтаев А.А., Косарев А.С.* Новые инструменты ПАО «НК «Роснефть» для повышения эффективности проектирования в области капитального строительства // Нефтяное хозяйство. 2023. № 8. С. 64–68. DOI: 10.24887/0028-2448-2023-8-64-68
4. *Дидичин Д.Г., Павлов В.А., Иванов С.А., Жуков М.А., Косарев А.С., Шустов А.Е., Анникова О.В., Литовченко С.В., Горячев Д.С., Назаров А.В., Манжоло И.Б., Панин М.О., Калимуллин И.А., Гафятов Р.Р.* Новые инструменты ПАО «НК «Роснефть» для повышения эффективности проектирования: проекты-образцы // Нефтяное хозяйство. 2023. № 5. С. 111–115. DOI: 10.24887/0028-2448-2023-5-111-115

5. Шалина Д.С., Ларионова В.А. Building Information Modeling (BIM) как способ снижения рисков удорожания стоимости проекта // *Фундаментальные исследования*. 2021. № 12. С. 215–222.
6. Колчин В.Н. Применение BIM-технологий в строительстве и проектировании // *Инновации и инвестиции*. 2019. № 2. С. 209–213.
7. Свидетельство о государственной регистрации № 2022623255 Российская Федерация. База данных параметрических элементов для трехмерного моделирования строительных конструкций по объектам обустройства месторождений. Версия 1.0: № 2022623255 : заявка № 2022623234 : дата поступления 25.10.2022 : дата государственной регистрации в Реестре баз данных 06.12.2022 / Матухнов А.В, Минаев С.А, Скороходова Е.В. – 1 с.
8. Крупен Г. ТИМ – не панацея, а инструмент организации стройки // *Отраслевой журнал «Строительство»*. 2021. № 10. С. 8–12.

## REFERENCES

1. Order of the President of the Russian Federation No. Pr-1235, July 19, 2018 “Key Goals of Modernizing Construction Industry and Improving Construction Quality”. Available: <https://docs.cntd.ru/> (In Russian)
2. Saenko I.A., Shpen'kova T.A., Saenko Ya.D. Investment and Construction Project Management System with the use of Building Information Modeling. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2024; 26 (1): 152–162. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-1-152-162. EDN: KOBDJV (In Russian)
3. Didichin D.G., Pavlov V.A., Volkov M.G., Dmitryuk A.A., Kalimullin I.A., Kotelnikov V.A., Litovchenko S.V., Goryachev D.S., Nazarov A.V., Radolova Yu.B., Manzhola I.B., Muruntaev A.A., Kosarev A.S. New Tools of NK “Rosneft” Design Efficiency Improvement in Capital Construction. *Neftyanoe khozyaistvo*. 2023; (8): 64–68. DOI: 10.24887/0028-2448-2023-8-64-68 (In Russian)
4. Didichin D.G., Pavlov V.A., Ivanov S.A., Zhukov M.A., Kosarev A.S., Shustov A.E., Annikova O.V., Litovchenko S.V., Goryachev D.S., Nazarov A.V., Manzhola I.B., Panin M.O., Kalimullin I.A., Gafiyatov R.R. New Tools of NK “Rosneft” to Improve Design Efficiency: Sample Projects. *Neftyanoe khozyaistvo*. 2023; (5): 111–115. DOI: 10.24887/0028-2448-2023-5-111-115 (In Russian)
5. Shalina D.S., Larionova V.A. Building Information Modeling (BIM) to Reduce the Risks of Increased Project Costs. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2021; (12): 215–222. (In Russian)
6. Kolchin V.N. Application of BIM Technologies in Construction and Design. *Innovatsii i investitsii*. 2019; (2): 209–213. (In Russian)
7. Matukhnov A.V., Minaev S.A., Skorokhodova E.V. RF State Registration Certificate N 2022623255. Database of Parametric Elements for Three-Dimensional Modeling of Field Development Objects. 2022. 1 p. (In Russian)
8. Krupen G. TIM is not a Panacea, but a Tool for Organizing Construction. *Otraslevoi zhurnal “Stroitel'stvo”*. 2021; (10): 8–12. (In Russian)

## Сведения об авторе

Саитов Антон Владимирович, начальник Управления промышленного строительства. АО «Томский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа», 634027, г. Томск, пр. Мира, 72, SaitovAV@tomsknipi.ru

## Author Details

Anton V. Saitov, Head of the Industrial Construction Department, Tomsk Research and Design Institute of Oil and Gas, 72, Mira Ave., 634027, Tomsk, Russia, SaitovAV@tomsknipi.ru

Статья поступила в редакцию 02.05.2024  
 Одобрена после рецензирования 15.05.2024  
 Принята к публикации 14.06.2024

Submitted for publication 02.05.2024  
 Approved after review 15.05.2024  
 Accepted for publication 14.06.2024

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

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

Вестник Томского государственного  
архитектурно-строительного университета.  
2024. Т. 26. № 4. С. 211–219.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo  
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –  
Journal of Construction and Architecture.  
2024; 26 (4): 211–219.  
Print ISSN 1607-1859  
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 624.21.072:620.16-027.45

DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-211-219

EDN: VCARUK

### К ВОПРОСУ РЕСУРСНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВ

Александр Аверьянович Алексеев<sup>1</sup>,  
Андрей Владимирович Картопольцев<sup>2</sup>,  
Дмитрий Николаевич Черепанов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Томский государственный архитектурно-строительный университет,  
г. Томск, Россия

<sup>2</sup>ООО «ДИАМОС», г. Томск, Россия

**Аннотация.** *Актуальность.* Возрастающее воздействие временной подвижной нагрузки в условиях случайного транспортного потока негативно влияет на работоспособность и долговечность несущих балок пролетных строений мостов. Прогнозирование ресурсной долговечности в условиях возможного наступления предельного состояния балок является актуальной задачей современности.

**Цель работы:** решение задачи качественной оценки ресурсной долговечности несущих балок на основе вероятности изменения технического состояния и работоспособности.

**Результаты.** Полученные расчетные параметры дискретной надежности эксплуатационного состояния несущих балок пролетных строений в условиях физического и морального износа позволяют оценить ресурсный резерв прочности.

**Ключевые слова:** надежность, ремонтпригодность, ресурсная долговечность, остаточный ресурс, срок службы, физический износ

*Для цитирования:* Алексеев А.А., Картопольцев А.В., Черепанов Д.Н. К вопросу ресурсной долговечности пролетных строений мостов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 4. С. 211–219. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-211-219. EDN: VCARUK

## ORIGINAL ARTICLE

## TOWARDS RESOURCE DURABILITY OF BRIDGE SPANS

Aleksandr A. Alekseev<sup>1</sup>, Andrey V. Kartopoltsev<sup>2</sup>, Dmitrii N. Cherepanov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

<sup>2</sup>ООО "DIAMOS", Tomsk, Russia

**Abstract.** The paper studies durability of metal bridge spans as resource reliability and operability characterized by their performance specifications and maintainability before the limiting state. The ultimate condition of superstructures, in which further operation is impractical without restoration work to ensure operation conditions. The qualitative assessment of the resource durability of superstructures is based on the supposition that they maintain the normative operability at least for the specified operational period from incubation and service life to residual resource, indicating the possibility of removing the superstructure beyond the "serviceable" limit.

**Keywords:** reliability, maintainability, resource durability, residual life, service life, physical wear

**For citation:** Alekseev A.A., Kartopoltsev A.V., Cherepanov D.N. Towards Resource Durability of Bridge Spans. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturo-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2024; 26 (4): 211–219. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-211-219. EDN: VCARUK

Вероятностный подход к оценке долговечности несущих конструкций пролетных строений металлических мостов рассматривается на основе теории надежности и методов статистической динамики, учитывающей случайный характер нагружения и спектра воздействия нагрузок. Таким образом, вероятностная оценка надежности и есть долговечность несущих элементов пролетных строений. Временной интервал долговечности рассматривает надежность в начальный момент времени, определяемый коэффициентом безопасности как элемент дискретной надежности по истечении времени эксплуатации, а остаточная долговечность рассматривается до нормативного срока службы моста. Расчетным параметром долговечности в начальный момент времени теории надежности является расчётная прочность материала балок пролетных строений ( $R$ ), гарантирующая нормальную работу конструкции в стадии предельного состояния с обеспеченностью не ниже 0,95 при нормальном законе распределения [1]:

$$R = m_s - 1,64\sigma_s; \quad m_s = (1 - 1,64\gamma_s), \quad (1)$$

где  $\sigma_s$ ,  $m_s$  – среднеквадратичное отклонение и коэффициент вариации прочности материала;  $\gamma_s = 0,059 - 0,061$ ;  $m_s = 190 - 420$  МПа.

Разделение расчетной величины  $R$  на две основные группы позволяет решить задачу расчета конструкции пролетных строений на безопасность

и определить последующие условия безотказной работы для оценки служебного и остаточного ресурсов долговечности. Впервые вопрос был рассмотрен в работе в виде результатов научно-исследовательского отчета<sup>1</sup>.

Запишем условие

$$R - P \geq 0, \quad (2)$$

где  $R$  – обобщенная (расчетная) прочность конструкции;  $P$  – обобщенная нагрузка (наибольшее нагружение, значение усилия или максимальные напряжения, выраженные через нагружение).

Тогда резерв прочности для поддержания уровня служебного и остаточного ресурса будет определяться из равенства

$$Z = R - P. \quad (3)$$

Дискретная надежность по истечении времени эксплуатации классифицирует долговечность как форму потери служебного ресурса конструкции пролетного строения. Рассматриваемый этап долговечности пролетных строений моста представляется функцией надежности в какой-то момент времени, графическое изображение которого представлено на рис. 1.

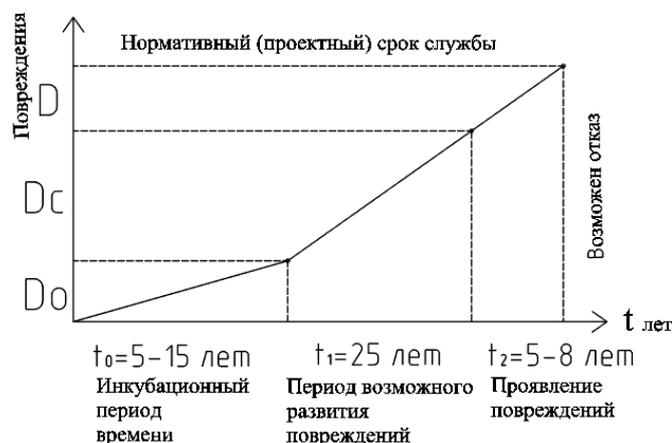


Рис. 1. Технический срок службы пролетных строений мостов:

$D_0$  – начальная долговечность;  $D_c$  – долговечность, определенная потерей служебного ресурса;  $D$  – долговечность, определенная остаточным ресурсом

Fig. 1. Technical service life of bridge spans:

$D_0$  – initial durability;  $D_c$  – durability determined by the service resource;  $D$  – durability determined by the residual resource

Начальная долговечность ( $D_0$ ) рассчитывается исходя из начального резерва прочности ( $Z$ ) [2, 3].

Таким образом, ресурс (срок службы) пролетного строения в процессе эксплуатации снижается или даже может быть исчерпан в результате накопления повреждений и роста эксплуатационных нагрузок (рис. 2).

<sup>1</sup> Картопольцев В.М. Оценка надежности и остаточного ресурса несущих конструкций автодорожных мостов : отчет о НИР № 1P01950001253. При финансовой поддержке гранта РФФИ № 13-01-98006. Томск, 1996, 18 с.

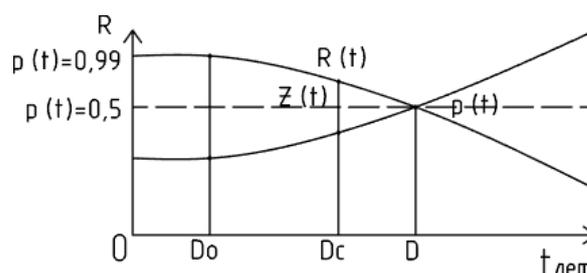


Рис. 2. Изменение несущей способности, долговечности и нагрузки во времени:  
 $Z$  – ресурс пролетного строения

Fig. 2. Changes in load-bearing capacity, durability and load over time:  
 $Z$  – span life

В интервале  $0 - t_0 - D_0$  – период инкубационный (период приработки) пролетного строения;  $t_1 - D_c$  – период накопления повреждений и уменьшения запаса прочности  $Z$ . В период  $t_2 - D$  – ресурс пролетного строения становится минимальным.

Оценка ресурсной долговечности пролетных строений металлических мостов с использованием современных гипотез о накоплении повреждений базируется на определении режима нагруженности [4]. Процесс накопления повреждений в несущих элементах пролетных строений рассматривает аппроксимированный режим нагруженности в виде нормального закона распределения спектра случайных стационарных нагрузок повреждений на основе изучения осциллограмм динамических напряжений и прогибов, а также показателей относительной долговечности ( $m$ ) и поврежденности ( $a$ ). Оценка дискретной надежности или потери служебного ресурса ( $\lambda$ ) производится по наиболее значимому командному повреждению в зависимости от категории дефектности и рассматривается в виде условия [5, 6]:

$$\lambda = a \cdot m \cdot t^n, \quad (4)$$

где  $t$  – срок эксплуатации, в годах;  $n$  – показатель степени эксплуатационной прочности пролетного строения моста.

На основании рекомендаций Международной ассоциации мостостроения и строительных конструкций (IABSE) при различном уровне дефектности, при  $t \geq 20$  лет значение  $\lambda$  составляет: для металлических мостов с пролетом более 25 м  $\lambda = 2,3 \cdot 10^{-6} \cdot t^{3,7}$ ; для железобетонных мостов пролетом до 25 м  $\lambda = 3,7 \cdot 10^{-5} \cdot t^{3,0}$ .

Среди характеристик долговечности пролетных строений мостов важны хорошее качество строительных работ и последующее надлежащее содержание, остаточный ресурс следует рассматривать на основе физического состояния и морального износа. Прогнозирование остаточного ресурса в теории долговечности базируется на основе закономерностей выхода элементов пролетных строений за предел «исправных» в зависимости от их срока службы, установленного кратным 10 годам [7, 8].

Зависимость между сроком службы и выходом пролетных строений за предел «исправных» связана с влиянием достигнутого износа на изменение

напряженно-деформированного состояния. Интерпретируя процесс физического износа элементов пролетного строения медленным процессом накопления дефектов и увеличением уровня нагруженности несущих балок, остаточный ресурс пролетного строения можно определить разрушающими нагрузками, близкими к средним разрушающим нагрузками для каждого элемента несущих балок [9]. Любое увеличение нагруженности интенсифицирует процесс износа балок и появления пластических деформаций. При фиксированном уровне нагруженности между процессом разрушения и рекомбинацией наступает состояние динамического равновесия. Таким образом, в течение срока эксплуатации, определяющего значение служебного ресурса ( $\lambda$ ), пролетное строение имеет свойство возможной адаптации к внешним воздействиям, некоторой стабилизации физического износа и напряженно-деформированного состояния [9]. В таком случае из условия, что скорость физического износа адекватна значению потери служебного ресурса ( $\lambda$ ), остаточный ресурс в предельном состоянии будет равен дифференциалу  $\frac{d\lambda}{dt}$ :

$$\frac{d\lambda}{dt} = n \cdot a \cdot t^{n-1}. \tag{5}$$

Другая форма выражения оценки долговечности и величин остаточного ресурса на основе гауссовской зависимости скорости физического износа  $V_{\lambda t}$  и среднего значения проявления дефектов имеет вид

$$\frac{d\lambda}{dt} = m \sqrt{\frac{H_t - H_s}{V_{\lambda t}}}, \tag{6}$$

где  $H_t$  – несущая способность пролетного строения на момент расчета;  $H_s$  – предельная несущая способность;  $V_{\lambda t} = \frac{dH_t}{dt}$  – скорость физического износа.

Изменение ресурсов пролетных строений мостов представлено на рис. 3

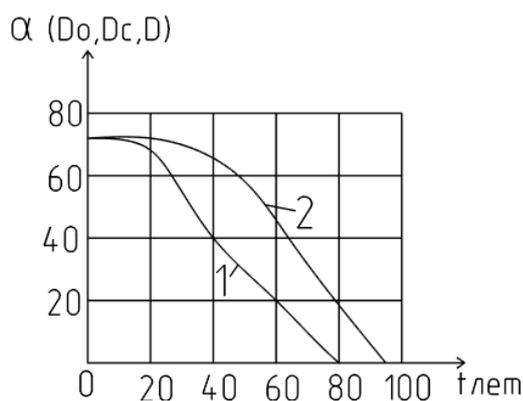


Рис. 3. Изменение ресурсов  $D_0$ ,  $D_c$ ,  $D$  в зависимости от  $t$ :  
 1 – мосты с пролетом до 25 м; 2 – мосты с пролетом более 25 м  
 Fig. 3. Changes in  $D_0$ ,  $D_c$ ,  $D$  depending on time  $t$ :  
 1 – 25 m spans; 2 – > 25 m spans

Влияние нагруженности и командного дефекта несущих элементов пролетных строений металлических мостов рассматривается в виде полигармонического стационарного случайного процесса, отражающегося на ресурсной долговечности, реальном спектре нагружений в условиях их стационарности, которые характеризуются размахами напряжений, достигающими значительных величин, но в конечном итоге оказываются меньше предела выносливости материала несущего элемента пролетного строения [10, 11, 12].

Повторное нагружение снижает прочность элементов несущих балок и способствует постепенному накоплению повреждений – усталостных трещин, пластических сдвигов [13, 14]. Снижение прочности материала балок за счет интенсивности спектра нагружения влияет на величину рабочего размаха напряжений  $\Delta\sigma_0$ , который будет определяться формулой

$$\Delta\sigma_0 = \frac{2\psi \cdot \sigma_{вр}}{\beta + \psi}, \quad (7)$$

где  $\psi = 0,25-0,28$  [15, 16];  $\beta$  – коэффициент асимметрии нагружения;  $\sigma_{вр}$  – предел прочности стали элемента балки.

Тогда запас прочности балок пролетного строения и запас остаточной долговечности находится в соответствии

$$\sigma_D = \frac{\sigma_{вр} - \Delta\sigma}{\sigma_p}, \quad (8)$$

где  $\sigma_p$  – расчетное напряжение в балке, приведенное к нормативному сроку службы.

Таким образом, несущая способность конструкции пролетного строения по остаточной долговечности  $\sigma_D$  будет представлена в виде [17]:

$$\sigma_D \geq (1 + \beta) A_g \cdot \bar{Q}, \quad (9)$$

где  $A_g$  – характеристика изменчивости нагруженности элементов;  $\bar{Q}$  – среднее значение несущей способности балок пролетного строения;  $\beta$  – коэффициент, зависящий от вероятности возникновения предельного состояния [18, 19].

В зависимости от нормативного или расчетного значения нагруженности  $A_g$  и несущей способности  $\bar{Q}$  определим среднее значение коэффициентов надежности работы пролетного строения: по назначению сооружения и запасу прочности, по напряжению в период остаточной долговечности [20].

### Выводы

Рассмотренная методика анализа и прогнозирования долговечности несущих элементов пролетных строений металлических мостов обосновывает связь запаса долговечности и прочности конструкции при сложном развитии нагружения и воздействия факторов эксплуатации. Приведенные данные показывают, что при расчетах ресурсной долговечности необходимо учитывать влияние командных дефектов на определение вида ресурса.

нагружения и воздействия факторов эксплуатации. Приведенные данные показывают, что при расчётах ресурсной долговечности необходимо учитывать влияние командных дефектов на определение вида ресурса.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Межнякова А.В., Овчинников И.Г., Пиеничкина В.А. Оценка надежности железобетонных элементов конструкций мостовых сооружений. Саратов : Сарат. гос. техн. ун-т, 2006. 63 с.
2. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. Москва : Стройиздат, 1982. 351 с.
3. Чан Дык Ньем. Усталостная долговечность металлических пролетных строений эксплуатируемых мостов в СРВ : специальность 05.23.15 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, 1988. 21 с.
4. Самсонов Ю.А., Фиденко В.И. Справочник по ускоренным ресурсным испытаниям судового оборудования. Ленинград : Судостроение, 1981. 200 с.
5. Добромыслов А.Н. Оценка надежности зданий и сооружений по внешним признакам : справочное издание. Москва : Изд-во АСВ, 2004. 72 с.
6. Нечаев Ю.П. Долговечность искусственных сооружений // Эксплуатационная надежность искусственных сооружений : сборник научных трудов / под ред. В.Г. Орлова. Москва : Транспорт, 1989. С. 67–72.
7. Ashby M.F., Gandhi C., Taplin M.R. Fracture Mechanism Maps and Their Construction for F.C.C. Metals and Alloys // Acta Met. 1979. V. 27. P. 699–729.
8. Morrow J. Huvestigation of Plastic Stratu Energy as a Criterion of Finite Fatigie Life. The Gargett Corporation Report Phaenir Ari2, 1960. 48 p.
9. Шахназаров С.С. О влиянии адаптации к внешним воздействиям на остаточный ресурс металлических конструкций // Металлические конструкции и испытание сооружений : Межвуз. темат. сб. трудов. Ленинград : ЛИСИ, 1981. С. 112–118.
10. Новожилова Н.И., Быстров В.А., Шайкевич В.Л. Прогнозирование надежности конструкций стальных и сталежелезобетонных мостов. Ленинград : ЛИСИ, 1989. 96 с.
11. Картопольцев В.М., Картопольцев А.В., Колмаков Б.Д. Концептуальные основы оценки остаточного ресурса пролетных строений металлических мостов по критерию усталостной долговечности // Вестник Томского государственного архитектурно строительного университета. 2015. № 4. С. 206–211.
12. Rice J.R., Tracey D.M. On the Ductile Enlargement of Voids in. Triaxial Stress Filds // Journal of the Mechanics and Physics of Solids. 1969. V. 17. № 3. P. 201–217.
13. Бродский В.М. Расчетно-экспериментальная оценка остаточной долговечности конструкций с усталостной трещиной // Вопросы надежности мостовых конструкций : межв. тем. сб. трудов. Ленинград : ЛИСИ, 1984. С. 23–33.
14. Fisher J.C. Application of Nucleation Theory to Isofermal Martensite // Acta Met. 1954. V. 1. P. 32–35.
15. Акимов Б.Г. К вопросу влияния прочности стали на усталостный ресурс бистальных балок // Вопросы надежности мостовых конструкций : межв. тем. сб. трудов. Ленинград : ЛИСИ, 1984. С. 33–45.
16. Картопольцев В.М. К вопросу определения усталостного ресурса бистальных балок // Fatigue and Brittle Fracture of Steel Structures. PLSEN. 1987. P. 110–118.
17. Болотин В.В. Долговечность конструкций при квазистационарных режимах напряжений : инженерный сборник. Том XXIX / Институт механики Академии наук СССР. Москва : Изд-во Академии наук СССР, 1960. С. 30–36.
18. Потапкин А.А. Методические указания к основам расчета мостовых конструкций на надёжность. Москва : МАДИ, 1987. 20 с.
19. Hoff K.I. The Necking and the Rupture of Roads Subjected to Constant Tensile Loads // Journal of Applied Mechanics Brooklyn. 1953. V. 20. № 1. P. 105–108.
20. Гребеник В.М. Об использовании коэффициентов, учитывающих влияние различных факторов при расчетах на ограниченную долговечность // Известия вузов СССР. Машиностроение. 1965. № 5. С. 49–57.

## REFERENCES

1. *Maksimova A.V., Ovchinnikov I.G., Pshenichkina V.A.* Reliability Assessment of Reinforced Concrete Structural Elements of Bridge Structures. Saratov, 2006. 65 p. (In Russian)
2. *Bolotin V.V.* Probability and Reliability Theories in Structural Analysis. Moscow: Stroyizdat, 1982. 351 p. (In Russian)
3. *Chan Duc Nyom.* Fatigue Life of Metal Superstructures of Operated Bridges in the SRV. PhD Thesis. Moscow, 1988. 21 p. (In Russian)
4. *Samsonov Yu.A., Fidenko V.I.* Handbook of Accelerated Resource Testing of Marine Equipment. Leningrad: Sudostroenie, 1981. 200 p. (In Russian)
5. *Dobromyslov A.I.* Reliability of Buildings by External Signs. Moscow: ASV, 2004. 72 p. (In Russian)
6. *Nechaev Yu.P.* Durability of Artificial Structures. Operational Reliability of Artificial Structures. Moscow: Transport, 1989. Pp. 67–72. (In Russian)
7. *Ashby M.F., Gandni C., Taplin M.R.* Fracture Mechanism Maps and Their Construction for F.C.C. Metals and Alloys. *Acta Met.* 1979; 27: 699–729.
8. *Morrow J.* An Investigation of Plastic Strain Energy as a Criterion for Finite Fatigue Life. The Garrett Corporation Report. Phoenix, Arizona, 1960.
9. *Shakhmazarov S.S.* On the Impact of Adaptation to External Influences on Technical Life of Metal Structures. In: Metal Structures and Their Testing. Leningrad: LISI, 1981. Pp. 112–118. (In Russian)
10. *Novozhilova N.I., Bystrov V.A., Shaikovich V.L.* Forecasting the Reliability of Steel and Steel-Reinforced Concrete Bridges. Leningrad, 1989. 96 p. (In Russian)
11. *Kartopoltsev V.M., Kartopoltsev A.V., Kolmakov B.D.* Conceptual Framework of Fatigue Life Criterion Assessment of Steel Bridge Residual Life. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building.* 2015; (4); 206–211. (In Russian)
12. *Rice J.R., Tracey D.M.* On the Ductile Enlargement of Voids in Triaxial Stress Fields. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids.* 1969; 17 (3): 201–217.
13. *Brodsky V.M.* Computational and Experimental Assessment of Residual Durability of Structures with Fatigue Cracks. In: Issues of Reliability of Bridge Structures. Leningrad, 1984. Pp. 23–33. (In Russian)
14. *Fischer J.C.* Application of Nucleation Theory to Isothermal Martensite. *Acta Metallurgica.* 1954; 1: 32–35.
15. *Akimov B.G.* Steel Strength Effect on Fatigue Life of Bistal Beams. Leningrad, 1984. Pp. 33–45. (In Russian)
16. *Kartopoltsev V.M.* Toward Fatigue Life of Bistal Beams. In: Fatigue and Brittle Fracture of Steel Structures. PLSSEN. 1987. Pp. 110–118. (In Russian)
17. *Bolotin V.V.* Durability of Structures Under Quasi-Stationary Stress Conditions. Engineering Collection. Vol. XXIX. Institute of Mechanics of the USSR Academy of Sciences. Moscow, 1960. Pp. 30–36. (In Russian)
18. *Potapkin A.A.* Methodological Guidelines for Structural Analysis of Bridges. Moscow, 1987. 20 p. (In Russian)
19. *Hoff K.I.* The Necking and the Rupture of Rods Subjected to Constant Tensile Loads. *Journal of Applied Mechanics.* 1953; 20 (1): 105–107.
20. *Grebenik V.M.* Influence of Various Factors on Limited Durability Calculations. *Izvestiya vuzov SSSR. Mashinostroenie.* 1965; (5): 49–57. (In Russian)

## Сведения об авторах

*Алексеев Александр Аверьянович*, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, alexeev10@yandex.ru

*Картопольцев Андрей Владимирович*, канд. техн. наук, доцент, ООО «ДИАМОС», 634003, г. Томск, пер. Соляной 24/1, diamos@mail.ru

*Черепанов Дмитрий Николаевич*, канд. физ.-мат. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная 2,

**Authors Details**

*Aleksandr A. Alekseev*, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, alekseev10@yandex.ru

*Andrey V. Kartopoltsev*, PhD, A/Professor, ООО “DIAMOS”, 24/1, Solyanoy Str., 634003, Tomsk, Russia, diamos@mail.ru

*Dmitrii N. Cherepanov*, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, d\_n\_ch@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 13.05.2024  
Одобрена после рецензирования 30.05.2024  
Принята к публикации 14.06.2024

Submitted for publication 13.05.2024  
Approved after review 30.05.2024  
Accepted for publication 14.06.2024

Вестник Томского государственного  
архитектурно-строительного университета.  
2024. Т. 26. № 4. С. 220–229.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo  
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –  
Journal of Construction and Architecture.  
2024; 26 (4): 220–229.  
Print ISSN 1607-1859  
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 624.3

DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-220-229

EDN: WQUBSU

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА  
ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ УСИЛИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ  
МОДЕЛИ ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ МОСТА,  
ПОЛУЧИВШЕГО ПОВРЕЖДЕНИЯ  
ПРИ ВРЕМЕННОЙ НАГРУЗКЕ ОТ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

**Сергей Иванович Герасимов, Виктор Михайлович Тихомиров,  
Сергей Анатольевич Бахтин**

*Сибирский государственный университет путей сообщения,  
г. Новосибирск, Россия*

*Аннотация. Актуальность.* Характеристики конструкций моста в поврежденном состоянии изучены недостаточно, поэтому существует высокий риск их непредсказуемого поведения, что может привести к сбоям в работе, которые станут причиной серьезных аварий и техногенных катастроф. Масштабы такой опасности значительно возрастают в условиях экстремального климата Сибири и Севера. Повреждения и разрушения сооружений подтверждаются многими фактами.

*Цель работы* состоит в экспериментальном моделировании несущей способности моста после полученного повреждения, изучении состояния конструкций моста в различных условиях и определении мер по его восстановлению.

*Методы.* Для определения усилий в стержнях фермы применялся расчетный метод конечных элементов и метод экспериментального моделирования на базе системы PASCО.

*В результате* выявлены закономерности перераспределения усилий в стержнях пролетного строения при выключении из работы его некоторых элементов, установлен критический вид разрушения фермы.

**Ключевые слова:** экспериментальное моделирование, пролетное строение моста, повреждения, инженерный конструктор PASCО

**Для цитирования:** Герасимов С.И., Тихомиров В.М., Бахтин С.А. Экспериментальная оценка перераспределения усилий в элементах модели пролетного строения моста, получившего повреждения при временной нагрузке от подвижного состава // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 4. С. 220–229. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-220-229. EDN: WQUBSU

ORIGINAL ARTICLE

**EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF FORCE  
REDISTRIBUTION IN ELEMENTS OF DAMAGED BRIDGE  
MODEL UNDER TEMPORARY LOAD FROM ROLLING STOCK**

**Sergey I. Gerasimov, Viktor M. Tikhomirov, Sergey A. Bakhtin**  
*Siberian State Transport University, Novosibirsk, Russia*

**Abstract.** The relevance of the work lies in the fact that properties of damaged structures were sufficiently studied. Therefore, there is a high risk of their unpredictable behavior, which can lead to malfunctions, including serious accidents and man-made disasters. The risk of such danger increases significantly in the extreme climate of Siberia and the North. Damage and destruction of structures are confirmed by many facts.

**Purpose:** The aim of the work is to experimentally simulate the bridge bearing capacity after damage in order to understand how the bridge behaves in various conditions and what measures can be taken to restore it.

**Methodology:** The finite element method and experimental modeling in the PASCO digital laboratory were used to determine forces in the truss rods.

**Research findings:** The redistribution of forces in the rods of the superstructure was detected when some of its elements are out of operation, and critical destruction is identified.

**Keywords:** experimental modeling, bridge superstructure, damage, PASCO digital laboratories

**For citation:** Gerasimov S.I., Tikhomirov V.M., Bakhtin S.A. Experimental Assessment of Force Redistribution in Elements of Damaged Bridge Model under Temporary Load from Rolling Stock. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2024; 26 (4): 220–229. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-220-229. EDN: WQUBSU

Мосты имеют большое значение для решения транспортных проблем в большинстве стран мира [1, 2, 3]. Они способствуют безопасной и бесперебойной работе транспорта, обеспечивая перемещение грузов и людей через различные естественные преграды: реки, железные и автомобильные дороги, каналы и др. [4]. Аварийное повреждение моста приводит к опасным последствиям, включая прекращение транспортного движения и потенциальную угрозу здоровью и жизни людей [5, 6, 7, 8].

Анализ напряженно-деформированного состояния пролетного строения моста в настоящее время проводится двумя основными методами: натурные испытания и компьютерное моделирование [9, 10].

Натурные эксперименты довольно дорогостоящие и зависят от качества измерительной аппаратуры. При этом практически невозможно изучение влияния на работу моста различных его повреждений. При моделировании нагрузки от подвижного состава по проезжей части моста методом конечных элементов совместное динамическое взаимодействие конструкции пролета и грузового поезда или автомобильного транспорта учитывается, однако имеются проблемы с заданием параметров взаимодействия, особенно имитации взаимодействия подвижной нагрузки и статичного пролетного строения, что не дает приемлемой точности. Альтернативой этим методам может стать

экспериментальное моделирование динамического воздействия движущейся нагрузки на элементы мостового сооружения с учетом их фактического состояния.

В настоящей работе данный метод был применен для изучения перераспределения усилий и изменения характеристик колебаний в стержнях фермы пролетного строения при разрушении некоторых ее элементов. Рассматривалась конструкция пролетного строения первого железнодорожного моста, расположенного в месте пересечения главного хода Транссибирской магистрали с р. Обью (рис. 1) [2].



Рис. 1. Вид конструкции первого моста через р. Обь в г. Новосибирске  
Fig. 1. Structure of the first bridge over the Ob River in Novosibirsk

Масштабная 3D-модель пролетного строения представлена на рис. 2. Она построена с помощью инженерного конструктора PASCО [11]. В данном случае опоры, на которые устанавливалась ферма, представляли собой стержневые конструкции и имитировали шарнирно-неподвижные и шарнирно-подвижные опорные части справа и слева. Специальная конструкция модели проезжей части железнодорожного пролетного строения передавала нагрузку от подвижного состава строго по узлам фермы и за счет своей пространственной жесткости существенно перераспределяла усилия между элементами. Для реального железнодорожного пролетного строения постоянная нагрузка составляет примерно 5 т на 1 пог. м моста, а временная от подвижного состава – примерно 14 т на 1 пог. м моста. В данном эксперименте соотношение этих нагрузок оказалось более жестким – 6,8 г/см для фермы и 35,5 г/см – для локомотива.

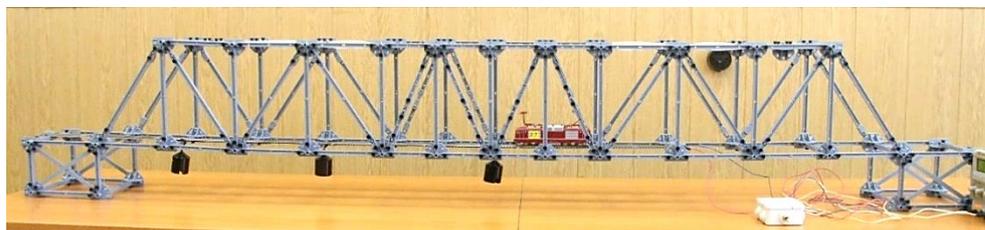


Рис. 2. Вид модели пролетного строения, установленного на опоры  
Fig. 2. Model of span structure mounted on supports

Нагружалась модель пролетного строения с помощью движения модели четырехосного электровоза по рельсам нижнего пояса фермы. Движение задавалось от опоры к опоре последовательно в обоих направлениях. При этом производилось возбуждение колебаний в элементах фермы как при беспрепятственном движении модели электровоза, так и при преодолении искусственного порожка. Порожек был установлен вблизи левой опоры и имитировал возвышение одного рельса над другим. Высота порожка задавалась такой, чтобы выбоина на проезжей части рельсового пути имела глубину величиною четверть от высоты головки рельса. Модель электровоза пересекала порожек с постоянной скоростью. При этом возникали значительные амплитуды колебаний пролетного строения, вместе с тем хорошо видна собственная частота пролетного строения и наблюдается значительный динамический коэффициент.

Для измерения усилия в стержнях фермы были установлены четыре специальных датчика измерения усилий конструктора PASCO. Схема расположения датчиков представлена на рис. 3. Датчики д1 (Force 1) и д2 (Force 2) устанавливались симметрично на горизонтальных стержнях нижнего пояса фермы, датчик д3 (Force 3) – на стержне верхнего пояса, датчик д4 (Force 4) – на подвеске.

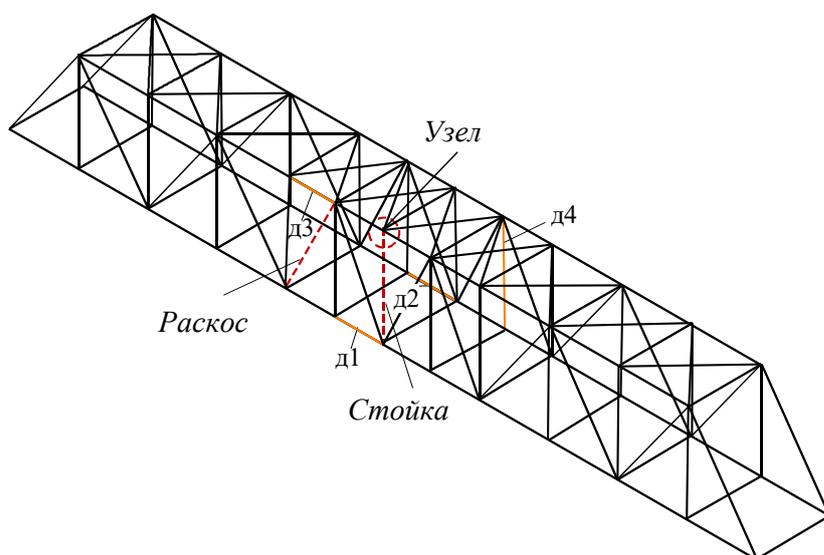


Рис. 3. Схема расположения датчиков и разрушенных элементов стержней, узлов  
 Fig. 3. Location of sensors and destroyed elements of rods and nodes

Для четырех вариантов состояния пролетного строения (табл. 1) фиксировались показания четырех датчиков (д1–д4) PS-2200 в виде диаграмм «усилие – время». В системе PASCOCapstone 2.0 были выбраны единицы измерения силы в ньютонах, времени – в секундах. Частота дискретизации данных – 1000 Гц. После каждого опыта проверялись остаточные усилия (табл. 2) и проводилась калибровка нуля всех датчиков.

Результаты измерения остаточных усилий демонстрируют качественное закрепление стержней фермы во всех ее узлах.

Таблица 1

## Варианты состояния фермы

Table 1

## Different states of support

Номер опыта	Состояние пролета	Направление движения нагрузки
1	Без повреждения элементов фермы	Справа налево ( $\leftarrow$ )
		Слева направо ( $\rightarrow$ )
2	Разрушена стойка фермы	Справа налево ( $\leftarrow$ )
		Слева направо ( $\rightarrow$ )
3	Разрушен раскос фермы	Справа налево ( $\leftarrow$ )
		Слева направо ( $\rightarrow$ )
4	Разрушен узел фермы	Справа налево ( $\leftarrow$ )
		Слева направо ( $\rightarrow$ )

Таблица 2

## Остаточные усилия после проведения опытов

Table 2

## Residual forces after experiments

Номер датчика	Номер опыта			
	1	2	3	4
	Усилие $N$ , Н			
Датчик 1	0,25	0,25	0,10	0,05
Датчик 2	0,10	0,00	0,05	0,00
Датчик 3	0,00	0,10	0,10	0,00
Датчик 4	0,00	0,00	0,00	0,00

На рис. 4 показан вид диаграмм, зафиксированных на экране измерительного блока PASCО при проведении опыта 1. На диаграмме начало движения соответствует 2-й секунде, а конец – 11-й. В связи с особенностями обработки показаний в системе PASCОCapstone отрицательные значения соответствуют деформации растяжения стержня, а положительные – сжатия.

Видно, что направление движения практически не сказывается на показаниях датчиков.

На рис. 5, 6 и 7 показаны диаграммы усилий при проведении опытов 2, 3 и 4 соответственно. В табл. 3 представлены результаты перераспределения усилий для всех вариантов разрушения элементов фермы. Знак «плюс» соответствует увеличению максимального абсолютного значения, «минус» – уменьшению.

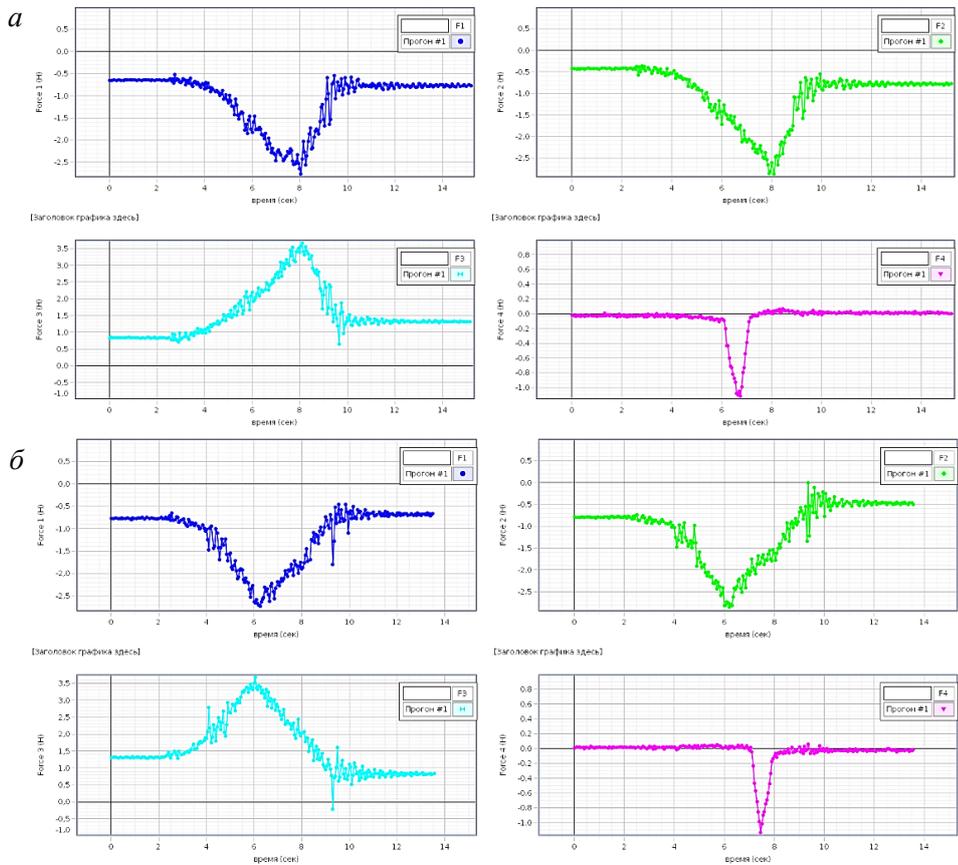


Рис. 4. Диаграммы усилий в стержнях фермы без повреждений:  
 а – движение локомотива справа налево; б – движение локомотива слева направо  
 Fig. 4. Diagrams of forces in truss rods without damage:  
 a – locomotive movement from right to left; b – locomotive movement from left to right

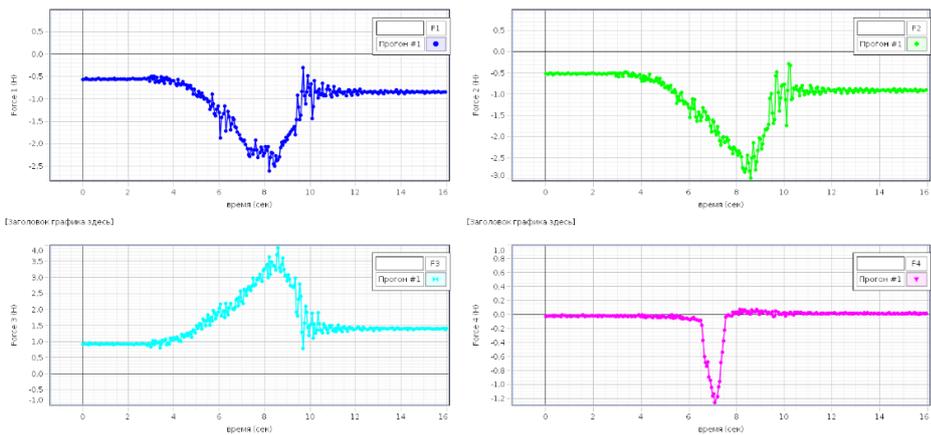


Рис. 5. Диаграммы усилий при разрушении стойки фермы  
 Fig. 5. Force diagrams after failure of the truss strut

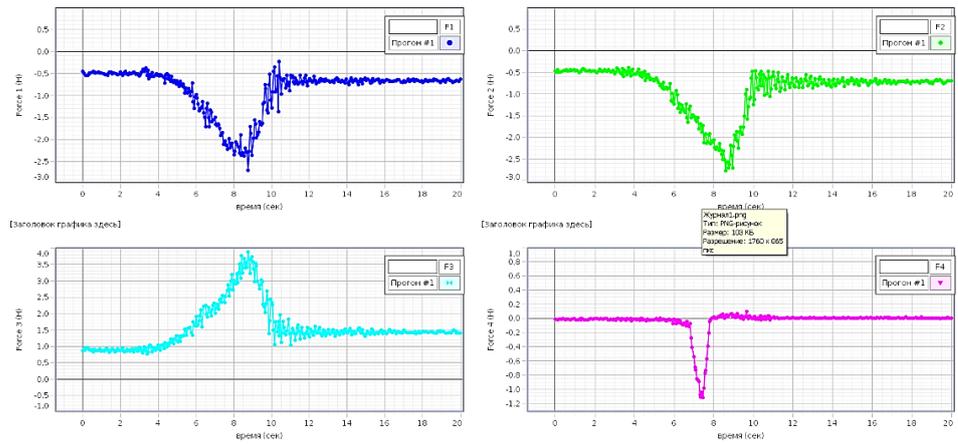


Рис. 6. Диаграммы усилий при разрушении раскоса  
Fig. 6. Force diagrams after strut fracture

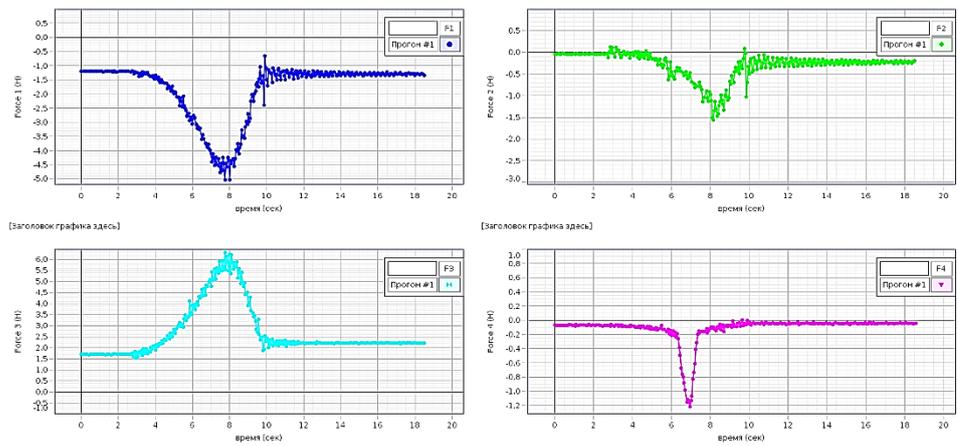


Рис. 7. Диаграммы усилий при разрушении узла  
Fig. 7. Force diagrams after assembly fracture

Таблица 3

Результаты перераспределения усилий

Table 3

Force redistribution

Номер стержня	Номер опыта			
	1	2	3	4
	Изменение усилий, %			
Стержень 1	0	-9,2	-9,8	+72
Стержень 2	0	-2,4	-7,5	-42
Стержень 3	0	+1,9	+1,0	+72
Стержень 4	0	+14	0,0	+11

Из данных табл. 3 следует, что повреждение одного элемента (или стойки, или раскоса) вызывает небольшие изменения усилий в наблюдаемых элементах фермы. Таким образом, данная конструкция при таких условиях повреждения обладает большим запасом живучести. Наиболее опасным повреждением модели пролетного строения является полное разрушение узла, расположенного в средней части пролета, когда из работы выключаются шесть стержней. При этом в наиболее нагруженных горизонтальных стержнях верхнего и нижнего поясов наблюдается наибольшая статическая перегрузка – до 72 %. Это может привести к прогрессирующему разрушению других элементов и в итоге к обрушению всего пролетного строения моста [12].

По полученным диаграммам также можно экспериментально оценить значение динамического коэффициента:

$$k_{\text{дин}} = 1 + \mu = 1 + \frac{A_{\text{дин}}}{A_{\text{ст}}},$$

где  $A_{\text{дин}}$  – динамическая составляющая амплитуды усилий;  $A_{\text{ст}}$  – статическая составляющая усилий; а  $\mu = A_{\text{дин}}/A_{\text{ст}}$  – динамическая добавка.

При движении модели электровоза по рельсам, имеющим неровности, на диаграммах усилий наблюдается всплеск. Проанализируем показания датчиков 1 и 2 при проведении опыта 4 (см. рис. 7). На 10-й секунде движения электровоза видно резкое изменение показаний. Для первого стержня динамическая добавка составила  $\mu = 0,67$ , а для второго –  $\mu = 2,9$ .

### Выводы

По результатам исследования можно сделать следующие краткие выводы:

1. Представленная экспериментальная методика может быть использована при оценке живучести мостового сооружения на аварийный отказ как одного элемента, так и нескольких при статической и динамической подвижной транспортной нагрузке.

2. Проведены исследования перераспределения усилий в элементах модели пролетного строения при трех вариантах повреждений: разрушение стойки, раскоса и верхнего узла фермы, расположенных в средней части пролетного строения. Определено, что наиболее опасным повреждением является выход из строя узла фермы, при котором в наиболее нагруженных элементах фермы наблюдается наибольшая перегрузка до 72 %.

3. Методика экспериментального моделирования позволила оценить динамический коэффициент при движении модели электровоза по железнодорожному пути, имеющему неровности. Наибольший динамический коэффициент был зафиксирован при максимально опасном повреждении пролетного строения.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бахтин С.А., Громов К.А., Шабанов А.П. Разработка новых совмещенных пролетных строений под перспективные железнодорожные и автомобильные нагрузки // *Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта*. 2022. № 4 (7). С. 111–117.
2. Власов Г.М. Мосты Новосибирска. Новосибирск : Приобские ведомости, 2023. 191 с.

3. Anitori G., Casas J. R., Ghosn M. Redundancy and Robustness in the Design and Evaluation of Bridges: European and North American Perspectives // *Journal of Bridge Engineering*. 2013. V. 18. № 12. P. 1241–1251.
4. Бокарев С.А., Проценко Д.В. Экспериментально-теоретические исследования пролетного строения сборно-разборного моста ТАЙПАН // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2017. № 8 (704). С. 24–33.
5. Шибков Н.Р., Яшинов А.Н. Исследование напряженно-деформированного состояния балочной клетки в железнодорожных мостах с ездой поверху // *Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта*. 2022. № 4 (7). С. 73–79.
6. Попов А.М., Зиновьев В.Б., Герасимов С.И., Сподарева Л.А. Исследование элементов мостовых конструкций методом голографической интерферометрии во встречных пучках // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2017. № 6 (65). С. 210–219.
7. Gerasimov S., Tikhomirov V. Investigation of Low Temperature Deformation Measurement Problem by the Contact Holographic Interferometers // *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2021. V. 130. P. 186–192. URL: [https://doi.org/10.1007/978-981-33-6208-6\\_19](https://doi.org/10.1007/978-981-33-6208-6_19)
8. Gerasimov S.I. Experimental Analysis of Elasto-Plastic Deformations Using Contact Holographic Interferometry // *AIP Conference Proceedings*. 2023. V. 2504. P. 020004. URL: <https://doi.org/10.1063/5.0132444>
9. Жосан А., Папин В. Проблемы современного мостостроения // *Инженерные исследования*. 2021. № 1 (1). С. 20–25.
10. Said H., Marzouk M., El-Said M. Application of Computer Simulation to Bridge Deck Construction: Case Study // *Automation in Construction*. 2009. V. 18. № 4. P. 377–385.
11. Turdiyev Sh.R. The Need for the Implementation of PASCO Digital Laboratories, Which Provides the Possibility of Digitalization of STEAM Sciences // *American Journal of Pedagogical and Educational Research*. 2023. № 19. P. 161–164.
12. Бокарев С.А., Ращепкин А.А. Совершенствование методики оценки грузоподъемности металлических пролетных строений железнодорожных мостов // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2006. № 2. С. 177–186.

## REFERENCES

1. Bakhtin S.A., Gromov K.A., Shabanov A.P. Development of New Combined Superstructures for Prospective Railway and Automobile Loads. *Fundamental'nye i prikladnye voprosy transporta*. 2022; 7(4): 111–117. DOI: 10.52170/2712-9195\_2022\_4\_111 (In Russian)
2. Vlasov G.M. Bridges in Novosibirsk: Priobskие vedomosti, 2023. 191 p. (In Russian)
3. Anitori G., Casas J.R., Ghosn M. Redundancy and Robustness in the Design and Evaluation of Bridges: European and North American Perspectives. *Journal of Bridge Engineering*. 2013;18(12): 1241–1251.
4. Bokarev S.A., Protsenko D.V. Experimental and Theoretical Studies of TIPAN Demountable Bridge Span. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Stroitel'stvo*. 2019; (9): 43–50. (In Russian)
5. Shibkov N.R., Yashnov A.N. Stress-Strain State of Railway Bridge Deck. *Fundamental'nye i prikladnye voprosy transporta*. 2022; 7(4): 73–79. DOI: 10.52170/2712-9195\_2022\_4\_73 (In Russian)
6. Popov A.M., Zinov'ev V.B., Gerasimov S.I., Spodareva L.A. Examination of Bridge Elements Using Holographic Interferometry in Colliding Beams. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2017; (6): 210–219. (In Russian)
7. Gerasimov S., Tikhomirov V. Investigation of Low Temperature Deformation Measurement Problem by The Contact Holographic Interferometers. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2021; 130: 186–192. [https://doi.org/10.1007/978-981-33-6208-6\\_19](https://doi.org/10.1007/978-981-33-6208-6_19)
8. Gerasimov S.I. Experimental Analysis of Elasto-Plastic Deformations Using Contact Holographic Interferometry. *AIP Conference Proceedings*. 2023; 2504: 020004. <https://doi.org/10.1063/5.0132444>
9. Zhosan A., Papin V. Problems of Modern Bridge Construction. *Inzhenernye issledovaniya*. 2021. (1): 20–25. Available: <http://eng-res.ru/archive/2021/1/20-25.pdf> (In Russian)
10. Said H., Marzouk M., El-Said M. Application of Computer Simulation to Bridge Deck Construction: Case Study. *Automation in Construction*. 2009; 18 (4). 377–385.

11. *Turdiyev Sh.R.* The Need for the Implementation of PASCO Digital Laboratories, Which Provides the Possibility of Digitalization of STEAM Sciences. *American Journal of Pedagogical and Educational Research*. 2023. (19): 161–164.
12. *Bokarev S.A., Rashepkin A.A.* Improvement of Estimation Technique of Carrying Capacity of Railway Bridge Spans. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2006; (2): 177–186. (In Russian)

#### Сведения об авторах

*Герасимов Сергей Иванович*, докт. техн. наук, профессор, Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, 912267@mail.ru

*Тихомиров Виктор Михайлович*, докт. техн. наук, доцент, Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, twm@stu.ru

*Бактин Сергей Анатольевич*, канд. техн. наук, профессор, Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, bsa-stu@yandex.ru

#### Authors Details

*Sergey I. Gerasimov*, DSc, Professor, Siberian State Transport University, 191, Dusi Koval'chuk Str., 630049, Novosibirsk, Russia, 912267@mail.ru

*Victor M. Tikhomirov*, DSc, A/Professor, Siberian Transport University, 191, Dusi Koval'chuk Str., 630049, Novosibirsk, Russia, twm@stu.ru

*Sergey A. Bakhtin*, PhD, Professor, Siberian State Transport University, 191, Dusi Koval'chuk Str., 630049, Novosibirsk, Russia, bsa-stu@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 07.05.2024  
Одобрена после рецензирования 21.05.2024  
Принята к публикации 14.06.2024

Submitted for publication 07.05.2024  
Approved after review 21.05.2024  
Accepted for publication 14.06.2024

Вестник Томского государственного  
архитектурно-строительного университета.  
2024. Т. 26. № 4. С. 230–242.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo  
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –  
Journal of Construction and Architecture.  
2024; 26 (4): 230–242.  
Print ISSN 1607-1859  
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 625.855.3:625.71.06

DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-230-242

EDN: YCCUPP

## **К ТЕОРИИ РАСЧЕТА КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ АНИЗОТРОПНОГО МАТЕРИАЛА С УПРУГОВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ**

**Владимир Михайлович Картопольцев<sup>1,2</sup>,**

**Александр Аверьянович Алексеев<sup>2</sup>, Батыр Анатольевич Параев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>ООО «ДИАМОС», г. Томск, Россия

<sup>2</sup>Томский государственный архитектурно-строительный университет,  
г. Томск, Россия

<sup>3</sup>Департамент МКУ «Городское хозяйство и лесничество»,  
г. Горно-Алтайск, Россия

**Аннотация.** *Актуальность.* Совершенствование расчета асфальтового бетона, обладающего параметрами структурно нестабильного материала, направлено на реализацию решения задач повышения несущей способности с позиции расширения границ упругой и пластической работы материала.

*Цель работы.* Определение упругопластических характеристик асфальтового бетона в процессе неравновесности деформирования и эффекта упругого последействия.

*Практическая значимость.* Оценка прочности асфальтобетонного покрытия проезжей части рассматривается решением контактной задачи для структурно нестабильного материала.

**Ключевые слова:** анизотропный, упруговязкопластический, асфальтовый бетон, структурно нестабильный, энергия деформации, ортотропность, прочность, разрушение

**Для цитирования:** Картопольцев В.М., Алексеев А.А., Параев Б.А. К теории расчета конструктивных элементов из анизотропного материала с упруговязкопластическими свойствами // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 4. С. 230–242. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-230-242. EDN: YCCUPP

ORIGINAL ARTICLE

## TOWARDS CALCULATION OF ANISOTROPIC CONSTRUCTIVE ELEMENTS WITH ELASTIC-PLASTIC PROPERTIES

Vladimir M. Kartopoltsev<sup>1</sup>, Aleksandr A. Alekseev<sup>2</sup>, Batyr A Paraev<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ООО "DIAMOS", Tomsk, Russia

<sup>2</sup>Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

<sup>3</sup>Municipal Public Institution Department "Urban Economy and Forestry", Gorno-Altaiisk, Russia

**Abstract.** Calculation improvement of asphalt concrete possessing parameters of structurally unstable material is based on the problem of increasing the bearing capacity in terms of the expansion of borders of elastic and plastic material deformation.

**Purpose:** Determination of elastic-plastic characteristics of asphalt concrete during non-equilibrium deformation and elastic aftereffect.

**Practical implications:** The estimation of strength of asphalt concrete pavement of carriage-way is based on a solution of the contact problem for structurally unstable material.

**Keywords:** anisotropic material, elastic-viscoplastic, asphalt concrete, structurally unstable, strain energy, orthotropy, strength, failure

**For citation:** Kartopoltsev V.M., Alekseev A.A., Paraev B.A. Towards Calculation of Anisotropic Constructive Elements with Elastic-Plastic Properties. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2024; 26 (4): 230–242. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-230-242. EDN: YCCUPP

Асфальтовый бетон рассматривается как упруговязкий анизотропный неоднородный материал, плохо сопротивляющийся растяжению и ударам. Он чувствителен к местным напряжениям и не приспособлен к исправлению формы первоначально изготовленного элемента в качестве материала плиты проезжей части, как правило, автомобильных дорог и мостов [1, 2]. Асфальтовый бетон – это самостоятельный, испытывающий максимальное объемное напряжённо-деформированное состояние конструктивный элемент дорожной одежды на упругоподатливом основании, который рассматривается как структурно нестабильный материал плиты проезжей части, обладающей характерно выраженным отклонением прямолинейной зависимости  $\lg \tau(\sigma)$  от прочности в виде нелинейности, отображающейся нестабильностью структуры материала [3, 4]. Рассматривается направление решения контактной задачи при оценке прочности покрытий проезжей части дорог и мостов, представленной в виде плиты с граничными условиями и законами деформирования на основе теории упругости и пластичности с учетом термофлуктуационного характера поведения асфальтового бетона. Реализация нестандартных подходов к решению задачи затрагивает рассмотрение всех эксплуатационных факторов, вызывающих локальные перенапряжения и разрушения, связанные не только с естественными концентраторами напряжения, но и достигающие критических значений энергии деформации.

Энергетическая флуктуация асфальтового бетона как материала плиты проезжей части представлена закономерностями теории термоупругости и термодинамики, а также теплопроводности в условиях проявления сжимающих или растягивающих напряжений в теории кинетической прочности и разрушения, развивающихся во времени [5, 6].

Конструктивная ортотропность асфальтобетонной плиты проезжей части отличается от элементов упругости или упругопластического сопротивления вследствие трех причин:

1. Рассеяние механической энергии в результате ее взаимодействия с потоками немеханической (например, тепловой) энергии или с потоками деформаций частиц тела.

2. Рассеяние механической энергии вследствие вязкого или квазивязкого течения компонентов анизотропного неоднородного состава тела плиты из асфальтового бетона, а также взаимодействия жидких или вязких компонентов с упругой твердой средой.

3. Рассеяние механической энергии вследствие внутреннего трения при скольжении множества неоднородных произвольно ориентированных кристаллоидных упругих и квазиизотропных поликристаллов.

Конструктивная ортотропность асфальтобетонной плиты проезжей части рассматривается преимущественно в плоском напряженном состоянии. Анизотропность и неоднородность выражаются через связь компонентов тензора коэффициентов упругости и компонентов тензора модулей упругости при растяжении, сжатии и сдвиге. Для упругого анизотропного тела связь тензоров имеет вид

$$\begin{cases} \varepsilon_{\chi} = \left( \frac{\sigma_{\chi}}{E_{\chi}} \right) - \mu_{\chi\gamma} \left( \frac{\sigma_{\gamma}}{E_{\gamma}} \right); \\ \varepsilon_{\gamma} = -\mu_{\gamma\chi} \left( \frac{\sigma_{\chi}}{E_{\chi}} \right) + \left( \frac{\sigma_{\gamma}}{E_{\gamma}} \right); \end{cases} \quad (1)$$

$$\varepsilon_{\chi\gamma} = \frac{\tau_{\chi\gamma}}{2G_{\chi\gamma}}. \quad (2)$$

После соответствующих преобразований имеем:

$$\begin{cases} \varepsilon_{\chi} = \left( \frac{1}{E_{\chi}} \right) (\sigma_{\chi} - \mu_{\gamma\chi} \cdot \sigma_{\gamma}); \\ \varepsilon_{\gamma} = \left( \frac{1}{E_{\gamma}} \right) (\sigma_{\gamma} - \mu_{\chi\gamma} \cdot \sigma_{\chi}); \end{cases} \quad (3)$$

$$\gamma_{\chi\gamma} = \frac{\tau_{\chi\gamma}}{G_{\chi\gamma}}, \quad (4)$$

где  $E_{\chi}, E_{\gamma}, \mu_{\gamma\chi}, \mu_{\chi\gamma}, G_{\chi\gamma}$  определяются из работы [7].

В случае упругопластического деформирования необходимо соблюдать следующие условия (рис. 1):

1. Процесс загрузки рассматривается как равновесный.
2. Процесс разгрузки следует закону Гука.
3. Деформации плиты считаются малыми.
4. Анизотропность плиты считается неизменной в процессе деформирования.
5. Деформации плиты происходят по закону простого нагружения.
6. Деформации изменения объема упругопластического анизотропного тела следуют закону упругости при напряжениях, близких к  $\sigma_T$  (рис. 1, б).

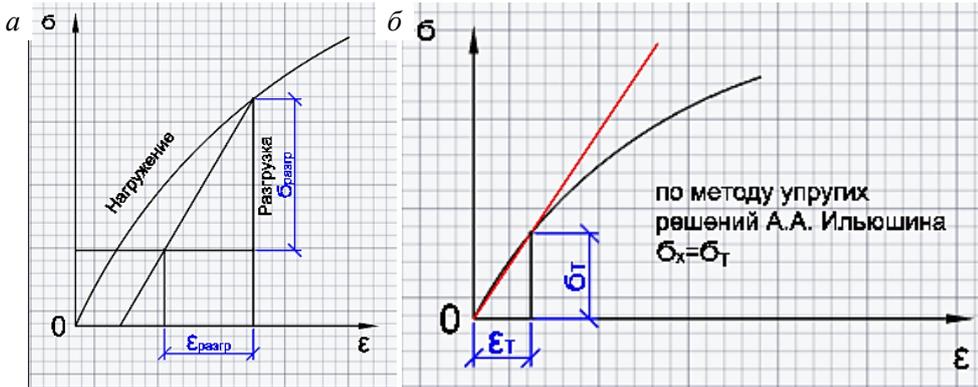


Рис. 1. Диаграмма « $\sigma - \epsilon$ » упругопластического деформирования анизотропного тела: а – стадия «нагружение-разгрузка»; б – зависимость между  $\epsilon_i$  и  $\sigma_i$  на участке деформирования, равная  $\sigma_T$

Fig. 1.  $\sigma - \epsilon$  curves of elastic-plastic deformation of anisotropic body: а – loading-unloading; б – equals to  $\sigma_T$

Для упруговязкого анизотропного неоднородного материала асфальтобетонной плиты проезжей части достаточно применение диаграммы « $\sigma - \epsilon$ » Прандтля. Тогда зависимость для определения напряжений и деформаций с учетом сдвига на нейтральной оси плиты будет иметь вид

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= E\epsilon_x; \tau_{zx} = \frac{1}{3}E \cdot \gamma_{zx} \cdot \alpha; \\ \alpha &= \frac{1}{1 + E \frac{\epsilon_{\text{пл}}}{\sigma_i}}; \sigma_i = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{zx}^2}; \\ \tau_{zx} &= \gamma_{zx} \frac{G}{2(\epsilon_T + \epsilon_{\text{пл}})}; G = \frac{E}{2}, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где  $\gamma_{zx}$  – деформация сдвига в рассматриваемом сечении плиты.

$$\text{При напряжении } \sigma_i = E \cdot \epsilon_T; \quad \sigma_x = \epsilon_x \frac{\sigma_T}{\epsilon_T + \epsilon_{\text{пл}}}. \quad (6)$$

Рассматривая упругое и упругопластическое состояние плиты без учета сдвига, воспользуемся функцией А. Ильюшина:



При  $\lambda = \frac{\varepsilon_{\text{пл}}}{\varepsilon_i} E' = (1 - \lambda) E$ ;  $\lambda = \frac{\mu \cdot E}{(1 + \mu)(1 - 2\mu)}$  – константа Ламе [10].

$E_k$  – касательный модуль упругости определяется по формуле М.М. Фридмана<sup>1</sup>:

$$E_k = \frac{d\sigma_i}{d\varepsilon_i} = E \left[ 1 - \left( \frac{\sigma_i - R}{\sigma_T - R} \right)^2 \right].$$

$$E' \text{ – секущий модуль упругости, равен } E_c = E \left( \frac{1}{1 + \frac{\varepsilon_y \cdot E}{\sigma_i}} \right).$$

Изменения коэффициента Пуассона ( $\mu$ ) в зависимости от реологии и события деформированного тела отражаются на величине модулей упругости  $E_i$ ,  $E_\Theta$  и  $\lambda$ :

$$\left. \begin{aligned} E_i &= \frac{(3\lambda + 2G)\mu}{\lambda + G}; \\ E_\Theta &= \frac{2G(1 + \mu)}{3(1 - 2\mu)}; \\ \lambda &= \frac{\mu \cdot E}{(1 + \mu)(1 - 2\mu)}. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Взаимосвязь между  $E_i$ ,  $E_\Theta$  выражается в виде  $E_\Theta = \frac{E \cdot G}{3(3G - E)}$ .

При  $\mu = \frac{1}{2} \frac{E}{G} - 1$ ,  $E = E_i = \frac{9E_\Theta \cdot G}{3E_\Theta + G}$ .

В стадии объемного напряженного состояния за пределом упругости анизотропное неоднородное тело обладает следующими характеристиками:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_i &= \frac{\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z}{3}; \\ \gamma_{xy} &= \gamma_{xz} = \gamma_{yz} = 0; \\ \sigma_x = \sigma_y = \sigma_z &= (2G + 3\lambda)\varepsilon_i = \frac{E}{1 - 2\mu}\varepsilon_i. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

С учетом касательных напряжений в асфальтобетонной плите  $\tau_{xy}$  и сдвига запишем отношения в виде [11]:

<sup>1</sup> Фридман М.М. Математическая теория упругости анизотропных сред // Прикладная математика и механика. 1950. Том XIV. Вып. 3. С. 93–102.

$$\left. \begin{aligned} \frac{\sigma_{xT}}{\sigma_{yT}} &= \frac{\sqrt{E_x}}{\sqrt{E_y}}; \\ \frac{\sigma_{xT}}{\tau_{xy} \cdot T} &= \frac{\sqrt{E}}{\sqrt{G}}. \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Увеличение расчетного сопротивления асфальтового бетона с учетом влияния касательных напряжений рекомендуется определять коэффициентом  $K_R$ , равным

$$K_R = \frac{\sigma_{xT} W_{\text{упр}} + 2S_{\text{пл}}}{\tau_T W}, \quad (13)$$

где  $\tau_T = \frac{\sqrt{G}}{\sqrt{3G}} \sigma_T = 0,578 \sigma_T$ ;  $W_{\text{упр}}$  – момент сопротивления упругой части высоты плиты при сдвиге;  $S_{\text{пл}}$  – статический момент зоны сдвига до оси, разделяющей упругую и пластическую зоны плиты;  $W$  – момент сопротивления плиты;  $\sigma_{xT} = \sigma_T \left[ 1 - (1 - \lambda) \left( \frac{Z}{h_{\text{упр}}} - 1 \right) \right]$ ;  $Z = \frac{H - h_{\text{пл}}}{2}$ ;  $h_{\text{пл}}$  – высота зоны пластичности плиты;  $\sigma_T = \tau_T \sqrt{3}$ ;  $\lambda = 0-1$  – принимается в зависимости от вида напряженного состояния;  $H$  – высота (толщина) плиты.

При  $\frac{h_{\text{упр}}}{H} = \frac{\varepsilon_T}{\varepsilon_{i,\text{max}} (\varepsilon_T + \varepsilon_{\text{пл}})}$  и  $\varepsilon_T = \frac{\sigma_{xT}}{E}$  значения  $h_{\text{упр}} = K_\sigma \cdot H$ ;

$$K_\sigma = \frac{1}{1 + \frac{1}{\lambda} \frac{\varepsilon_{i,\text{max}}}{\varepsilon_T}}.$$

Аналогично можно провести сравнительный анализ для значений  $E$  и  $E_\Theta$  при условии

$$\sigma_{xT} = R_1 \frac{Z}{h_{\text{упр}}}, \quad (14)$$

где  $R_1$  – расчетное сопротивление асфальтового бетона при растяжении со сдвигом.

$$h_i = K_\gamma \cdot \frac{H}{2}, \quad (15)$$

где  $K_\gamma = \sqrt{\frac{G \cdot \gamma_{\text{пл}}}{\alpha_m (\tau_T + G \cdot \gamma_{\text{пл}})}}$ ;  $\tau_{\text{min}} = \frac{Q \cdot S_{\text{бр}}}{I_{\text{бр}} \cdot b}$ ;  $Q_\Theta$  – поперечная сила, вызывающая сдвиг в сечении плиты (параметр сдвигоустойчивости), равна:

$$Q_\Theta = \frac{1}{3} \frac{H}{2} b (\tau_{\text{min}} + 2\tau_{\text{max}} + 2G\gamma_\Theta - 2G \cdot \gamma_{\text{пл}} \cdot K_\gamma), \quad (16)$$

где  $b$  – расчетная ширина плиты;  $\gamma_\Theta$  – угловая деформация сдвига в плите, отвечающая пределу текучести касательного напряжения  $\tau_T$  при сдвиге, равна:

$$\gamma_{\theta} = \gamma_{\max} (1 - \alpha \cdot \beta^2); \quad \beta = \frac{Z}{H}; \quad \gamma_{\max} = \frac{\tau_{\max}}{G}; \quad \tau_{\max} = \frac{\sigma_{\text{плл}}}{3 \sqrt{\frac{1}{3} + \left( \frac{\varepsilon_{y+\text{плл}} \cdot \beta}{\gamma_{\text{ср}}} \right)^2}}; \quad \gamma_{\text{ср}} = \frac{Q_{\theta} \cdot S_{\text{бр}}}{J_{\text{бр}} \cdot b},$$

где  $\alpha$  – отношение статического момента площади половины высоты асфальтобетонной плиты  $\left(\frac{H}{2}\right)$  к статическому моменту полной высоты сечения ( $H$ ),

$$\alpha = \frac{S_H}{S_H}; \quad \gamma_{\text{плл}} = \frac{Q_{\theta}}{A \cdot G}; \quad A \text{ – площадь поперечного сечения плиты};$$

$$\sigma_{\text{плл}} = \sigma_T \left[ 1 - 0,5 \left( \frac{Z}{h_{\text{упр}}} - 1 \right) \right].$$

Максимальный упругопластический изгибающий момент в сечении с  $\sigma_i = \sigma_{\text{плл}}$  в момент сдвиговых деформаций равен [11, 12]:

$$M_{\text{упр.плл}}^x = 2EI \frac{\varepsilon_T}{h_{\text{упр}}} - E_I \cdot \varepsilon_T \left( \frac{2I}{h_{\text{упр}}} - \frac{bH^2}{4} + \frac{b \cdot h_{\text{упр}}^2}{12} \right); \quad (17)$$

$$E_I = (1 - \lambda) E.$$

Известно, что сдвиг в плите пропорционален сдвигающей силе, расстоянию между центрами тяжести сдвигающих элементов (плоскостей) и обратно пропорционален площади сечения элементов и модулю сдвига  $G$  (рис. 3).

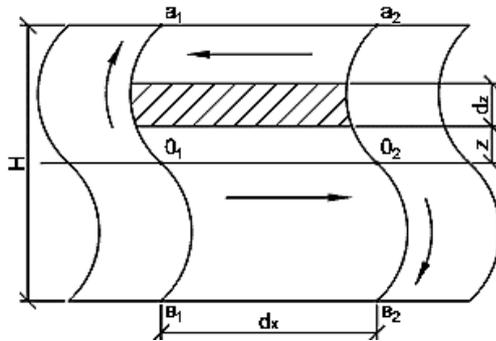


Рис. 3. Сдвиговые деформации в асфальтобетонной плите  
Fig. 3. Shear strain in asphalt concrete slab

Приравнивание перерезывающей силы  $Q$  сдвигающей  $Q_{\theta}$ , вызывающей сдвиг в плите (см. формулу (16)), запишем в виде следующего условия:

$$Q_{\theta} = \tau \cdot A, \quad (18)$$

где  $\tau = \gamma_{\max} \cdot G$ ;  $\gamma_{\max} = \frac{\tau_{\max}}{G}$ .

Тогда прогиб плиты с учетом сдвига равен:

$$y_{\max} = y_M + \Delta y_{\theta}. \quad (19)$$

Обозначая для прямоугольной плиты  $\frac{I}{A} = \frac{h^2}{12}$ , приравнявая  $G = \frac{E}{2}$ , величину  $\Delta y_{\theta}$  получаем на основании работы [2]:

$$\Delta y_{\theta} = 1 + \frac{3h^2}{5l^2}, \quad (20)$$

где  $y_M$  – прогиб плиты от изгибающего момента  $M_{\text{упр.пл}}$ , определенного в зависимости от расчетной схемы и граничных условий для плиты;  $l$  – расчетная длина плиты с шириной  $b$ .

Для упруговязких анизотропных неоднородных материалов, каким является асфальтовый бетон, деформации зависят не только от характеристик (см. формулы (10) – (12)), но и от приложения нагрузки во времени и от момента их замера. Процесс деформирования для таких материалов относится к неравновесным, т. е. это такой процесс, при котором в каждый момент времени нагружения не соблюдаются условия равновесия, для которого справедливы статические методы механики деформируемого тела. В таких материалах наряду с упругими деформациями возникают необратимые деформации релаксирующего характера – ползучести, нарастающие под нагрузкой с течением времени, описываемые средой Максвелла при соотношении 30 % упругих и 70 % пластических необратимых деформаций.

Таким образом, асфальтовый бетон как материал, деформирование которого относится к неравновесным, обладающий упругими и упруговязкими пластическими свойствами, описываемыми законами плоских сечений Бернулли в строительной механике, нормальными линейными закономерностями в прикладной теории упругости, термоупругости и термодинамики, остающиеся справедливыми в пределах и за пределом упругости, однозначно отвечают зависимостям между напряжениями и деформациями, которые рассматриваются для плит. Релаксирующая среда Максвелла и закон деформирования упруговязкой среды выражается дифференциальным уравнением [13, 14, 15]:

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{1}{E} \frac{d\sigma}{dt} + \frac{\sigma}{\eta}, \quad (21)$$

где  $E$  – модуль упругости асфальтового бетона;  $\eta$  – коэффициент вязкости среды по Ньютону, равен  $t_{\theta} \cdot E$ ;  $t_{\theta} = \eta / E_{\text{ср}}$ ;  $E_{\text{ср}} = E_{\text{дл}} = \frac{E_1 \cdot E_2}{E_1 + E_2}$ ;  $E_{\text{дл}}$  – длительный модуль деформации [16],  $t_{\theta}$  – время релаксации.

Релаксирующее напряжение  $\sigma$  в течение времени  $t - t_{\theta}$  равно [17]:

$$\sigma = \sigma_0 \cdot e^{-\frac{t-t_{\theta}}{t_{\theta}}}. \quad (22)$$

Уравнение (22) основано на линейной зависимости (закон Гука) между  $\sigma$  и  $\varepsilon$ , а линейная зависимость (по Ньютону) соответствует зависимости напряжения от

скорости деформации по закону ползучести. Обозначая начальные деформации, сообщенные асфальтобетонной плите покрытия проезжей части из упруговязкого анизотропного неоднородного материала, равными  $\varepsilon_0 = \sigma_0 / E$ , выражение для полной деформации в период релаксации  $t - t_0$  запишем в следующем виде:

$$\varepsilon = \frac{\sigma_0}{E_{cp}} \left( 1 + \frac{t_0}{t} \right). \quad (23)$$

Напряжение ( $\sigma$ ), возрастающее в этот период от нуля с постоянной скоростью  $V_0$  до некоторой величины, определяется по формуле

$$\sigma = V_0 \cdot \Delta t; \quad \Delta t = t_0 - t_0. \quad (24)$$

Деформация в упруговязком теле (деформация Максвелла) равна:

$$\varepsilon = \frac{V_0 \cdot \Delta t}{E_{cp}} + \frac{V_0 \cdot \Delta t^2}{2E_{cp} \cdot t_0}, \quad (25)$$

где  $E_{cp} = \frac{E \cdot E_{мгн}}{E + E_{мгн}}$ ;  $E_{мгн} = E + E_{дл}$ ;  $E_{мгн}$  – мгновенный модуль упругости;  $E_{дл}$  – длительный модуль упругости.

Тогда для определения напряжения ( $\sigma_i$ ) с учетом пластического деформирования и релаксации воспользуемся равенством [18, 19]:

$$\sigma_{i,max} = \sigma_T + t_0 \cdot E \cdot V_0 \cdot Z \left( 1 - e^{-\frac{\varepsilon_i - V_0 \cdot Z \cdot t_0}{t_0 \cdot V \cdot Z}} \right), \quad (26)$$

где  $Z = \frac{\varepsilon_T}{V_0 \cdot t_0}$ ,  $\varepsilon_T = \frac{\sigma_T}{E}$ .

Равенство (26) указывает на некоторое упрочнение материала плиты за счет эффекта последействия показателем  $E^I$  (рис. 4) [20] при условии, что  $\varepsilon_{ост} = \varepsilon_{i,max} = E^I \cdot \sigma_{i,max}$ .

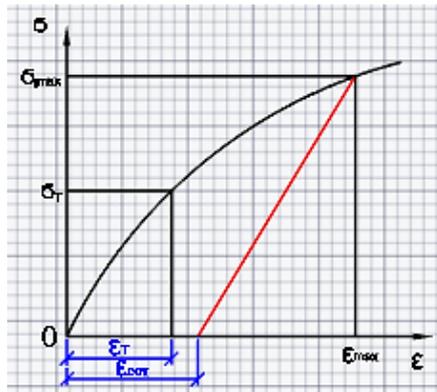


Рис. 4. Зависимость « $\sigma_i - \varepsilon_i$ » упруговязкого тела с учетом последействия  
 Fig. 4.  $\sigma_i - \varepsilon_i$  curves of elastic-viscous body with aftereffect

В стадии упругопластического деформирования  $E^I$  равен модулю упрочнения, изменения которого способствуют повышению границы упругости работы в результате срабатывания так называемого эффекта упругого последствия. В этом случае  $E^I$  равен:

$$E^I = \operatorname{tg} \alpha = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} = E \cdot \varepsilon_i \frac{\varepsilon_T - \varepsilon_{\text{упр}}}{V} . \quad (27)$$

Таким образом, материал асфальтобетонной плиты дорожной одежды проезжей части рассматривается по аналогии с гидродинамикой вязкой среды как упруговязкий анизотропный неоднородный материал (ньютоново тело) (рис. 5)

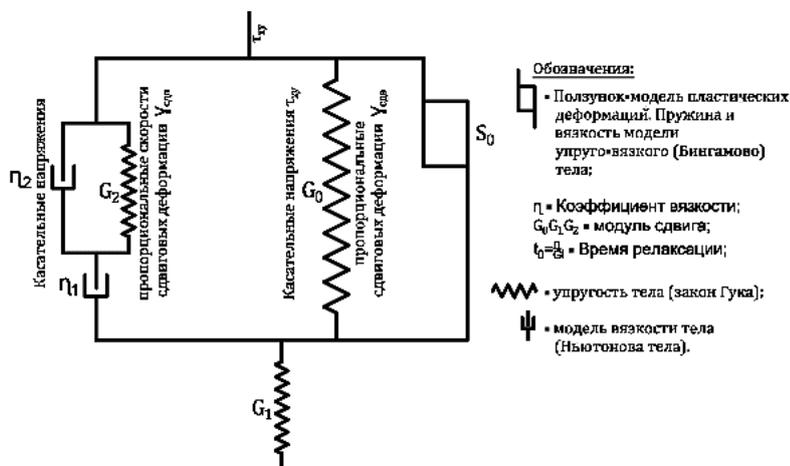


Рис. 5. Обобщенная реологическая модель асфальтового бетона  
Fig. 5. Generalised rheological model of asphalt concrete

В обобщенной реологической модели асфальтового бетона (рис. 5) зависимости, в которых касательные напряжения ( $\tau_{xy}$ ) пропорциональны скорости деформации сдвига, а упрочнение, пропорциональное пластической деформации (линейное упрочнение), характеризуемое зависимостью напряжения от скорости пластических деформаций, рассматривается по аналогии с поведением упруговязкого «бингамова тела» [20].

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Телегин М.А. Методика расчета дорожной одежды на ортотропной плите стальных мостов // Дороги и мосты. 2011. № 2 (26). С. 205–230.
2. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. Москва ; Ленинград : Гостехиздат, 1945. 750 с.
3. Кац А.М. Теория упругости. Санкт-Петербург : Лань, 2002. 208 с.
4. Снеддон И.Н., Берри Д.С. Классическая теория упругости. Москва : Государственное изд-во физико-математической литературы, 1961. 219 с.
5. Регель В.Р., Слуцкер А.И., Томашевский Э.Е. Кинетическая природа прочности твердых тел. Москва : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1974. 560 с.
6. Безухов Н.И., Лужин О.В. Приложение метода теории упругости и пластичности к решению инженерных задач. Москва : Высшая школа, 1974. 200 с.

7. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. Москва : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1977. 416 с.
8. Гольденблат И.И. Некоторые вопросы механики деформируемой среды. Москва : Гостехиздат, 1955. 416 с.
9. Губанов А.И. Механика упруговязкопластических тел // Журнал технической физики. 1949. Т. XIX. Вып. 1. С. 34–42.
10. Риз П.М. Об упругих константах в нелинейной теории упругости // Прикладная математика и механика / Институт механики Академии наук Союза ССР. 1947. Т. XI. С. 493–494.
11. Милейковский И.Е. О возможном условии пластичности анизотропного тела // Исследование по вопросам строительной механики и теории пластичности : сборник статей / под ред. А.Р. Ржаницына. Москва : Госстройиздат, 1956. С. 169–179.
12. Лукаш П.А. Основы нелинейной строительной механики. Москва : Стройиздат, 1978, 204 с.
13. Rimrott F. Verlagszeitbeim Kriechen // Ingn – Frch. 1959. V. 27. № 3. P. 189–178.
14. Чернышов А.И., Алексеев А.А., Мокишин Д.И., Гаусс К.С., Тарбеева Ю.В. Асфальтовый бетон повышенной водо- и морозостойкости // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 1 (54). С. 180–189.
15. Ду Цин-Хуа. Плоская задача теории изотропной неоднородной упругой среды // Проблемы механики сплошной среды. Москва : Изд-во АН СССР, 1968. С. 152–156.
16. Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд / под ред. Н.Н. Иванова. Москва : Транспорт, 1973. 328 с.
17. Справочник проектировщика. Расчетно-теоретический. Москва, 1961. 1040 с.
18. Theodrescu P.P., Predeleacu M. Uber das leben Problem nicht homogener elastischer Korper Acta // Techn Acad. Scient hung. 1959. № 3–4. P. 16–22.
19. Srinivasan V. On the Generalized M Lijer Transform // Bull Acad. Polen Scice III. 1963. № 7, 11. P. 32–43.
20. Ростовцев Н.А. К теории упругости неоднородной среды // Прикладная математика и механика. Москва : Изд-во Академии наук СССР, 1964. Т. 28. С. 601–611.

#### REFERENCES

1. Telegin M.A. Calculation Technique of Pavement on Orthotropic Plate of Steel Bridges. *Dorogi i mosty*. 2011; (26/2): 205. (In Russian)
2. Belyaev N.M. Resistance of Materials. Gostekhizdat, 1945. 750 p. (In Russian)
3. Katz A.M. Theory of Elasticity. Saint-Petersburg, 2002. 207 p. (In Russian)
4. Sneddon I.N., Berry D.S. Classical Theory of Elasticity. Moscow, 1961, 219 p. (Russian translation)
5. Regel V.R., Slutsker L.I., Tomashevsky E.E. Kinetic Nature of Strength of Solids. Moscow: Nauka, 1974. 560 p. (In Russian)
6. Bezukhov N.I., Luzhin O.V. Elasticity and Plasticity Theory in Engineering Problems. Moscow: Vysshaya shkola, 1974. 200 p. (In Russian)
7. Lehnitsky S.G. Theory of Elasticity of Anisotropic Body. Moscow: Nauka, 1977, 415 p. (In Russian)
8. Goldenblat I.I. Some Questions of Mechanics of Deformable Medium. Moscow: Gostekhizdat, 1955. 416 p. (In Russian)
9. Gubanov A.I. Mechanics of Elastic-Visco-Plastic Bodies. *ZHTF*. 1949; 19 (1): 34–42. (In Russian)
10. Riz P.M. Elastic Constants in Nonlinear Theory of Elasticity. *PMMM*. 1947; 11: 493–494. (In Russian)
11. Mileikovsky I.E. Possible Condition of Plasticity of Anisotropic Body. In: Problems of Structural Mechanics and Theory of Plasticity. Moscow, 1956. Pp. 169–179. (In Russian)
12. Lukash I.A. Fundamentals of Nonlinear Structural Mechanics. Moscow: Stroyizdat, 1978. 204 p. (In Russian)
13. Rimrott F. Verlagszeitbeim Kriechen. *Ingn – Frch*. 1959; 27 (3):189–178.
14. Chernyshov A.I., Alekseev A.A., Mokshin D.I., Gauss K.S., Tarbeeva Yu.V. Asphalt Concrete of Increased Water and Frost Resistance. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2016; 1 (54): 180–189. (In Russian)
15. Du Qing-Hua. Planar Problem of Theory of Elasticity of Inhomogeneous Elastic Medium. In: Problems of Continuum Mechanics. Moscow, 1968. Pp. 80–84. (In Russian)

16. *Ivanova N.N (Ed.) Design and Calculation of Non-Rigid Road Clothes.* Moscow: Transport. 1973. 323 p. (In Russian)
17. *Computational and Theoretical Designer's Handbook.* Moscow, 1961. 1040 p. (In Russian)
18. *Theodrescn P.P., Predeleam M.* Uber das leben Problem nicht homogener elastischer Korper Acta. *Techn Acad. Scient hung.* 1959; (3–4): 16–22.
19. *Srinivasan V.* On the Generalized M Lijer Transform. *Bull Acad. Polen Scice III.* 1963; (7, 11): 32–43.
20. *Rostovtsev N.A.* On the Theory of Elasticity of Inhomogeneous Media. *PMM.* 1964; 28: 601–611. (In Russian)

#### Сведения об авторах

*Картопольцев Владимир Михайлович*, докт. техн. наук, профессор, ООО «ДИАМОС», 634003, г. Томск, пер. Соляной, 24/1; Томский государственный архитектурно-строительный университет. 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, [diamos@mail.ru](mailto:diamos@mail.ru)

*Алексеев Александр Аверьянович*, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет. 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, [alekseev10@yandex.ru](mailto:alekseev10@yandex.ru)

*Параев Батыр Анатольевич*, магистр, зам. директора по капитальному строительству. Департамент МКУ «Городское хозяйство и лесничество». г. Горно-Алтайск, ул. Строителей, 3/1.

#### Authors Details

*Vladimir M. Kartopol'tsev*, DSc, Professor, ООО "DIAMOS", 24/1, Solyanoy Str., 634003, Tomsk, Russia; Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, [diamos@mail.ru](mailto:diamos@mail.ru)

*Aleksandr A. Alekseev*, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, [alekseev10@yandex.ru](mailto:alekseev10@yandex.ru)

*Batyr A Paraev*, Master, Municipal Public Institution Department "Urban Economy and Forestry", 3/1, Stroitelei Str., Gorno-Altaiisk, Russia.

#### 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 03.04.2024  
Одобрена после рецензирования 16.04.2024  
Принята к публикации 14.06.2024

Submitted for publication 03.04.2024  
Approved after review 16.04.2024  
Accepted for publication 14.06.2024

Вестник Томского государственного  
архитектурно-строительного университета.  
2024. Т. 26. № 4. С. 243–255.

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo  
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –  
Journal of Construction and Architecture.  
2024; 26 (4): 243–255.

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

Print ISSN 1607-1859  
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 625.765

DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-243-255

EDN: YVGDPO

## АНАЛИЗ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ИСКЛЮЧЕНИЮ РАЗВИТИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЭКСПЛУАТИРУЕМОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ КУЛТУК – МОНДЫ В РЕСПУБЛИКЕ БУРЯТИЯ

**Сергей Семенович Шабуров, Елена Викторовна Волкова**

*Иркутский национальный исследовательский  
технический университет, г. Иркутск, Россия*

**Аннотация.** *Актуальность.* Обеспечение прочности и устойчивости земляного полотна и инженерных сооружений в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов и глубокого сезонного промерзания грунтов остается одной из сложных научно-технических и технологических проблем строительства и реконструкции дорог в северных районах. Особенно важен вопрос распространения просадок земляного полотна при устройстве, дальнейшей эксплуатации и содержании автомобильных дорог. Основные причины разрушения дорожных конструкций связаны как с глобальным потеплением климата, так и со сложными геологическими и гидрогеологическими условиями региона.

Для предотвращения развития деформаций дорожной конструкции необходимо предусматривать ряд специальных инженерных мероприятий по недопущению оттаивания многолетнемерзлых грунтов или укреплению надмерзлотных слоев оснований.

**Цель работы.** Изучение методов устранения деформаций земляного полотна автомобильных дорог на территории распространения многолетнемерзлых грунтов и выбор основного метода ликвидации просадок на проблемном участке автомобильной дороги.

**Результаты.** Рассмотрено несколько вариантов решения вопроса ликвидации просадок на участке федеральной трассы Култук – Монды в Республике Бурятия.

Проанализирована возможность реконструкции земляного полотна разными методами термостабилизации: горизонтальной (пологонаклонной) системой термостабилизации совместно с наклонными термостабилизаторами, временными вертикальными термостабилизаторами для предпостроечного промораживания грунтов основания и гибридной системой термостабилизации (горизонтальный и вертикальный термостабилизатор в одном изделии). Кроме того, предложен метод стабилизации основания автомобильной дороги путем устройства грунтоцементных свай.

Отмечены основные преимущества рассмотренных вариантов, выявлены их недостатки и проведена оценка по стоимостным показателям. Оценена эффективность применения разных методов восстановления конструкции земляного полотна с целью обеспечения устойчивости основания автомобильной дороги. В качестве основного метода, как наиболее эффективного для рассматриваемого участка автомобильной дороги, предложен метод ликвидации просадок путем стабилизации основания земляного полотна устройством грунтоцементных свай.

**Ключевые слова:** многолетнемерзлые грунты, вечная мерзлота, строительство и содержание автомобильных дорог, дорожные конструкции, деформации земляного полотна, ремонт автомобильных дорог

*Для цитирования:* Шабуров С.С., Волкова Е.В. Анализ предложений по исключению развития деформаций земляного полотна эксплуатируемой автомобильной дороги Култук – Монды в Республике Бурятия // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 4. С. 243–255. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-243-255. EDN: YVGDPO

## ORIGINAL ARTICLE

**ROAD SITE INSPECTION AND MEASURES  
TO AVOID FURTHER DEFORMATION****Sergey S. Shaburov, Elena V. Volkova***National Research Irkutsk Technical University, Irkutsk, Russia*

**Abstract.** Strength and stability of the roadbed and engineering structures in permafrost conditions and deep seasonal freezing of soils always remain complex scientific, technical and technological problem in construction and reconstruction of roads in northern regions. Particularly important is the spread of subgrade subsidence during construction and further operation and maintenance of roads in these regions. The road destruction is mostly caused by both global warming and geological and hydrogeological conditions.

To prevent the deformation development, it is necessary to provide a number of special engineering measures to prevent thawing of permafrost soils or strengthen supra-permafrost layers of foundations. The purpose of the work is to study methods for eliminating deformation of the road bed in permafrost and choosing the main method for eliminating subsidence of the road.

The article discusses several ways to solve the problem of eliminating subsidence on of the federal highway. Options for reconstruction of the roadbed are considered. These are different methods of thermal stabilization, i.e., horizontal (sloping) thermal stabilization system with inclined thermal stabilizers, temporary vertical thermal stabilizers for pre-construction freezing of foundation soils, and hybrid thermal stabilization system (horizontal and vertical thermal stabilizer in one product). A method is proposed for stabilizing the road base by installing soil-cement piles. The main advantages of and disadvantages the methods are noted and cost assessment is made. A conclusion is drawn on the effectiveness of different methods to restore the subgrade structure in order to ensure the road base stability. The main method is elimination of subsidence by stabilizing the road base with installation of soil-cement piles.

**Keywords:** permafrost soil, road construction and maintenance, deformation, road repair

**For citation:** Shaburov S.S., Volkova E.V. Road Site Inspection and Measures to Avoid Further Deformation. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2024; 26 (4): 243–255. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-243-255. EDN: YVGDPO

**Введение**

При строительстве автомобильной дороги Култук – Монды км 72+500 – км 83+000 в Республике Бурятия на участке ПК 30+00 – ПК 36+50 после возведения насыпи началось развитие просадок<sup>1</sup>. Данный участок дороги проложен по правобережной части долины р. Иркут и входит в зону островного распространения многолетней мерзлоты.

<sup>1</sup> Расходы на ликвидацию грунтовых разрывов на сети автомобильных дорог федерального значения. Строительство автомобильной дороги Култук – Монды км 72+500 – км 83+000, Республика Бурятия.

Многолетнемерзлые грунты залегают на глубине, значительно превышающей глубину промерзания сезонно-мерзлых грунтов, которая, согласно данным проекта (метеостанция Тунка), составляет для суглинков и глин 2,29 м, для супесей и песков пылеватых – 2,79 м, для песков крупных и гравелистых – 2,98 м и для крупнообломочных грунтов – 3,38 м. Учитывая наличие в основании земляного полотна текучих и пластичных грунтов, а также заболоченность местности на отдельных участках и затрудненный сток поверхностных вод, разработчики проекта достаточно обоснованно предусмотрели обеспечение устойчивости основания путем возведения земляного полотна с боковыми пригрузочными бермами [8, 10]. При этом расчетная осадка насыпи земляного полотна на участке ПК 31+50 – ПК 34+50 составила 0,30 м, на участке ПК 34+50 – ПК 36+72 – 0,25 м.

По материалам проектной документации отмечено, что инженерно-геологические условия участка строительства автомобильной дороги на ПК 30+00 – ПК 36+50 не оказывают влияния на состояние многолетнемерзлых грунтов. Поэтому, согласно п. 8.2.8 СП 313.1325800.2017, земляное полотно было запроектировано по нормам II дорожно-климатической зоны, и специальных мероприятий по недопущению оттаивания многолетнемерзлых грунтов в проекте предусмотрено не было.

#### **Обследование земляного полотна автомобильной дороги**

#### **Култук – Монды на участке км 72+500 – км 83+000 в Республике Бурятия и назначение мероприятий по решению проблемы ликвидации просадок**

Выполненные объемы земляных работ по сооружению земляного полотна (ПК 30+00 – ПК 36+50) на ноябрь 2017 г. составили 413 501 м<sup>3</sup>, мощность насыпных грунтов – 19,3 м (до низа рабочего слоя земляного полотна). Впоследствии (в период с 15.12.2017 г. по 21.03.2018 г.) на участке ПК 30+50 – ПК 33+50 была выявлена деформация земляного полотна в виде просадки насыпи на глубину 2,678 м с образованием локальных трещин, обусловленных провалами, сползанием и оседанием откосных частей.

По техническому заданию ФКУ «Южный Байкал» для детального обследования и назначения мероприятий, исключающих развитие дальнейших деформаций земляного полотна, была привлечена проектная организация АО «Иркутскгипродорнии», которая выполнила инженерно-геологические работы на участке ПК 30+50 – ПК 33+50 строительства автомобильной дороги Култук – Монды км 72+500 – км 83+000, Республика Бурятия.

При проведении обследования земляного полотна на участке ПК 30+00 – ПК 36+50, выполненного АО «Иркутскгипродорнии», выявлено следующее:

1. На основе результатов мониторинга состояния земляного полотна на участке строительства автомобильной дороги Култук – Монды ПК 31+00 – ПК 35+50 (табл. 1) установлено, что оно находится в нестабильном состоянии. Происходит увеличение просадки. Наибольшая глубина просадки в интервале 5,45–6,01 м отмечена на участке ПК 31+00 – ПК 33+00, что значительно превысило расчетные значения осадки, указанные в проекте (0,25–0,30 м).

2. Залегание многолетнемерзлых грунтов (ММГ) однородное, верхняя граница (ВГ) ММГ под осью насыпи проходит на глубине 6,8 м, по подошве

насыпи – 7,2 м. Залегание ММГ за пределами земляного полотна неоднородное, положение ВГ ММГ варьируется от 8,0 м (справа от подошвы насыпи) до 10,8 м (слева от подошвы насыпи). Многолетнемерзлые грунты пластичномерзлые и твердомерзлые, льдистые и слабольдистые [3].

Таблица 1

**Результаты мониторинга состояния земляного полотна  
автомобильной дороги Култук – Монды км 72+500 – км 83+000  
в Республике Бурятия (участок строительства ПК 31+00 – ПК 35+50)**

Table 1

**Results of roadbed monitoring on Kultuk – Mondy route 72+500 km – 83+000 km  
in the Republic of Buryatia (construction site PK 31+00 – PK 35+50)**

Место измерения, ПК + м	Отметки по оси земляного полотна (м), установленные по датам				Расчетная величина просадки, м
	23.11.2017 г.	15.12.2017 г.	20.03.2018 г.	11.04.2018 г.	
31+00	759,68	756,102	754,586	754,16	5,52
31+50	757,42	754,118	752,000	751,41	6,01
32+00	755,30	752,044	750,064	749,72	5,58
32+50	753,31	749,856	748,292	747,86	5,45
33+00	751,46	748,166	746,208	745,80	5,66
33+50	747,66	746,304	744,749	744,42	3,24
34+00	745,74	744,434	743,356	743,18	2,56
34+50	743,56	–	–	741,67	1,89
35+00	740,56	–	–	739,45	1,11
35+50	738,91	–	–	738,01	0,90

3. В результате бурения в основании насыпи вскрыты слабые и высоко-температурные многолетнемерзлые грунты, представленные следующим составом (сверху вниз):

- супеси пылеватые текучие;
- линза многолетнемерзлых супесей льдистых с примесью органики, с корнями деревьев и мелких растительных остатков;
- таликовая зона – сложена песками пылеватыми средней плотности водонасыщенными, супесями пылеватыми текучими с примесью органики;
- в основании таликовой зоны вскрыт прослой погребенного льда;
- основание разреза слагают супеси пылеватые льдистые просадочные с примесью органики, супеси пылеватые слабольдистые малопросадочные с примесью органики и пески пылеватые льдистые просадочные.

4. Практически все грунты разреза, находящиеся в талом состоянии, текучие (водонасыщенные). Исключение составляют супеси.

5. Неоднородность водно-теплового режима грунтов, залегающих в основании земляного полотна, выраженная в их более интенсивном промерзании у подошвы насыпи в местах прижимных берм, по сравнению с центральной частью насыпи, привела к тому, что прочность основания стала неравномерной.

Под центральной частью насыпи грунты оказались слабее, чем у подошвы и со стороны прижимных берм, а нагрузка от веса тела насыпи в центральной ее части, наоборот, выше, чем по краям.

Фотография и чертеж поперечного профиля деформации насыпи на момент исследования представлены на рис. 1.

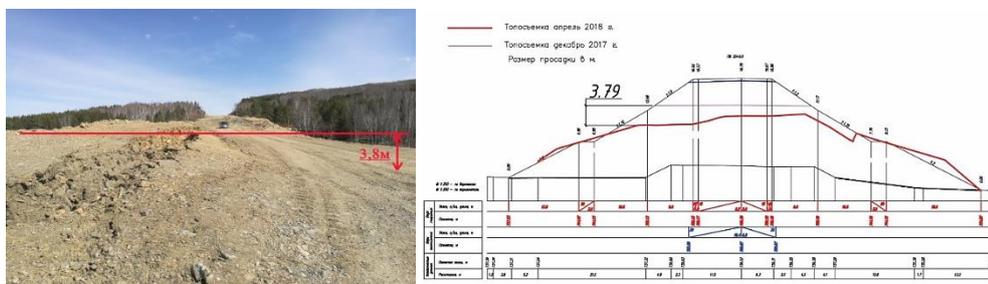


Рис. 1. Деформация насыпи на момент исследования (2018 г.)  
Fig. 1. Deformation of embankment (2018)

Для восстановления конструкции земляного полотна было предложено три варианта решения проблемы ликвидации просадок на рассматриваемом участке автомобильной дороги.

*Вариант 1. Устройство горизонтальной (пологонаклонной) системы термостабилизации совместно с наклонными термостабилизаторами [1].*

Работы выполняются в два этапа. Первый этап включает снятие насыпи до основания и подготовку (выравнивание) поверхности для укладки горизонтальных термостабилизаторов. Далее проводится монтаж горизонтальных термостабилизаторов (длина подземной части 40 м), на участок 300 м – 151 шт. Производится формирование 1-го уровня насыпи (5,0–6,0 м) и монтаж наклонных термостабилизаторов (длина подземной части 18,4 м), на участок 300 м – 300 шт. Затем осуществляется устройство термометрических скважин (глубиной 12 м – 6 шт. и 18 м – 3 шт. в грунте, залегающем в основании земляного полотна) и охлаждающей каменной наброски из фракционного камня (1-й этап). Работы 1-го этапа необходимо закончить до начала зимнего сезона (начало – середина октября).

На рис. 2 представлен первый вариант решения проблемы ликвидации просадок на рассматриваемом участке автомобильной дороги.

Второй этап работ начинают с демонтажа (засыпки) термометрических скважин длиной 18 м и производят послойно отсыпку насыпи 2-го уровня (до проектных отметок). Далее выполняют устройство термометрических скважин (глубиной 28 м – 3 шт. в грунте, залегающем в основании земляного полотна) и охлаждающей каменной наброски из фракционного камня.

Основные недостатки варианта 1:

1. Необходимость полного демонтажа насыпи.
2. Горизонтальные термостабилизаторы с большой долей вероятности не проморозят талое основание насыпи за один зимний сезон.
3. Ограниченная длина наклонных термостабилизаторов (не более 18,4 м в грунте) недостаточна для полноценного промораживания центральной части грунтового основания.

4. Техническое решение для обоснования его применимости требует выполнения прогнозных теплотехнических расчетов.

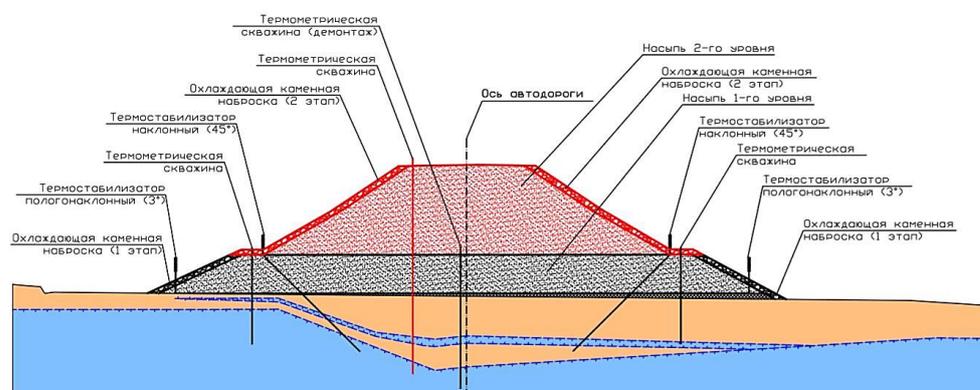


Рис. 2. Устройство горизонтальной (пологонаклонной) системы термостабилизации совместно с наклонными термостабилизаторами

Fig. 2. Device of horizontal (semi-inclined) thermal stabilization system in conjunction with inclined thermal stabilizers

*Вариант 2. Устройство временных вертикальных термостабилизаторов для предпостроечного промораживания грунтов основания.*

Работы выполняются в два этапа. Первый этап включает снятие насыпи до высоты отсутствия деформаций грунта (8–9 м, уточняется при проектировании) и монтаж вертикальных термостабилизаторов (длина подземной части 18,4 м), на участок 300 м – 4681 шт. Далее производят устройство термометрических скважин (12 м – 6 шт. и 20 м – 3 шт. в грунте, залегающем в основании земляного полотна) и охлаждающей каменной наброски из фракционного камня. Работы этого этапа должны быть закончены до начала зимнего сезона (начало – середина октября).

Второй этап данного проекта реконструкции начинают с демонтажа (срезки) термостабилизаторов (3322 шт.) и засыпки термометрических скважин длиной 20 м. Далее формируется насыпь до проектных отметок и устраиваются термометрические скважины (глубиной 28 м – 3 шт. в грунте, залегающем в основании земляного полотна) и охлаждающие каменные наброски из фракционного камня.

На рис. 3 представлен второй вариант решения проблемы ликвидации просадок на рассматриваемом участке автомобильной дороги.

Основные недостатки варианта 2:

1. Большой объем термостабилизаторов.
2. Большое количество демонтируемых термостабилизаторов.
3. Техническое решение для обоснования его применимости требует выполнения прогнозных теплотехнических расчетов.

Однако имеется ряд преимуществ по сравнению с вариантом 1. Насыпь демонтируется не полностью, и наблюдается более эффективное промораживание грунтов основания (вероятно, будет достаточно одного зимнего сезона).

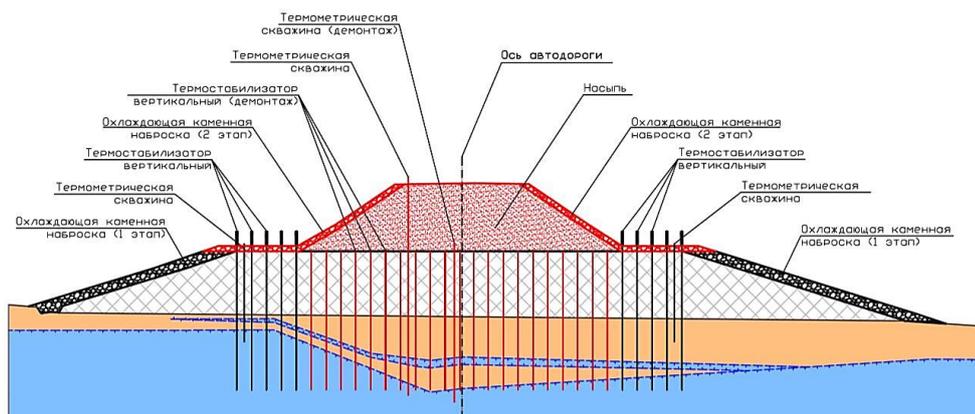


Рис. 3. Устройство временных вертикальных термостабилизаторов для предпостроечного промораживания грунтов основания

Fig. 3. Schematic of temporary vertical thermal stabilizers for pre-construction freezing of subgrade soils

*Вариант 3. Устройство гибридной системы термостабилизации (горизонтальный и вертикальный термостабилизатор в одном изделии).*

Работы выполняются в два этапа. Первый этап начинают со снятия насыпи до высоты отсутствия деформаций грунта (8–9 м, уточняется при проектировании). Далее производят монтаж гибридной системы термостабилизации (длина подземной горизонтальной части ~23 м, длина вертикальных термостабилизаторов – 18,4 м, на один горизонтальный сегмент рекомендуют устанавливать 12 вертикальных термостабилизаторов), на участок 300 м – 151 шт. Далее производят монтаж теплозащитного экрана из пенополистирола толщиной 200 мм. После этого устраивают термометрические скважины (12 м – 6 шт. и 20 м – 3 шт.) и охлаждающую каменную наброску из фракционного камня. Работы этого этапа также должны быть закончены до начала зимнего сезона (начало – середина октября).

Второй этап работ варианта 3 начинают с демонтажа (засыпки) термометрических скважин длиной 20 м и формируют насыпи до проектных отметок. Далее выполняют устройство термометрических скважин (28 м в грунте – 3 шт.) и охлаждающей каменной наброски из фракционного камня.

На рис. 4 представлен третий вариант решения проблемы ликвидации просадок на рассматриваемом участке автомобильной дороги.

Основные недостатки варианта 3:

1. Сложность в реализации проекта.
2. Требуется техническое решение обоснования применения метода.
3. Необходимо выполнение прогнозных теплотехнических расчетов.

Преимущества варианта 3:

1. Насыпь демонтируется не полностью.
2. Более эффективное промораживание грунтов основания по сравнению с вариантом 2 (вероятно, будет достаточно одного зимнего сезона).
3. Термостабилизаторы не демонтируются.

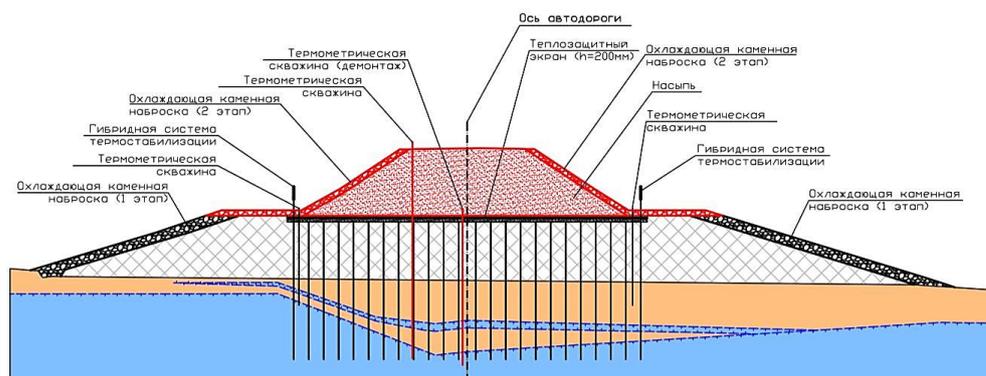


Рис. 4. Устройство гибридной системы термостабилизации (горизонтальный и вертикальный термостабилизаторы в одном изделии)

Fig. 4. Schematic of hybrid thermal stabilization system (horizontal and vertical thermal stabilizer in one product)

Авторами статьи проведено сравнение предложенных вариантов реконструкции земляного полотна на рассматриваемом участке автомобильной дороги. В табл. 2 представлены основные параметры по каждому рассмотренному варианту.

Таблица 2

Сравнение вариантов реконструкции земляного полотна

Table 2

Comparison of subgrade reconstruction methods

№ варианта	Преимущества	Недостатки	Стоимость, млн руб.
B1	—	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Полный демонтаж насыпи</li> <li>2. Горизонтальные термостабилизаторы не проморозят основание насыпи за один зимний сезон</li> <li>3. Ограниченная длина наклонных термостабилизаторов недостаточна для полноценного промораживания центральной части грунтового основания</li> <li>4. Необходимы обоснование применимости и прогнозные теплотехнические расчеты</li> </ol>	200
B2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Насыпь демонтируется не полностью</li> <li>2. Эффективное промораживание грунтов основания (один зимний сезон)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Большой объем термостабилизаторов</li> <li>2. Большое количество демонтируемых термостабилизаторов</li> <li>3. Необходимы обоснование применимости и прогнозные теплотехнические расчеты</li> </ol>	250

Окончание табл. 2  
End of table 2

№ варианта	Преимущества	Недостатки	Стоимость, млн руб.
В3	1. Насыпь демонтируется не полностью 2. Более эффективное промораживание грунтов основания по сравнению с вариантом 2 (один зимний сезон) 3. Термостабилизаторы не демонтируются	1. Сложность в реализации 2. Необходимы обоснование применимости и прогнозные теплотехнические расчеты	230

Действенный метод термостабилизации грунтов, предложенный АО «Иркутскгипродорнии», не может быть признан эффективным при реконструкции земляного полотна по нескольким причинам:

– предложенные системы необходимы и эффективны при применении на мерзлоте с целью ее сохранения;

– промораживание огромной толщины основания (более 7 м талых водонасыщенных грунтов) до уровня ММГ (не играющего никакой роли в осадке насыпи) невозможно в короткие сроки;

– продолжительный, затратный и трудоемкий производственный процесс.

На наш взгляд, целесообразно рассмотреть метод стабилизации основания устройством грунтоцементных свай [4, 6].

Достоинства метода устройства грунтоцементных свай:

– грунтоцементные сваи могут использоваться для укрепления и улучшения характеристик грунта, имеющего низкую несущую способность или подверженного деформации;

– грунтоцементные сваи могут помочь равномерно распределить нагрузку, особенно на участке с неоднородным грунтом или неровной поверхностью;

– грунтоцементные сваи могут использоваться для предотвращения оседания земляного полотна дороги под воздействием нагрузок от транспорта или при изменении гидрологических условий;

– в зонах с повышенной влажностью грунта грунтоцементные сваи могут помочь уменьшить влияние воды на грунт и, следовательно, улучшить его несущие свойства.

Положительный опыт применения грунтоцементных свай на слабых основаниях в Иркутской области был получен при строительстве участка федеральной автомобильной дороги М-53 «Байкал» Алзамай – Разгон (км 1251 – км 1261) в 2012 г. Мощность слабых глинистых грунтов основания изменяется от 7,0 до 16,0 м. Модуль деформации этих грунтов  $E = 2\text{--}5$  МПа.

Предложенная конструкция укрепления основания представляет собой армированный массив из грунтоцементных колонн диаметром 750 мм с гибким ростверком (рис. 5). Колонны устраивают с шагом 3,0×3,0 м по треугольной сетке, длина колонн определяется мощностью слабых грунтов и составляет

7,0–8,0 м. Для укрепления основания насыпи было запроектировано и выполнено более 1000 грунтоцементных колонн общей длиной 12 000 м. Для обеспечения заданных проектом значений прочности на сжатие и модуля деформации грунтоцемента принят расход цемента 350 кг/м колонны [5, 7].

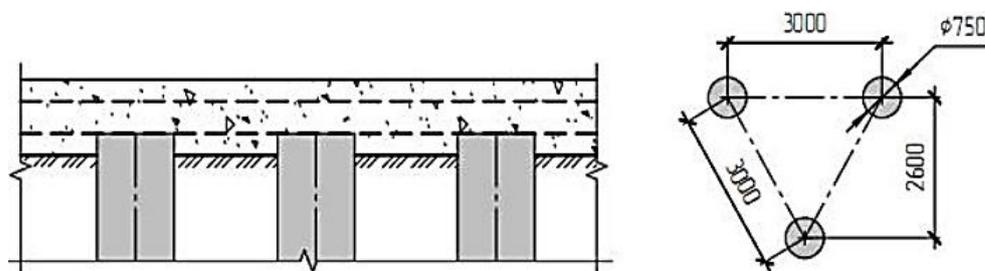


Рис. 5. Схема укрепления основания грунтоцементными колоннами  
Fig. 5. Schematic of base strengthening with cement columns

Эксплуатация данного участка автомобильной дороги в течение 12 лет показала все преимущества принятого решения и примененных технологий. Просадки земляного полотна отсутствуют.

Аналогичное решение и технология исполнения были применены ФКУ Упрдор «Прибайкалье» при строительстве участка (ПК 124+000 – ПК 130+000) автомобильной дороги Р-255 «Сибирь» Новосибирск – Кемерово – Красноярск – Иркутск (на участке км 1524+474 – км 1537+880) в 2022 г. В основании насыпи залегают слабые грунты (текучие глины и суглинки мощностью 4–11,5 м). Высота насыпи составляет 9,47 м. Технология струйной цементации, или струйная геотехнология, позволяет получать грунтоцементный массив любой формы и размеров, который обладает достаточно высокими прочностными и деформационными характеристиками (рис. 6).



Рис. 6. Производство работ по технологии струйной цементации грунтов  
Fig. 6. Production technology of jet cementation of soils

Безусловно, прежде чем принять решение об использовании грунтоцементных свай на участке ПК 30+00 – ПК 36+50, следует провести детальное

проектирование и инженерные расчеты, чтобы убедиться в их эффективности и соответствии требованиям безопасности и долговечности дорожного сооружения [2, 8, 9, 11]. Необходим грунтоцементный материал, получаемый в результате перемешивания грунта с цементным раствором методами струйной цементации или глубинного перемешивания до достижения грунтоцементной смеси требуемых прочностных и уплотнительных характеристик.

Проведение работ включает следующие этапы:

- срезка части насыпи на величину образовавшейся просадки на всем протяжении участка до –8 м;
- устройство грунтоцементных свай выбранного диаметра и длины через оставшуюся часть земляного полотна и основания на глубину до уровня ММГ;
- расчетное обоснование необходимости устройства гибкого ростверка по верху грунтоцементных свай из геотекстильного материала и георешетки.

### Заключение

После детального обследования и выполнения инженерно-геологических работ можно сделать вывод, что предложенные проектной организацией АО «Иркутскгипродорнии» мероприятия, исключающие развитие дальнейших деформаций земляного полотна, не имеют практического применения для данного участка автомобильной дороги в конкретных условиях. Высокозатратные технологии вариантов использования термостабилизаторов различного состава и назначения носят обобщенный характер и требуют дополнительного глубокого расчетного обоснования, опытного опробования их применения.

Многолетний опыт эксплуатации федеральных автомобильных дорог «Амур» Чита – Хабаровск, «Лена» Большой Невер – Якутск свидетельствует о многочисленных ежегодно появляющихся просадках участков дорог. Многообразие вызывающих просадки причин: глубина и характер залегания вечномерзлых грунтов, физико-механические свойства надмерзлотных слоев оснований, водно-температурные режимы – требует в каждом конкретном случае обязательного сравнения вариантов различных технических решений.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Бобученко И.И., Волкова Е.В.* Метод стабилизации земляного полотна на участках распространения многолетнемерзлых грунтов // Взаимодействие науки, образования и производства : сборник трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции. Иркутск : Изд-во ИРНТУ, 2019. С. 17–27.
2. *Дроздов В.В., Шабуров С.С.* Причины возникновения деформаций автомобильных дорог и мероприятия по снижению их интенсивности с высокотемпературным типом вечной мерзлоты в основаниях земляного полотна на примере строительства автомобильной дороги «Амур» Чита – Хабаровск // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2015. № 2 (13). С. 33–45.
3. *Кондратьев В.Г.* Мероприятия по изменению режима теплообмена на поверхности земли и их влияние на распределение температуры в грунте // Нефтяное хозяйство. 2012. № 10. С. 122–125.
4. *Малинин А.Г.* Струйная цементация грунтов. Москва : Стройиздат, 2010. 226 с.
5. *Малинин А.Г., Гладков И.Л.* Экспериментальные исследования диаметра грунтоцементных колонн в различных грунтовых условиях // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2011. № 3. С. 27–30.

6. *Малинин А.Г., Гладков И.Л., Жемчугов А.А., Салмин И.А.* Экспериментальные исследования деформативности грунтового основания, укрепленного грунтоцементными колоннами // *Жилищное строительство*. 2012. № 9. С. 29–32.
7. *Малинин А.Г., Гладков И.Л., Жемчугов А.А.* Укрепление слабых грунтов в основании насыпи автодороги при помощи струйной цементации // *Транспортное строительство*. 2013. № 1. С. 4–7.
8. *Шабуров С.С., Волкова Е.В.* Технологии и материалы для ремонта автомобильных дорог в районах распространения многолетнемерзлых грунтов // *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2022. Т. 12. № 2 (41). С. 248–255.
9. *Feng W., Ma W., Sun Zh., et al.* Radiation Effect Analysis of Awning Measure on the Embankment Slope Field Test in Cold Regions // *Permafrost Engineering. Proceeding of the IX International Symposium, 3–7 September 2011, Mirny, Russia*. Якутск, 2011. P. 319–325.
10. *Wu Ziwan, et al.* Roadbed Engineering in Permafrost Regions. Lanzhou University, 1988. 104 p.
11. *Zarling J.P., Breley A.W.* Thaw Stabilization of Roadway Embankments Constructed Over Permafrost. Report NO FHWA-AK-RD-81-20, 1986.

## REFERENCES

1. *Bobuchenko I.I., Volkova E.V.* Method for Subgrade Stabilization in Permafrost Soils. In: *Proc. All-Russ. Sci. Conf. 'Interaction of Science, Education and Production'*. Irkutsk, 2019. Pp. 17–27. (In Russian)
2. *Drozdo V.V., Shaburov S.S.* Deformation of Highways and Measures to Reduce its Intensity with High-Temperature Permafrost in Subgrade Soil on Chita – Khabarovsk Route. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'*. 2015, 2 (13): 33–45. (In Russian)
3. *Kondratyev V.G.* Heat Exchange Changes on the Earth Surface and Their Impact on Temperature Distribution in Soil. *Neftyanoe khozyaistvo*. 2012; (10): 122–125. (In Russian)
4. *Malinin A.G.* Jet Cementation of Soils. Moscow: Stroyizdat, 2010. 226 p. (In Russian)
5. *Malinin A.G., Gladkov I.L.* Soil-Cement Columns Diameter in Various Soil Conditions. *Osnovaniya, fundamente i mekhanika gruntov*. 2011; (3): 27–30. (In Russian)
6. *Malinin A.G., Gladkov I.L., Zhemchugov A.A., Salmin I.A.* Deformability of Soil Foundations Reinforced with Soil-Cement Columns. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2012; (9): 29–32. (In Russian)
7. *Malinin A.G., Gladkov I.L., Zhemchugov A.A.* Strengthening Soft Soils at the Road Base Using Jet Cementation. *Transportnoe stroitel'stvo*. 2013; (1): 4–7. (In Russian)
8. *Shaburov S.S., Volkova E.V.* Technologies and Materials for Road Repair in Permafrost Soils. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'*. 2022; 12 (2 (41)): 248–255. (In Russian)
9. *Feng W., Ma W., Sun Zh., et al.* Radiation Effect Analysis of Awning Measure on the Embankment Slope Field Test in Cold Regions. *Permafrost engineering*. In: *Proc. 9th Int. Symposium, 3–7 September 2011, Mirny, Russia*. 2011. Pp. 319–325.
10. *Wu Ziwan, et al.* Roadbed Engineering in Permafrost Regions. Lanzhou University, 1988. 104 p.
11. *Zarling J.P., Breley A.W.* Thaw Stabilization of Roadway Embankments Constructed Over Permafrost. Report No. FHWA-AK-RD-81-20, 1986.

## Сведения об авторах

*Шабуров Сергей Семенович*, канд. техн. наук, профессор, Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, sss1941@yandex.ru

*Волкова Елена Викторовна*, канд. географ. наук, доцент, Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, volkova\_elenal3@mail.ru

## Authors Details

*Sergey S. Shaburov*, PhD, Professor National Research Irkutsk Technical University, 83, Lermontov Str., 664074, Irkutsk, Russia, sss1941@yandex.ru

*Elena V. Volkova*, PhD, A/Professor National Research Irkutsk Technical University, 83, Lermontov Str., 664074, Irkutsk, Russia volkova\_elenal3@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 18.04.2024  
Одобрена после рецензирования 15.05.2024  
Принята к публикации 14.06.2024

Submitted for publication 18.04.2024  
Approved after review 15.05.2024  
Accepted for publication 14.06.2024

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

## CONSTRUCTION AND URBAN ECOLOGICAL SECURITY

Вестник Томского государственного  
архитектурно-строительного университета.  
2024. Т. 26. № 4. С. 256–268.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo  
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –  
Journal of Construction and Architecture.  
2024; 26 (4): 256–268.  
Print ISSN 1607-1859  
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 711.4

DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-256-268

EDN: ZXOEUF

### КОНЦЕПЦИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ЕДИНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА В КАМСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

**Екатерина Алексеевна Агафонова, Андрей Георгиевич Вайтенс**  
*Санкт-Петербургский государственный*

*архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Россия*

**Аннотация.** *Актуальность.* Исследование особенностей развития агломерационных систем расселения и их взаимодействия с существующими условиями водно-зеленого каркаса – актуальные проблемы градостроительной науки. В статье рассматривается вопрос перспективного формирования природного каркаса Камской агломерации для предупреждения возможных эколого-градостроительных проблем в будущем.

*Целью* исследования является обоснование предложений по корректировке существующих направлений пространственного развития городов-ядер Камской агломерации для перспективного формирования водно-зеленого каркаса системы расселения. Гипотеза авторов предполагает, что для предотвращения негативного влияния активного развития урбанизированных центров агломерации необходима превентивная резервация прибрежных межселенных территорий под будущий водно-зеленый каркас.

*Задачи исследования:* 1) классификация существующих зон урбанизированных и природных ландшафтов прибрежных территорий Камы по характеру влияния на окружающую среду; 2) определение точек притяжения и направлений развития городов-ядер Камской агломерации; 3) предложения по корректировке существующих направлений пространственного развития городов-ядер агломерации для формирования ее водно-зеленого каркаса.

*Результаты.* Итогом работы является модель предлагаемых направлений развития городов агломерации для более рационального распределения одного из самых ценных ресурсов – природной среды прибрежных территорий Камы.

**Ключевые слова:** Камская агломерация, пространственное развитие, экологический каркас, река Кама, прибрежные территории

**Для цитирования:** Агафонова Е.А., Вайтенс А.Г. Концепция перспективного формирования единого экологического каркаса в Камской агломерации // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 4. С. 256–268. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-256-268. EDN: ZXOEUF

ORIGINAL ARTICLE

## PROSPECTS OF ECOLOGICAL SYSTEM FORMATION IN KAMA AGGLOMERATION

**Ekaterina A. Agafonova, Andrey G. Vaytens**

*Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,  
Saint-Petersburg, Russia*

**Abstract.** The paper studies the development of agglomeration settlement systems in the water-green framework, which is an actual problem of urban planning. The paper considers the prospects of formation of the natural Kama agglomeration to prevent possible environmental and urban development problems in the future. The main purpose is to substantiate proposals for correction of spatial development directions in the Kama agglomeration for the prospective formation of the water-green framework of the system. It is suggested that in order to prevent the negative impact of urbanization, it is necessary to preserve coastal inter-settlement territories for the future water-green framework. The paper 1) classifies urbanized zones of and natural landscapes of Kama coastal territories by their environmental impact, 2) identifies points of attraction and directions of the core city development in the Kama agglomeration, 3) proposes corrections for the spatial development of the core cities to form the water-green framework. As a result, the model is proposed for directions of the development of agglomeration cities for more rational distribution of the natural environment on Kama coastal territories.

**Keywords:** Kama agglomeration, spatial development, ecological framework, Kama River, coastal territories

**For citation:** Agafonova E.A., Vaitens A.G. Prospects of Ecological System Formation in Kama Agglomeration. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2024; 26 (4): 256–268. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-256-268. EDN: ZXOEUF

### Введение

Особенности развития агломерационных систем расселения в современной градостроительной науке – актуальный вопрос для исследования. Как развиваются населенные пункты после их объединения в единую систему, как скоординировать их рост в условиях разделения единой территории на разные муниципальные округа с самостоятельными документами территориального планирования – темы живой дискуссии, которая длится много лет. Другим немаловажным аспектом развития населенных пунктов является вопрос формирования их водно-зеленого каркаса и организации балансового взаимодействия природных и урбанизированных условий среды.

Все перечисленные вопросы актуальны и для Камской агломерации (Республика Татарстан), в состав которой входят города Набережные Челны,

Нижнекамск, Елабуга и Менделеевск. На обширной территории, объединенной по признаку наличия устойчивых межмуниципальных связей, формируется особая многоядерная система расселения [1]. Урбанизированная экспансия городов-ядер и их крупных промышленных комплексов вступает в противодействие с природной средой, что приводит порой к утрате особо ценных природных ландшафтов и негативному техногенному влиянию на них. Одним из потенциальных путей решения данной проблемы может стать формирование скоординированной системы единого водно-зеленого каркаса, способного снизить отрицательное влияние на естественную среду.

Главной целью исследования является обоснование предложений по корректировке существующих направлений пространственного развития городов-ядер Камской агломерации для перспективного формирования водно-зеленого каркаса системы расселения.

Гипотеза авторов предполагает, что для предотвращения негативного влияния активного развития урбанизированных центров агломерации необходима превентивная резервация прибрежных межселенных территорий под будущей водно-зеленый каркас.

Устанавливаются следующие задачи исследования:

1. Классификация существующих зон урбанизированных и природных ландшафтов прибрежных территорий Камы по характеру урбанизированного влияния на окружающую среду.

2. Определение областей притяжения и направлений развития городов-ядер Камской агломерации.

3. Предложения по корректировке существующих направлений пространственного развития городов-ядер агломерации для формирования ее водно-зеленого каркаса.

### **Материалы и методы**

Предлагается применение метода комплексного анализа сложившейся эколого-градостроительной ситуации на территории исследования. Границы исследования определяются путем классификации и группирования приречных территорий по степени их градостроительной освоенности. Для выявления основных направлений пространственного развития городских прибрежных территорий Камы, а также обоснования предложений по их корректировке применяется метод моделирования, с помощью которого создаются теоретические модели исследуемых территорий, отражающие их существующие свойства и устойчивые тенденции градостроительного освоения.

### **Результаты и обсуждения**

В своем исследовании возможных путей создания устойчивых городов будущего В.Л. Глазычев приводит интересное утверждение о том, что история полна примеров блестящих разработок концепций развития городов, основанных на текущих трендах урбанистической науки. И в то же время множество подобных концепций столкнулись с тем, что они опирались на тренды, которые на тот момент уже подходили к концу [1]. Данное утверждение применимо и к вопросу отношения общества к ценности тех или иных элементов среды.

Таким примером может послужить печальная история объекта культурного наследия, расположенного в одном из городов исследования – Елабуге. «Чертово городище» – памятник истории возрастом более 1000 лет – на протяжении всего периода своего существования претерпевал влияние множества трендов: смена одной религии на другую приводила к изменению формы здания, а утрата функции и отсутствие интереса и политики защиты объектов культурного наследия привели строение к полной разрухе. В 1844 г., когда последняя оставшаяся башня крепости пришла в аварийное состояние, этим объектом активно заинтересовались представители научного сообщества Казанского и Московского университетов, и по их инициативе купец И.В. Шишкин со своим сыном, будущим знаменитым художником, провели восстановительные работы, к сожалению, не вернувшие башне былую историко-культурную ценность. На сегодняшний день город проводит активные работы по защите башни от дальнейшего разрушения и поддержанию в надлежащем состоянии, сделал ее одним из главных символов и визитных карточек города и объектом для туристов. Однако те архитектурные объемы строения, что когда-то были утрачены, уже невозможно восстановить [2].

В случае утраты памятников человечество теряет лишь историческое наследие территории. В то же время при утрате природных компонентов среды город лишается намного большего. Естественная среда служит источником ресурсов урбанизированной среды, активно их поглощающей и неспособной существовать в отделении от них [3]. Кроме того, стоит отметить, что городская застройка наносит ущерб природным компонентам, входящим в нее. Вышеперечисленные факторы подтверждают необходимость проведения компенсационных мер по минимизации негативного влияния на сложившиеся экосистемы и их грамотную интеграцию в городскую среду [4]. Именно с данным утверждением связан тренд на создание экологически устойчивых городов. Несмотря на то, что он является относительно новым для градостроительной науки, но опирается на проверенный опытом факт, что человек в отделении от природы существовать практически не способен [5]. Именно поэтому данное направление развития городской среды является одним из наиболее научно доказанных и устойчивых на сегодняшний день и служит основой для формирования концепций развития городов и агломерационных систем расселения.

Определение агломерации на сегодняшний день не закреплено официально в градостроительной науке. Одним из самых часто используемых значений, которые применимы и в рамках настоящего исследования, является определение Г.М. Лаппо и В.Г. Давидовича [6], дополненное результатами исследований И.В. Стародубровской [7] и Е.В. Антонова [8]: «Агломерация – это скопление населенных пунктов, главным образом городских, местами срастающихся, объединенных в единое целое интенсивными хозяйственными, трудовыми и культурно-бытовыми связями».

Камская агломерация – система расселения, в состав которой включены 4 города-ядра и их муниципальные районы: Набережные Челны (в статусе столицы агломерации), Нижнекамск, Елабуга и Менделеевск (рис. 1). Состав и границы территории агломерации являются документально зафиксированными

в Стратегии социально-экономического развития Республики Татарстан<sup>1</sup>. Таким образом, под единым названием территории объединяются сразу несколько муниципальных образований, каждое из которых преследует собственные цели и строит свои стратегии пространственного развития. Однако города-ядра – это не единственные территории, которые входят в состав агломерации. В нее также включены и межселенные территории муниципальных округов, составляющие внушительный процент от общей площади [9]. Большинство этих земель заняты лесами и сельхозугодьями. Наличие существующих нетронутых элементов естественной среды выделяет данную агломерацию на фоне других исследований, также ставивших целью создание водно-зеленого каркаса рек, но основанного на ревитализации разрушенных техногенным воздействием ландшафтов (например, Иркутская [10] и Волгоградская [11] агломерации).

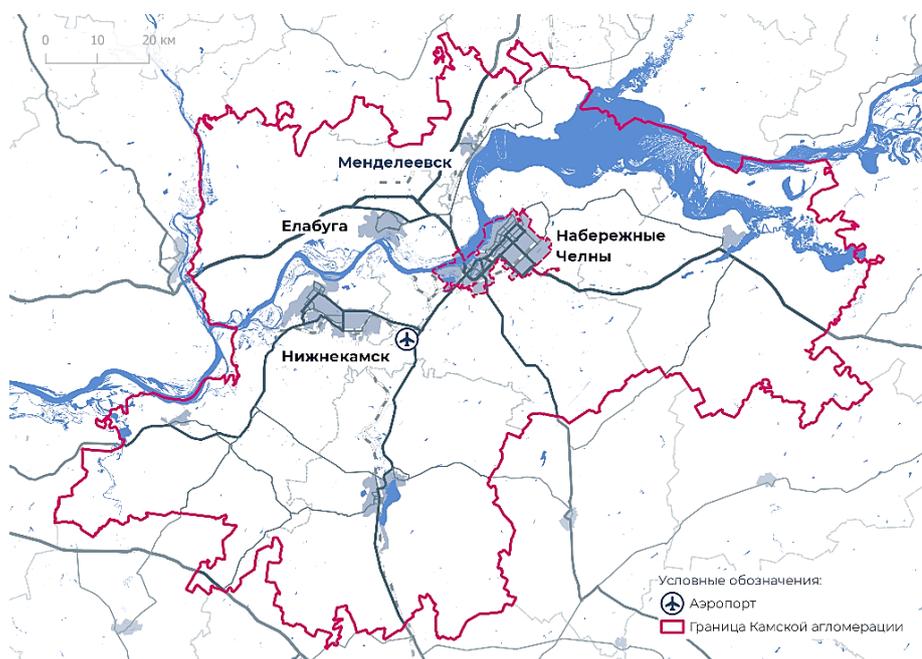


Рис. 1. Схема Камской агломерации (выполнено Е.А. Агафоновой)  
Fig. 1. Schematic of Kama agglomeration by E.A. Agafonova

Основой каркаса агломерации и одним из главных природных факторов влияния на ее пространственное развитие являются р. Кама и ее притоки. Именно водные ресурсы территории определяют возможные направления пространственного развития городов, служа природной преградой для их пространственного

<sup>1</sup> Республика Татарстан. Министерство экономики. Об утверждении методических рекомендаций по осуществлению стратегического планирования социально-экономического развития на уровне муниципальных районов (городских округов) Республики Татарстан : Постановление Министерства экономики Республики Татарстан от 18 декабря 2015 № 534 // Официальный сайт Министерства экономики Республики Татарстан. URL: <https://mert.tatarstan.ru/strategiya-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya.htm> (дата обращения: 04.02.2024).

срастания в единый центр. В то же время река может быть и объединяющим фактором: при грамотной реализации ее коммуникационных ресурсов возможно создание системы водных маршрутов для быстрой связи между городами-ядрами [12, 13].

В рамках статьи предлагается дать следующее определение прибрежных территорий: это участки суши размером не менее границы водоохранной зоны (200 м от реки<sup>2</sup>), расположенные вне границ населенных пунктов и простирающиеся до пересечения с ближайшими магистралями в урбанизированных зонах. Территории должны обладать единым характером рельефа и степени урбанизации.

Таким образом, в границах Камской агломерации можно выделить 2 категории прибрежных территорий: природные и урбанизированные (рис. 2). Ширина прибрежной территории вдоль речного русла варьируется от 100 до 300 м в границах населенных пунктов и 200 м – для незастроенных территорий. В природных территориях также можно выделить подкатегорию зон ООПТ, где прибрежная территория рассматривается как единое целое со всей охраняемой природной территорией.

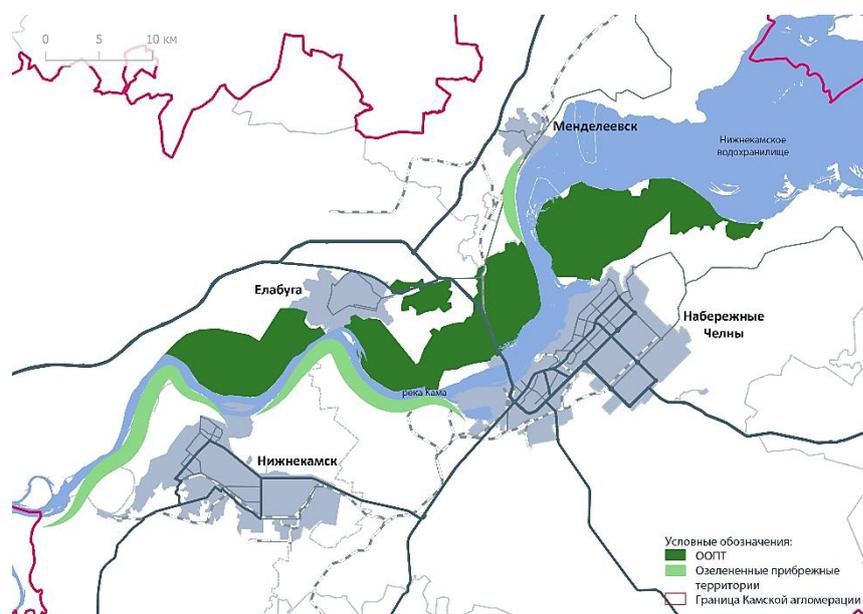


Рис. 2. Схема распределения урбанизированных и природных ландшафтов на прибрежных территориях р. Камы (выполнено Е.А. Агафоновой)

Fig. 2. Schematic distribution of urbanized and natural landscapes on coastal territories of the Kama River by E.A. Agafonova

К природным прибрежным территориям в основном относятся земли, занимаемые национальным парком «Нижняя Кама» (ООПТ). Его лесные массивы

<sup>2</sup> Водоохранная зона реки Камы // Водоохранная зона. URL: <https://vodoohrannayazona.ru/vodoemy/1001010011211110000016-kama.php> (дата обращения: 04.02.2024).

расположены на левом берегу Камы по обе стороны от г. Елабуги, а также на северной границе Набережных Челнов – на правом берегу реки. Остальные незанятые поселениями земли относятся к сельскохозяйственным угодьям и лесам в водоохранной зоне. Часть природных ландшафтов сохранена и в муниципальных границах городов, например незастроенные участки пойменных низин Камы в Нижнекамске и Тоймы в Елабуге или крутые берега Камы в Менделеевске.

Урбанизированные ландшафты принадлежат к территориям населенных пунктов (городов-ядер и небольших прибрежных сел). Функциональное использование данных территорий разнообразное. Преимущественно прибрежные зоны отданы под рекреации общественного пользования: велопешеходные дорожки, городские пляжи и парковые зоны. В каждом из городов-ядер часть территорий выделена под речной порт или пристань. Кроме того, распространены урбанизированные территории, занятые участками ИЖС и кварталами многоквартирных домов. Прибрежные территории Набережных Челнов также используются для размещения промышленных и энергетических комплексов (Набережночелнинская ГЭС), транспортных магистралей (автомобильная дорога 16К-0814 и параллельные ей железнодорожные пути в Менделеевске).

Река Кама и ее притоки являются осью для развития городов-ядер агломерации: широкая река с активным течением разделяет территорию на два берега, исключая возможность активной экспансии ядер урбанизации на противоположную сторону без организации мостовых переправ. Дополнительным сдерживающим фактором агломерационного развития является размещение ООПТ национального парка «Нижняя Кама». Охраняемые природные территории расположены на противоположных берегах по отношению к городам-ядрам и ограничивают урбанизированное развитие по кратчайшим связям (направления Нижнекамск – Елабуга и Набережные Челны – Менделеевск). В настоящее время ведутся активные работы по прокладке дополнительной мостовой переправы через Каму в районе пос. Котловка в сторону Нижнекамска. Данная трасса станет логическим продолжением трассы М7 и создаст дополнительную связь двух берегов, потенциально образовав вокруг себя дополнительный агломерационный центр развития. Однако с учетом печального опыта аналогичного нереализованного в агломерации проекта «КамБег» и существующих разногласий в обществе по поводу будущего места размещения моста в рамках статьи предлагается данное направление рассматривать опосредованно в качестве потенциально перспективного [14].

Во всех городах-ядрах промышленные территории размещены на значительных расстояниях от реки, предоставляя тем самым возможность максимального приближения жилых зон к воде. Однако подобное зонирование в перспективе приводит к тому, что жилые кварталы оказываются зажаты между двух «препятствий», ограничивающих их развитие. Таким образом, единственным направлением для их возможного роста является территория вдоль русла реки. Данный вид экспансии приводит к застройке наиболее ценных и подверженных негативному урбанизированному воздействию прибрежных территорий.

С точки зрения освоения территорий по признакам пользовательской ценности чаще всего жилые кварталы у воды пользуются наибольшим спросом. Именно поэтому частные девелоперы стремятся как можно ближе подойти к территориям у воды, захватывая общедоступные незастроенные участки.

Особой зоной притяжения для пространственного развития городов является мост через дамбу ГЭС в Набережных Челнах – единственный коммуникационный элемент между двумя частями агломерации. Ежедневно этой переправой пользуется большое количество жителей, доезжающих по ней до своих мест работы в промышленных центрах [15]. Кроме того, эта дорога связывает левый берег с еще одним важным планировочным элементом транспортной структуры агломерации – аэропортом Бегишево.

Таким образом, ввиду отсутствия действующих на текущий момент альтернативных переправ, можно предсказать пространственное развитие городов в сторону данного узла с целью сокращения маршрута ежедневной маятниковой миграции. В будущем, с завершением строительства второго моста-дублера через Каму, возможно появление новой зоны притяжения агломерации, которая также будет размещена на прибрежных территориях. Самыми короткими путями к этим зонам являются прибрежные территории Камы. В связи с этим превентивная резервация зон для организации водно-зеленого каркаса для агломерации хотя и не является на сегодняшний день актуальным вопросом, имеет возможность стать им в будущем.

Таким образом, сразу несколько факторов указывают на то, что в пространственном развитии города в составе Камской агломерации будут стремиться к первостепенному освоению прибрежных территорий вдоль Камы, как наиболее ценных (рис. 3).

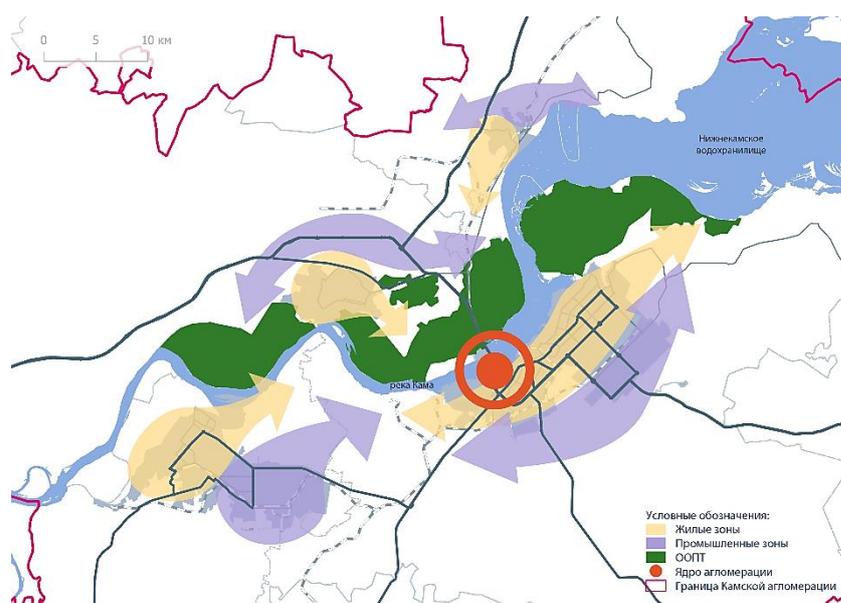


Рис. 3. Схема направлений пространственного развития городов в составе Камской агломерации (выполнено Е.А. Агафоновой)

Fig. 3. Schematic directions of spatial development of cities in the Kama agglomeration by E.A. Agafonova

Выявленная тенденция опасности нерегулируемого разрастания городов вдоль прибрежных территорий говорит о необходимости своевременной

корректировки зонирования муниципальных районов и резервирования их под будущий водно-зеленый каркас агломерации (рис. 4).

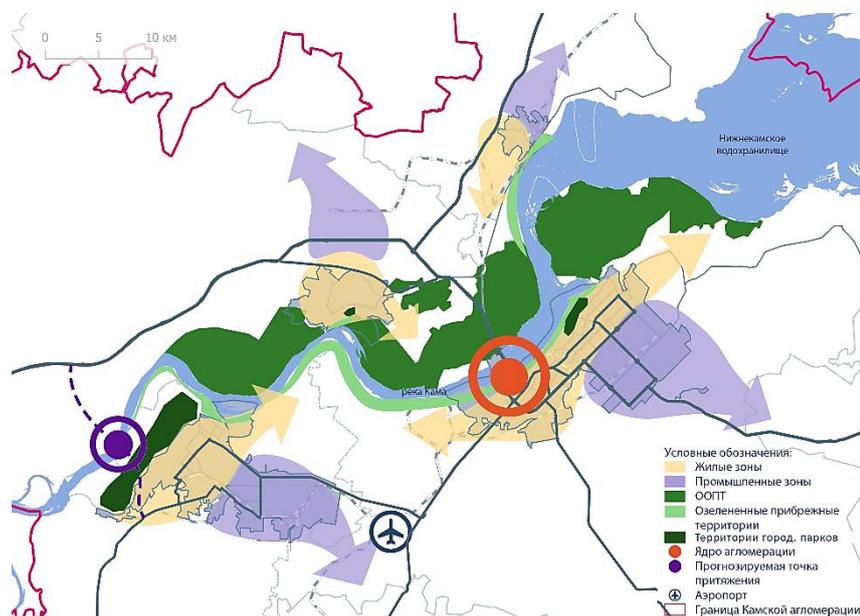


Рис. 4. Схема предлагаемых направлений пространственного развития городов в составе Камской агломерации (выполнено Е.А. Агафоновой)

Fig. 4. Directions of spatial development of cities in the Kama agglomeration proposed by E.A. Agafonova

Естественным и неконтролируемым путем развития городских территорий является их стремление к точке концентрации ресурсных потоков (транспортных, энергетических, человеческих, природных и т. д.). В исследуемой системе главная точка притяжения – пересечение федеральной магистрали М7 с р. Камой. Нахождение такого центра в границах Набережных Челнов является одним из основных аргументов в пользу статуса столицы данной агломерации. Нахождение столь крупного места скопления ресурсных потоков в городе делает его основой системы расселения. Остальные города также склонны тяготеть к точке концентрации ресурсов в своем территориальном развитии. Наикратчайшим путем к ней рассматриваются межселенные территории, на сегодняшний день не вовлеченные в градостроительный оборот. Данные зоны представляют особый интерес с точки зрения богатства и разнообразия природных речных ландшафтов и биосферы, являясь основой зеленого каркаса исследуемой системы расселения. Несмотря на то, что потенциальное использование данных территорий видится наиболее простым путем объединения городов в единую систему, следовать данному сценарию развития, по мнению авторов статьи, не стоит.

Нужно отметить, что изначальная градостроительная идея планировочных структур исследуемых городов целенаправленно выносила новые промышленные комплексы за границы жилых кварталов и вдаль от реки. Прибрежные территории

считались наиболее ценными и рассматривались в качестве рекреаций. Основным направлением развития промышленных территорий в таком случае является перпендикуляр от реки вдоль железных дорог по направлениям к соседним крупным городам – Альметьевску, Ижевску, Казани, Москве и др. Именно поэтому логично выделение прибрежных территорий под перспективное развитие водно-зеленого каркаса вдоль реки в обозначенных границах исследования. В данном случае речь идет именно о резервации прибрежных межселенных территорий без установленных функций для возможности размещения на них объектов рекреационного комплекса. В противном случае жесткое регулирование и закрепление за данными участками статуса неприкосновенности могут привести к стагнации и упадку территорий, потенциально включаемых в перспективные границы городов агломерации [16].

На сегодняшний день главным направлением в городском развитии прибрежных территорий является максимальное сохранение природных и наиболее ценных компонентов естественного ландшафта. И в связи с тем, что территории исследуемой системы расселения в настоящее время частично сохранены и в меньшей степени затронуты искусственными урбанизированными элементами среды, следует действовать на опережение. Грамотным решением, направленным на перспективное сбалансированное развитие среды, может стать намеренное выделение части прибрежных территорий для формирования на них обширного туристско-рекреационного и заповедного пояса вдоль всего берега Камы. Основой для данного решения могут послужить уже существующие охраняемые лесные массивы и заповедники в непосредственной близости к исследуемым городам. Прибрежные территории в данном случае будут являться объединяющим звеном между уже существующими территориями ООПТ, а также городскими парками и благоустроенными набережными в границах городов. Таким образом удастся развить отдельные озелененные участки в единый водно-зеленый каркас с включением уже существующих и проектируемых урбанизированных элементов благоустройства. Для дополнительной связи между городами возможно устройство протяженных веломаршрутов и дополнительных зон рекреации на межселенных территориях.

Все перечисленные мероприятия помогут создать мощный центр притяжения туристических потоков в регион. Кроме того, стоит отметить, что данная модель не противоречит основному направлению естественного развития в стремлении городов-ядер к центру системы расселения, а лишь его корректирует, отодвигая зоны интенсивного градостроительного освоения от наиболее ценных участков невозполнимой природной среды.

Следует исключить развитие промышленных зон в направлении рек и ориентировать его в противоположную сторону, чтобы не допустить техногенного загрязнения водных ресурсов и нерационального использования территории. Жилые кварталы возможно располагать параллельно руслам Камы и ее притоков на границе с прибрежными территориями, сохранив тем самым ценность размещения жилья у воды, но не ограничив возможности доступа всех посетителей к воде.

Сочетание протяженных общественных пространств на правом берегу с фоновой застройкой урбанизированных ландшафтов будет хорошо взаимодей-

ствовать с сохраняемыми ООПТ на левом берегу. С благоустроенных набережных возможно организовать водные маршруты перпендикулярно течению Камы, тем самым сделав более доступными для посещения лесные и береговые территории национального парка. Кроме того, данные участки могут стать основой для размещения туристических и санаторных комплексов в удобной доступности от аэропорта (например, на прибрежных территориях между Набережными Челнами и Нижнекамском), что благоприятно скажется на диверсификации производственных направлений в моногородах.

### Заключение

Природные территории – наиболее ценные и невосполнимые градостроительные ресурсы. Бережное использование и рациональное распределение, а также упреждающий подход к их сохранению в будущем могут стать ключевыми факторами благополучного развития систем расселения. Именно поэтому важно еще на первых этапах развития Камской агломерации создать резервные территории вдоль реки в качестве основы ее водно-зеленого каркаса.

Таким образом мы не только формируем основу для будущего устойчивого развития системы городов, но также снижаем излишнюю техногенную нагрузку на хрупкую экосистему Камы – одной из крупнейших рек России.

В дальнейшем данные решения помогут привлечь к региону экотуристов и исследователей городов, а также дополнительное финансирование на развитие территорий.

Результаты данного исследования могут быть применены для анализа и разработки концепций пространственного развития аналогичных городских агломераций, основой каркаса которых является крупная река.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Глазычев В.Л. Город без границ. Москва : Издательский дом «Территория будущего», 2011. 397 с.
2. Агафонова Е.А. Историко-градостроительный анализ развития прибрежных территорий рек Камы и Тоймы (на примере г. Елабуги в XI–XX вв.) // Архитектон: известия вузов. 2023. № 4. URL: [https://archvuz.ru/2023\\_4/17/](https://archvuz.ru/2023_4/17/) (дата обращения: 04.02.2024).
3. Смоляр И.М., Микулина Е.М., Благовидова Н.Г. Экологические основы архитектурного проектирования. Москва : Издательский центр «Академия», 2010. 160 с.
4. Бобрышев Д.В. Принципы экологической компенсации города за счет градостроительной организации прибрежных территорий // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2007. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/printsiyu-ekologicheskoy-kompensatsii-goroda-za-schet-gradostroitelnoy-organizatsii-pribrezhnyh-territoriy> (дата обращения: 04.02.2024).
5. Владимиров В.В. Расселение и экология. Москва : Стройиздат, 1996. 392 с.
6. Лаппо Г.М. Города на пути в будущее. Москва : Мысль, 1987. 236 с.
7. Глазычев В.Л., Стародубровская И.В. Челябинская агломерация: потенциал развития. Челябинск, 2008. 134 с.
8. Антонов Е.В. Городские агломерации: подходы к выделению и делимитации // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. 2020. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gorodskie-aglomeratsii-podhody-k-vydeleniyu-i-delimitatsii> (дата обращения: 04.02.2024).
9. Хакимова Т.С. Исторические поселения в территориальном развитии Казанской и Камской агломераций // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. № 5. С. 38–52. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoricheskie>

- poseleniya-v-territorialnom-razvitii-kazanskoj-i-kamskoj-aglomeratsiy (дата обращения: 04.02.2024).
10. Бобрышев Д.В. Природный каркас агломерации и ландшафтный потенциал развития ее центрального города (на примере Иркутской области) : специальность 05.23.22 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата архитектурных наук. Москва, 2011.
  11. Буруль Т.Н. Экологические проблемы Волгоградской агломерации // Стратегия устойчивого развития регионов России. 2010. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-problemy-volgogradskoj-aglomeratsii> (дата обращения: 04.02.2024).
  12. Агафонова Е.А. Роль прибрежных территорий Камы в формировании Камской агломерации // Инженерный вестник Дона. 2022. № 12 (96). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-pribrezhnyh-territoriy-kamy-v-formirovanii-kamskoj-aglomeratsii> (дата обращения: 04.02.2024).
  13. Курочкина В.А. Водные объекты как основа организации открытых общественных пространств и инструмент трансформации урбосистем // Вестник евразийской науки. 2020. № 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vodnye-obekty-kak-osnova-organizatsii-otkrytyh-obshchestvennyh-prostranstv-i-instrument-transformatsii-urbosistem> (дата обращения: 25.02.2024).
  14. Шайфутдинов Р. Объездная дорога для четырех городов: как трасса М12 изменит жизнь жителей Закамья // Татар Информ. URL: <https://www.tatar-inform.ru/news/obezdnaaya-doroga-dlya-chetyreh-gorodov-kak-trassa-m12-izmenit-zizn-zitelei-zakamya-5837471> (дата обращения: 04.02.2024).
  15. Закирова Ю.А., Хмельницкий Д.С. Модель формирования транспортного каркаса Камской агломерации // Известия КазГАСУ. 2019. № 4 (50). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-formirovaniya-transportnogo-karkasa-kamskoj-aglomeratsii> (дата обращения: 25.02.2024).
  16. Sergazy D.E., Samoïlov K.I. Typological Diversity of Public Spaces of Cities // Проблемы современной науки и образования. 2020. № 3 (148). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/typological-diversity-of-public-spaces-of-cities> (дата обращения: 25.02.2024).

#### REFERENCES

1. Glazychev V.L. The City Without Borders. Moscow: Territoria buduschego, 2011. 400 p. (In Russian)
2. Agafonova E.A. Historical and Urban Planning Analysis of Coastal Territory Development of Kama and Toïma Rivers (the case study of Yelabuga in the 11–20th centuries). *Architecton: Izvestiya vuzov*. 2023; (4). Available: [https://archvuz.ru/2023\\_4/17/](https://archvuz.ru/2023_4/17/) (accessed April 2, 2024). (In Russian)
3. Smolyar I.M., Mikulina E.M., Blagovidova N.G. Ecological Foundations of Architectural Design: Higher Education Student's Manual. Moscow: Academia, 2010. 160 p. (In Russian)
4. Bobryshev D.V. Principles of Ecological Compensation of City Due to Urban Planning of Coastal Territories. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2007; (4). Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/printsipy-ekologicheskoy-kompensatsii-goroda-zaschet-gradostroitelnoy-organizatsii-pribrezhnyh-territoriy> (accessed April 2, 2024). (In Russian)
5. Vladimirov V.V. Settlement and Ecology. Moscow: Stroyizdat, 1996. 392 p. (In Russian)
6. Lappo G.M. Cities in the Future. Moscow: Mysl, 1987. 236 p. (In Russian)
7. Glazychev V.L., Starodubrovskaya I.V. Chelyabinsk Agglomeration: Development Potential. Chelyabinsk, 2008. 134 p. (In Russian)
8. Antonov E.V. Urban Agglomerations: Approaches to Allocation and Delimitation Kontury global'nykh transformatsii: politika, ekonomika, pravo. 2020; (1). Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/gorodskie-aglomeratsii-podhody-k-vydeleniyu-i-delimitatsii> (accessed April 2, 2024). (In Russian)
9. Hakimova T.S. Historical Settlements on Territories of Kazan and Kama Agglomerations. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2023; 25 (5): 38–52. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-5-38-52 (date of reference: 02/04/2024). (In Russian)
10. Bobryshev D.V. Natural Framework of Agglomeration and Landscape Potential of Central City Development in Irkutsk Region. PhD Abstract. Moscow, 2011. (In Russian)

11. *Burul T.N.* Environmental Problems of Volgograd Agglomeration. *Strategiya ustoychivogo razvitiya regionov Rossii*. 2010; (4). Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-problemy-volgogradskoy-aglomeratsii> (accessed April 2, 2024). (In Russian)
12. *Agafonova E.A.* The Role of Coastal Territories in the Formation of Kama Agglomeration. *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2022; 12 (96). Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-pribrezhnyh-territoriy-kamy-v-formirovanii-kamskoy-aglomeratsii> (accessed April 2, 2024). (In Russian)
13. *Kurochkina V.A.* Water Bodies as a Basis of Open Public Space Organization and Urban Systems Transformation Tool *Vestnik evraziiskoi nauki*. 2020; 5. Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/vodnye-obekty-kak-osnova-organizatsii-otkrytyh-obschestvennyh-prostranstv-i-instrument-transformatsii-urbosistem> (accessed February 25, 2024). (In Russian)
14. *Shaifutdinov R.* Bypass Road for Four Cities: How M12 Highway Will Change Lives of Residents of Zakamye. *Tatar Inform*, 2021 Available: [www.tatar-inform.ru/news/obezdnaya-doroga-dlya-cetyrex-gorodov-kak-trassa-m12-izmenit-zizn-zitelei-zakamya-5837471](http://www.tatar-inform.ru/news/obezdnaya-doroga-dlya-cetyrex-gorodov-kak-trassa-m12-izmenit-zizn-zitelei-zakamya-5837471) (accessed April 2, 2024). (In Russian)
15. *Zakirova J.A., Khmelniisky D.S.* Transport Frame Model of Kama Agglomeration. *Izvestiya KazGASU*. 2019; 4 (50). Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-formirovaniya-transportnogo-karkasa-kamskoy-aglomeratsii> (accessed February 25, 2024). (In Russian)
16. *Sergazy D.Ye., Samoilov K.I.* Typological Diversity of Public Spaces in Cities *Problemy sovremennoi nauki i obrazovaniya*. 2020; 3 (148). Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/typological-diversity-of-public-spaces-of-cities> (accessed February 25, 2024).

#### Сведения об авторах

*Агафонова Екатерина Алексеевна*, аспирант, ст. преподаватель, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4, [Ekaterina.a.agafonova@gmail.com](mailto:Ekaterina.a.agafonova@gmail.com)

*Вайтенс Андрей Георгиевич*, докт. архитектуры, профессор, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4, [Avaytens@gmail.com](mailto:Avaytens@gmail.com)

#### Authors Details

*Ekaterina A. Agafonova*, Research Assistant, Senior Lecturer, Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering 4, 2nd Krasnoarmeiskaya Str., 190005, Saint-Petersburg, Russia, [Ekaterina.a.agafonova@gmail.com](mailto:Ekaterina.a.agafonova@gmail.com)

*Andrey G. Vaytens*, DSc, Professor, Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering 4, 2nd Krasnoarmeiskaya Str., 190005, Saint-Petersburg, Russia [Avaytens@gmail.com](mailto:Avaytens@gmail.com)

#### Вклад авторов

*Агафонова Е.А.* – идея; сбор материалов; написание статьи и итоговых выводов.

*Вайтенс А.Г.* – научное руководство; редакция и доработка текста и выводов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Authors contribution

*Agafonova E.A.* conceptualization; material collection and processing; writing—original draft preparation and conclusions.

*Vaitens A.G.* supervision; writing—review and editing.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 18.03.2024  
Одобрена после рецензирования 13.04.2024  
Принята к публикации 14.06.2024

Submitted for publication 18.03.2024  
Approved after review 13.04.2024  
Accepted for publication 14.06.2024