

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ И ЧИТАТЕЛЕЙ

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

Решение Президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России от 17.06.2011 г.

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

Научное издание

ВЕСТНИК ТГАСУ № 2 – 2023

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, Г.Г. Семухина. Переводчик М.В. Воробьева. Дизайн Е.И. Кардаш. Технический редактор Н.В. Удлер.
Подписано в печать 21.04.2023. Формат 70×108/16. Гарнитура Таймс.
Уч.-изд. л. 16,58. Усл. печ. л. 19,69. Тираж 200 экз.
Зак. № 22.

Дата выхода: 28.04.2023.
Цена: свободная.

Адрес редакции/издателя: 634003, Томск, пл. Соляная, 2, тел. (3822) 65-37-61, e-mail: vestnik_tgasu@tsuab.ru
Отпечатано в ООП ТГАСУ, Томск, ул. Партизанская, 15

16+

© Томский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2023

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

VESTNIK
TOMSKOGO GOSUDARSTVENNOGO
ARKHITEKTURNO-STROITEL'NOGO UNIVERSITETA

JOURNAL
OF CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Volume 25

№ 2 2023
SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

Published since April 1999

[illegible]

EDITORIAL STAFF

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

INFORMATION FOR AUTHORS AND READERS

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

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

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

Scientific Edition
VESTNIK TOMSKOGO GOSUDARSTVENNOGO ARHITEKTURNO-STROITEL'NOGO UNIVERSITETA
JOURNAL OF CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE No 2 – 2023
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, G.G. Semukhina. Translator M.V. Vorob'eva. Design: E.I. Kardash. Technical editor N.V. Udler
Passed for printing: 21.04.2023. Paper size: 70×108/16. Typeface: Times New Roman Issue date: 28.04.2023.
Published sheets: 16,58. Conventional printed sheets: 19,69. Print run: 200 copies Price: free.
Order N 22.

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



© Tomsk State University
of Architecture and Building, 2023

С О Д Е Р Ж А Н И Е

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

Сахарова С.Е., Ситникова Е.В. Деревянное церковное строительство в Томской губернии во второй половине XIX – начале XX века (ТГАСУ, г. Томск).....	9
Залесов В.Г., Сахарова Е.А. Особенности архитектуры здания общественного собрания в Томске (ТГАСУ, г. Томск)	24
Рыбалкин Е.В. Исторические предпосылки образования переселенческих сёл в Саратовском крае (СГТУ, г. Саратов).....	40
Скоблицкая Ю.А., Склярова Т.Д., Демина Д.Ю. Перспективы формирования технопарков с учетом развития ветроиндустрии на примере городов Ростовской области (ЮФУ, г. Ростов-на-Дону).....	52
Ильвицкая С.В., Комиссаров А.В. Динамическая архитектура многофункциональных общественных центров (ГУЗ, г. Москва)	65
Веревкина И.Д., Дубынин Н.В. Перспективы развития и архитектурно-типологическое разнообразие социального жилья для г. Томска (ТГАСУ, г. Томск, АО «ЦНИИПромзданий», НИ МГСУ, МИТУ-МАСИ, г. Москва)	75
Каширипур М.М. Градостроительное законодательство в Иране: исторические события и реализация проектов (БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь).....	91
Ремизова А.А., Барабаш М.В. Современные тенденции архитектурного формирования центров информационных технологий (ЮФУ, г. Ростов-на-Дону)	103
Скрябин П.В., Вайтенс А.Г. Геоландшафтные предпосылки пространственного развития городов Обь-Алтайского бассейна расселения (СПбГАСУ, г. Санкт-Петербург).....	112
Ганцеева А.О. Профессия архитектор: современные тенденции и особенности формирования вузов творческой направленности (ЮФУ, г. Ростов-на-Дону).....	128

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Ерофеев В.И., Хазов П.А., Ситникова А.К. Прочность и устойчивость композитных железобетонных и трубобетонных образцов при статическом нагружении (ИПФ РАН, ННГАСУ, г. Нижний Новгород)	141
Коянкин А.А., Митасов В.М. Расчёт сборно-монолитного изгибаемого элемента по второй группе предельных состояний (СФУ, г. Красноярск, НГАСУ, г. Новосибирск)	154

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Семухин Б.С. Определение плотности аморфной составляющей пенистых природоподобных материалов неразрушающими методами (ТГАСУ, г. Томск).....	165
--	-----

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА,
ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

Куриленко Н.И., Кузьменко К.Е., Михайлова Л.Ю., Илюхин К.Н. Актуализация методов измерения параметров при проведении испытаний на гидравлические сопротивления. Унификация средств измерений (ТИУ, г. Тюмень)	173
--	-----

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Козловский В.Е., Колмогорова С.С., Колмогоров С.Г. О напряженном состоянии грунта на забое выработки (ПГУПС, СПбГАУ, г. Санкт-Петербург)	183
---	-----

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

Елугачев П.А., Губарев Ф.А., Банников А.А., Мостовщиков А.В. Использование метода корреляции лазерных спекл-изображений для диагностики автодорожных мостов (ТГАСУ, г. Томск, СевГУ, г. Севастополь)	191
Картопольцев В.М., Картопольцев А.В., Алексеев А.А. К вопросу совершенствования штамповых испытаний грунта в основании буронабивных свай при строительстве опор мостов (ООО «ДИАМОС», ТГАСУ, г. Томск)	207

РЕЦЕНЗИИ

Каприелов С.С. Рецензия на монографию: Скрипникова Н.К., Волокитин Г.Г., Волокитин О.Г., Шеховцов В.В. Плазмохимический синтез цементного клинкера (НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, г. Москва)	223
--	-----

C O N T E N T S

ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING

Sakharova S.E., Sitnikova E.V. Wooden church construction in Tomsk province late in the 19th and early 20th centuries (Tomsk).....	9
Zalesov V.G., Sakhorova E.A. Architecture of the public assembly building in Tomsk (Tomsk).....	24
Rybalkin E.V. Historical prerequisites for the formation of migrant settlements in the Saratov Krai (Saratov)	40
Skoblitskaya Yu.A., Sklyarova T.D., Demina D.Yu. Technopark formation with regard to wind power industry (Rostov-on-Don)	52
Il'vitskaya S.V., Komissarov A.V. Dynamic architecture of multifunctional community centers (Moscow).....	65
Verevkin I.D., Dubynin N.V. Social housing in Tomsk: Prospects of development, architectural and typological diversity (Tomsk, Moscow).....	75
Kashiripoor M.M. Urban planning legislation in Iran: Historical events and project implementation (Minsk, Republic of Belarus)	91
Remizova A.A., Barabash M.V. Modern trends in architecture of information technology centers (Rostov-on-Don).....	103
Skryabin P.V., Vaitens A.G. Geological landscape prerequisites for urban development in Southern Siberia (Saint-Petersburg).....	112
Gantseeva A.O. Architectural profession: Modern creative trends in the university formation (Rostov-on-Don).....	128

BUILDING AND CONSTRUCTION

Erofeev V.I., Khazov P.A., Sitnikova A.K. Strength and stability of composite concrete and pipe-concrete structures under static load (Nizhny Novgorod)	141
Koyankin A.A., Mitsov V.M. Service limit state of cast-in-place flexural member (Krasnoyarsk, Novosibirsk)	154

CONSTRUCTION MATERIALS AND PRODUCTS

Semukhin B.S. Non-destructive testing of amorphous component density in foam nature-like materials (Tomsk)	165
---	-----

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

Kurilenko N.I., Kuz'menko K.E., Mikhailova L.Yu., Ilyukhin K.N. Methods of parameter measurement in testing hydraulic resistance. Unification of measuring instruments (Tyumen)173

BASES, FOUNDATIONS AND SUBSTRUCTURES

Kozlovskii V.E., Kolmogorova S.S., Kolmogorov S.G. Soil stress state at the road-head (Saint-Petersburg)183

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

Elugachev P.A., Gubarev F.A., Bannikov A.A., Mostovshchikov A.V. Road bridge monitoring using digital image correlation (Tomsk, Sevastopol)191
Kartopol'tsev V.M., Kartopol'tsev A.V., Alekseev A.A. Improvement of soil plate-bearing test of drilled pile foot during bridge support construction (Tomsk).....207

PEER REVIEWS

Kaprielov S.S. Monograph review: "Plasma chemical synthesis of cement clinker" by Skripnikova N.K., Volokitin G.G., Volokitin O.G., Shekhovtsov V.V. (Moscow)223

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2023. Т. 25. № 2. С. 9–23.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2023; 25 (2): 9–23
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 726.036(571.16)

DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-9-23

ДЕРЕВЯННОЕ ЦЕРКОВНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО В ТОМСКОЙ ГУБЕРНИИ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XIX – НАЧАЛЕ XX ВЕКА

Софья Евгеньевна Сахарова, Елена Владимировна Ситникова

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

Аннотация. Статья посвящена изучению деревянных церквей Томской губернии второй половины XIX – начала XX в. На основе проведенных архивных и библиографических исследований установлено количество деревянных церквей, существовавших в уездах Томской губернии: Томском, Каинском, Кузнецком, Мариинском, Барнаульском. Выполнен анализ на соответствие выявленных объектов типовым проектам 1857 и 1899 гг.

Актуальность исследования обусловлена проблемами сохранения деревянной архитектуры в России в целом и наиболее выразительной её составляющей – культовыми объектами в частности.

Цель исследования – рассмотреть деревянное церковное строительство в населенных пунктах Томской губернии на основе типовых проектов второй половины XIX в.

Новизной исследования является собранный и систематизированный материал по деревянным храмам Томской губернии, выполненный на основе историко-архивных и библиографических источников. Применены методы выявления, комплексного, системного и сравнительного анализа информации.

Научная и практическая значимость работы заключается в возможности использования полученных результатов при изучении деревянной культовой архитектуры России, подготовке лекций, докладов и сообщений по истории архитектуры Сибири, в работе органов охраны и местного самоуправления, при выполнении проектов по сохранению и реставрации объектов историко-культурного наследия.

Ключевые слова: православное строительство, деревянная архитектура, Томская область, Томская губерния, типовые проекты деревянных церквей

Для цитирования: Сахарова С.Е., Ситникова Е.В. Деревянное церковное строительство в Томской губернии во второй половине XIX – начале XX века // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 2. С. 9–23. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-9-23.

ORIGINAL ARTICLE

WOODEN CHURCH CONSTRUCTION IN TOMSK PROVINCE LATE IN THE 19th AND EARLY 20th CENTURIES

Sofia E. Sakharova, Elena V. Sitnikova

Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

Abstract. Purpose: The purpose is to study wooden churches in the Tomsk province late in the 19th and early 20th centuries.

Methodology: Archival documents and bibliographic research are used to identify wooden churches in the Tomsk province, namely in Tomsk, Kainsky, Kuznetsk, Mariinsky, Barnaul. The analysis is given to compliance of these churches with standard projects of the years 1857 and 1899.

Research findings: Based on systematized historical, archival and bibliographic documents and their analysis, wooden churches of the Tomsk province are identified.

Practical implications: The possibility of using the results obtained for wooden religious architecture in Russia in preparing lectures, reports and messages on the history of the Siberian architecture and in activities of security and local government bodies, for the project implementation of conservation and restoration of surviving objects.

Keywords: orthodox church, wooden architecture, Tomsk region, Tomsk province, wooden church

For citation: Sakharova S.E., Sitnikova E.V. Wooden church construction in Tomsk province late in the 19th and early 20th centuries. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2023; 25 (2): 9–23. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-9-23.

Деревянная архитектура России представляет собой особо ценную составляющую историко-культурного наследия, а масштабы утрат деревянной застройки заставляют в очередной раз обратиться к этой проблеме. Наиболее выразительной частью деревянного зодчества страны являются культовые объекты, многие из которых были возведены в конце XIX – начале XX в. в разных регионах России, в том числе и в Сибири.

Ценность культового зодчества Сибири заключается в отражении характера эпохи, развития церковного зодчества. Церкви играли важную градостроительную роль, т. к. они были крупными архитектурными сооружениями, сложными по композиции, доминантами и ориентирами в окружающей застройке.

В период 1918 г. после принятия Декрета об отделении церкви от государства и школы от церкви, который лишил религиозные организации каких-либо прав собственности и прав юридического лица, большое количество церквей было перестроено или разобрано на бытовые нужды. Поэтому сохранившиеся до настоящего времени исторические церковные сооружения являются редкими объектами историко-культурного наследия и подлежат комплексному изучению и бережному сохранению.

Изучением деревянной культовой архитектуры России занимались многие исследователи: А.Н. Виноградов, Н. Голышев, В.А. Гущина, Л.Д. Фирсова и др.

Исследованию культовой архитектуры Томской губернии посвящены труды В.П. Бойко, Н.П. Григоровского, В.Г. Залесова, А.Ю. Майничей, Т.Н. Манониной, П.Ю. Рачковского, Е.В. Ситниковой, С.В. Смокотина, Л.Е. Устинова и др.

Однако комплексного научного анализа деревянных церквей, в том числе возведенных в конце XIX – начале XX в. в Томской губернии, не проводилось. Поэтому необходимо изучать этот ценный архитектурный пласт историко-культурного наследия, чтобы дать представление о культовой архитектуре данного временного периода.

Распространению деревянных культовых сооружений в Сибири способствовало наличие больших запасов дерева – наиболее дешевого строительного материала. По мере освоения сибирских земель с постройкой крепостей и острогов возводились первые деревянные церкви.

В Томской губернии сооружение культовых зданий началось в самом начале XVII в. со строительства первого острога. Так первой деревянной церковью стала Троицкая, воздвигнутая в центре острога (рис. 1, а).



Рис. 1. Томская крепость:

а – Томская крепость в 1605 г. Рисунок Н.М. Петрова из фондов ТОКМ; б – Томская крепость в 1648 г. Макет из фонда СИ «Сибспецпроектреставрация»

Fig. 1. Tomsk temple:

а – in 1605. Illustration by N.M. Petrov; б – in 1648. Architectural model from “Sibspetsproektrestavratsiya”

Особый интерес представляет процесс развития форм православной храмовой архитектуры от XVI–XVII вв. до начала XX в. Также конструктивные особенности каменной и деревянной православной культовой архитектуры имели определенные различия. В XVII в. на севере России развивалась многокупольная конструкция церкви, в отличие от небольших шатровых церквей в Сибири, что можно проследить по реконструкциям А.П. Окладникова, В.И. Кочедамова, Е.А. Ащепкова, Н.П. Крадина и др. [1].

В селах, как правило, строили деревянные церкви. При строительстве традиционно использовали два способа крепления бревен: «в обло» – при помощи вырубания в концах бревен соответствующих углублений и «в лапу» («в шаг») – в этом случае выпускных концов нет, а сами концы вырубались

так, что схватывались друг с другом зубцами, или «лапами». Ряды собранных венцов назывались срубам, или стопами.

Первые деревянные церкви появились в селах, прилегающих к первому в Томской губернии острогу – Нарыму (1598). Церковные приходы были в селах: Васюганское, Каргасокское, Парабельское, Нарым, Тымское, Инкинское, Тогур, Колпашево, Новоильинское, Кетское, Ярское, Иштанское, Молчаново, Кривошеино, Ново-Александровское, Никольское, Новоникольское, Колбинское и др. [1].

Массовое строительство по типовым проектам началось только в XIX в. Тогда в Томской губернии было возведено значительное количество деревянных храмов, и большинство из них были построены по типовым проектам из Атласа планов и фасадов церквей, иконостасов к ним 1857 и 1899 гг. До нашего времени дошло большое количество переписок на тему прошения строительства деревянных храмов между представителями власти в губернии и представителями власти в уездах.

Ситуации выбора проекта были разные: в одних случаях проект выбирали жители поселения, в котором планировалось строительство храма, далее письмо прошения отправлялось из уезда губернатору на утверждение и разрешение; в других случаях проект мог назначаться епархиальным архитектором для конкретного уезда. Источники финансирования церквей тоже были разные: в одном случае храмы строились на деньги будущих прихожан (жителей поселения), в другом – губернатор выделял для уезда определенную сумму на возведение храма [2].

Всего в Томской губернии во второй половине XIX – начале XX в. было построено 303 деревянных церкви. Из них: в Томском уезде – 76, в Барнаульском уезде – 82, в Каинском уезде – 50, в Кузнецком уезде – 49, в Мариинском уезде – 46. Часть из них построены на месте старых, ветхих или сгоревших храмов [3].

По материалам Государственного архива Томской области определены наиболее часто применяемые проекты. Это № 5 и № 9 из Атласа 1857 г., № 5, 9, 12, 22, 30, 31 из Атласа 1899 г. (таблица).

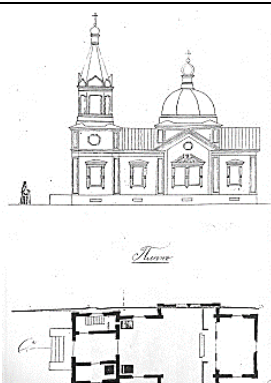
В результате проведенного исследования в архиве ГАТО найдено 32 дела с проектами деревянных церквей по Томской губернии. Определено, что 23 из них выполнены на основе образцовых проектов, 9 являются авторскими постройками епархиальных архитекторов: В. Хабарова, В.А. Енкина, К. Яковлева, А.Б. Вальницкого, С.В. Хомича, И.Ю. Шраера и губернских инженеров: Э.Э. фон Шульмана, Н.В. Баумгартена.

Наиболее популярными проектами для строительства в Томской губернии были проекты № 5 и 9 1857 г.; № 31 из проектов 1899 г. Следует отметить, что многие проекты, разработанные на основе типового, имеют отклонения от него по разным причинам.

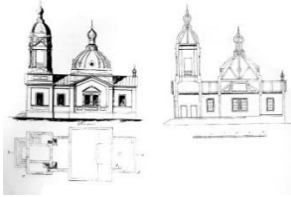
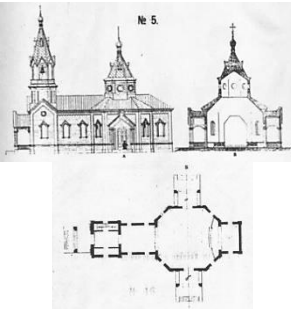
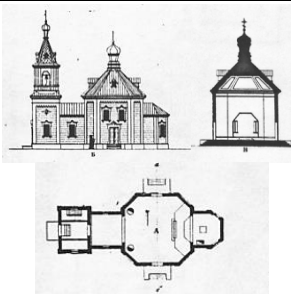
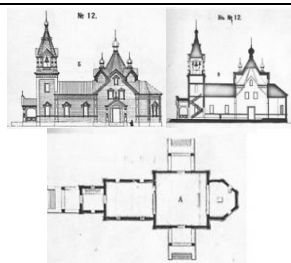
Отклонения включают: перепланировку в связи с расширением церкви (увеличение трапезной части, пристройка приделов); изменение количества оконных проемов на фасадах и на барабане храмовой части; изменение декора фасадов; изменение конструктивных элементов как на колокольне, так и на храмовой части; размещение печей и дымовых труб (не все проекты их включали) и т. д.

Перечень церквей, возведенных в Томской губернии
по типовым проектам 1857 и 1899 гг.

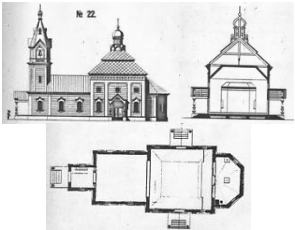
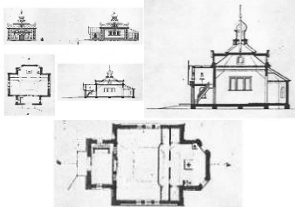
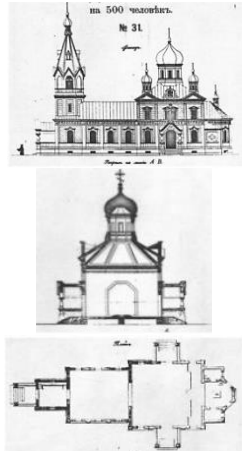
Churches in Tomsk province constructed in 1857 and 1899 by typical plans

Номер типового проекта	Типовой проект	Перечень построенных церквей
Атлас планов и фасадов церквей, иконостасов к ним 1857 г.		
5		Кузнецкий уезд: Банновское (1864) Вороново (1868) Мартыновское (1864) Нагорный Иштан (1872) Смолинское (1864) Донковское (1873) Зарубинское (1865) Каргалинское (1882) Тапкинское (1868) Яминское (1871) Усятское (1883) Подонино (1894) Барнаульский уезд: Маслянино Тюменцево (1859) Карпысакское (1861) Ребрихинское (1862) Баевское (1862) Койновское (1866) Федосово (1866) Боровское (1867) Семено-Красилово (1867) Волчно-Бурлинское (1881) Озерно-Титовское (1883) Дорогина Заимка (1884) Жуланихино (1884) Лянино (1892) Семеново (1893) Новокрестыанское (1893) Озерно-Титовское (1894) Средне-Краюшкино (1894) Болвашкино (1896) Зеркальское (1896) Кобылино (1896) Верх-Алеусское (1897) Жуланское (1897) Прыганка (1898) Мариинский уезд: Тундинское (1858) Константиново (1859) Валерианово (1860) Летяжное (1860) Чумайское (1860) Камышенское (1861) Ижморское (1868) Усть-Колбинское (1871) Благовещенское (1885) Томский уезд: Жарково (1859) Горевское (1859) Карпысакское (1861) Искитимское (1861) Дубровино (1862) Барышево (1863) Барлакское (1864) Ольгинское (1864) Кривошеино (1865) Каменское (1866) Вьюнское (1866) Пайвийское (1866) Локтево (1867) Суджинское (1867) Тырышкино (1867) Баткат (1868) Монастырское (1868) Каинский уезд: Казачемысское (1863) Верх-Красноярское (1864) Карганское (1864) Сектинское (1869) Убинское (1870) Щегловское (1884)

Продолжение таблицы
Continuation

Номер типового проекта	Типовой проект	Перечень построенных церквей
9		Томский уезд: Николаевское (1884) Новоильинское (1902) Каинский уезд: Каргатское (1848) Усть-Тартасское (1867) Кузнецкий уезд: Усть-Искитимское (1896) Барнаульский уезд: Кипринское (1860) Тулинское (1867) Маслянино (1890) Усть-Волчиха (1893) Овчинниково (1897) Ильинская (1897) Вострово (1898) Топольное (1898)
Атлас планов и фасадов церквей, иконостасов к ним 1899 г.		
5		Томский уезд: Дубровка (1916) Каинский уезд: Кабаклинское (1899) Кузнецкий уезд: Горновское (1901) Барнаульский уезд: Власиха (1901) Мариинский уезд: Тутальское (1902)
9		Томский уезд: Малахово (1898) Барнаульский уезд: Думчево (1904) Мариинский уезд: Кубитетское (1904)
12		Томский уезд: Турнаево (1912) Барнаульский уезд: Кочковское (1899) Ярковское (1900) Мормыши (1907) Телеутское (1914)

Окончание таблицы
End of table

Номер типового проекта	Типовой проект	Перечень построенных церквей
22		Каинский уезд: Пайвинское (1902) Новопоросское (1912) Крутихинская (1918) Барнаульский уезд: Полойское (1901) Чернопятово (1902) Ново-Ильинское, Утяжье (1907)
30		Томский уезд: Турунтаево (1898) Халдеево (1890), (1900)
31		г. Томск (1884), (1906) Томский уезд: Болотное (1838) Чилинское (1855) Калтайское (1865) Вороновское (1893) Зоркальцево (1899) Зеледеевское (1902) Елгайское (1903) Парабельское (1904) Митрофановское (1906) Мазалово (1909) Красноселка (1910) Колбинское (1911) Гусевское (1913) Дальний (1914) Романово (1916) Сергеево (1919) Кузнецкий уезд: Хорошоборская (1919) Каинский уезд: Урезское (1861) Верх-Майзасское (1901) Сибирцево (1902) Краснозерское (1909) Мариинский уезд: Топки (1919)

Примечание. Таблица составлена С.Е. Сахаровой по материалам: ГАТО, С.В. Смокотина [4] и интернет-ресурсу «Храмы России» [5, 6]. Типовые проекты взяты из Атласа планов и фасадов церквей, иконостасов и часовен к ним [7], а также из книги Л.Е. Устинова «Крестный путь» [8].

Рассмотрим более подробно строительство церквей по типовому проекту № 31 из Атласа планов и фасадов церквей, иконостасов к ним 1899 г. (рис. 2).

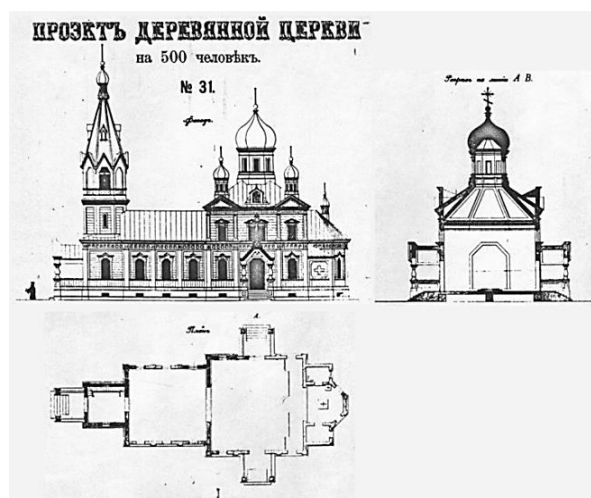


Рис. 2. Проект № 31 из Атласа планов и фасадов церквей, иконостасов к ним 1899 г. [7]
 Fig. 2. Project 31 from the Atlas of plans and facades of churches and iconostases, 1899

Типовой проект представляет собой пятиглавый, однопрестольный храм в плане. Постепенно увеличивающиеся, близкие в плане к квадрату, основные объемы храма располагаются последовательно по продольной оси (запад-восток): паперть, колокольня, притвор (трапезная), храм. К храмовой части с северной и восточной сторон примыкают крыльца, с восточной стороны – алтарная часть сложной формы. Главный вход расположен на центральной оси западного фасада здания и оформлен крыльцом под двухскатным навесом на фигурных колоннах.

Колокольня трехъярусная, квадратная в плане, переходит на уровне второго яруса в восьмерик, открытый третий ярус перекрыт шатровой крышей с треугольными фронтончиками по всем сторонам, имитирующими закомары. Шатер колокольни венчается главкой с крестом.

Притвор (трапезная) в три окна, прямоугольный в плане, имеет двухскатную крышу. Профилированный карниз среднего выноса. Окна трапезной с лаконичными наличниками.

Храмовая часть двухъярусная, квадратная в плане, перекрыта шатровой крышей, увенчанной световым барабаном с куполом луковичной формы, завершающимся крестом. На четверике второго яруса размещены шесть окон – с северной и южной сторон по три окна. Центральные окна верхнего яруса сдвоенные. Карниз верхнего яруса храма дополнен по краям небольшими треугольными фронтончиками с северной и южной сторон, над которыми возвышаются угловые барабаны с малыми куполами-главками луковичной формы с крестом в завершении.

Алтарная часть в плане имеет трёхчастную форму, центральная часть выступает в виде трех граней восьмерика. Завершает алтарную часть шатровая крыша с барабаном и луковичной главкой с крестом.

По архивным материалам ГАТО установлено, что по проекту № 31 от 1899 г. было построено 30 храмов, на 13 из них найдены фотографии, на 6 из

них найдены проекты. Проведен анализ проектных решений и фотографий на соответствие типовому проекту, в результате которого церкви были разделены на «построенные без отклонений от типового проекта» и «с отклонениями от типового проекта».

Без отклонений от типового проекта были построены церкви:

В Томском уезде:

– Церковь во имя святого Иннокентия Иркутского Чудотворца в с. Калтайское. Дата постройки 1865 г., утрачена (рис. 3).

– Церковь во имя Спаса Всемилостивого в с. Парабельское. Дата постройки 1904 г., утрачена (рис. 4).

– Церковь во имя Александра Невского в с. Красноселка. Дата постройки 1913 г., утрачена (рис. 5).

– Церковь во имя Святой Живоначальной Троицы в с. Колбинское. Дата постройки 1911 г., сохранилась (рис. 6).

– Церковь во имя Господа Иисуса Христа в с. Чилинское. Дата постройки 1855 г., сохранилась (рис. 9).



Рис. 3. Церковь во имя св. Иннокентия Иркутского Чудотворца в с. Калтайское Томского уезда [9]

Fig. 3. St. Innokenty Church, Irkutsk Wonderworker, in Kaltayskoye, Tomsk County



Рис. 4. Церковь во имя Спаса Всемилостивого в с. Парабельское Томского уезда [9]

Fig. 4. Savior Church in Parabelskoye, Tomsk County [9]



Рис. 5. Церковь во имя Александра Невского в с. Красноселка Томского уезда [9]

Fig. 5. Aleksander Nevsky Church in Krasnoselka, Tomsk County



Рис. 6. Церковь во имя Св. Живоначальной Троицы в с. Колбинское Томского уезда [9]

Fig. 6. Holy Life-Giving Trinity Church in Kolbinskoye, Tomsk County

В Каинском уезде:

– Церковь во имя святого Николая Чудотворца в с. Краснозерское. Дата постройки 1909 г., утрачена (рис. 7).

– Церковь во имя святых Апостолов Петра и Павла в с. Сибирцево. Дата постройки 1902 г., сохранилась (рис. 8).



Рис. 7. Церковь во имя св. Николая Чудотворца в с. Краснозерское Каинского уезда [9]

Fig. 7. St. Nicholas Wonderworker Church in Krasnozerskoye, Kainsk uyezd



Рис. 8. Церковь во имя св. Апостолов Петра и Павла в с. Сибирцево Каинского уезда [9]

Fig. 8. St. Apostles Peter and Paul Church in Sibirtsevo, Kainsk County



Рис. 9. Церковь во имя Господа Иисуса Христа в с. Чилинское Томского уезда. Историческое фото (слева), фото 2014 г. Е.В. Ситниковой (справа)

Fig. 9. Lord Jesus Christ Church in Chilinskoye, Tomsk County. Historical photograph (left), photograph of 2014 by E.V. Sitnikova (right)

**С отклонениями от типового проекта были построены церкви:
В Томском уезде:**

– Церковь во имя святого Николая Чудотворца на ул. Старо-Деповской в г. Томске. Дата постройки 1906 г., утрачена (рис. 10).

Изменена планировка здания в связи с расширением церкви в части колокольни. Установлены печи в трапезной части. Изменены габариты колокольни и добавлены фронтоны на уровне 1-го этажа с северной и южной сторон. Изменен декор колокольни, а также габариты барабана на храмовой части, окна на

центральном барабане размещены только с четырех сторон, а не с восьми. Уменьшены, относительно проекта, фронтоны на крыше храмовой части, а также размещены дополнительные с западной и южной сторон. Изменены формы луковичных глав, они более выпуклые. Устроен организованный водосток.

– Церковь во имя Успения Пресвятой Богородицы в г. Томске (совр. ул. Яковлева). Дата постройки 1913 г., сохранилась (рис. 11).

Установлена печь в алтарной части, на исторической фотографии видна дымовая труба. Изменены габариты колокольни, добавлены фронтоны на уровне 1-го этажа с северной и южной сторон, изменен декор колокольни. Окна на центральном барабане размещены только с четырех сторон, а не с восьми. Изменены габариты оконного проема в части колокольни на уровне 1-го этажа. Уменьшены, относительно проекта, фронтоны на крыше храмовой части, а также добавлены новые с западной и южной сторон. Изменены формы наличников. Устроен организованный водосток.



Рис. 10. Церковь во имя Николая Чудотворца в г. Томске [9]

Fig. 10. Nicholas the Wonderworker Church in Tomsk



Рис. 11. Церковь во имя Успения Пресвятой Богородицы в г. Томске (совр. ул. Яковлева)

Fig. 11. Assumption of the Blessed Virgin Church in Tomsk (today Yakovlev Street).

– Церковь во имя святого Николая Чудотворца в с. Елгайское Елгайской волости. Дата постройки 1903 г., утрачена (рис. 12).

Изменена планировка здания в связи с расширением части колокольни, а также с уменьшением трапезной части. Изменены габариты и декор колокольни. Изменено количество оконных проемов в трапезной части (в одно окно). Отсутствуют, относительно проекта, окна на барабане храмовой части, фронтоны на крыше храмовой части. Изменены формы луковичных глав, формы наличников, декор фасадов. Устроен организованный водосток.

– Церковь во имя святого Николая Чудотворца в с. Болотное Гондатовской волости. Дата постройки 1838 г., утрачена (рис. 13).

Изменена планировка здания – алтарная часть выполнена не по проекту. Изменены габариты и декор колокольни, добавлены фронтоны на уровне 1-го этажа с северной и южной сторон, а также пристройки к алтарной части. Изменены формы наличников. Отсутствуют окна у барабанов глав на храмовой части. Увеличена луковичка главы на алтарной части. Устроен организованный водосток.



Рис. 12. Церковь во имя св. Николая Мирликийского Чудотворца в с. Елгайское Томского уезда [9]

Fig. 12. St. Nicholas of Myra Church in Elgayskoe, Tomsk County



Рис. 13. Церковь во имя св. Николая Мирликийского в с. Болотное Томского уезда [9]

Fig. 13. St. Nicholas of Myra Church in Bolotnoye, Tomsk County

– **В Барнаульском уезде:** церковь во имя Святой Троицы в с. Боровское Касмалинской волости. Дата постройки 1894 г., утрачена (рис. 14).

Изменена планировка здания – алтарная часть выполнена не по проекту. Изменены габариты барабана на храмовой части и отсутствуют оконные проемы. Фронтон на крыше храмовой части один с северной и южной сторон и расположен по оси, а также размещены новые с западной и южной сторон. Изменены формы наличников.

– **В Каинском уезде:** церковь во имя святого Николая Чудотворца в с. Урезское Усть-Тартасской волости. Дата постройки 1861 г., утрачена (рис. 15).

Установлены печи в трапезной части. Добавлены фронтоны в части колокольни на уровне 1-го этажа с северной и южной сторон. Изменены габариты барабана на храмовой части. Перемещены, относительно оси, оконные проемы в части колокольни на уровне 1-го этажа. Добавлены пристройки к алтарной части. Изменены формы наличников. Устроен организованный водосток.



Рис. 14. Церковь во имя Св. Троицы в с. Боровское Барнаульского уезда [9]

Fig. 14. St. Trinity Church in Boroyskoye, Barnaulsky uyezd



Рис. 15. Церковь во имя св. Николая Чудотворца в с. Урезское Каинского уезда [9]

Fig. 15. St. Nicholas the Wonderworker Church in Urezskoye, Kainsk County

В результате проведенного исследования установлено, что по проекту № 31 из Атласа планов и фасадов церквей, иконостасов к ним 1899 г. были построены церкви в 30 населенных пунктах, в том числе в пяти уездах Томской губернии. В материалах ГАТО найдено 6 проектов на постройку деревянных церквей, выполненных на основе проекта № 31 1899 г., но при этом все содержат отклонения, связанные с пристройкой приделов, изменением алтарной части, габаритов барабана храмовой части, габаритов трапезной части и т. д. Также были найдены фотографии построенных церквей по проекту № 31 в Томской губернии, по которым выявлено, что без отклонений от типового проекта построено 7 церквей, с отклонениями – 6.

Выполненные по проекту № 31 церкви были освящены: во имя святой Екатерины – 1 церковь, во имя Александра Невского – 2 церкви, во имя святителя Николая Чудотворца – 5 церквей, во имя Покрова Пресвятой Богородицы – 3 церкви, во имя святого Иннокентия Чудотворца – 1 церковь, во имя Господа Иисуса Христа – 1 церковь, во имя Петра и Павла – 1 церковь, во имя Святой Троицы – 1 церковь, во имя Спаса Всемилостивого – 1 церковь.

Выводы

В целом, проведенное комплексное научное исследование позволяет сделать следующие выводы:

- в Томской губернии в исследуемых уездах во второй половине XIX – начале XX в. было построено 303 деревянных церкви;
- по архивным и библиографическим источникам найдено 48 иллюстраций деревянных церквей, 36 из них были построены по типовым проектам, 10 – по авторским проектам, 2 – по неизвестным проектам в связи с ракурсом фотографии/гравюры;
- в архиве ГАТО найдено 32 дела с проектами деревянных церквей по Томской губернии, 23 проекта выполнены на основе образцовых проектов, 9 являются авторскими постройками епархиальных архитекторов или инженеров;
- наиболее часто используемыми проектами для строительства деревянных церквей в населенных пунктах Томской губернии были № 5 и 9 из Атласа 1857 г.; № 31 из Атласа 1899 г.;
- до настоящего времени деревянных церквей сохранилось крайне мало: всего 16 построек, на которые были найдены иллюстрации, поэтому их выявление и изучение с целью сохранения является важной задачей современности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Герасимов А.П. Развитие деревянной культовой архитектуры в Томской губернии // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 1 (60). С. 23–32. EDN XWFAHR.
2. Сахарова С.Е., Ситникова Е.В. Графическая реконструкция деревянной церкви во имя Святого пророка Ильи в с. Новоильинка Колпашевского района Томской области // Избранные доклады 68-й Университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых, Томск, 19–23 апреля 2022 г. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2022. С. 417–421. EDN HQJQEY.
3. Список населенных мест Томской губернии на 1899 год. Томск : Товарищество «Печатня С.П. Яковлева» (Губернская типография), 1899. VI. 781. [1] с. URL: <https://elbib.tomsk.ru/purl/1-26038/>

4. Бойко В.П., Смокотин С.В., Ситникова Е.В. Православное храмовое строительство в Томской губернии в XIX – начале XX в. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2021. 164 с. ISBN 978-5-93057-956-7. EDN MYHVXG.
5. Храмы России : электронное периодическое издание. URL: <http://www.temple.ru/tree.php>
6. Старинные Храмы Томской Земли. URL: <https://старинныехрамы.рф/temple/innokentiya-svyatitelya-irkutskogo-s-kaltajskoe-1865/>
7. Атлас планов и фасадов церквей, иконостасов к ним и часовен, одобренных для руководства при церковных постройках в селениях // Издание Святейшего Синода. Москва : Синодальная типография 1899 г. URL: http://archgrafika.ru/news/atlas_planov_i_fasadov_cerkvej_ikonostasov_k_nim/2010-10-28-1132
8. Устинов Л.Е. Крестный путь: история церквей и церковно-приходских школ Нарымского края, священнослужители и религиозность населения, 1597–1953 гг. – 2-е изд., доп. Томск : Изд-во Томского ЦНТИ, 2002. 192 с.

REFERENCES

1. Gerasimov A.P. Development of Church Architecture in Tomsk. Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building. 2017; 1 (60): 23–32. EDN XWFAHR. (In Russian)
2. Sakharova S.E., Sitnikova E.V. Graphic reconstruction of a wooden church in the name of the Holy Prophet Elijah Sun. Novoilinka, Kolpashevsky District, Tomsk Region. In: *Selected Papers 68th Sci University Conf. of Students and Young Scientists*, Tomsk, 2022. Pp. 417–421. EDN HQJQEY. (In Russian)
3. List of popular places in the Tomsk province in 1899. Tomsk: "Printing S.P. Yakovlev", 1899. VI, 781. Available: <https://elib.tomsk.ru/purl/1-26038>. (In Russian)
4. Boyko V.P., Smokotin S.V., Sitnikova E.V. Orthodox temple construction in the Tomsk province in the 19th and early 20th centuries. Tomsk: TSUAB, 2021. 164 p. ISBN 978-5-93057-956-7. EDN MYHVXG. (In Russian)
5. Temples of Russia. Available: www.temple.ru/tree.php. (In Russian)
6. Ancient Temples of Tomsk territory. Available: <https://ancienttemples.ru/temple/innokentiya-svyatitelya-irkutskogo-s-kaltajskoe-1865/>. (In Russian)
7. Atlas of plans and facades of churches, iconostases for them and chapels approved for guidance in church buildings in villages. Moscow. Synodal printing house, 1899. Available: http://archgrafika.ru/news/atlas_planov_i_fasadov_cerkvej_ikonostasov_k_nim/2010-10-28-1132. (In Russian)
8. Ustinov L.E. The Way of the Cross: history of churches and parochial schools in the Naryn Territory, clergy and religiousness of the population. 2nd ed. Tomsk, 2002. 192 p. (In Russian)

Сведения об авторах

Сахарова Софья Евгеньевна, магистрант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, sofi.saharova@yandex.ru

Ситникова Елена Владимировна, канд. архитектуры, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, elensi@vtomske.ru

Authors Details

Sofia E. Sakharova, Graduate Student, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, sofi.saharova@yandex.ru

Elena V. Sitnikova, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, elensi@vtomske.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 23.01.2023
Одобрена после рецензирования 02.02.2023
Принята к публикации 20.03.2023

Submitted for publication 23.01.2023
Approved after review 02.02.2023
Accepted for publication 20.03.2023

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2023. Т. 25. № 2. С. 24–39.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2023; 25 (2): 24–39.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 72.007

DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-24-39

ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРЫ ЗДАНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО СОБРАНИЯ В ТОМСКЕ

Валерий Геннадьевич Залесов, Елена Александровна Сахарова

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

Аннотация. В статье рассматривается одна из первых крупных построек архитектора К.К. Лыгина в Томске – здание Общественного собрания (пр. Ленина, 50).

Даются новые сведения об истории создания и строительства этого сооружения. Здание анализируется в историко-архитектурном контексте: проводятся объемно-планировочный и архитектурно-художественный анализы, совокупность которых дает полное представление об архитектурных характеристиках объекта.

Приведенные в статье новые сведения существенно дополняют творческую биографию архитектора, расширяют знания о здании Общественного собрания как значимом архитектурном сооружении Томска и как уникальном объекте культурного наследия города.

Ключевые слова: архитектор К.К. Лыгин, Общественное собрание, Сибирь, Томск, конец XIX – начало XX в., Дом офицеров, объект культурного наследия

Для цитирования: Залесов В.Г., Сахарова Е.А. Особенности архитектуры здания общественного собрания в Томске // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 2. С. 24–39. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-24-39.

ORIGINAL ARTICLE

ARCHITECTURE OF THE PUBLIC ASSEMBLY BUILDING IN TOMSK

Valery G. Zalesov, Elena A. Sakhorova

Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

Abstract. The article discusses one of the first large buildings by K.K. Lygin, a Tomsk architect. This is the house of the Public Assembly (Lenin Ave., 50). New information is given about the history of creation and construction of this building. The building is analyzed in the historical and architectural context. The space-planning and architectural analyses give a complete idea of the architectural characteristics of the object. New information obtained significantly complements the creative biography of the architect, expands knowledge about the Public Assembly building as a significant architectural structure in Tomsk and unique object of the cultural heritage.

Keywords: K.K. Lygin, Public Assembly, Siberia, Tomsk, House of Officers, cultural heritage

For citation: Zalesov V.G., Sakhorova E.A. Architecture of the public assembly building in Tomsk. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2023; 25 (2): 24–39. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-24-39.

Творчество архитектора К.К. Лыгина (1854–1932), несмотря на значительную известность его как крупного российского и сибирского зодчего рубежа XIX и XX вв., исследовалось, на наш взгляд, недостаточно. Мы можем указать всего лишь несколько работ, посвященных изучению его архитектурно-строительной деятельности [1, 2, 3, 4]. Коллекция чертежей К.К. Лыгина, которая хранится в Томском областном краеведческом музее, в полной мере характеризует многогранную архитектурную практику этой творческой личности. Тем не менее новые данные о его проектных работах и постройках, почерпнутые из различных источников, существенно дополняют биографию архитектора, дают новые важные материалы для характеристики его творчества. В настоящей статье мы остановимся на одном из значимых сооружений зодчего – здании Общественного собрания в Томске.

Архитектура Томска рубежа XIX и XX вв. представлена значительным числом зданий, многие из которых являются заслуженным украшением города. Среди общего многообразия городской застройки того времени выделяется ряд зданий, архитектура которых имеет особую историко-культурную ценность. Одним из таких сооружений является объект культурного наследия – здание бывшего Общественного собрания (пр. Ленина, 50, бывшая ул. Почтамтская) – первое крупное строение К.К. Лыгина в Томске.

«Общественные», или «Благородные собрания», в Российской империи были коллективными, неформальными клубными объединениями культурно-досугового типа. В такие клубы допускались «...лица всех званий и состояний, которые по поведению и образованию могли быть приняты в Общество». Клубы имели собственный Устав и действовали практически в каждом крупном городе. Устав Общественного собрания предписывал следующие положения: «Семейные члены платят 15 р. (рублей. – *авт.*) в год, холостые по 10 р., чиновники с небольшими окладами по 6 р.; гости платят по 50 к. (копеек. – *авт.*) за вход (в качестве гостей могут быть не более месяца временно пребывающие в городе лица). Собрание открыто до 4 ч. ночи, но за пребывание с 2 ½ ч. (часов. – *авт.*) до 4 ч. взыскивается штраф по 1 р. за каждые полчаса»¹.

Как правило, подобные клубы располагались в наемных помещениях, но иногда имели и собственные дома. В Томске в 1840-х гг. такое клубное заведение с названием «Благородное собрание» занимало здание на территории загородной березовой рощи (позже – участок Императорского Томского университета). Сохранились воспоминания неизвестного путешественника, опубликованные в 1846 г., который отметил, что в городе «...есть хороший клуб, куда члены собираются три раза в неделю поиграть в карты и на бильярде и где по

¹ Адрианов А.В. Город Томск в прошлом и настоящем. Томск, 1890. С. 123.

воскресеньям бывают балы», «...иногда бывают домашние спектакли и детские праздники»². В 1858 г. томский чиновник, историк и краевед Н.И. Виноградский под псевдонимом Заангарский сибиряк писал: «В общественных увеселениях высшего круга первое место занимает Благородное Собрание. Для него устроен особый дом, в публичном саду, довольно поместительный, хотя и не со всеми хозяйствами и удобствами. Здесь, зимою особенно, раз в неделю, по вторникам, бывают простые дамские вечера с танцами, а по пятницам карточные, есть порядочный буфет и бильярд. Даются также, по случаю торжественных праздников, и балы, где наши дамы блистают вкусом и изяществом нарядов»³. В конце 50-х гг. XIX в. (точная дата не известна) было объявлено об открытии томского Общественного собрания, которое, по-видимому, возникло путем реорганизации клуба Благородного собрания и принятия нового устава. Оно располагалось в том же загородном строении.

В январе 1864 г. с большой торжественностью и помпезностью Собрание переместилось в здание, расположенное в центре Томска, рядом с Соборной площадью. Как писала губернская газета, состоялось «...перенесение Собрания в нанятый вновь дом» из «...прежнего загородного дома в дом г. Горохова»⁴. Обществу также перешла часть его знаменитого «роскошного» сада⁵. Новое здание было бывшим особняком обанкротившегося томского золотопромышленника Ф.А. Горохова. Автор книги «Томская старина» этнограф и археолог, общественный деятель А.В. Адрианов так характеризовал гороховский дом: «...это был красивый барский одноэтажный деревянный дом, единственный в городе дом с зеркальными окнами во всю ширину проема»⁶. Собрание «...нашло новое помещение далеко лучше старого» и отметило это событие тремя праздничными церемониями: общим обильным обедом, торжественным балом и «...вольным маскарадом». Так, в «...разнообразии общественных удовольствий», началась новая жизнь Томского собрания⁷.

В дополнение отметим, что Гороховский сад в первые годы активно использовался Собранием для летнего отдыха. Так, в газете «Томские губернские ведомости» в апреле 1865 г. было напечатано объявление следующего содержания: «*Летние развлечения*. Слышно, что нынешним летом, подобно прошлому, учредятся гулянья в Гороховском саду, который значительно обновляется перестройкой и созданием новых вокзалов. Говорят даже, что будет учреждено нечто вроде дешевого народного театра»⁸.

В этом здании клубная жизнь бурлила чуть больше 33 лет (1864–1897), пока «...в ночь на Светлое Христово Воскресенье» в нем не вспыхнул пожар

² Евтропов К.Н. История Троицкого кафедрального собора в Томске. Томск: Издательский дом «Д-Принт», 2008. С. 45.

³ Виноградский Н.И. (Заангарский Сибиряк). Очерки Томска // Томские губернские ведомости. 1858. 7 февраля. № 6. С. 44–45.

⁴ Кузнецов Д. Статья // Томские губернские ведомости. 1864. 24 января. № 4.

⁵ Серебренников И.Д. Из Томской старины. Сад Горохова // Труды Томского краевого музея. Т. 1. Томск, 1927. С. 51.

⁶ Адрианов А.В. Томская старина. Ф.А. Горохов // Город Томск. Томск, 1912. С. 171.

⁷ Кузнецов Д. Указ. соч.

⁸ Томские губернские ведомости. 1865. 30 апреля. № 16.

(Пасха в 1897 г. была 13 апреля. – *авт.*), причина которого так и не была до конца выяснена. «Во втором часу загорелось в кухне при квартире буфетчика собрания, помещавшейся в подвальном этаже. ...В третьем часу ночи все здание собрания представляло собою одно сплошное море огня. ...От собрания уцелел только каменный фундамент, да двое ворот», – сообщалось в городской газете «Томский листок»⁹. В этой же газете неделей позже один томский обозреватель так оценил это событие: «Сгорело общественное собрание. ...Сгорело выпивочно-закусочно-игральное учреждение, где игра возведена была в культ, где убивались время и деньги»¹⁰.

Практически сразу же после пожара члены томского Собрания начали активную деятельность по сбору «по подписке» денежных средств на строительство нового клуба. Здание было застраховано на 28 тыс. руб., «подписка» дала 17 тыс. руб., столько же пожертвовал купец А.Е. Кухтерин¹¹. В мае 1898 г. «...под новое здание» в Нижегородско-Самарском земельном банке была взята краткосрочная ссуда в размере 85 тыс. руб.¹² Финансовая составляющая обозначена достаточно весомо, что позволило ставить вопрос о проекте и строительстве нового клубного здания.

В губернском Томске в конце XIX в. работало более двух десятков архитекторов и инженеров, которые занимались как государственной, так и муниципальной архитектурно-градостроительной деятельностью, а также трудились на строительстве Сибирской железной дороги. Заказчиков – представителей томского Собрания – привлек зрелый специалист, выпускник Императорской Академии художеств в Санкт-Петербурге К.К. Лыгин, который только начинал свою сибирскую карьеру. Позволим предположить, что К.К. Лыгин, по приезду в Томск, возможно, стал членом этого привилегированного городского клуба.

В ноябре 1895 г. К.К. Лыгин поступил на службу по сооружению Сибирской железной дороги, где исполнял обязанности младшего инженера технического отделения. Помимо службы, занимался частными проектами, заказов на которые в сибирском крае было вполне достаточно. До приезда в Сибирь в качестве архитектора железнодорожных зданий и сооружений К.К. Лыгин имел полтора десятка лет практического опыта на различных стройках в городах европейской части России. Всего за два года сибирской практики К.К. Лыгин смог зарекомендовать себя среди местных крупных и требовательных заказчиков как опытный и не лишенный таланта архитектор. Одним из первых частных проектов К.К. Лыгина в Томске (21 марта 1897 г.) был проект здания «Общества содействия физическому развитию» (Общество В.С. Пирусского) [2, с. 143–145].

В декабре 1897 г. К.К. Лыгин исполнил заказ Общественного собрания и представил эскизный вариант здания на обсуждение членов Общества. К марту 1898 г. он доработал и завершил окончательный проект нового сооружения. По предварительной смете, по расчетам архитектора, постройка

⁹ Томский листок. 1897. 17 апреля. № 83.

¹⁰ Там же. 1897. 23 апреля. № 86.

¹¹ Сибирская жизнь. 1898. 21 мая. № 104.

¹² Сибирский вестник. 1899. 12 декабря. № 272.

оценивалась в 160 тыс. рублей¹³. Окончательный проект был принят к исполнению и утвержден во всех необходимых инстанциях 7 мая 1898 г.¹⁴

На участке сгоревшего здания в срочном порядке еще в апреле, как только подтаял снег и отмерзла земля, начались работы по рытью котлована для фундамента¹⁵. В газете «Сибирская жизнь» в эти дни была опубликована любопытная заметка следующего содержания: «На месте общественного собрания, где заканчиваются земляные работы для нового здания... за время работ вырыто несколько десятков черепов и один человеческий скелет, что заставляет думать о существовании на этом месте, по-видимому, очень древнего кладбища»¹⁶.

Для постройки здания членами Собрания был избран Строительный комитет, в который, помимо архитектора-проектировщика, вошли гласный городской Думы, владелец типографии Н.Я. Беляев, начальник работ по постройке Средне-Сибирской железной дороги инженер путей сообщения Н.П. Меженинов, купцы I гильдии А.Е. Кухтерин и И.Л. Фуксман¹⁷ (рис. 1).

Второго июня 1898 г. состоялась торжественная закладка нового здания. На церемонии присутствовали члены Строительного комитета, старшины и члены Собрания, строители и «городская публика». Епископ Томский и Барнаульский Макарий (Невский) произнес торжественную речь, в которой подчеркнул, что на сооружение здания Общественного собрания он «...дает свое архиерейское благословение», чтобы оно «...было действительно местом добрых деяний и невинного развлечения, столь необходимого и малому, и взрослому, как приятный отдых от трудов повседневной жизни». В честь закладки был отслужен молебен, а в основание будущего здания положена памятная доска с надписью «...при каком губернаторе и кем заложено здание»¹⁸.

К октябрю 1899 г. здание было построено «вчерне», а к декабрю была практически закончена внутренняя отделка основных помещений: «...в настоящее время идет уже оклейка обоями и последняя постилка паркетных полов»¹⁹. На декабрьском общем годичном собрании всех членов было принято решение с 1 января 1900 г. начать деятельность в новом здании и, несмотря на то, что оно еще «сыровато», новогодние праздники провести в нем²⁰. 1 января здание было освящено и осмотрено членами клуба. Присутствующими было отмечено, что «...это одно из лучших и красивейших зданий не только в провинции, но и в крупных... центрах»²¹. С 21 часа начался праздничный вечер. В последующие дни были проведены клубные вечера, костюмированные маскарады, танцевальный бал. Так спустя почти три года после пожара возобновилась клубная жизнь Общественного собрания в новом здании.

¹³ Сибирская жизнь. 1900. 14 декабря. № 270.

¹⁴ ТОКМ. Ф. 1914. Л. 2–29.

¹⁵ Сибирская жизнь. 1898. 22 апреля. № 84.

¹⁶ Там же. 1898. 27 мая. № 108.

¹⁷ Сибирский вестник. 1899. 12 декабря. № 272.

¹⁸ Там же. 1898. 3 июня. № 116.

¹⁹ Сибирская жизнь. 1899. 12 декабря. № 271.

²⁰ Сибирский вестник. 1899. 12 декабря. № 272.

²¹ Там же. 1900. 1 января. № 1.

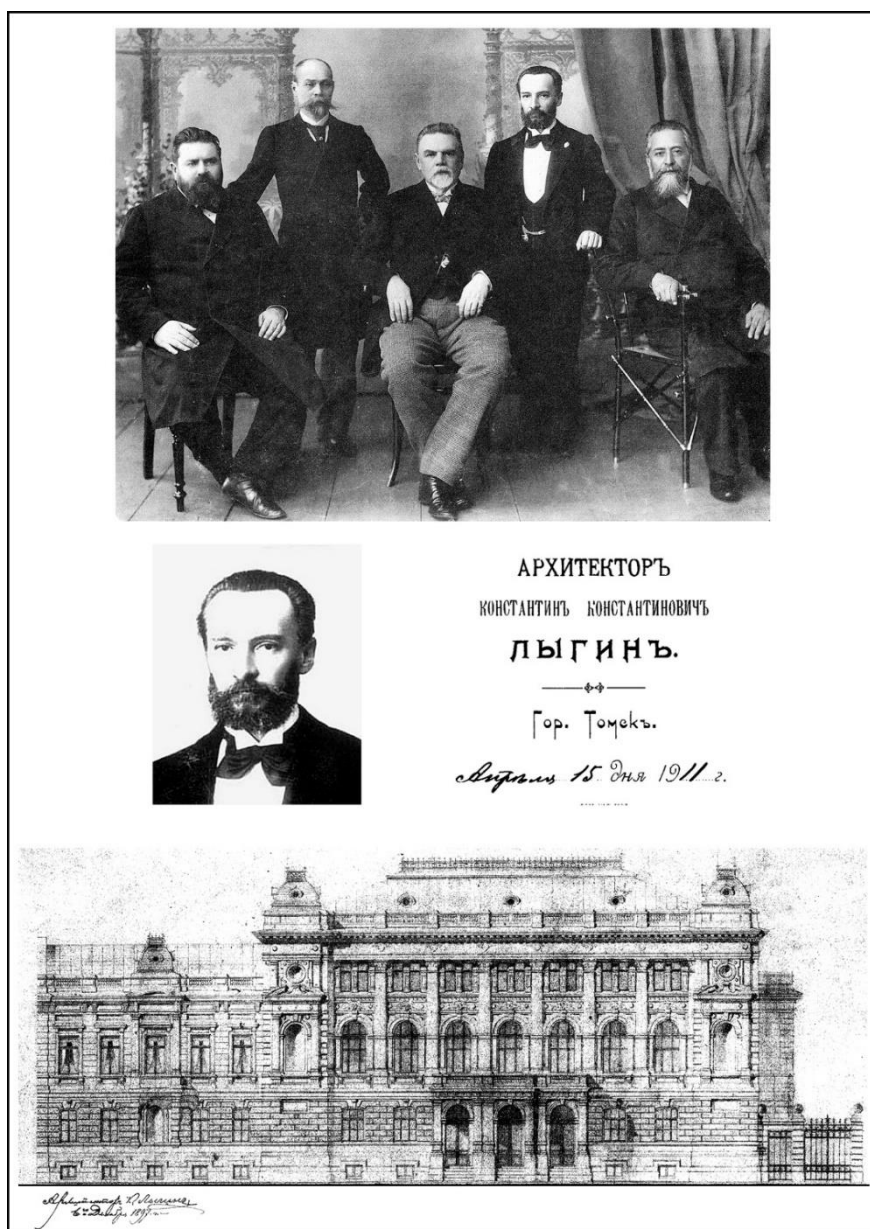


Рис. 1. Строительная комиссия по сооружению здания Общественного собрания в Томске. Слева направо: А.Е. Кухтерин, Н.Я. Беляев, Н.П. Меженинов, К.К. Лыгин, И.Л. Фуксман. Фото 1898 г. Архив ТОКМ. Ф. 1914; архитектор К.К. Лыгин (вырезка из фото); угловой бланк документов К.К. Лыгина, 1911. ГАТО; эскизный проект здания Общественного собрания в Томске. 6 декабря 1897 г. Архив ТОКМ. Ф. 1914

Fig. 1. A photograph of 1898: Construction commission for the Public Assembly building construction in Tomsk. From left to right: A.E. Kukhterin, N.Ya. Belyaev, N.P. Mezheninov, K.K. Lygin, I.L. Fuchsman. Archive of the Tashkent State Museum of Fine Arts, 1914; architect K.K. Lygin; Corner letterhead of Lygin, 1911; sketch project of Public Assembly building in Tomsk, 1897

Необходимо отметить, что возведение здания, которое полностью было отстроено, отделано и оборудовано лишь к октябрю 1900 г., по отчету старшин клуба в декабре 1900 г., заняло достаточно непродолжительное время – один год и семь месяцев (не считая сезонных перерывов). Общая стоимость нового здания определялась более чем в 205 тыс. руб. (по другим, уточненным, более поздним данным – в 250 тыс. руб.). Архитектору было выплачено более 9 тыс. руб. жалования²².

В архиве Томского областного краеведческого музея сохранились авторские чертежи эскизного варианта и окончательного проекта, выполненные архитектором в декабре 1897 – марте 1898 гг. Эскизный проект имеет определенные отличия от окончательного варианта построенного здания. К сожалению, отсутствие планировочных чертежей эскиза в архиве К.К. Лыгина не дает нам возможность охарактеризовать эту постройку в целом, в ее объемно-пространственном построении. Поэтому остановимся только на композиционной характеристике главного фасада.

Архитектор предполагал формирование двухчастной композиции главного фасада здания в четырнадцать осей проемов в два этажа с цоколем. Более крупная – правая часть, которая составляла пространство двухсветного зала со вспомогательными помещениями, являлась входной. Она была подчеркнута выступающим в плане трехчастным арочным порталом и решалась наиболее презентабельно в архитектурно-художественной обработке: имела симметричное построение, фланкировалась ризалитами, которые увенчивались четырехгранным куполом. Семь осей световых проемов на фасаде были обработаны «приставными» колоннами коринфского ордера, объем венчался профилированным карнизом и скатной крышей. Меньшая – левая фасадная часть, где располагались клубные помещения с различными дополнительными площадями, решалась в пять осей проемов. Она акцентировалась небольшим ризалитом, который в завершении имел четырехгранный купол, повторяющий в уменьшенном масштабе прорисовку куполов в правой укрупненной части.

Такое деление на «зальную» и «клубную» составляющие, по-видимому, предполагало продольное развитие объема вдоль ул. Почтамтской по ширине всего участка. Также можно предположить, что данное проектное решение в каких-то деталях не устроило членов Собрания: по всей видимости, не удовлетворила функциональная сторона здания, его планировка. Архитектурно-художественная трактовка здания, наоборот, вызвала, вероятно, полное одобрение, поскольку главный фасад эскизного варианта с небольшими изменениями был использован архитектором в окончательном проекте.

К.К. Лыгин все свое мастерство «классного художника архитектуры 1-й степени» (высшая степень аттестации выпускника в Академии художеств) вложил в свою первую крупную постройку в Томске. Объемное построение здания Общественного собрания в окончательном варианте проекта формировалось как Т-образная в плане симметричная объемно-пространственная композиция. Под театральную часть был теперь отдан только

²² Газета «Сибирская жизнь». № 270. 14 декабря 1900 г.

передний объем, выходящий на красную линию улицы. Клубная часть занимала дворовое пространство. Объем театральной части дополнялся угловыми башенками с куполами, слуховыми окнами, фронтонами и парапетными ограждениями карнизов и скатной кровли. Над клубной частью выступали двускатные в крыше объемы светового лестничного фонаря. Отметим также, что уже на период строительства здание Собрания занимало практически всю землю участка. Свободная территория позволяла только организовать въезд через устроенные в северной части участка ворота и выстроить несколько хозяйственных дворовых «служб».

В новом варианте здания архитектор предлагал строго симметричную композицию главного (восточного) фасада в одиннадцать осей проемов в целом (рис. 2). Теперь центральную часть фасада занимал двусветный зал второго этажа (семь осей проемов вместо девяти эскизных), справа от которого располагалась сцена, а слева клубное помещение. Эти боковые части фасада были ниже объема зала, за счет чего общая фронтальная композиция имела ярко выраженную доминирующую центральную часть. Центральная часть, несмотря на уменьшение композиционных осей (семь вместо девяти), сохранила детально-декоративную прорисовку, которая предлагалась в эскизном варианте архитектора («приставные» колонны коринфского ордера, боковые ризалиты с башнями и куполами, арочные окна, рустовка первого этажа и др.).

В планировочном отношении здание решалось максимально компактно, практически без коридоров. Парадные входы в него осуществлялись с ул. Почтамтской, также были задействованы три дворовых служебных входа: один на «черную» (северо-западную) лестницу, два других использовались для входа в цокольный этаж с западной стороны продольного объема.

Вход в центральную часть здания осуществлялся с трех порталов – центрального и двух боковых. Вдоль главного фасада на первом этаже размещался просторный входной вестибюль с гардеробами «верхнего платья». Широкая лестница, разделенная на три равные части, вела на уровень первого этажа в распределительный вестибюль. Здесь можно было воспользоваться гардеробами и пройти в клубные помещения первого этажа (карточные комнаты, библиотеку, бильярдную, комнату Совета старшин) или по парадной трехмаршевой лестнице подняться на второй этаж. Верхний этаж здания играл важную функциональную роль. Именно здесь располагались основные помещения Собрания, которые были рассчитаны на увеселительно-развлекательные мероприятия: зрительный зал с фойе и два банкетных зала-ресторана с буфетом между ними.

Парадная лестница, ведущая на второй этаж, являлась одним из важных элементов архитектурно-планировочного замысла зодчего. Она располагалась в центре объема здания, центральным маршем подводила к глубокой нише, где, по неподтвержденным документально воспоминаниям, находилась скульптура (возможно, портрет) императора Николая II. Два параллельных боковых марша поднимали посетителя в фойе зрительного зала. В центре фойе, по оси лестницы, архитектор предусмотрел небольшой полукруглый балкон, который был обращен к нише.

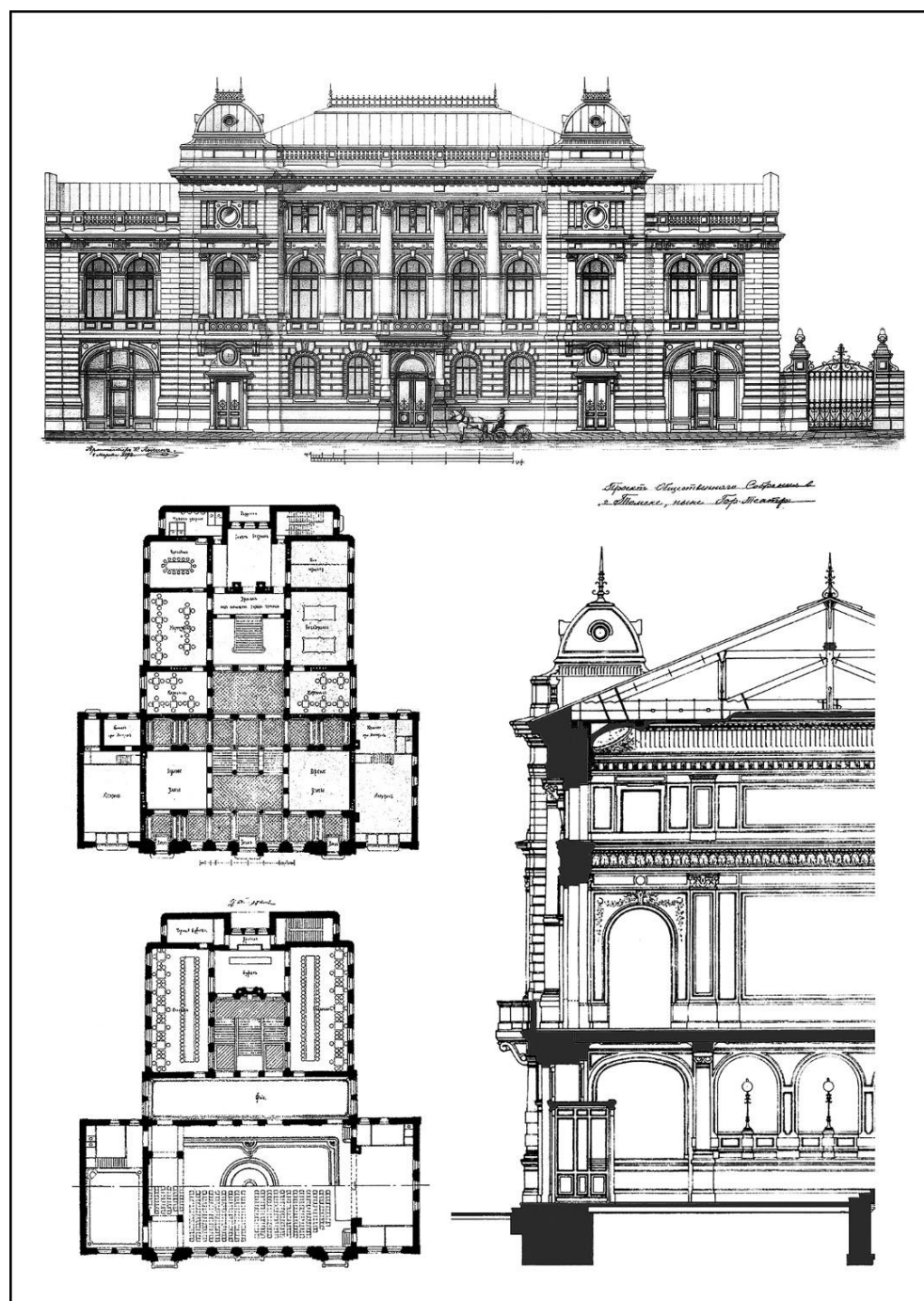


Рис. 2. Окончательный вариант здания Общественного собрания в Томске: главный фасад, планы первого и второго этажей, фрагмент продольного разреза по центральной оси. Архитектор К.К. Лыгин. 8 марта 1898 г. ТОКМ. Ф. 1914

Fig. 2. The final design of the Public Assembly building: facade, plans of the 1st and 2nd floors, a fragment of the longitudinal section. Architect K.K. Lygin, March 8, 1898

Другой особенностью центральной парадной лестницы было ее освещение, выполненное архитектором с помощью «светового фонаря». Такие верхние подсвечивания лестниц в то время не были часто используемым приемом. Атриумные световые пространства в конце XIX – начале XX в. только набирали свою популярность. В Томске это был первый прием использования дополнительного верхнего света для освещения внутренней лестницы здания. Световой фонарь был квадратным в плане и состоял из 16 рам (4×4), расположенных горизонтально над парадной лестницей. Над фонарем находилась комната с боковыми лучковыми окнами, которые выходили на северную и южную стороны здания. Такое инженерное решение светового фонаря, по видимому, было определено сибирскими условиями, когда важно и нужно было избежать дополнительных теплопотерь в холодное время.

Фойе зрительного зала второго этажа представлено достаточно узким прямоугольным в плане пространством, освещенным с торцевых сторон, которое располагалось поперек основного объема здания. Из него через пять входных порталов (три в центре, по одному по бокам) можно было попасть в зрительный зал, который являлся основным элементом архитектурного замысла К.К. Лыгина для этого здания.

Зрительный зал представлял собой крупное прямоугольное пространство высотой около десяти метров и общей площадью около 450 м², которое имело прямой партер, небольшой амфитеатр и балкон в южной части помещения, а также сцену площадью около 100 м² в противоположной стороне (рис. 3). Перекрытие зрительного зала, ширина которого по проекту была около 16 м, осуществлялось с помощью специальных треугольных деревянных ферм, инженерное решение которых К.К. Лыгин разработал самостоятельно.

Архитектор запланировал зрительный зал многофункциональным общественным пространством. Рассчитанный на 800 мест, он при необходимости мог вместить в себя гораздо больше публики²³. Это был зал, предназначенный для публичных собраний, – актов и танцевальный: детские утренники, праздники, организуемые днем, вечерние балы, маскарады, танцевальные и музыкальные вечера, концерты, позже – «синема» и кинопросмотры и др. В зале использовались стулья, которые, при необходимости, либо расставлялись рядами, либо убирались для освобождения требуемого места. Сценическая часть зала не была запроектирована под театральные нужды и содержала лишь несколько дополнительных помещений с обеих сторон сцены. В связи с этим театральные полномасштабные постановки были весьма затруднительны. Зал был запроектирован в два света. Первый свет обеспечивался крупными арочными окнами, дополнительное освещение осуществлялось через прямоугольные спаренные окна, расположенные под потолком.

Интерьер зрительного зала был прорисован архитектором с особой тщательностью. Лепной декор сопровождал все элементы интерьера: стены с их вертикальными и горизонтальными членениями, дверные и оконные проемы, потолки с их продольными тягами, карнизами и плафонами, пол с прорисовкой рисунка раскладки паркета и др. Декоративное убранство зала придавало ему особую торжественность и эстетическую привлекательность.

²³ Д. [?]. Клубы и прочие общества, не вошедшие в очерк Г.Н. Потанина «Культурно-просветительские организации» // Город Томск. Томск, 1912. С. 100/1.

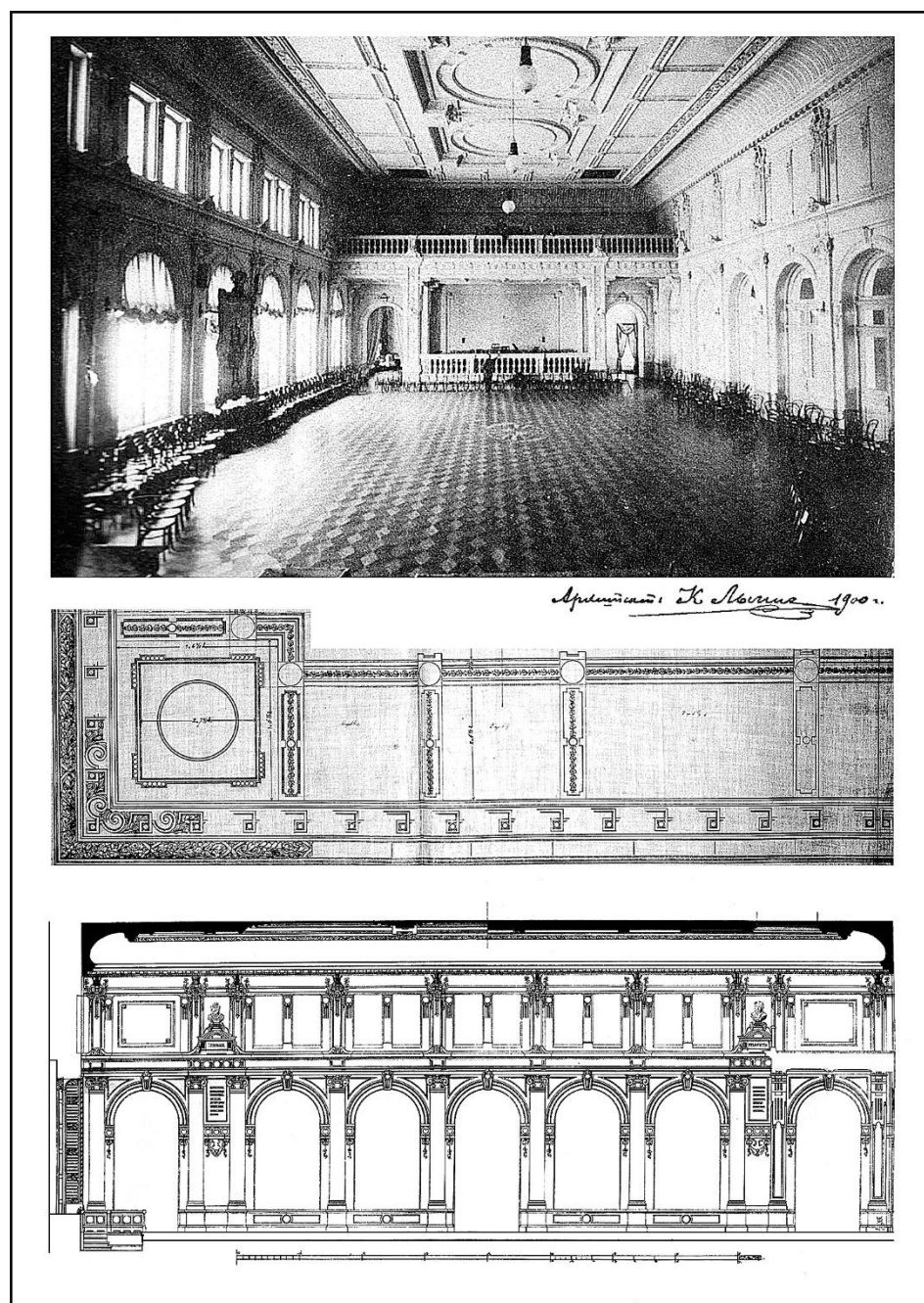


Рис. 3. Интерьер зрительного зала здания Общественного собрания в Томске. Вид со сцены. Фото 1900 г. Фрагмент лепного потолка зрительного зала, продольная развертка стены зрительного зала. Архитектор К.К. Лыгин. 1899–1900 гг. Архив ТОКМ. Ф. 1914

Fig. 3. A photograph of 1900 of the interior of Public Assembly building auditorium. A fragment of the stucco ceiling in the auditorium, a longitudinal sweep of the auditorium wall. Architect K.K. Lygin, 1899–1900

Цокольный этаж по проекту предполагалось устроить хозяйственно-техническим и частично жилым. Здесь было запланировано три крупных калориферных печи с помещениями для хранения «топлива» (дров), кладовая «для провизии» и «подвал для вина». Несколько комнат были определены «для прислуги», швейцара и официантов. В северо-западной части этажа располагалась квартира «для эконома», а в противоположном направлении две кухни: «с малым очагом» и «с большим очагом и печью для вертела». Здесь же была предусмотрена «подъемная машина повару» – механический лифт, который поднимал приготовленную пищу на второй этаж, в подсобное помещение буфета.

Необходимо отметить, что проектное предложение архитектора претерпело некоторые изменения и корректировку уже во время строительства. Так, в частности, в период возведения здания более тщательно был учтен ниспадающий в северную сторону рельеф участка строительства. Это привело к организации дополнительных окон цокольного этажа, выходящих на главный и дворовые фасады. Во-вторых, возможность сооружения дополнительных мансардных помещений, а также особенность устройства перекрытия здания способствовали организации мансардных окон, примыкающих на боковых частях к зрительному залу объемов.

Архитектура здания выполнена в стилистике академической эклектики, которая опиралась на европейские исторические стили, их «разумное» смешивание, на ордерные формы в качестве основного декора. Здание выполнено из лицевого кирпича, без штукатурки. Кирпичная проработка фасадов, особенно главного, имела глубокую пластику, которая достигалась за счет двух-четырех уровней углубления (один уровень – треть, четверть кирпича). Для основной кладки использовался фасадный кирпич прямоугольной формы, для декоративной отделки – фигурный: лицевая поверхность кирпича вручную растесывалась каменщиками на радиусный (полукруг) или угловой (срезанный угол) варианты.

Архитектор использовал местный природный камень – песчаник как в качестве конструктивных элементов, так и декоративных деталей. Как конструктивный элемент – это цокольные стеновые блоки по периметру наружных стен, плиты под и над выступами колонн и пилястр, подоконные и подкарнизные плиты и др. В качестве декоративных деталей из песчаника были выполнены практически все элементы фасадного оформления. В качестве дополнения на главном фасаде К.К. Лыгин применил частичную штукатурку тех архитектурных деталей, которые дополняли его замысел сделать сооружение представительным и торжественно-монументальным (балконы, частично порталы). Цвет штукатурки соответствовал цвету песчаника. К слову сказать, в сибирской архитектуре такой прием не был чем-то особенно оригинальным, им пользовались многие архитекторы, проектировавшие в «кирпичном» стиле. Но именно К.К. Лыгин на рубеже XIX и XX вв. сделал эту тему наиболее популярной для детализировки неоштукатуренных кирпичных фасадов.

Деятельность собрания со времени его открытия в новом здании можно назвать крупным коммерческим успехом или благополучным и грамотным вложением средств. Уже в начале своей жизнедеятельности в новых помещени-

ях Собрание имело годовой доход в 50 тыс. руб. (1901/1902 гг.). Около 60 % доходности давали клубные вечера, остальные средства набирались за счет аренды зала, магазинов и буфета, а также членских клубных взносов²⁴. Доход Собрания постепенно рос: «с 50 тыс. руб. в 1901 г. до 73 тыс. руб. в 1911 г.»²⁵.

Клубная светская жизнь Собрания в новом здании была чрезвычайно многообразна. Купцы, чиновники, интеллигенция – цвет «высшего общества» города – проводили здесь свое свободное время. В Собрании, помимо разнообразных клубных («членских») вечеров для членов клуба и их семей, проводились общедоступные концерты, спектакли, балы, маскарады, праздничные представления, музыкальные и драматические вечера, художественные выставки, заседания разных обществ и др. Многие из них были благотворительными, собиравшими «субсидии» – сборы в пользу различных обществ, объединений, приютов и др. Работал непереносимый атрибут таких заведений – буфет. Вечерняя жизнь Собрания была также наполнена «настольными» играми: карты, бильярд, в меньшей степени – шахматы, шашки, домино, лото и др.

В августе 1901 г. в зале Собрания демонстрировался «...усовершенствованный парижский биоскоп-синемаграф Люмьера» – «...самая последняя новость Парижа»²⁶. В сентябре этого же года проходила «...выставка художественных картин, писанных масляными красками, экспонента Императорской Академии художеств Владимира Вучичевича, заключающая в себе около 200 экземпляров... Выставка объехала все большие города Европейской России»²⁷. Общественное собрание располагало обширной библиотекой, а также коллекцией картин местных художников, которая постоянно пополнялась.

В конце 1901 – начале 1902 г. на собрании Общества и Совета старшин рассматривалось предложение трех томских архитекторов Б.Ф. Татарчука, П.Ф. Федоровского и С.В. Хомича (по-видимому, членов клуба) о «...соединении магазина с клубным помещением через смежную бильярдную комнату». Приспособить магазин под клубные комнаты «...было признано неудобным». Магазин в итоге был сдан на три года в аренду «иконописцу Императорской фамилии» И.А. Панкряшеву [5, с. 286] под торговлю «...церковной утварью за 850 руб. в год». По отчету Совета старшин за 1901–1902 гг. также следует, что наиболее выгодным для клуба является «...отдавать помещения для устройства увеселений разным благотворительным и другим общепользным учреждениям и частным лицам»²⁸.

В октябре 1905 г. в результате «черносотенного погрома» от поджога сгорел построенный купцом Е.И. Королевым драматический театр, который с 1885 г. был главным городским сценическим пространством. После такой безвозвратной утраты практически вся театральная жизнь Томска перешла

²⁴ Отчет Совета старшин Томского общественного собрания за время с 1 ноября 1901 г. по 1 ноября 1902 г. Томск, 1902. С. V–VIII.

²⁵ Д. [?]. Клубы и прочие общества, не вошедшие в очерк Г.Н. Потанина «Культурно-просветительские организации» // Город Томск. Томск, 1912. С. 100/1.

²⁶ Сибирская жизнь. 1901. 12 августа. № 174.

²⁷ Там же. 1901. 11 сентября. № 196.

²⁸ Отчет Совета старшин Томского общественного собрания за время с 1 ноября 1901 г. по 1 ноября 1902 г. Томск, 1902. С. V–VIII.

в Общественное собрание, которое с этого времени стало центром культурной жизни города. Здесь на сцене регулярно выступали местные и приезжие театральные знаменитости, «корифеи русского театра»²⁹, а также по-прежнему устраивались утренники, вечера, музыкальные концерты, балы, маскарады.

Практическая сторона здания в качестве полноценного театра уже в начале XX в. подвергалась сомнению. Оценка зала выглядела довольно критической: «...с 1905 г. Собрание заменяет... сгоревший... театр, но заменяет, кстати сказать, не вполне достаточно: при большом зале здесь маленькая сцена с очень плохими акустическими условиями; нет, затем, дешевых верхов (верхних ярусов. – *авт.*), что значительному количеству публики преграждает доступ на спектакли»³⁰. От себя добавим, что необходимые для театра комнаты для артистов (гримерные), декораций, инвентаря и пр. были минимальными, сцена с ее закулисным пространством практически не справлялась с театральными функциями. Зал Общественного собрания действительно не был приспособлен для полноценных театральных постановок и спектаклей.

Кроме того, вскоре выяснилось, что для эксплуатации здания нужно как минимум 16 служащих, включая всех «конторщиков», дворника, истопника, монтера, столяра, водопроводчика, трех швейцаров и др. Было принято решение приспособить в цокольном этаже для них помещения под квартиры (комнаты). Освобождение помещений цоколя, где была расположена кухня, потребовало в связи с этим ее переноса. Устройство квартир в цокольном этаже убедило архитекторов запроектировать дополнительную лестницу служебного дворового входа. Составлением проектов и смет на эти работы в 1909–1910 гг. занимались архитекторы В.Ф. Оржешко и А.Г. Норин с помощниками. Все работы, кроме печных, сантехнических и электромонтажных, были выполнены подрядчиком С.Г. Прохоровым.

По отчету Совета старшин, в 1909–1910 гг. в здании был проведен капитальный ремонт с перепланировкой нескольких помещений в соответствии с новыми потребностями Собрания. В частности, была осуществлена переделка «первого» магазина под библиотеку и читальню (с устройством камина), а «второй» магазин был преобразован в клубное помещение. Наибольшие изменения были проведены в цокольном этаже. В нем, с устройством дополнительной каменной лестницы (северо-западный дворовой угол здания), было оборудовано десять квартир для служащих Собрания и мастерская для столяра. Кухонные площади из подвала были перенесены на третий этаж. Здесь рядом со световым фонарем (в западной части объема) было надстроено и оборудовано механическим подъемником новое помещение. Также была сделана новая проводка электрической сети (подрядчик – томская фирма «Технико-промышленное бюро»), улучшена отопительная система (подрядчик – Макаров), расширена водопроводная сеть и усовершенствованы клозеты. Помимо «обелки» потолков, «оклейки» новых обоев, «окраски» стен, окон и дверей, был произведен ремонт «ореховой венской мебели» зрительного зала (49 предметов). Во дворе было построено деревянное помещение для декораций. В целом, ремонт 1909–1910 гг. обошелся

²⁹ Суздальский В.И. «Театр уж полон...»: из истории Томского драматического. Томск, 1995. С. 31.

³⁰ Д. [?]. Клубы и прочие общества, не вошедшие в очерк Г.Н. Потанина «Культурно-просветительские организации» // Город Томск. Томск, 1912. С. 100/1.

Общественному собранию практически в 30 тыс. руб.³¹ Планировка здания приобрела вид, близкий к современному.

В советское время внутри здания было сделано несколько значительных изменений и перепланировок, проведены реконструкция и реставрация интерьеров и экстерьера здания. Этому будет посвящена следующая статья, которая завершит данное историко-архитектурное исследование.

Выводы

Здание Общественного собрания в Томске на начало XX в. являлось одним из наиболее крупных клубных зданий в Сибири. Деятельность Общества играла весьма важную роль в культурной жизни города, здесь проводились спектакли, концерты, встречи, в которых участвовали российские знаменитости, организовывались художественные выставки, устраивались маскарады и рождественские елки, демонстрировались «живые фотографии» синематографа Люмьера. По своим законам бурлила вечерняя клубная жизнь, ее положительный вектор был направлен на благотворительность.

Архитектура здания имела весьма респектабельный вид, соответствующий своему времени и типу сооружения. Функциональная составляющая здания со временем была усовершенствована по мере полного осознания и понимания происходящих внутри процессов.

Архитектору К.К. Лыгину постройка здания Общественного собрания принесла заслуженную региональную известность, дала ему возможность закрепиться на сибирской земле.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Баландин С.Н., Залесов В.Г. Творческое наследие архитектора К.К. Лыгина в Томске // Памятники истории, археологии и архитектуры Сибири : сб. научн. трудов / под ред. О.Н. Вилкова. Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1989. С. 157–167.
2. Романова Л.С. Творчество архитектора Константина Лыгина в Томске (по материалам фонда К.К. Лыгина в Томском областном краеведческом музее). Томск, 2004. 196 с.
3. Залесов В.Г. Лыгинский вклад // Тобольск и вся Сибирь: Томск.
4. Тобольск : альманах. 2004. № 3. С. 33–38.
5. Ширко К.Н., Ширко Т.И. Здание Общественного собрания (Дом офицеров) (Историческая справка) // Памятники Томска. URL: <http://memorials.lib.tomsk.ru/page.phtml?p=20> (дата обращения: 13.12.2022).
6. Евтихьева И.А. Иконописная мастерская И.А. Панкрышева в Томске // Макарьевские чтения : материалы четвертой Межд. конф. (21–22 ноября 2005 г.). Горно-Алтайск, 2005. С. 284–288.

REFERENCES

1. Balandin S.N., Zalesov V.G. Creative heritage of architect K.K. Lygin in Tomsk. In: *Coll. Papers 'Monuments of History, Archeology and Architecture of Siberia'*, O.N. Vilkov ed., Novosibirsk: Nauka, 1989. Pp. 157–167. (In Russian)
2. Romanova L.S. Creativity of architect Konstantin Lygin in Tomsk. Tomsk, 2004. 196 p. (In Russian)
3. Zalesov V.G. Lygin's contribution. In: *Tobolsk and the whole Siberia: Tomsk*. (In Russian)

³¹ Отчет Совета старшин Томского общественного собрания за 1909–1910 клубный год: (с 1 сентября 1909 г. по 1 сентября 1910 г.). Томск, 1910. С. 50, 79–91.

4. Tobolsk: Almanac, 2004. No. 3. Pp. 33–38. (In Russian)
5. Shirko K.N., Shirko T.I. Building of the Public Assembly (Officers' House) (Historical note). In: Monuments of Tomsk. Available: <http://memorials.lib.tomsk.ru/page.phtml?p=20> (accessed December 13, 2022). (In Russian)
6. Evtikhieva I.A. Pankryshev's I.A. Icon-workshop in Tomsk. In: *Proc. 4th Int. Conf. 'Makariiev Readings'*, November 21–22, 2005. Gorno-Altai, 2005. Pp. 284–288. (In Russian)

Сведения об авторах

Залесов Валерий Геннадьевич, канд. архитектуры, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, vzal@tsuab.ru

Сахарова Елена Александровна, магистрант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, sakharova-2019@mail.ru

Authors Details

Valery G. Zalesov, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Buildings, 2, Solyanaya Sq., Tomsk, Russia, vzal@tsuab.ru

Elena A. Sakharova, Graduate Student, Tomsk State University of Architecture and Buildings, 2, Solyanaya Sq., Tomsk, Russia, sakharova-2019@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 20.02.2023
Одобрена после рецензирования 06.03.2023
Принята к публикации 20.03.2023

Submitted for publication 20.02.2023
Approved after review 06.03.2023
Accepted for publication 20.03.2023

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2023. Т. 25. № 2. С. 40–51.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2023; 25 (2): 40–51.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 711.424

DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-40-51

ИСТОРИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ОБРАЗОВАНИЯ ПЕРЕСЕЛЕНЧЕСКИХ СЁЛ В САРАТОВСКОМ КРАЕ

Егор Витальевич Рыбалкин

*Саратовский государственный технический университет
им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов, Россия*

Аннотация. Рассмотрены основные политические и экономические причины, побудившие к образованию новых населенных пунктов на территории левобережья Саратовского края в XVIII в.

Выделены две группы переселенцев, составивших основную категорию населения в период XVIII – начала XX в.: европейцы и малороссы. Выявлены характерные черты и принципы формирования новых поселений. Показана динамика изменения численности населения и количество поселений на территории Саратовского края.

Актуальность исследования определяется малой степенью изученности взаимоотношения переселенческих культур в сфере градостроительства и архитектуры на территории Саратовского левобережья. В статье рассматриваются вопросы взаимоотношения переселенцев, пришедших на саратовскую землю со своими традициями, и регулирования их деятельности со стороны государственных структур.

Научная новизна исследования заключается в изучении предпосылок образования поселений Саратовского края, локализуемых в левобережной части р. Волги.

Теоретической основой исследования являются труды историков и путешественников, собрание законов Российской империи, приведенные в списке источников статьи. Для исследования использован *метод критического анализа* архивных и библиографических источников.

Практическая значимость исследования заключается в выявлении сохранившихся поселений и особенностей их архитектурно-планировочных решений на основе натурных исследований. Полученные сведения могут быть положены в основу проектных работ по сохранению ценных элементов переселенческой архитектуры.

Ключевые слова: заселение Саратовского края, образование населённых пунктов, европейские переселенцы, внутренняя миграция, государственная политика

Для цитирования: Рыбалкин Е.В. Исторические предпосылки образования переселенческих сёл в Саратовском крае // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 2. С. 40–51. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-40-51.

HISTORICAL PREREQUISITES FOR THE FORMATION OF MIGRANT SETTLEMENTS IN THE SARATOV KRAI

Egor V. Rybalkin

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia

Abstract. Purpose: The aim of this paper is to study historical prerequisites for the formation of migrant settlements on the territory of the Saratov Krai in the 18th century.

Design/methodology/approach: The critical analysis of archival and bibliographic documents was used. Works of historians and travelers are studied, laws of the Russian Empire are given in references.

Research findings: Two groups of migrants are determined for the population in the 18th and early 20th centuries, namely Europeans and Little Russians. The formation principles of new settlements are presented in this paper. The population dynamics and the number of settlements on the territory of the Saratov Krai are described.

Practical implications: The identification of survived settlements and their architectural and planning solutions based on the field studies. Obtained information can serve as a basis for design work to preserve valuable elements of the migrant settlement architecture.

Originality/value: The study of prerequisites of the settlement formation in the Saratov Krai on the left bank of the Volga River.

Keywords: migration process, Saratov, settlement, European settlers, internal migration, state policy

For citation: Rybalkin E.V. Historical prerequisites for the formation of migrant settlements in the Saratov Krai. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2023; 25 (2): 40–51. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-40-51.

Летом 1556 г. к Московскому царству было присоединено Астраханское ханство. Новые пустые территории от Казани до Астрахани требовали создания пограничных пунктов, защищающих оседлое население России от кочующих народов. Построенные крепости Самара, Саратов, Царицын были призваны контролировать пространство по течению Волги.

На тот период население края состояло из коренных народностей Поволжья: мордвы, чувашей, татар-ногайцев. Первыми волжскими поселенцами крепостей были стрельцы и чернопашенные крестьяне, которых присылали из Казанской губернии. Помимо заселения, проводимого на законных основаниях, на Волгу стекались разного рода беглые крестьяне. Сам факт наличия беглых крестьян на просторах Волги многократно встречается в период крепостничества, уход от помещиков являлся поиском вольной жизни, что не всегда заканчивалось удачно для крестьян.

К окончанию обустройства Царицынской линии в 1720 г. северная часть Саратовского края имела сравнительно густое население, состоявшее из помещичьих крестьян и служилых людей. Берега Волги от Симбирской губернии до Саратова издавна были освоены крупными монастырями и покрыты цепью селений монастырских крестьян. Южная часть края в окрестностях Царицына также начала заселяться [1]. Свободной оставалась внутренняя часть правобережья Саратова и всё Заволжье. Вот эти территории и представляют интерес в исследовании из-за нестандартного подхода к их заселению.

Из всех народов, переселившихся в Саратовский край, выделяются две крупные группы, сформировавшие в XVIII в. основную часть населения левобережья Саратовского края. А именно: малороссы и европейцы (рис. 1). По сравнению с уже укоренившимися народами, такими как русские, татары, мордва и чуваша, численное соотношение переселенцев было невелико.

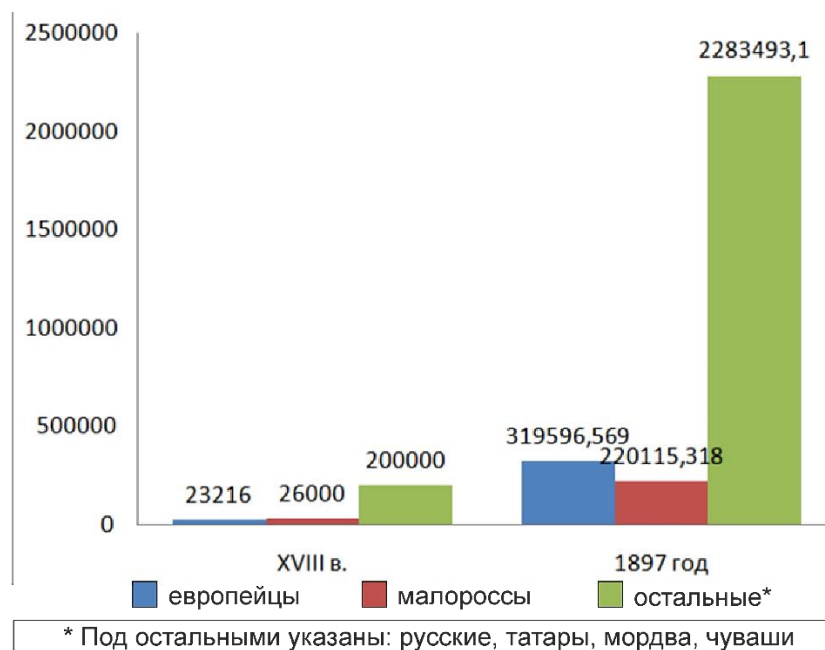


Рис. 1. Динамика численности населения на территории всего Саратовского края XVIII в. [14, 15, 16] в сравнении со сведениями 1897 г. [17]. Выполнено Е.В. Рыбалкиным по статистическим материалам

Fig. 1. Dynamics of population in the Saratov Krai in the 18th century [14, 15, 16] vs. 1897. [17]. Carried out by E.V. Rybalkin on the basis of statistical documents

Фактором появления первой крупной этнической группы стал указ Сената от 9 февраля 1747 г. на ввоз и добычу соли [2]. Для этого были приглашены малороссы. Правительство неодобрительно относилось к наплыву великороссов и настаивало только на малороссиянах. Причиной являлось опасение правительства, что отток крестьян из центральных губерний повлечёт за собой уменьшение трудовых ресурсов.

К началу царствования Елизаветы Петровны государственная казна понесла серьезные потери. При правлении Анны Иоанновны Россия вела две тяжёлые войны. Восполнять убытки и недоимки было решено от продажи соли и вина.

В 1744 г. была приостановлена поставка соли из Пермских строгановских варниц. Это произошло из-за нехватки рабочих людей и изменений правил приёма на работу только с печатными паспортами [3]. Вследствие чего произошёл дефицит этого товара.

С 1705 г. была введена казённая монополия на соль. Снабжение солью происходило с астраханских соляных озёр, откуда с XVII–XVIII столетий вы-

возили жировую соль [4]. Низкое качество и удалённость Астрахани от остальных пунктов потребления, проблемы на строгановских соледобычах заставили правительство обратить внимание на забытые богатства Калмыцкой степи. До 1705 г. московским купцом Солодовниковым на оз. Эльтон велась добыча соли в больших масштабах. Промысел располагался ближе к Саратову и Дмитриевску, что позволяло использовать местных жителей на данных работах, но при введении соляной монополии добыча стала незаконной.

В связи с событиями 1744–1746 гг. Сенатом был командирован на оз. Эльтон подполковник Н.Ф. Чемодуров. При содействии саратовского воеводы Дурасова Чемодуровым было обследовано озеро, взяты пробы для Медицинской коллегии и сделаны предложения по обустройству соляного промысла. С этого момента было предписано опубликовать постановление о вызове желающих добывать и поставлять соль. Правительство наделяло таких крестьян льготами, и они получали статус государственных.

В следующем 1747 г. оказалось возможным начать работу [5]. Большое желание крестьян вырваться от помещиков создало массу проблем государству, поэтому было решено передать это дело малороссам, которые были привычны к чумачеству и в большинстве своем свободны от помещика. Новые потоки переселенцев шли из Харьковской и Полтавской губерний (рис. 2). Территория нового расселения находилась на свободных землях по обе стороны Волги. Первые поселения малороссов на левобережье появились возле луговых соляных амбаров, которые в дальнейшем послужили образованию целой вереницы слобод и хуторов. Но законное право на проживание в новых местах переселенцы получили только в 1763 г. [6].



Рис. 2. Места выхода и пути миграции малороссов на территорию Саратовского края. Схема составлена Е.В. Рыбалкиным по материалам [24]

Fig. 2. Migration of Little Russians to the Saratov region. Schematic by E.V. Rybalkin [24]

Градостроительной основой для малороссийских поселений на левобережье стал перенос соляных амбаров с правобережья: для лучшей логистики

по доставке соли от оз. Эльтон. Первый соляной городок возник напротив Саратова в 1747 г., второй – напротив Дмитриевска (современный г. Камышин). Городки представляли собой чётко спланированную территорию из складских сооружений, защищённую рвом и валом от набегов степных кочевников [7]. Поначалу переселенцами возводились временные жилища на летний сезон возле соляных городков, т. к. на зимовку солевозы возвращались в хутора и деревни, основанные в направлении солевозного тракта. Но со временем городки стали обрастать жилой застройкой из мазанок и именоваться Малороссийской слободкой. Из-за отсутствия планирования развития селения постановка домов и прочих построек велась неорганизованно, откликаясь на местные особенности рельефа. Лишь после 1764 г., с заселением иностранцев в Поволжье [8], рядом с соляным городком и слободкой стала появляться регулярная решётка кварталов.

Солевозный тракт от оз. Эльтон к Саратову и Дмитриевску из-за своей протяжённости нуждался во вспомогательных пунктах, где поначалу концентрировались кузницы, постоянные дворы и другие необходимые на тот период объекты обслуживания. Все поселения локализовались вдоль берега Волги, река являлась не только источником рыбы и пресной воды, но и крупным торговым путём. Благодаря удобству расположения этих пунктов к месту промысла, в них осело большинство работающих на соляном промысле. Если хутора и деревни имели свободную планировку, то крупные слободы стали выправляться, следуя общей тенденции того времени: регулярному строительству. К началу XIX в. все малороссийские населённые пункты левобережья, кроме промысла у Эльтонского озера, выросли в численности населения (рис. 1), из небольших местечек образовались крупные деревни и села. Часть осевших малороссов, кроме работы на промысле, стала заниматься хлебопашеством и скотоводством.

Фактором, побудившим к возникновению второй крупной этнической группы, стал манифест о дозволении иностранцам селиться в России [9]. К изданному манифесту от 22 июля 1763 г. прилагался «Реестр находящимся в России свободным и удобным к населению землям», который предлагал выбор земель из числа Астраханской, Белгородской, Оренбургской и Тобольской губерний. Одной из причин выбора Поволжья стало наличие удобных распланированных мест под заселение. Основные массы переселенцев в Поволжье, или, как их именовали, колонисты, выходили из земель Саксонии и Франконии (рис. 3). На новых подданных возлагались большие надежды: заселение и освоение малопригодных и малозаселённых земель; внедрение в массовое применение регулярной планировки для сел и типовое строительство домов [10].

В ходе многолетних войн в Европе, в том числе Семилетней войны, многие страны находились в тяжёлом экономическом положении. Голод, неурожай, разрушения и высокие налоги вынуждали людей влачить жалкое существование. Больше всего это затронуло немецкое население Европы. Манифест от 4 декабря 1762 г. «О возволении в Россию людей всех наций кроме жидов» позволял более прочно заселить край. Бежавшие за границу люди, особенно раскольники, поселились в северных частях губернии.



Рис. 3. Места выхода и пути миграции европейцев на территорию Саратовского края в 1764–1860 гг. Схема составлена Е.В. Рыбалкиным по материалам [25]

Fig. 3. Migration of Europeans to the Saratov Krai in 1764–1860. Schematic by E.V. Rybalkin [25]

Но, не достигнув нужного результата по освоению территорий, в 1763 г. издали новый манифест «О поселении иностранцев в России». Поселение иностранных колонистов, преимущественно немецкого происхождения, стало вторым по многочисленности этносом по освоению свободных территорий Поволжья. Последним периодом в переселении европейских народов на территорию левобережья Саратовского края стал 1853 г. На тот момент левобережные земли отошли к Самарской губернии, и в новообразованных уездах поселились прусские меннониты. Своеобразная и консервативная ячейка переселенцев, избегая набора в рекруты, была вынуждена покинуть из-за религиозных убеждений Европу. После долгих переговоров с российским правительством им позволили перебраться в Россию, в том числе поселиться в Самарской губернии. Меннониты, переселившиеся в Россию, были голландцами, жившими до этого в Мариэнвердерской низменности близ Данцига. Умение без финансовых затрат со своей стороны превратить бесплодную местность в плодородный район делало их востребованными в любом государстве [11].

Русское правительство того времени ещё не перестало пользоваться всяким удобным случаем для вызова к себе переселенцев, хотя определенно считалось, что немецкая колонизация в России не была удачной. Дело в том, что мало обращалось внимания на подбор переселяющихся, их навыки и материальную возможность стать «примерными сельскими хозяевами». Это всё и побудило российское правительство, несмотря на законченность немецкой колонизации в России, позвать меннонитов [11].

В 1764 г. приехавшие на Волгу колонисты не имели готовых планов на строительство домов и сёл. Первые переселенцы, приехавшие в Саратов, размещались на время зимовки в «квартирах», а с наступлением тёплого времени года группами выдвигались на обозначенные места, где вместе с офицерами-инженерами и выделенными для строительства крестьянами приступали к строительству.

Благодаря заранее организованному процессу по заселению иностранцами, в России были выделены инженеры для составления планов селений и проектов жилья. Командированная группа офицеров от Петербургской канцелярии опекунства иностранных для строительства колоний и курирования процесса заселения возглавлялась капитаном И. Райсом. Эта команда должна была составить планы для устройства 102 колоний и строительства домов. С учетом опыта возведения военных поселений, заложенных в Петровскую эпоху, и прусской типологии сёл Strassendorf в короткие сроки были реализованы планы для построения сёл. Основанные на геометрии, имея чёткие принципы построения, колонии получили идеальную схему для градостроительного развития на много лет вперёд. Главным принципом такого поселения были: линейность улиц, равновеликость участков и постановка домов по красной линии. При этом пахотные и другие хозяйственные земли были отделены от селитьбы для возможности пропорционального развития. Но были допущены и просчёты, как свидетельствует описание академика Симона Палласа: «Опекунство по иностранному образцу без всякой нужды столь тесно поселения расставило», ссылаясь на засушливость климата и малость пахотных земель [12]. Впоследствии некоторые колонии, расположенные подобным образом вдоль дороги, теряли собственные границы и соединялись с соседствующими селениями в одно целое.

В 1764 г. команда И. Райса составляет «план двум дворам и двум конюшням под одной кровлей» [9]. Казённые строения представляли собой дом на две семьи, из-за чего возникало нехорошее соседство, т. к. не всегда попадался хороший сосед, следящий за хозяйством и исправностью дома. Вскоре появились отдельные дома для каждой семьи, многие из которых простояли до начала XX в. В силу отсутствия строевого материала на месте для возведения первых домов лес сплавляли из соседних губерний. При таком массовом строительстве быстро выявилась нехватка рабочих людей и строительных материалов для скорой постройки домов. Сенат предложил делать мазанки [3], хорошо зарекомендовавшие себя в соседствующих селениях малороссов.

Все «немецкие» колонии, так же как и малороссийские, локализовались вереницей вдоль рек. Градостроительно у всех поселений выражены главная улица и площадь, чётко формировался жилой квартал и обустройство приусадебного участка. «Немецкие» колонии на момент создания стали воплощением идеала в архитектурно-градостроительном контексте Российской империи (рис. 4). Группа меннонитов, обосновавшаяся в 1853 г. в левобережной части, имела готовый набор архитектурно-планировочных решений в организации колоний. Для заселения правительство выделило им земли, расположенные в степи левобережья. Планировка колонии представлена линейным поселением, развивающимся вдоль главной улицы, ведущим своё начало от прусской типологии сёл Strassendorf. Все жилые дома были каменные и возводились по единому проекту. Стоит отметить, что проект дома меннонитов был закреплён как типовый в Атласе департамента сельского хозяйства [13] и распространялся на все меннонитские колонии в Российской империи.

Пёстрый конгломерат из водворённых малороссов и иностранцев на территории левобережья Саратовского края (рис. 5) оставил большой след

в процессе формирования архитектурно-градостроительных особенностей и количества населённых пунктов (рис. 6). Основанием для появления переселенцев послужили не только социально-экономические проблемы, но и чёткая установка правительства России, выраженная через указы и манифесты. Образованные населённые пункты позволили создать безопасность вдоль волжского пути, благодаря новому контингенту началось освоение левобережной части Саратовского края.

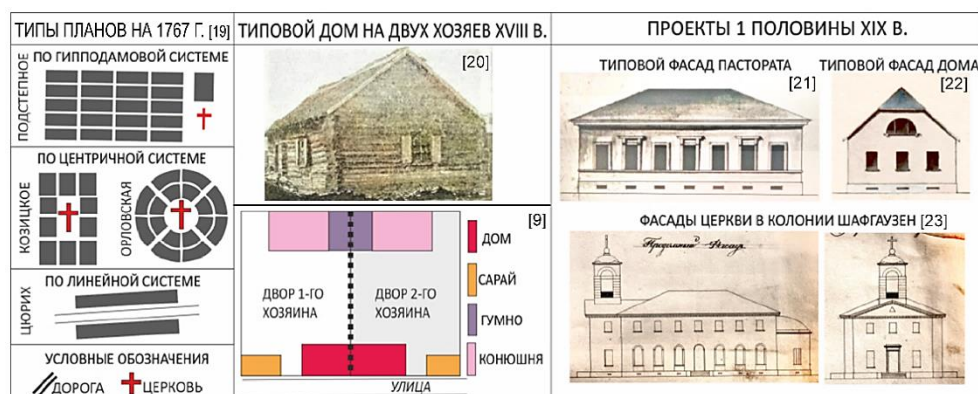


Рис. 4. Архитектурно-градостроительные особенности немецких колоний во 2-й пол. XVIII – 1-й пол. XIX в. Автор Е.В. Рыбалкин

Fig. 4. Architectural and urban features of German colonies in the 18–19th centuries. Schematic by E.V. Rybalkin

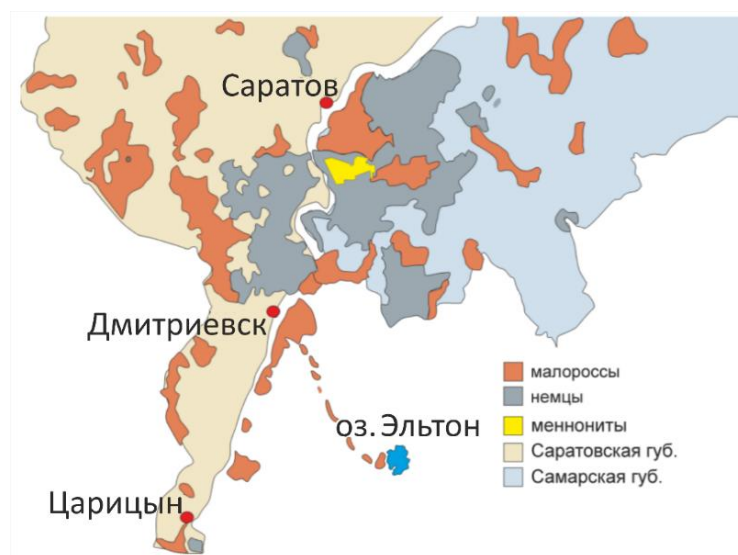
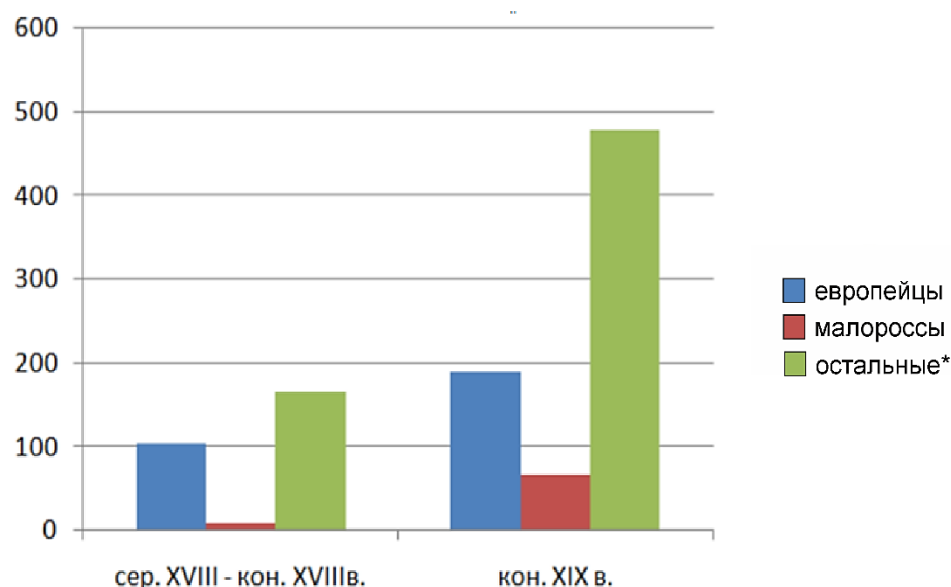


Рис. 5. Локализация малороссов и европейцев на территории Саратовской и Самарской губерний в 1875 г. Выполнено Е.В. Рыбалкиным по карте [26]

Fig. 5. Localization of Little Russians and Europeans in Saratov and Samara provinces in 1875. Schematic by E.V. Rybalkin [26]



* Под остальными указаны: русские, татарские и мордовские населённые пункты

Рис. 6. Динамика количества населённых пунктов на исследуемой территории Саратовского края XVIII в. [4, 14] в сравнении со сведениями кон. XIX в. [17, 18]. Выполнено Е.В. Рыбалкиным по статистическим материалам

Fig. 6. Dynamics of settlements in the Saratov region in the 18th century [4, 14] vs. 19th century [17, 18]. Carried out by E.V. Rybalkin

Выводы

На основании изучения формирования поселений выделяется общая тенденция в организации поселений XVIII в. Большинство селений сформировалось вдоль рек, в частности р. Волги, прослеживается исправление планировок и устройство новых населённых пунктов на регулярной основе. Заложение и отработка принципов типового строительства домов в «немецких» колониях XVIII в. впервые стали массовыми на уровне сёл России.

Некоторые принципы построения сельских домов стали типовыми для всех крестьян в Российской империи. Рассмотренные статистические данные показывают, что плотность жителей в «немецких» колониях была разряженной в сравнении с малороссийскими поселениями.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Саратовский край*. Исторические очерки, воспоминания, материалы / Издание Саратовского общества вспомоществования нуждающимся литераторам. Саратов : Паровая скоропечатня Губернского правления, 1893. 372 с.
2. *Труды Саратовской ученой архивной комиссии* / Саратов. учен. арх. комис. Саратов, 1911. Вып. 28. 148 с.
3. *Соловьев С.М.* История России с древнейших времён. Москва : Эксмо, 2006. 1024 с.
4. *Герасимов А.А.* История Саратовского края XVII–XVIII вв. Саратов : Дукаръ, 1923. 376 с.

5. *Описание Ельтонского озера* и всего соляного промысла. Действ. чл. И. Ган. 1857 г. // РГО (Русское географическое общество). Разряд 2. Оп. 1. № 70.
6. *Об отводе в Саратове для поселяющихся малороссиян земли*: № 12000 от 24 декабря 1763 г. // Полное собрание законов Российской империи. Собрание первое. 1649–1825 гг. В 45 томах. Т. 16 / под ред. М.М. Сперанского. Санкт-Петербург : Тип. II Отделения Собственной Его Императорского Величества Канцелярии, 1830. 1120 с.
7. *Саратовское озеро*. Мифопоэтический атлас. Нижний Новгород : ЮНИОН-ПРИНТ, 2007. 140 с.
8. *Манифест «О дозволении всем иностранцам, в Россию въезжающим, поселяться в которых губерниях они пожелают, и о дарованных им правах»* № 11880 от 22 июля 1763 г. // Полное собрание законов Российской империи. Собрание первое. 1649–1825 гг. В 45 томах. Т. 16 / под ред. М.М. Сперанского. Санкт-Петербург : Тип. II Отделения Собственной Его Императорского Величества Канцелярии, 1830. 1120 с.
9. *Терёхин С.О.* Поселения немцев в России. Архитектурный феномен. Саратов : Кадр, 1999. 216 с.
10. *Терехин С.О., Фурман Н.В., Антипенко М.В.* Национально-региональные особенности архитектуры Саратовского Поволжья. Саратов : Сарат. гос. тех. ун-т, 2002. 26 [33] с.
11. *Меннониты Кеппентальского района*, области немцев Поволжья в бытовом и хозяйственном отношении. Покровск : Изд-е журнала «УнзереВиртшафт», 1923. 212 с.
12. *Паллас П.С.* Путешествие по разным провинциям Российского государства. Ч. 3. П. 2. Санкт-Петербург : Императорская академия наук, 1788. URL: <https://runivers.ru/lib/book4739/58496/> (дата обращения: 07.06.2020).
13. *Атлас проектов и чертежей сельских построек*, изданный от департамента сельского хозяйства М. Г. И. Санкт-Петербург, 1853. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_003543272/ (дата обращения: 14.02.2020).
14. *Ерина. Е.* Немцы Поволжья. Т. 1. Саратов : Издательский дом «Волга», 2020. 312 с.
15. *Ильин Б.И.* Саратов : исторический очерк. Саратов, 1952 (2016). 204 с. URL: <https://elibr.go.ru/handle/123456789/217517> (дата обращения: 19.10.2022).
16. *Записки о Саратовской губернии* 1 пол. XIX в. // Саратовский областной музей краеведения. КП (ГИК): СМК-4781.
17. *Первая всеобщая перепись населения Российской империи 1897 года*. Население империи по переписи 28-го января 1897 года по уездам. Саратовская губерния. 1904 / под ред. Н.А. Тройницкого. Санкт-Петербург : Издание Центрального статистического комитета Министерства внутренних дел, 1899–1905. 250 с.
18. *Списки населённых мест Российской империи*, составленные и издаваемые Центральным статистическим комитетом Министерства внутренних дел // Самарская губерния: по сведениям 1859 года. Санкт-Петербург : Типография К. Вульфа, 1864. 133 с.
19. *План города Саратова* и карта 102 колоний Саратовского и Золотовского округов. 1767 г. URL: https://retromap.ru/141767_51.53165,46.025761 (дата обращения: 25.03.2023).
20. *Фотография дома*, возведенного на средства казны. URL: <https://enc.rusdeutsch.ru/articles/5916> (дата обращения: 25.03.2023).
21. *О новом разделении евангелических приходов* в Саратовских колониях и о постройке в них пасторских и училищных зданий // РГИА. Ф. 821. Оп. 6. Д. 9.
22. *Деревянные сельские дома в саратовской колонии*. Планы, фасады // РГИА. Ф. 1488. Оп. 3. Д. 1039.
23. *Проект церквей в посаде Дубовка* и колонии Шафгаузен Саратовской губернии. 1842 г. // РГИА. Ф. 1488. Оп. 3. Д. 1089. Л. 2.
24. *Атлас Российской империи* по новейшему разделению на губернии и области. Санкт-Петербург, 1818. 17 с. URL: https://www.etomesto.ru/map-ukraine_atlas-1807/ (дата обращения: 25.03.2023).
25. *Переселение немцев в Россию* в XVIII и XIX веках. URL: <https://trmzk.ru/20221228-kak-ekaterina-vtoraya-inostrancami-rossiju-zaselyala.dzen> (дата обращения: 25.03.2023).
26. *Этнографическая карта Европейской России*. Санкт-Петербург, 1875. URL: https://www.etomesto.ru/map-atlas_ethnography/?ysclid=lfph14i2c3835055719 (дата обращения: 25.03.2023).

REFERENCES

1. Saratov Region. Historical sketches, memoirs, materials. Saratov, 1893. 372 p. (In Russian)
2. Saratov Scientific Archival Commission. Saratov, 1911. V. 28. 148 p. (In Russian)
3. *Solov'ev S.M.* History of Russia from the most ancient times. Moscow: Eksmo, 2006. 1024 p. (In Russian)
4. *Geraklitov A.A.* History of Saratov Region in 17–18th centuries. Saratov: Dukar, 1923. 376 p. (In Russian)
5. Description of Elton Lake and the whole salt mine. Russian Geographic Society. Section 2. List 1. No. 70. (In Russian)
6. Land allotment in Saratov for Little Russians. December 24, 1763. In: Full Collection of Laws of the Russian Empire. First Collection, 1649–1825. In 45 vol. M.M. Speranskiy, ed., V. 16. Saint-Petersburg, 1830. 1120 p. (In Russian)
7. Saratov Lake. Saratov. Mythopoetic Atlas. Saratov. Nizhny Novgorod: Union-Print, 2007. 140 p. (In Russian)
8. Manifesto "On the permission for all foreigners entering Russia to settle in what provinces they wish and the rights given to them", July 22, 1763. In: Full Collection of Laws of the Russian Empire. First Collection, 1649–1825. In 45 vol. M.M. Speranskiy, ed., V. 16. Saint-Petersburg, 1830. 1120 p. (In Russian)
9. *Teryokhin S.O.* Settlements of Germans in Russia. Architectural phenomenon. Saratov: Kadr, 1999. 216 p. (In Russian)
10. *Terekhin S.O., Furman N.V., Antipenko M.V.* National-regional features of architecture of the Saratov Volga region. Saratov: Saratov State Technical University, 2002. 26 [33] p. (In Russian)
11. Mennonites of Keppenthal District, Volga Region of Germans of the Volga Region in everyday and economic life. Pokrovsk, 1923. 212 p. (In Russian)
12. *Pallas P.S.* A travel in various provinces of the Russian State. Pt 3, Pt 2. Saint-Petersburg: Imperial Academy of Sciences, 1788. Available: <https://runivers.ru/lib/book4739/58496/> (accessed July 7, 2020). (In Russian)
13. Atlas of designs and drawings of rural constructions, Saint-Petersburg, 1853. Available: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_003543272/ (accessed February 14, 2020). (In Russian)
14. *Yerina E.* Germans of the Volga region. V. 1. Saratov, 2020. 312 p. (In Russian)
15. *Ilyin B.I.* Saratov: A historical sketch. Saratov, 1952. 204 p. Available: <https://elib.rgo.ru/handle/123456789/217517> (accessed October 19, 2022). (In Russian)
16. Notes on Saratov Province in the 19–20th centuries. Saratov Regional Museum of Local Lore. CMK-4781. (In Russian)
17. First universal population census of the Russian Empire in 1897. The population of the empire on the census of January 28, 1897 by counties. Saratov Province. 1904. N.A. Troinitsky, ed. Saint-Petersburg, 1899–1905. 250 p. (In Russian)
18. Lists of populated places of the Russian Empire made and published by the Central Statistical Committee of the Ministry of Internal Affairs. In: Samara province in 1859. Saint-Petersburg, 1864. 133 p. (In Russian)
19. Plan of the city of Saratov and map of 102 colonies of Saratov and Zolotov regions, 1767. Available: https://retromap.ru/141767_51.53165,46.025761 (accessed March 25, 2023). (In Russian)
20. Photo of the house built with the funds of treasury. Available: <https://enc.rusdeutsch.ru/articles/5916> (accessed March 25, 2023). (In Russian)
21. Russian State Historical Archive. Form 821. List 6. File 9. (In Russian)
22. Russian State Historical Archive. Form 1488. List 3. File 1039. (In Russian)
23. Russian State Historical Archive. Form 1488. List 3. File 1089. P. 2. (In Russian)
24. Atlas of the Russian Empire according to the newest division into provinces and regions. Saint-Petersburg, 1818. 17 p. Available: www.etomesto.ru/map-ukraine_atlas-1807/ (accessed March 25, 2023). (In Russian)
25. Resettlement of Germans to Russia in the 18–19th centuries. Available: <https://trmzk.ru/20221228-kak-ekaterina-vtoraya-inostrancami-rossiju-zaselyala.dzen> (accessed March 25, 2023). (In Russian)

26. Ethnographic map of European Russia. Saint-Petersburg, 1875. Available: www.etomesto.ru/map-atlas_ethnography/?ysclid=lfph14i2c3835055719 (accessed March 25, 2023). (In Russian)

Сведения об авторе

Рыбалкин Егор Витальевич, аспирант, Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77, egor.rybalkin96@mail.ru

Author Details

Egor V. Rybalkin, Research Assistant, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, 77 Politekhnikeskaya Str., 410054, Saratov, Russia, egor.rybalkin96@mail.ru

Статья поступила в редакцию 12.11.2022
Одобрена после рецензирования 16.02.2023
Принята к публикации 20.03.2023

Submitted for publication 12.11.2022
Approved after review 16.02.2023
Accepted for publication 20.03.2023

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2023. Т. 25. № 2. С. 52–64.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2023; 25 (2): 52–64.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 727.5

DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-52-64

ПЕРСПЕКТИВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОПАРКОВ С УЧЕТОМ РАЗВИТИЯ ВЕТРОИНДУСТРИИ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**Юлия Александровна Скоблицкая, Татьяна Дмитриевна Складорова,
Диана Юрьевна Демина**

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Аннотация. Статья посвящена особенностям и приемам формирования технопарков с учетом развития ветроэнергетической индустрии в Ростовской области.

Сформулированы основные аспекты градостроительного и функционально-планировочного формирования технопарков, производственной составляющей ветроэнергетических комплексов с учетом потенциала существующих населенных пунктов, логистических связей, производственных потребностей, а также экономической эффективности.

Определены и сформированы точки развития технопарков с учетом ветроиндустрии.

Цель исследования: сформулировать основные аспекты продвижения и организации технопарков, ориентированных на развитие ветроэнергетического комплекса в Ростовской области.

Научная новизна работы заключается в рассмотрении и дальнейшей разработке функционально-планировочной структуры технопарков, ориентированных на продвижение и развитие ветроэнергетического комплекса региона.

Основные результаты и выводы: в исследовании проведен анализ научной и производственной составляющей ветроэнергетического комплекса, сформированы основные функционально-планировочные аспекты интеграции IT-сферы и производственной составляющей, ориентированной на альтернативную ветроэнергетику. В этой связи выявлена возможность создания научных кластеров, способствующих повышению качества жизни и привлечению ведущих специалистов в регион.

Ключевые слова: технопарк, человек и техника, возобновляемые источники энергии, ветроиндустрия, архитектурное формирование технопарков

Для цитирования: Скоблицкая Ю.А., Складорова Т.Д., Демина Д.Ю. Перспективы формирования технопарков с учетом развития ветроиндустрии на примере городов Ростовской области // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 2. С. 52–64. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-52-64.

ORIGINAL ARTICLE

TECHNOPARK FORMATION WITH REGARD TO WIND POWER INDUSTRY

Yulia A. Skoblitskaya, Tatyana D. Sklyarova, Diana Yu. Demina

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Abstract. The article describes the formation of technology parks with regard to the wind power industry in the Rostov region. The main aspects of urban planning and functional planning are formulated for technoparks, the production component of wind power systems with consideration of existing settlements, logistics ties, production needs, and economic efficiency.

Purpose: To formulate the main aspects of promotion and organization of technology parks focused on the development of the wind power systems in the Rostov region.

Research findings: The analysis is given to the scientific and production components of the wind power industry, the main functional and planning aspects of the IT sphere, and the production component focused on the alternative wind power. In this regard, the possibility of creating scientific clusters contributing to the quality of life and attracting leading specialists to the region is identified.

Novelty: Consideration and further development of the functional and planning structure of technoparks focused on the promotion and development of the regional wind power industry.

Keywords: technology parks, man and technology, renewable energy sources, wind industries, architectural formation of technology parks

For citation: Skoblitskaya Yu.A., Sklyarova T.D., Demina D.Yu. Technopark formation with regard to wind power industry. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2023; 25 (2): 52–64. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-52-64.

Актуальность

Мировой опыт проектирования показывает, что в настоящее время в градостроительной практике идет значительная ориентация на создание нового качества среды с привлечением научного сообщества, также происходит фокусировка на развитии технологической индустрии. Это связано с повышением профессиональных навыков кадрового потенциала научных организаций, передачей знаний и технологий, повышением инвестиционной привлекательности региона. Большую роль играет средовое и функциональное качество объектов научного кластера и его открытость для горожан [1, 2]. Соответственно возникают региональные проблемы, затрагивающие городское общество (рис. 1).

Исследования выявленных проблем в инновационной сфере должны занять прочное место среди основных направлений заказов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ со стороны промышленных предприятий. Развитие исследований и разработок ориентировано на создание высокотехнологичной продукции с высоким потенциалом получения прибыли [3].

В настоящее время Ростовская область является передовым регионом в области строительства, что измеряется количеством зарубежных инвестиционных проектов, направленных на строительство ветропарков или производ-

ство комплектующих для них. В 2020 г. в регионе локализовали четверть всех ветроэнергетических проектов страны. При этом проекты еще не дошли до финальной стадии, поэтому интересен анализ текущего состояния, выявление ресурсов и мощности, что проиллюстрировано на схеме развития отрасли (рис. 2).



Рис. 1. Проблемы, обеспечивающие толчок к развитию перехода на технологическое развитие
Fig. 1. Problems providing the transition to technological development

С развитием альтернативных источников энергии формируется сеть исследовательских центров, что дает потенциал для создания технопарков, поскольку такого понятия, как технопарк, в регионе в настоящее время не существует. Основанием для архитектурного формирования технопарков является инновационная цепочка «наука – инновации – производство», представляющая собой совокупность взаимосвязанных структур, которые служат и обеспечивают инновационную работу команды [1, 4].

Технопарк выступает главным инструментом регулирования данной цепи, т. к. является связующим звеном между новыми технологиями, созданными на базе университетов и научных центров, и их коммерческой реализацией с поддержкой ветровой индустрии. Именно поэтому основной задачей архитектурного формирования технопарка становится создание не только мощного центра социальной жизни города, но и среды, способной стать инструментом формирования инновационной экономики [10].

Ростовская область имеет развитую инновационную инфраструктуру, сильные и перспективные проекты, хорошую базу подготовки специалистов, активно развивает и поддерживает IT-отрасль. В связи с этим в регионе необходима единая площадка, где будут взаимодействовать высокотехнологичный бизнес, молодые специалисты, научно-исследовательские центры и т. п.

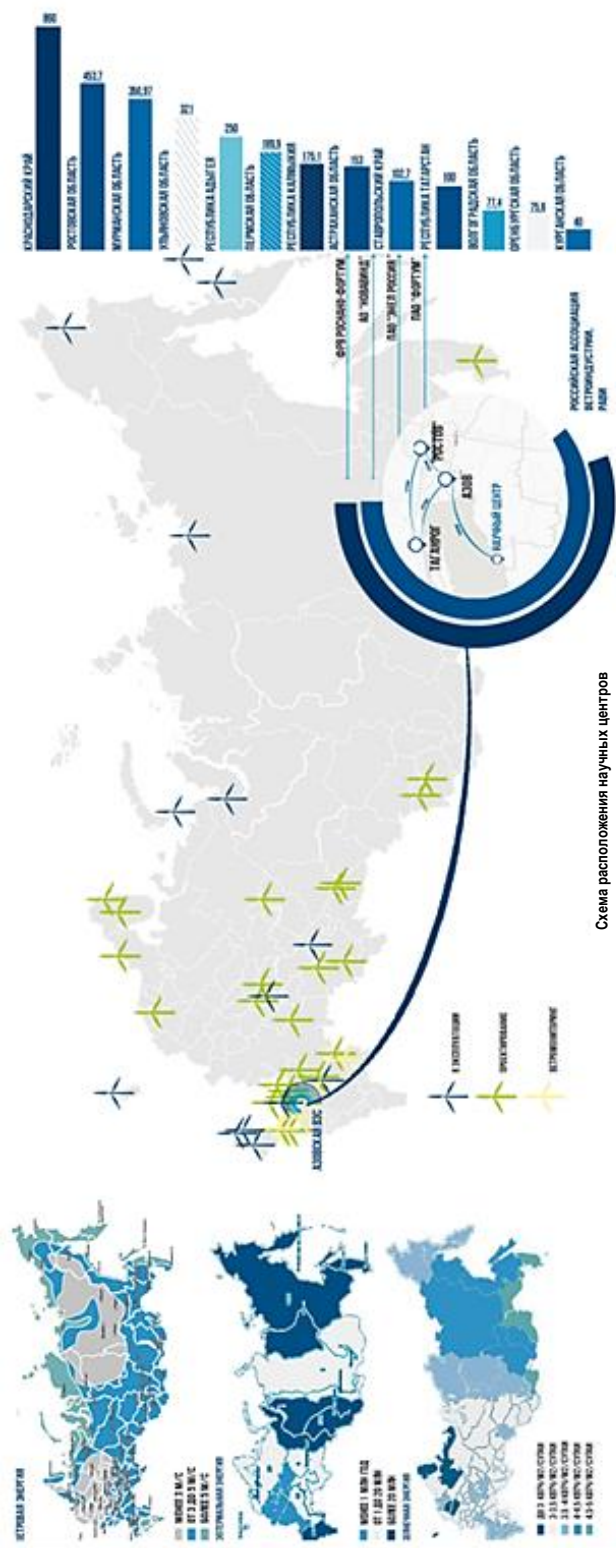


Рис. 2. Схема расположения научных центров с учетом развития альтернативных источников энергии (схема разработана на основе данных ежегодного обзора (февраль 2022 г.) Российской ассоциации ветроиндустрии)

Fig. 2. Layout of scientific centers with regard to alternative energy sources (Schematic is developed by the Russian Association of Wind Industry using annual report data, February 2022)

Стратегия социально-экономического развития Ростовской области предусматривает создание единого регионального технопарка до 2030 г. с целью объединения на одной площадке объектов инновационной инфраструктуры области.

С точки зрения развития ветроиндустрии целесообразнее размещать региональный технопарк на территориях, свободных от застройки, либо на реконструируемых территориях бывших производственных предприятий или неэффективно использованных промышленных зонах городов, создавать комплексные демонстрационно-энергетические кластеры, образовывать и убеждать в безопасности новых технологий обывателей и другие слои населения.

Необходимость изучения и обновления стратегии продиктована развитием современной ветроэнергетики (рис. 3), внедрением экологически чистых возобновляемых источников энергии и широким использованием демонстрации и мониторинга инновационных проектов. Как правило, этим занимаются технопарки [1, 5].



Вывод: Дрская ветроэнергетика в 2020–2023 году вышла на первое место среди регионов России по установленной мощности ветрогенерации

Рис. 3. Актуальность развития ветроэнергетической отрасли в Ростовской области (схема разработана на основе данных ежегодного обзора (февраль 2022 г.) Российской ассоциации ветроиндустрии)

Fig. 3. Wind energy industry development in the Rostov region (Schematic is developed by the Russian Association of Wind Industry using annual report data, February 2022)

Материалы и методы

Анализ статьи базируется на комплексном изучении проблематики использования альтернативных источников и включает: анализ литературных источников и изучение нормативных и проектных материалов по теме исследования, анализ и систематизацию концептуальных решений и реализованных проектов. Рассмотрены и выявлены аспекты архитектурного формирования технопарков, которые позволили определить наиболее характерные ступени пространственных организаций инновационной деятельности.

Результаты

Разумная пространственная организация территории, обеспечивающая баланс интересов, связанных с ее использованием, необходима людям независимо от их социального положения, возраста, пола или национальности, сферы деятельности. В качестве основы для создания технопарков с развитием ветроиндустрии на территории Ростовской области необходимо учитывать следующие аспекты ее архитектурного формирования:

- градостроительный;
- функционально-планировочный.

Градостроительные аспекты. Градостроительные аспекты составляют основу технопарков Ростовской области.

Анализируя отечественный и зарубежный опыт формирования и проектирования технопарков, можно выделить три ступени пространственной организации инновационной деятельности: технопарк – технополис – регион науки (рис. 4).



Рис. 4. Аспекты пространственной организации технопарков

Fig. 4. Spatial organization of technology parks

На основе проведенных исследований было выявлено, что на градостроительном уровне технопарк является первоначальным модулем, технополис представляет собой объединение множества технопарков, исследовательских центров, университетов на достаточно большой территории, сочетающих в себе научный и инновационный потенциал различных близлежащих городов. Регион науки – это объединение технополисов и отдельно стоящих технопарков разной направленности в масштабах целого региона или страны [11].

Концепция территориального развития Ростовской области предполагает создание технопарков в крупных и крупнейших городах региона, таких как

Азов, Таганрог и Ростов. С учетом потенциала Ростовской области, ее отдельных городов возможна организация инновационной среды в масштабе технополиса с центром в городе, являющемся самым крупным в регионе и административным центром области, – Ростове-на-Дону.

Развитие ветроэнергетики благоприятно сказалось на регионе с точки зрения географических особенностей и экономической эффективности (рис. 5). Одним из наиболее приоритетных вариантов размещения представляется создание энергетической зоны на заброшенной территории города «Азов Сити».

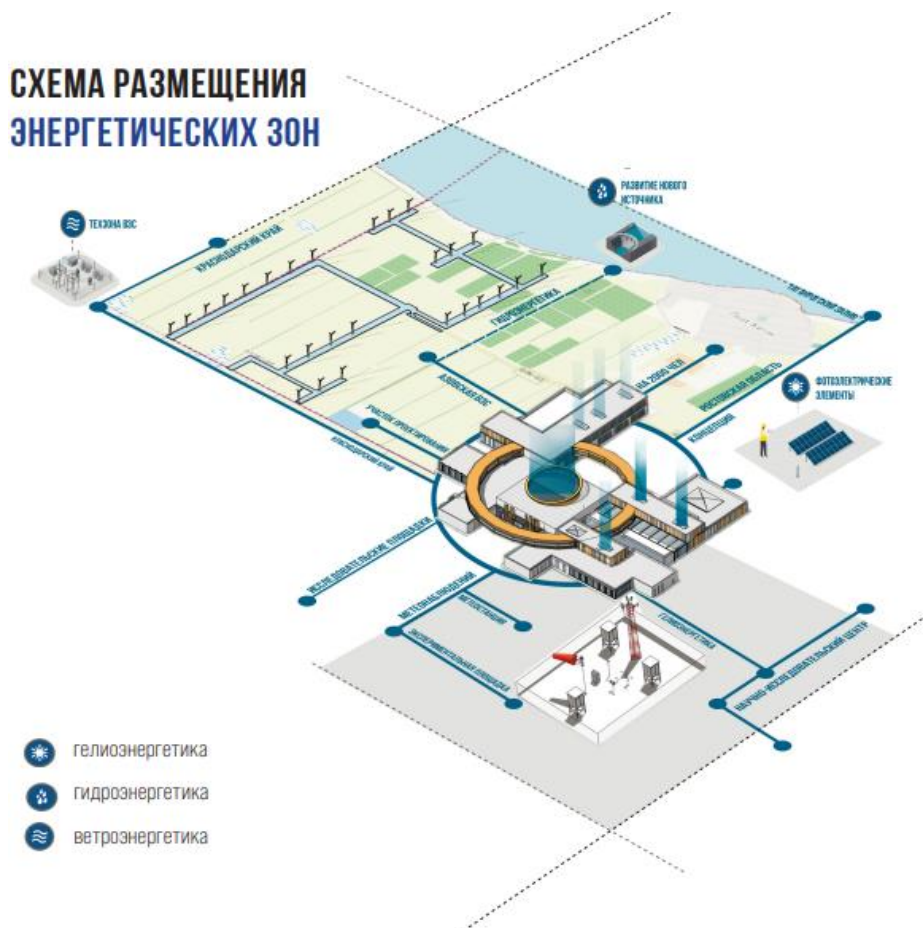


Рис. 5. Концепция развития технопарка по изучению альтернативных источников энергии
Fig. 5. Technopark concept for the study of alternative energy sources

Развитие энергетической части Азова на сегодняшний день является актуальной проблемой, имеющей все шансы по развитию альтернативных источников энергии. Участок расположен в Ростовской области Азовского района Маргаритовского поселения на побережье Таганрогского залива, западнее села Порт-Катон, приближен к Таганрогу, где ведется активное развитие IT-технологий, имеет особое географическое положение с выходом к морю.

В настоящее время территория используется не вполне эффективно с точки зрения градостроительных принципов, создание прилегающей энергетической зоны потребует комплексного развития промышленной зоны, а также реконструкции прибрежных территорий и инфраструктур близлежащих поселений, планировочная структура которых устарела морально и нуждаются в обновлении с последующей разработкой благоустройства. Концепция развития технопарка – наиболее подходящая перспектива для решения комплексного освоения территории. Центр по изучению альтернативных источников энергии – основа для развития инновационной цепочки (рис. 5).

Другим объектом инноваций в градостроительном аспекте является развитая сеть инфраструктуры г. Таганрога, что положительно влияет на экономическую выгоду населения, но отрицательно с точки зрения градостроительства. Предполагается создание единичного технопарка на периферийной части города. Это позволит объединить IT-компании на единой площадке (рис. 6), а также наладить транспортную связь с главным городом области – Ростовом-на-Дону. Согласно предложенной концепции, в Таганроге предлагается создать технопарк, где главную роль на себя берут крупнейшие IT-компании и центр обработки данных.

Схема размещения крупных IT-компаний
М 1:30000

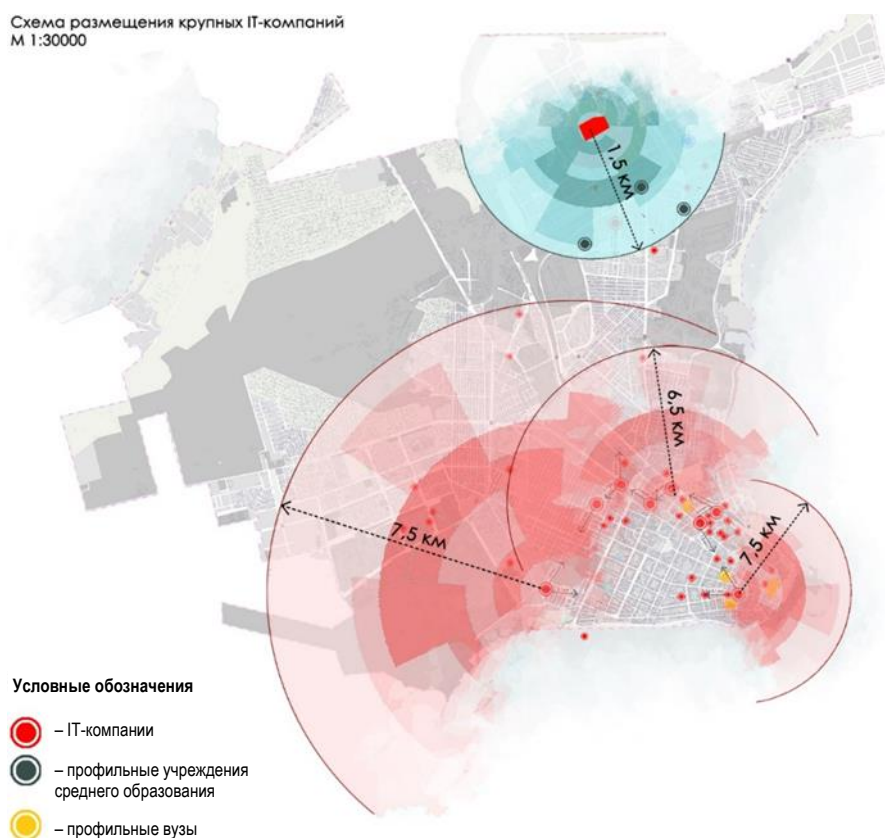


Рис. 6. Схема размещения крупных IT- компаний в Таганроге
Fig. 6. Layout of large IT-companies in Taganrog

Таганрог выгоден для размещения энергетической зоны благодаря географическому положению с выходом к морю, благоприятным климатическим условиям и инфраструктуре. В связи с растущим потенциалом города резервных площадей становится все меньше, поэтому интеграция ветрогенераторов в архитектурную среду является весьма перспективным направлением для города с дефицитом свободных территорий [6, 9].

Функционально-планировочные аспекты. Функционально-планировочные аспекты формирования технопарков в Ростовской области тесно связаны с градостроительными.

Согласно предложенной концепции, главным функциональным блоком технопарка в Таганроге является ИТ-центр. Помимо этого, предусматриваются дополнительные функции, такие как ИТ-парк, образовательный кластер, жилой блок, различные площадки для проведения форумов и демонстрации ветроэнергетики как ключевого источника энергии в регионе. Концептуальная модель такого технопарка представлена на рис. 7. Периферийное расположение технопарка предусматривает также возможность перспективного развития его территории с учетом изучения альтернативных источников энергии.

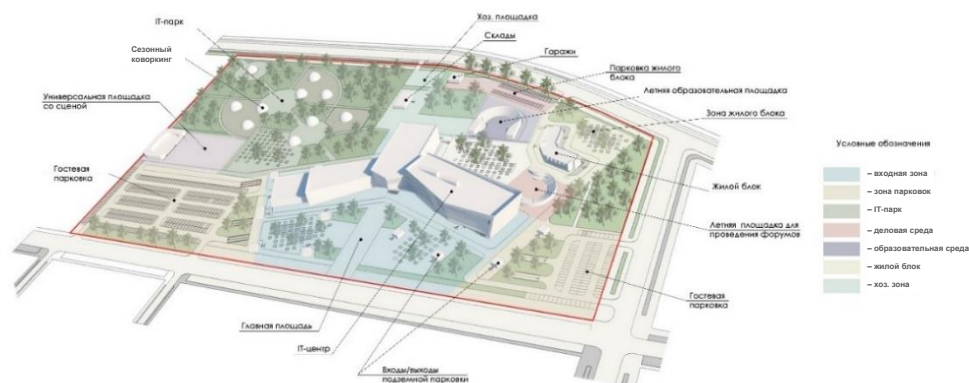


Рис. 7. Концепция создания технопарка в Таганроге

Fig. 7. Technopark concept in Taganrog

Среди городов Ростовской области Ростов-на-Дону является наиболее приемлемым для размещения главного центра инновационной деятельности с точки зрения градостроительного анализа региона. Город имеет примерно равноудаленное положение относительно Таганрога и Азова, где также сосредоточено большое количество ИТ-компаний, научных центров, профильных вузов, к Ростову сходятся все главные региональные магистрали, и ближе всего расположен главный аэропорт области. Все это в значительной мере упростит взаимодействие и увеличит приток специалистов других областей со всей России.

Следует отметить, что в городе присутствует проблема разрозненности высокотехнологичного бизнеса аналогично Таганрогу (рис. 8). Решением данной проблемы является объединение инновационного и научного потенциала, развиваемого ветровой индустрией, в единый технополис, центром которого станет главный региональный технопарк [7, 8].

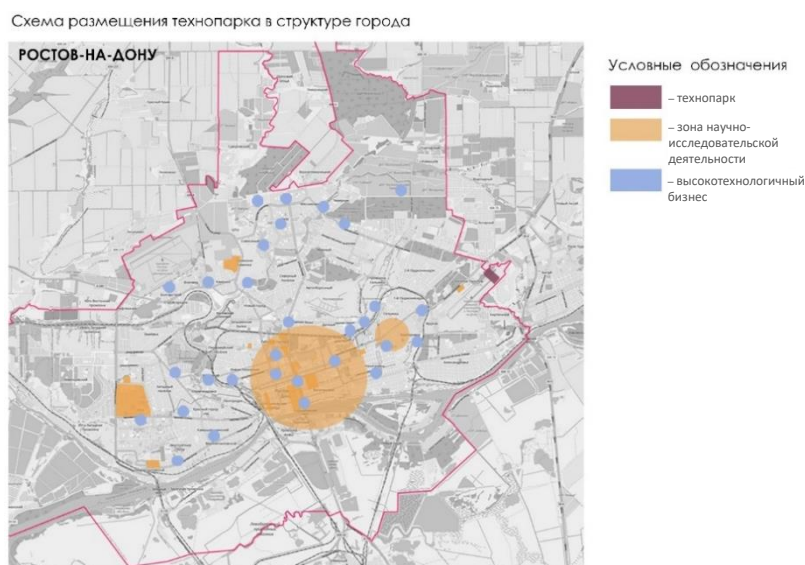


Рис. 8. Схема размещения зон инновационной деятельности в Ростове-на-Дону
Fig. 8. Layout of innovation activity zones in Rostov-on-Don

Создание регионального технопарка представляет собой наиболее расширенные функциональные блоки. Здесь будут размещены: бизнес-центр, IT-центр, научно-исследовательские лаборатории, корпуса научных сотрудников и производственные корпуса (рис. 9).

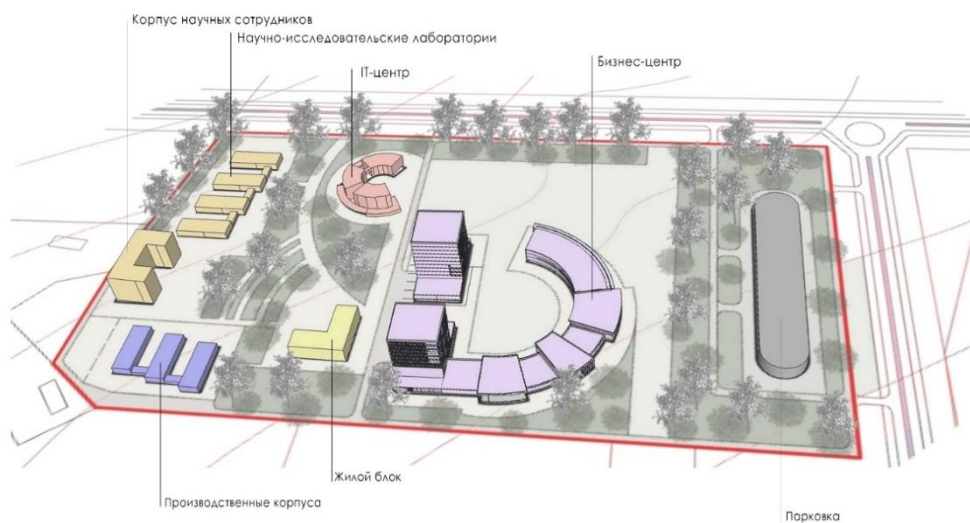


Рис. 9. Концепция создания регионального технопарка в Ростове-на-Дону
Fig. 9. Regional technopark concept in Rostov-on-Don

Таким образом, согласно предложенной концепции, развитие крупнейшего регионального технопарка предполагается в Ростове-на-Дону вполне обоснованно.

ванно. С точки зрения градостроительства это обусловлено тем, что в инновационной экономике значительное место занимает логистика, прогресс ветровой индустрии, доступность технополиса и его составляющих: технопарков, университетов, научных центров и т. д. Значимую роль играет территориальное размещение, близость региональных, междугородних магистралей и международных аэропортов. Основная цель – не допустить хаотичного развития, а сформировать сеть технологического ядра Ростовской области.

Выводы

Ростовская область обладает значительной возможностью инновационного развития, благодаря богатому ветровому потенциалу региона реализуется крупнейшая региональная инвестиционная программа, также в регионе расположен один из передовых IT-кластеров. При этом существует ряд градостроительных проблем, основная из которых заключается в необходимости обновления проектной документации, связанной с комплексным освоением и пространственной организацией территорий. Решением проблемы в области инновационного развития территорий может стать создание технополиса и технопарков – в Таганроге и Ростове-на-Дону.

В настоящее время наиболее перспективным решением IT-сферы, а также сферы ветроэнергетического комплекса является реализация технопарков, что позволит привлечь в регион ведущих специалистов из рассматриваемых областей, создать новые рабочие места как на предприятиях, так и на производственных и обслуживающих объектах, а также в значительной степени позволит решить ряд проблем развития ветроэнергетики в регионе.

В городах меньшего размера, где имеются значительные «открытые» территории с точки зрения беспрепятственного движения воздушных масс, возможно размещение не только технопарка, но и производственной составляющей ветроэнергетики, которая может располагаться в периферийной зоне. В городах и мегаполисах акцент должен быть сделан на интеграции ветряных устройств в архитектуру взамен размещения производственной составляющей.

Ветроэнергетическая отрасль позволяет повысить уровень технологического развития и ускорить процесс внедрения энергоэффективной архитектуры.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дианова-Клокова И.В., Метаньев Д.А. К вопросу об устойчивом развитии инновационных научно-производственных комплексов. *ACADEMIA // Архитектура и строительство России*. 2014. № 3. С. 15–28.
2. Дианова-Клокова И.В., Метаньев Д.А., Хрусталева Д.А. Архитектурные решения инновационных научно-производственных комплексов. Обзор мировой практики. Москва, 2012. 365 с. ISBN 978-5-9710-0503-2.
3. Дианова-Клокова И.В., Метаньев Д.А. Устойчивая архитектура и пространство инноваций // *Архитектура и строительство России*. 2015. Т. 7. № 211. С. 17–20.
4. Германович В., Турилин А. Альтернативные источники энергии и энергосбережение. Практические конструкции. Глава 1. Используем энергию ветра для выработки электроэнергии. Санкт-Петербург : Наука и техника, 2011. С. 17–18.
5. Удалов С.Н. Возобновляемые источники энергии. Глава 1. Используем энергию ветра для выработки электроэнергии. Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016. С. 12–13.

6. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. 2-е изд. стер. Москва : КНОРУС, 2012. 229 с.
7. Кыргызбай А.А., Байтенов Э.М. Особенности архитектуры инновационных научных центров // Вестник КазГАСА. 2020. № 1. С. 78–83.
8. Авдолов А.Н., Кулькин А.М. Научные и технологические парки, технополисы и регионы науки. Москва : ИНИОН РАН, 2005. 148 с.
9. Кулешова Г.И. Градостроительные условия и функциональные параметры формирования городов – инновационных центров // Муниципальная экономика. 2015. № 3 (63). С. 89–94.
10. Кулешова Г.И. Территории инноваций: технопарки – технополисы – регионы науки. Москва : Научный мир, 2019. 366 с.
11. Кулешова Г.И. Технополисы в системе территориально-пространственной организации научно-инновационной деятельности // Градостроительство. 2015. № 3 (37). С. 20–35.

REFERENCES

1. Dianova-Klokov I.V., Metaniev D.A. Sustainable development of innovative research and production complexes. *ACADEMIA. Arkhitektura i stroitel'stvo Rossii*. 2014; (3): 15–28. (In Russian)
2. Dianova-Klokov I.V., Metan'ev D.A., Khrustalev D.A. Architectural solutions for innovative research and production complexes. Review of world practice. Moscow. 2012. Pp. 5–7. (In Russian)
3. Dianova-Klokov I.V., Metaniev D.A. Sustainable architecture and innovation space. *Arkhitektura i stroitel'stvo Rossii*. 2015; 7 (211): 17–20. (In Russian)
4. Germanovich V., Turilin A. Alternative energy sources and energy saving practical designs. Pt 1. Using wind energy to generate electricity. 2011. Pp. 17–18. (In Russian)
5. Udalov S.N. Renewable energy sources. Pt 1. Using wind energy to generate electricity. 2016. Pp. 12–13. (In Russian)
6. Sibikin Yu.D., Sibikin M.D. Non-traditional and renewable energy sources, 2nd ed., Moscow: Knorus, 2012. 229 p. (In Russian)
7. Kyrgyzbay A.A. Architecture of innovative research centers. *Vestnik KazGASA*. 2020; (1): 78–83. (In Russian)
8. Avdulov A.N., Kulkin A.M. Science and technology parks, technopolises and regions of science. Moscow, 2005. 148 p. (In Russian)
9. Kuleshova G.I. Urban planning conditions and functional parameters of the formation of cities – innovation centers. *Munitsipal'naya ekonomika*. 2015; 3 (63): 89–94. (In Russian)
10. Kuleshova G.I. Territories of innovations: technoparks – technopolises – regions of science. Moscow: Nauchnyi mir, 2019. 366 p. (In Russian)
11. Kuleshova G.I. Technoparks in the system of territorial organization of scientific and innovative activities. *Town-planning*. 2015; 3 (37): 20–35. (In Russian)

Сведения об авторах

Скоблицкая Юлия Александровна, канд. архитектуры, Южный федеральный университет, 344082, г. Ростов-на-Дону, пр. Будёновский, 39, yskoblickaya@sfedu.ru

Склярова Татьяна Дмитриевна, магистрант, Южный федеральный университет, 344082, г. Ростов-на-Дону, пр. Будёновский, 39, tanya.baibakova@mail.ru

Демина Диана Юрьевна, магистрант, Южный федеральный университет, 344082, г. Ростов-на-Дону, пр. Будёновский, 39, diandemina@sfedu.ru

Authors Details

Yulia A. Skoblitskaya, PhD, Southern Federal University, 105/42, Bolshaya Sadovaya Str., 344006, Rostov-on-Don, Russia, yskoblickaya@sfedu.ru

Tatyana D. Sklyarova, Graduate Student, Southern Federal University, 105/42, Bolshaya Sadovaya Str., 344006, Rostov-on-Don, Russia, tanya.baibakova@mail.ru

Diana Yu. Demina, Graduate Student, Southern Federal University, 105/42, Bolshaya Sadovaya Str., 344006, Rostov-on-Don, Russia, diandemina@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 03.10.2022
Одобрена после рецензирования 05.12.2022
Принята к публикации 20.03.2023

Submitted for publication 03.10.2022
Approved after review 05.12.2022
Accepted for publication 20.03.2023

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2023. Т. 25. № 2. С. 65–74.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2023; 25 (2): 65–74.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 725

DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-65-74

ДИНАМИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЦЕНТРОВ

Светлана Валерьевна Ильвицкая, Андрей Вячеславович Комиссаров
Государственный университет по землеустройству, г. Москва, Россия

Аннотация. Проведен подробный анализ существующих проблем и тенденций, связанных с архитектурной ситуацией в общественных центрах средних и малых городов России.

Актуальность обуславливается необходимостью наличия адаптивности общественных объектов и возможности их перепрофилирования в условиях стремительного развития городских центров и приспособления к меняющимся потребностям населения.

Цель исследования – выделение основных особенностей и преимуществ указанного направления, а также формулирование вариантов возможности внедрения новых технологий и методов проектирования применительно к разработке современных многофункциональных общественных центров.

Был использован *междисциплинарный метод анализа* мировой архитектурной практики.

Основные результаты исследования представлены в виде возможных способов внедрения современных, новаторских проектных решений, основанных на мировом и отечественном опыте, ранее с успехом апробированных и применённых в выполненных проектах и даже построенных зданиях.

Выводы проведенного исследования даны в виде обобщенных направлений формирования общественных центров с использованием в них концепции динамической архитектуры.

Ключевые слова: динамическая архитектура, многофункциональность, общественный центр, адаптивная архитектура, адаптивное пространство

Для цитирования: Ильвицкая С.В., Комиссаров А.В. Динамическая архитектура многофункциональных общественных центров // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 2. С. 65–74. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-65-74.

ORIGINAL ARTICLE

DYNAMIC ARCHITECTURE OF MULTIFUNCTIONAL COMMUNITY CENTERS

Svetlana V. Il'vitskaya, Andrei V. Komissarov
State University of Land Use Planning, Moscow, Russia

Abstract. Purpose: The aim of this paper is to highlight the main advantages of adaptability of community centers in the conditions of their rapid development to the needs of the population.

Methodology: The interdisciplinary analysis of the global architectural practice concerning the architectural situation in the community centres of cities and towns of our country.

Research findings: The main findings are presented as possible ways of implementing modern, innovative design solutions based on the Russian and global experience, previously successfully tested and applied in the completed projects and constructed buildings.

Originality: Generalized directions of the community centre formation are proposed using the dynamic architecture concept.

Keywords: dynamic architecture, multifunctionality, community center, architecture

For citation: Il'vitskaya S.V., Komissarov A.V. Dynamic architecture of multifunctional community centers. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2023; 25 (2): 65–74. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-65-74.

Введение

Динамическая, или, иначе, кинетическая, архитектура – довольно новое, но стремительно развивающееся направление в архитектуре и дизайне интерьеров. Методы и способы проектирования здания основаны на конструктивно обусловленной возможности фрагментов сооружения смещаться относительно друг друга и других, неподвижных его частей. Потенциал направления безграничен. Применение методов динамической архитектуры многократно усиливает восприятие формы объекта. Кроме того, возможность динамической трансформации как общей структуры здания, так и фасадов или их фрагментов расширяет функционал, особенно в сравнении со статичными строениями.

В современном стремительном ритме городов тема «динамической архитектуры» особенно актуальна тем, что общественные здания и пространства должны отвечать на широкий спектр новых потребностей людей – быть «гибкими» и одновременно экологически «устойчивыми» к изменениям окружающей среды и снижать возможное негативное влияние на неё. Здания, даже гармонично спроектированные и качественно построенные, в течение долгого периода эксплуатации морально и функционально устаревают. Постоянно возникает вопрос адаптации в соответствии с изменившимися условиями, возникшими новыми потребностями. Для решения подобного рода задач архитектурное пространство необходимо наделить новыми качествами, такими как динамичность, или кинетичность.

Хотя динамическая архитектура имеет многовековую историю, например разводные мосты средневековых замков, широкое использование ее приемов на практике стало возможным в XX в. и продолжает расти и в наши дни. Эта возможность обусловлена современными достижениями технологий компьютерного проектирования. Внедрению новейших алгоритмов смежных наук способствует тенденция к сближению архитектуры с другими областями наук, прежде всего, с социологией, климатологией, биологией, технологией, физикой, химией, и математикой.

Таким образом, обосновывается еще одна потребность в динамической архитектуре – адаптивность к новым условиям. Дело в том, что традиционная «статическая» архитектура не всегда способна обеспечить возрастающие с каждым годом требования к зданиям. И на смену им в скором будущем долж-

ны прийти относительно подвижные, «эволюционные» трансформируемые системы, готовые адаптироваться, в свою очередь, к современным меняющимся условиям. Актуальность исследований по этой теме тесно связана с глобальными изменениями в климате, ростом и уплотнением застройки, социальной вариативностью и движениями изменений. Недостаточная изученность организации архитектурных объектов с изменяемым внутренним и внешним контуром определенно заслуживает внимания, задерживает развитие и распространение данных технологий в широком, повсеместном применении.

Материалы и методы

Основанием для представленных научных положений послужили исследования мировой практики проектирования и строительства объектов подобного типа, включающих зарубежную и отечественную практику, а также изучение и анализ теоретических исследований другой литературы.

Последовательность работы представляет собой переход от рассмотрения совокупных функциональных и технологических аспектов к более частным: территориальной организации и архитектурному облику многофункциональных объектов.

Среди методов основными можно назвать: обобщение эмпирических и теоретических знаний о динамической архитектуре и многофункциональных общественных центрах, изучение теоретической базы – ознакомление и изучение монографий, книг, актуальных научных статей, исследований и достижений в области науки и техники, норм и правил проектирования общественных объектов схожего типа; синтез новых, на основе существующих, архитектурных, ландшафтных и градостроительных приемов, а также экспериментальное проектирование и оценка полученных данных на примере архитектурного объекта.

За последние десятилетия популярность многофункциональных общественных центров становится все больше, при этом уровень и качество объектов растут пропорционально.

Значительное влияние на архитектуру современных многофункциональных общественных зданий оказали произведения известных зарубежных и отечественных деятелей архитектуры и работы зарубежных и отечественных исследователей: Ле Корбюзье [1], Ч. Дженкс [2], П. Уокер, Х. Ян, О. Нимейер [3], К.С. Мельников [4], Сантьяго Калатрава, Дэвид Фишер, Норман Фостер и др.

На развитие отечественной архитектурной теории многофункциональных комплексов большое влияние оказали научные работы ученых и архитекторов, в их числе С.А. Колесников по вопросам, касающимся архитектурной типологии высокоурбанизированных многофункциональных узлов городской структуры. Многие проблемы мультифункциональных пространств больших общественных комплексов были исследованы А.В. Боковым [5], А.Л. Гельфонд [6], А.А. Асадовым.

В работах этих и других профессионалов содержится глубокий и системный анализ вопросов, связанных с техническими и гуманитарными науками, формированием многофункциональных общественных комплексов, градостроительством, функциональностью и т. д.

Вопросам динамической архитектуры посвятили свои теоретические труды авторы: Н.А. Сапрыкина [7], Э. Нойферт [8], С.Б. Поморов, С.В. Ильвицкая [9, 10, 11], М.Ю. Лимонад, Е.С. Гагарина [12], Д.А. Хомяков [13] и др.

Отдельное перспективное направление, входящее в состав параметрического проектирования, – это динамическая архитектура. Динамика – характеристика, которая обсуждается и особенно часто отмечается при анализе работ всемирно известного архитектора Захи Хадид её уникальными непрерывными метаморфозами и плавными трансформациями архитектурных форм и объёмов. По описаниям коллеги и продолжателя ее идей П. Шумахера, одного из изобретателей и популяризаторов термина «параметризм» и нового взгляда на взаимодействие архитектурных объёмов и функций, динамичность изначально присуща архитектурным формам параметризма. Как новый взгляд на динамическую архитектуру можно рассмотреть прогностическую модель развития города будущего, предложенную Э. Хайманом, – отечественным архитектором-дизайнером, одним из основателей концепции «эластичного города» и исследовательского и образовательного проекта параметрической динамической архитектуры «Точка ветвления». Существенно меняют восприятие мира рассматриваемые изменения технологий, структур, материалов, возможность стремительных изменений, слияния природы и техники. Эластичный город – это интерактивная урбанистическая структура, в которой человек становится городским фермером, позволяющая жителю напрямую изменять окружающую его среду.

На наш взгляд, архитектор может достичь этой цели с помощью направления динамическая архитектура. Динамика архитектурной среды связана с действительными изменениями зданий и сооружений как ответная реакция на изменения параметров окружающей среды и переключениями между различными режимами функционирования объекта. Стремление человеческого общества гармонично встроиться в естественное природное окружение, рационально задействовать альтернативные, возобновляемые источники энергии, учет сезонных, недельных, суточных преобразований в функционировании объектов побудили архитекторов взглянуть под другим углом на привычные составные части зданий и сооружений: стены, кровли, окна, двери, перекрытия.

Ярким примером «зеленой» динамической архитектуры могут служить постройки известного архитектора из Италии Стефано Боэри, прославившегося на весь архитектурный мир своим «вертикальным лесом» – зданиями, которые во всю высоту украшены зелеными насаждениями. В 2021 г. в Эйндховене завершилось строительство его очередного проекта – башен социального жилья Trudo Vertical Forest. В здании общей высотой около 70 м была предусмотрена высадка более 10 тыс. различных растений на многочисленных выступающих балконах, которые расположены в шахматном порядке. Этот первый «вертикальный лес» имеет все возможности стать настоящей достопримечательностью в Нидерландах.

Результаты исследования

На основе анализа многочисленных примеров среди основных преимуществ динамической архитектуры можно выделить следующие:

1. При эксплуатации здания, в том числе в сложных и экстремальных обстоятельствах, в нем формируются комфортные условия.

2. Негативное влияние факторов окружающей среды, особенно природно-климатических, заметно снижается.

3. При использовании динамических или даже имитирующих динамику элементов фасада здание приобретает новую выразительность и уникальность.

4. Поддержка связи и взаимопроникновение интерьера и экстерьера.

5. Расширяется возможность использования возобновляемых источников энергии.

Одна из важных задач – это соблюдение архитектором баланса экологии объекта и повышение уровня качества жизни человека, а также стремление создать эстетическую среду, обеспечивающую высокий уровень жизни человека, не оказывая при этом негативного влияния на окружающую природу [14].

Увеличение концентрации населения в городах предполагает рост потребности не только в жилых и промышленных зонах. Все большее значение для комфортного пребывания людей в городской среде приобретают общественно-деловые зоны, зоны, предназначенные для размещения объектов здравоохранения, образовательных учреждений различного уровня образования, в том числе дополнительного и высшего профессионального образования, других учреждений просвещения и культуры, торговли, общественного питания, бытового обслуживания, коммерческой деятельности, а также административных, научно-исследовательских учреждений, центров общественной, деловой и финансовой активности, в том числе предоставляющих государственные услуги. Архитектурные и инженерные решения, применяемые при проектировании данных зданий и комплексов, должны объединять в себе эстетическую, экономическую и экологическую составляющие [15].

Динамическая архитектура снижает риски антропогенной нагрузки на экосреду города т. к. внедрена в понятие устойчивой архитектуры.

Современные нормы проектирования и строительства, как отечественные, так и зарубежные, перекликаются с принципами устойчивой архитектуры и проектом «Здоровые города». Это международный проект, осуществляемый при поддержке Европейского регионального бюро Всемирной организации здравоохранения, в котором уже более 20 лет участвуют российские города. Здоровый город – это город равных возможностей, с благоприятной и поддерживающей средой, отвечающий ожиданиям и потребностям всех жителей. Неотъемлемыми признаками здорового города, при которых обеспечивается его функционирование и эксплуатация, являются:

– чистота и безопасность городской среды, стабильность и безопасность систем жизнеобеспечения;

– современная экономика, которая сможет обеспечить базовые потребности жителей;

– хорошо развитые общественные структуры, способные поддерживать и улучшать социальное здоровье общества и поддерживать у горожан существующее стремление к улучшению жизни и здоровья в целом;

– создание условий для всестороннего развития молодого и зрелого поколения: проведения спортивных, культурно-просветительских и других массовых мероприятий;

– обеспечение здоровья как важнейшего элемента общественной политики, создание условий для здорового образа жизни людей всех возрастных категорий. Доступность лечения и реабилитации должна быть приоритетом.

Обеспечение выполнения вышеперечисленных условий невозможно без увязки с элементами устойчивой архитектуры. В данном случае перечисленные понятия дополняют друг друга, имея при этом разные грани восприятия.

Далее представлено несколько особо значимых принципов формирования объектов, соответствующих понятиям устойчивой архитектуры, применительно в том числе и к общественным зданиям:

– применение наиболее благоприятного сочетания и соотношения стабильного и изменяемого факторов в проектировании объектов для достижения устойчивого результата;

– нахождение необходимого баланса социальных, экологических, экономических, объемно-планировочных и территориально-пространственных факторов при проектировании дальнейшего развития населенных пунктов;

– адекватная адаптация и приспособление к имеющимся историческим, климатическим, природным и особенно техногенным факторам и вызовам;

– пространственное, архитектурное и алгоритмическое моделирование и проектирование здания, опирающиеся на его технологические процессы и жизненный цикл;

– физический и психоэмоциональный комфорт в зданиях, достигаемый благодаря совершенным функциональным, эстетическим и микроклиматическим параметрам.

Все эти принципы можно реализовать, выбрав в качестве одного инструмента динамическую архитектуру, поскольку благодаря своим возможностям она может повысить уровень функциональности и энергоэффективности объекта и сделать архитектуру здания привлекательной.

Для следования стратегиям, направленным на повышение эффективности зданий, в мире используется несколько систем «зеленой» сертификации (LEED, BREEAM и DGNB) [16]:

– улучшение качества проектирования и компоновки экстерьера и интерьера зданий и помещений;

– рациональное использование природных ресурсов;

– экономия всех видов энергии;

– применение возобновляемых источников энергии;

– экономия и использование возможности преобразования и возобновления водных ресурсов;

– повсеместное сокращение выбросов CO₂.

Помимо этого, существует еще один немаловажный аспект – влияние архитектурного облика на психофизиологическое состояние живых организмов, т. е. людей, проживающих в городах. На протяжении всей истории человечества отмечалось, что архитектурные объекты могут как способствовать гармоничному развитию цивилизованного общества, так и создавать противоестественную, подавляющую среду. Видеоэкология – наука, которая призвана изучать влияние на человека визуального пространства, в том числе архитектуры. Природная среда обеспечивает нас достаточным количеством разнообразия

разных и трансформируемых элементов для правильного функционирования зрения и формирования психоэмоционального фона. В городах же существует особо высокая опасность возникновения гомогенных и агрессивных полей, вредно влияющих на человека.

Гомогенными полями называются огромные плоскости и массивы, образованные искусственными сооружениями. Человеческому глазу сложно найти акцент и опору, мозгу недостает информации, что приводит к нарушениям со стороны зрительной и нервной системы.

Агрессивные визуальные поля – это плоскости и пространства, состоящие из множества однотипных элементов, равномерно рассредоточенных на поверхности. Это могут быть окна, плитка, рейки или сетки. Многоэтажный жилой дом с большим количеством одинаковых окон как раз и образует агрессивное визуальное поле, человеческому глазу трудно выбрать, на какое окно он смотрит, т. к. все они совершенно одинаковые. Это перегружает зрение и мозг, которому приходится обрабатывать большое количество однотипной информации, что может привести к выраженному дискомфорту и даже психическим и психологическим расстройствам.

Приемы динамической архитектуры могут стать реальными методами решения проблем, которые ставит перед архитекторами городов видеоэкология. Эстетика и технологичность ее приемов отвечают запросу на внесение разнообразия, зрительного и эмоционального комфорта в архитектуру жилых, а особенно общественных зданий.

Выявление и синтез новых технологических и инновационных решений не прекращаются в современной архитектуре. Процессы, в основе которых содержатся повсеместные и всесторонние структурные изменения в культуре потребления человека, связаны с наступлением цифровой информационной эры, приходящей на смену постиндустриальному обществу.

Расширение новых возможностей динамической архитектуры ускоряется в современном мире благодаря развитию инновационных технологий проектирования и строительства. Среди основных признаков новой динамической архитектуры можно выделить следующие:

- архитектура высоких технологий, применение новейших конструктивных элементов, технологий и материалов;
- широкое развитие приемов энергоэффективности совместно с динамическими элементами в строительстве и эксплуатации;
- применение систем автоматизации в инженерных и конструктивных процессах, динамических процессах, применение систем типа «умный дом»;
- динамические элементы как составляющие биоклиматической архитектуры.

Таким образом, современная основа понятия динамической архитектуры заключается в её технологических и эстетических решениях, которые являются частью и ускоряют процессы формирования устойчивой архитектуры. В качестве общего признака среди представленных направлений можно выделить стремление к уменьшению использования материальных и энергетических ресурсов, все они повышают комфорт здания для человека, совершенствуют технологии возведения и эксплуатации, снижают объем вредных выбросов, улучшая экологию [17].

Динамическая архитектура является инструментом устойчивой архитектуры и активно способствует развитию как самой архитектуры, так и различных её направлений:

– Одной из главных особенностей является адаптация к новым, например, суточным климатическим условиям с возможностью включения каждого отдельного элемента объекта в общую информационную структуру умного здания или комплекса и способность реагировать на внешние климатические изменения, в том числе в автоматическом режиме.

– Вторая особенность заключается в одном из возможных предназначений – эксплуатации в сложных и непостоянных природных климатических условиях. Изменяемая динамическая оболочка может нивелировать воздействие внешних природных воздействий на объект, тем самым делая его комфортнее в не самых благоприятных для этого условиях.

– Динамическая архитектура способна обеспечить подходящие условия для применения передовых технологий и материалов в строительстве. Это позволит уменьшить объем потребления невозобновляемых ресурсов, снизив тем самым количество выбросов вредных веществ в атмосферу, и добиться безопасности и экономической эффективности.

Выводы

Согласно основным мировым тенденциям развития динамической архитектуры, выявлены и сформулированы главные способы внедрения динамических элементов в многофункциональные общественные центры:

– интеграция динамических подвижных фасадных элементов и конструкций, способствующих регулированию и достижению оптимальной инсоляции и температурного режима внутри здания;

– организация особых динамических пространств с возможностью объединения или разделения единого объема на несколько отдельных помещений, способных обеспечить быструю адаптацию к поставленным задачам;

– использование подвижных элементов ограждающих конструкций с целью установления тесной взаимосвязи интерьера и экстерьера.

Развитие многофункциональных общественных центров в городах России является на сегодняшний день важной и актуальной задачей. Объекты данного типа постепенно включаются в социальную жизнь людей и обретают популярность у молодежи. Динамическая архитектура может поспособствовать этому процессу как в новых, так и в давно существующих районах, обеспечивая качественное улучшение архитектурной среды и функциональные характеристики объекта, снизит негативное влияние на экологию, создав тем самым все предпосылки к дальнейшему устойчивому экологическому становлению городских центров. Однако необходимо очень внимательно подходить к каждому конкретному проекту, учитывая при проектировании все возможные особенности: климатические, градостроительные, архитектурные, правовые, исторические и др.

Таким образом, в статье выявлены ключевые особенности развития динамической архитектуры, раскрыта целесообразность её внедрения и применения в многофункциональных общественных центрах в городах России.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Ле Корбюзье*. Архитектура XX века / пер. с франц. В.Н. Зайцева ; под ред. К.Т. Топуридзе. Москва : Прогресс, 1977. 303 с.
2. *Дженкс Ч.* Язык архитектуры постмодернизма // пер. с англ. А.В. Рябушина, М.В. Уваровой ; под ред. А.В. Рябушина, В.Л. Хайта. Москва : Стройиздат, 1985. 136 с.
3. *Нимейер О.* Великие архитекторы. Том XXI / Н. Геташвили, 2015. 70 с.
4. *Архитектор Константин Мельников*. Павильоны, гаражи, клубы и жилье советской эпохи // Коллекция музея архитектуры им. А.В. Щусева. Том 4. 2015. 192 с.
5. *Графика 1968–2018*. Архитектор Андрей Боков. Москва : Tatlin, 2018. 200 с.
6. *Гельфонд А.Л.* Архитектурное проектирование общественных зданий и сооружений. Москва : Архитектура-С, 2006. 280 с.
7. *Сапрыкина Н.А.* Основы динамического формообразования в архитектуре. 3-е изд. доп. и перераб. Москва : КУРС, 2021. 384 с.
8. *Нойферт Э.* Строительное проектирование. Москва : Стройиздат, 1991. 392 с.
9. *Ильвицкая С.В.* Культурно-досуговый центр как архитектурный ориентир в пространстве современного российского города // Жилищное строительство. 2011. № 10. С. 17–20.
10. *Ильвицкая С.В., Савченко В.* Проблемные территории в структуре современного города // Архитектура и строительство России. 2019. № 1. С. 118–120.
11. *Инновации и перспективы развития архитектурной науки и практики* / под ред. С.В. Ильвицкой. Москва : ИНФРА-М, 2019. 204 с.
12. *Гагарина Е.С.* Принципы адаптивности архитектурной среды на примере общественных пространств города. 2019. URL: <https://marhi.ru/sciense/author/gagarina/index.php> (дата обращения: 13.11.2021).
13. *Хомяков Д.А.* Основы градостроительной стратегии развития загородных поселений Московского региона. 2018. URL: <https://marhi.ru/sciense/author/khomyakov/index.php> (дата обращения: 13.11.2021).
14. *Куликов Д.А.* Принципы организации ресурсосберегающего архитектурного пространства : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата архитектуры. Нижний Новгород, 2011.
15. *Трушкина Л.Ю., Трушкин А.Г., Демьянова Л.М.* Гигиена и экология человека. 2-е изд. перераб. и доп. Ростов-на-Дону : Феникс, 2003. 449 с.
16. *Широков Е.* Экологическая архитектура устойчивого развития // Строительство и недвижимость. 2005. № 1. С. 17–22.
17. *Корягина А.* Системы сертификации зеленого строительства // Commercial Property. 2011. № 2 (91). С. 44–47.

REFERENCES

1. *Le Corbusier*. 20th century architecture. K.T. Topuridze, ed., Moscow: Progress, 1977. 303 p. (Russian translation)
2. *Jencks Ch.* The language of post-modern architecture. A.V. Ryabushin, V.L. Khait, eds, Moscow: Stroyizdat 1985. 136 p. (Russian translation)
3. *Niemeyer O.* The greatest architects, Vol. XXI, N. Getashvili, 2015. 70 p.
4. Pavilions, Garages, Clubs, and Housing of the Soviet Era. In: Shchusev Museum of Architecture Collection, Vol. 4, 2015. 192 p. (In Russian)
5. Graphics 1968–2018. Architect Andrey Bokov. Moscow: Tatlin, 2018. 200 p. (In Russian)
6. *Gelfond A.L.* Architectural design of public buildings and structures. Moscow: Architecture-S, 2006. 280 p. (In Russian)
7. *Saprykina N.A.* Fundamentals of dynamic shaping in architecture, 3rd ed., Moscow: KURS, 2021. 384 p. (In Russian)
8. *Neuffert E.* Construction design. Moscow: Stroyizdat, 1991. 392 p. (In Russian)
9. *Ilvitskaya S.V.* Cultural and leisure center as an architectural landmark in the space of modern Russian city. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2011; (10): 17–20. (In Russian)
10. *Ilvitskaya S.V., Savchenko V.* Problem areas in the structure of a modern city. *Arkhitektura i stroitel'stvo Rossii*. 2019; (1): 118–120. (In Russian)

11. *Ilvitskaya S.V. (Ed.)* Innovations and prospects for the development of architectural science and practice. Moscow: INFRA-M, 2019. 204 p. (In Russian)
12. *Gagarina E.S.* Principles of adaptability of architectural environment in public space of a city. 2019. Available: <https://marhi.ru/sciense/author/gagarina/index.php> (accessed November 13, 2021). (In Russian)
13. *Khomyakov D.A.* Fundamentals of urban development strategy for out-of-town settlements in the Moscow region. 2018. Available: <https://marhi.ru/sciense/author/khomyakov/index.php> (accessed November 13, 2021). (In Russian)
14. *Kulikov D.A.* Principles of resource-saving architectural space organization. PhD Abstract. Nizhny Novgorod, 2011. (In Russian)
15. *Trushkina L.Y., Trushkin A.G., Demyanova L.M.* Hygiene and human ecology, 2nd ed. Rostov-on-Don: Feniks, 2003. 449 p. (In Russian)
16. *Shirokov E.* Ecological architecture of sustainable development. 2005; (1): 17–22. (In Russian)
17. *Koryagina A.* Systems of green building certification. *Comercial Property*. 2011; 2 (91): 44–47. (In Russian)

Сведения об авторах

Ильвицкая Светлана Валерьевна, докт. архитектуры, зав. кафедрой, Государственный университет по землеустройству, 105064, г. Москва, ул. Казакова, 15, ilvitskaya@mail.ru

Комиссаров Андрей Вячеславович, аспирант, Государственный университет по землеустройству, 105064, г. Москва, ул. Казакова, 15, tixsus@yandex.ru

Authors Details

Svetlana V. Ilvitskaya, DSc, Head of the Department, State University of Land Use Planning, 15, Kazakov Str., 105064, Moscow, Russia, ilvitskaya@mail.ru

Andrei V. Komissarov, Research Assistant, State University of Land Use Planning, 15, Kazakov Str., 105064, Moscow, Russia, tixsus@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 25.05.2022
Одобрена после рецензирования 13.02.2023
Принята к публикации 20.03.2023

Submitted for publication 25.05.2022
Approved after review 13.02.2023
Accepted for publication 20.03.2023

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2023. Т. 25. № 2. С. 75–90.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2023; 25 (2): 75–90.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 72.012.18 (571.16)

DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-75-90

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И АРХИТЕКТУРНО-ТИПОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ СОЦИАЛЬНОГО ЖИЛЬЯ ДЛЯ Г. ТОМСКА

Ирина Дмитриевна Веревкина¹, Николай Васильевич Дубынин^{2,3,4}

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Томск, Россия

²АО «Центральный научно-исследовательский
и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий
и сооружений – ЦНИИПромзданий», г. Москва, Россия

³Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, г. Москва, Россия

⁴Московский информационно-технологический университет –
Московский архитектурно-строительный институт, г. Москва, Россия

Аннотация. Повышение уровня комфортности и доступности жилища – одна из основных составных частей государственной стратегии развития страны.

Целью работы является разработка рекомендаций по архитектурному проектированию жилого фонда социального использования.

Определение целесообразных архитектурно-планировочных параметров жилых ячеек позволит обеспечить массовое строительство экономичного, а также комфортного и здорового жилища, что будет способствовать успешному решению важной социальной проблемы – обеспечения граждан жильем.

Перед началом проектирования жилой ячейки необходимо понимать, кто будет ее конечным потребителем. Одним из основных критериев, который нужно учитывать в процессе проектирования, – это состав семьи и основные процессы её жизнедеятельности.

Использован метод статистического анализа данных и графическая разработка архитектурно-планировочных элементов для каждого типа жилой ячейки на основе социально-демографических особенностей семей, состоящих на учете в качестве нуждающихся в улучшении жилищных условий.

Выводы: настоящие исследования демонстрируют архитектурно-планировочные решения типологического ряда жилых ячеек социального использования для г. Томска.

Ключевые слова: жильё, социальное жильё, типы жилых ячеек, архитектура жилища

Для цитирования: Веревкина 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.

ORIGINAL ARTICLE

SOCIAL HOUSING IN TOMSK: PROSPECTS OF DEVELOPMENT, ARCHITECTURAL AND TYPOLOGICAL DIVERSITY**Irina D. Verevkina¹, Nikolai V. Dubynin^{2,3,4}**¹*Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia*²*Central Research Institute of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Moscow, Russia*³*The National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia*⁴*Moscow Information Technology University – Moscow Institute of Architecture and Civil Engineering, Moscow, Russia*

Abstract. Purpose: The development of recommendations for the architectural design of the housing stock of social use.

Design/methodology/approach: Before the residential house design, it is necessary to understand who are end-users. One of the main criteria to be considered in the design process is a family and its life. The statistical analysis of the data and graphic development of architectural and planning elements for each type of residential house based on the socio-demographic characteristics of families being in need for better housing conditions.

Research findings: Research demonstrates architectural and planning solutions of a typological range of residential houses of social use in the city of Tomsk.

Practical implications: Feasible parameter determination of architecture and planning of residential houses will ensure the mass construction of comfortable and healthy dwellings, which will contribute to the successful solution of an important social problem of the housing construction.

Keywords: housing, social housing, residential houses, architecture

For citation: 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.

Жилище – одна из базовых потребностей человека. Оно защищает от природно-климатических факторов, является местом для восстановления сил и здоровья, а также для создания семьи и воспроизводства потомства. Обеспечение жильём населения страны гарантировано Конституцией РФ, и одним из важных вариантов реализации данного права является создание фонда социального жилья. Значение понятия социального жилья многообразно. Согласно Жилищному кодексу Российской Федерации, под социальным понимается жильё, право собственности на которое принадлежит федеральным или местным органам власти, и предоставлено оно может быть малоимущим и нуждающимся гражданам на основе договора «социального найма жилого помещения». Оно необходимо для регулирования социального и демографического развития общества. Обеспеченность жильём служит для искоренения такого отрицательного явления, как бездомность, а также влияет на наличие и количество детей в семье, т. е. демографию. В разных странах специалисты

(архитекторы, строители, работники санитарно-гигиенической сферы и т. д.) и муниципалитет решали эту задачу – возведения жилых домов социального типа, желая добиться обеспечения комфортных условий жизнедеятельности семьи, а также отдельных её членов [1].

Для удовлетворения потребностей семей, состоящих на учете в качестве нуждающихся в улучшении жилищных условий, нужно принимать во внимание не только приемлемую для их бюджета стоимость жилого помещения, но и уровень комфорта и безопасности, позволяющий обеспечить здоровье и удовлетворение бытовых нужд проживающим. Также важно учитывать срок службы жилых домов, в течение которого планировочные решения должны удовлетворять меняющиеся запросы потребителей.

На сегодняшний день, согласно СП 54.13330.2022 «Здания жилые многоквартирные», принята классификация квартир по количеству комнат. Она регламентирует минимальные площади квартир, которые могут уточняться для конкретных регионов и городов. Такие квартиры рекомендовано проектировать исходя из условий заселения их одной семьёй.

Доктор архитектуры К.К. Карташова, занимающаяся исследованием социально-демографических параметров жилища, отмечает, что «жилая ячейка является местом пространственного размещения семьи, материальной основой реализации ею своих функций – воспроизводства биологической, духовной и социальной сущности человека...» [2].

Семьи различаются по составу и возрасту их членов (учитывается наличие детей и представителей старшего поколения). Возраст членов семьи оказывает ключевое влияние на их требования к жилью. Семьи, состоящие из молодых людей, в большей степени позитивно реагируют на экспериментальные планировочные решения. Для зрелых людей первостепенно обязательное присутствие в квартире выделенных частных пространств (спальня, детская комната) и общих пространств для отдыха и приёма гостей. Для пожилых людей важны короткие связи между спальней, кухней и санузлом, а также возможность бывать на свежем воздухе, не покидая квартиры (наличие балкона/лоджии) [3].

Согласно СП 54.13330.2022 «Здания жилые многоквартирные», основные бытовые потребности обеспечивают базовым набором помещений или зон:

- общие (общая комната, гостиная) – для отдыха, досуга, приема гостей;
- личные (спальни) – для сна;
- вспомогательные – кухни, кухни-ниши, кухни-столовые для приготовления и приема пищи, коридоры, холлы, прихожие для перемещения между различными функциональными зонами или комнатами внутри квартиры, санузел – для гигиенических процедур, кладовые для хранения вещей, летние помещения – для отдыха на свежем воздухе.

По данным администрации г. Томска и Комитета жилищной политики г. Томска, демографические особенности семей на август 2018 г. представлены на рис. 1.

После изучения состава семей, состоящих на учёте в качестве нуждающихся в улучшении жилищных условий в четырех районных администрациях г. Томска (рис. 2), принято решение учитывать при формировании типов со-

циального жилья семьи до 6 человек, составляющие основную массу современного общества. Семьи из семи и более человек встречаются редко, и квартиры для них могут быть приспособлены в индивидуальном порядке. Так, для обеспечения спроса семей в жилье социального использования было выявлено 11 типов жилых ячеек (рис. 3) [4].

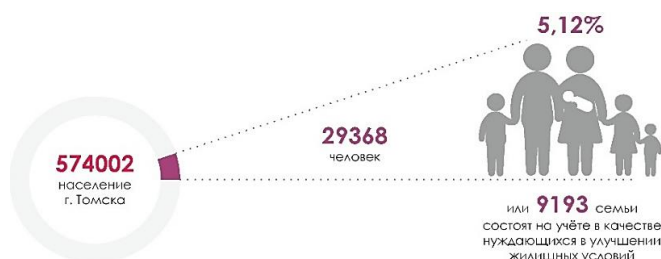


Рис. 1. Населения г. Томска. Автор И.Д. Верёвкина (URL: <https://tmsk.gks.ru/storage/mediabank/hgjA6VJy/ОСНОВНЫЕ%20ПОКАЗАТЕЛИ%20ЖИЛИЩНЫХ%20УСЛОВИЙ%20НАСЕЛЕНИЯ.pdf>)

Fig. 1. Population of Tomsk. Schematic by Verevkina

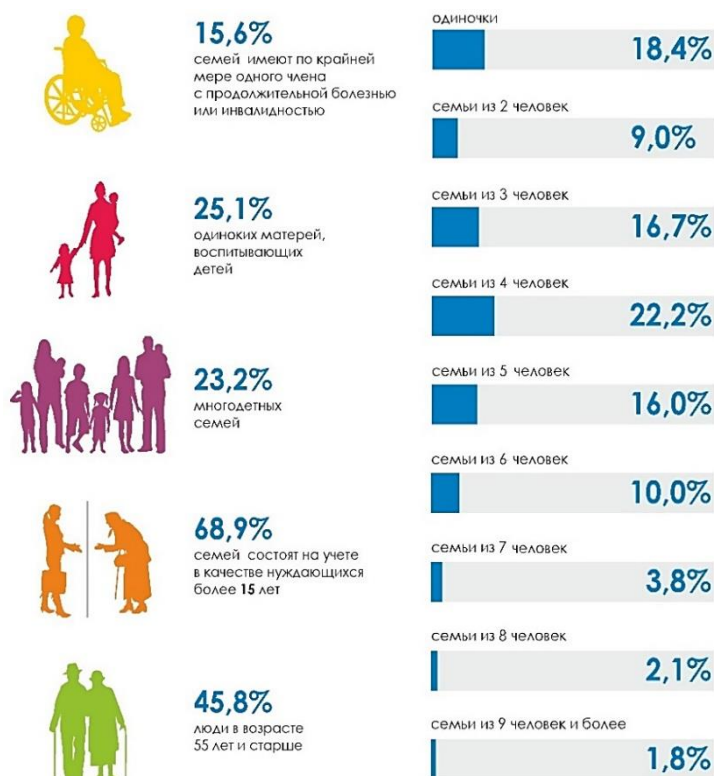


Рис. 2. Социально-демографические особенности семей, состоящих на учёте в качестве нуждающихся в улучшении жилищных условий в г. Томске (2018 г.). Автор И.Д. Вережкина

Fig. 2. Socio-demographic parameters of families in need for better housing conditions in Tomsk (2018). Schematic by Verevkina

Количество проживающих	Прихожая	Санузел	Кухня	Гостиная	Спальня	Кладовая/гардеробная	Прачечная	Кабинет	Тип кв.
1	+	совмещ.	ниша +						тип 1
2	+	совмещ.	ниша +						тип 1.1
2	+	совмещ.	+		+				тип 2
3	+	+	+		x 2				тип 3
3	+	совмещ.	+		x 2				тип 3.1
3	+	совмещ.	+		+				тип 2
3	+	+	+		x 2				тип 4
3	+	+	+		x 3				тип 5
3	+	+	+		x 3	+			тип 5.1
4	+	+	+	+	x 2				тип 6
4	+	+	+	+	x 2			+	тип 7
4	+	+	+	+	x 3				тип 8
4	+	x 2	+	+	x 3	+			тип 8.1
5	+	+	+	+	x 2	+		+	тип 7.1
5	+	+	+	+	x 3	+	+	+	тип 8.2
5	+	+	+	+	x 3	+	+		тип 8.3
5	+	+	+	+	x 4	+	+	+	тип 9
6	+	+	+	+	x 3	+	+	+	тип 8.4
6	+	x 2	+	+	x 4	+	+	+	тип 10
6	+	x 2	+	+	x 5	+	+	+	тип 11
6	+	x 2	+	+	x 5	+	+	+	тип 11.1

Балкон предусмотрен для каждого типа жилой ячейки

Рис. 3. Типологический ряд жилых ячеек социального использования для семей г. Томска на основе требований СП 54.13330.2022 «Здания жилые многоквартирные». Автор И.Д. Верёвкина

Fig. 3. Typological series of social houses for families in Tomsk based on "Multifamily Residential Buildings" requirements. Schematic by Verevkina

Согласно СП 54.13330.2022, высота (от пола до потолка) жилых комнат и кухни (кухни-столовой) должна быть не менее 2,5 м (г. Томск расположен в климатическом подрайоне строительства IV). Авторами рекомендована высота от пола до потолка 2,8 м.

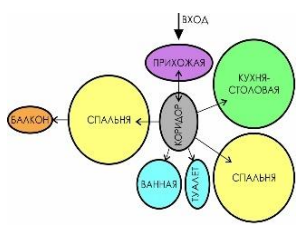
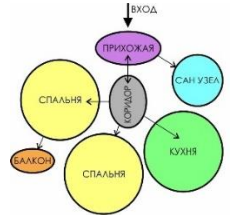
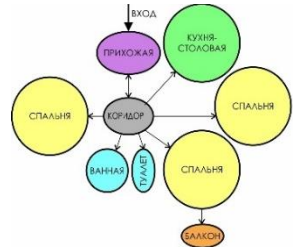
Квартиры всех типов следует проектировать в соответствии с общими планировочными требованиями, обеспечивающими комфорт совместного проживания всех членов семей.

Жизнедеятельность семьи основана на нескольких основных процессах в структуре дневного цикла: сон, питание, культурная деятельность, хозяйственно-бытовая деятельность, личная гигиена [5]. В построении структуры современной жилой ячейки и разработке типологии личных помещений авторами определяющей функцией принимается сон. По мнению гигиенистов, продолжительность сна должна быть не менее 8 ч, только в таком случае происходит полное восстановление жизненных сил [6]. При наличии в квартире индивидуальной спальни сон будет более комфортным, чем в помещении с несколькими функциональными зонами. Применение комнат, где сочетаются гостиная и спальная зоны, можно предложить только в квартирах, где проживает один человек (тип 1, 1.1). В квартирах для проживания двух и трех человек (1–2-комнатные квартиры) предлагается проектировать кухню-столовую, в которую можно перенести значительную часть функций досуга семьи, чтобы максимально снизить эту функциональную нагрузку на общую комнату, где еще остается спальное место. В квартирах, с числом проживающих четыре и более человек, целесообразно устраивать гостиную как отдельную комнату. Предлагаемые типы квартир приведены в таблице.

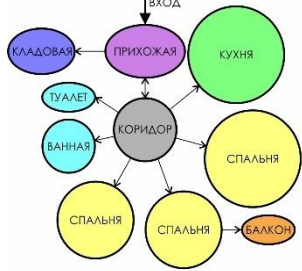
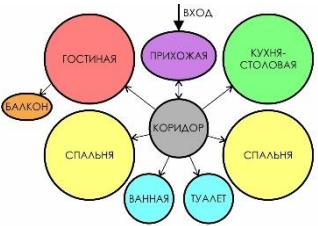
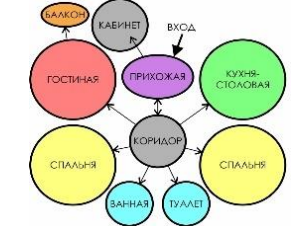
Предлагаемые типы квартир
Suggested flat types

Тип	Описание	Рекомендуемая общая площадь	Функциональная схема квартиры
1	Однокомнатная квартира с кухней-нишей, называемая риэлторами студией, предназначена для одиноко проживающего человека	28,0 м ²	
1.1	Однокомнатная квартира с кухней-нишей, называемая риэлторами студией, предназначена для одиноко проживающего инвалида с нарушением опорно-двигательного аппарата	39,4 м ²	
2	Однокомнатная квартира, учитывает потребности супружеской пары без детей либо супружескую пару с ребенком в возрасте до 3 лет, когда в родительской спальне может быть выделено место для кровати малыша	34,28 м ²	

Продолжение таблицы
Continuation

Тип	Описание	Рекомендуемая общая площадь	Функциональная схема квартиры
3	Двухкомнатная квартира для проживания двух взрослых человек разного пола, не состоящих в супружеских отношениях (согласно Жилищному кодексу РФ, ст. 58 п.1, «При предоставлении жилых помещений по договорам социального найма заселение одной комнаты лицами разного пола, за исключением супругов, допускается только с их согласия»). Также данный тип подойдет для проживания родителя-одиночки с ребенком (разного пола)	46,78 м ²	
3.1 	Двухкомнатная квартира для проживания двух людей, один из которых имеет инвалидность с поражением опорно-двигательного аппарата	56,29 м ²	
4	Двухкомнатная квартира для проживания трех человек – супружеской пары и ребёнка школьного или дошкольного возраста 3–7 лет (в этот период ребёнку нужен постоянный присмотр со стороны взрослого только в дневное время, а ночью он должен иметь возможность спать отдельно (изолированно) от родителей), или более старшего возраста [2]	52,74 м ²	
5	Трехкомнатная квартира для проживания неполной семьи, состоящей из взрослого и двух разнополых детей, или двух взрослых, не состоящих в супружеских отношениях, и ребёнка школьного или дошкольного возраста 3–7 лет	61,37 м ²	

Продолжение таблицы
Continuation

Тип	Описание	Рекомендуемая общая площадь	Функциональная схема квартиры
5.1 	Трехкомнатная квартира для проживания неполной семьи, состоящей из трёх человек: взрослого и двух разнополых детей, один из которых имеет инвалидность с поражением опорно-двигательного аппарата, или для семьи из двух взрослых, не состоящих в супружеских отношениях, и ребенка школьного или дошкольного возраста 3–7 лет. Один из членов такой семьи имеет инвалидность с поражением опорно-двигательного аппарата	80,41 м ²	
6	Трехкомнатная квартира для проживания четырех человек – полной семьи с двумя детьми, где один ребенок в возрасте до 3 лет и его спальное место размещается в спальне родителей, второй ребенок в возрасте старше 3 лет имеет своё изолированное пространство. Также данный тип подойдет для супружеской пары с ребенком в возрасте до 3 лет и взрослого родственника	70,62 м ²	
7	Трехкомнатная квартира для проживания четырёх человек – супружеской пары и двух однополых детей или двух супружеских пар, одна из которых имеет ребенка в возрасте до 3 лет	80,46 м ²	
7.1	Трехкомнатная квартира подходит для семьи из пяти человек – двух супружеских пар, одна из которых имеет ребенка в возрасте до 3 лет, спальное место которого размещено в родительской спальне, или для полной семьи с тремя детьми: двое однополые и один в возрасте до 3 лет	81,79 м ²	

Продолжение таблицы
Continuation

Тип	Описание	Рекомендуемая общая площадь	Функциональная схема квартиры
8	Четырёхкомнатная квартира, учитывает особенности размещения полной семьи из четырёх человек – супружеской пары и двух разнополых детей или супружеской пары, одного ребёнка в возрасте старше 3 лет и еще одного взрослого. Для полной семьи, состоящей из супружеской пары, одного ребёнка в возрасте до 3 лет, спальное место которого размещено в родительской спальне, и двух разнополых детей	79,17 м ²	
8.1 	Четырёхкомнатная квартира, учитывает особенности размещения полной семьи из четырёх человек – супружеской пары и двух разнополых детей или супружеской пары, одного ребёнка в возрасте старше 3 лет и еще одного взрослого. Для полной семьи, состоящей из супружеской пары, одного ребёнка в возрасте до 3 лет, спальное место которого размещено в родительской спальне, и двух разнополых детей при условии, что один из членов вышеописанной семьи имеет инвалидность с поражением опорно-двигательного аппарата	115,5 м ²	
8.2	Четырёхкомнатная квартира для проживания пяти человек – полной семьи, в состав которой входит супружеская пара, двое однополых детей и совместно проживающий с ними взрослый человек, или же для полной семьи с двумя однополыми детьми и одним ребенком другого пола. Также для родителя-одиночки с четырьмя детьми, попарно однополыми	99,86 м ²	

Продолжение таблицы
Continuation

Тип	Описание	Рекомендуемая общая площадь	Функциональная схема квартиры
8.3	Четырехкомнатная квартира для полной семьи, в состав которой входит пять человек – супружеская пара, ребенок в возрасте до 3 лет, спальное место которого предусмотрено в родительской спальне, и двое разнополых детей, или супружеской пары с ребёнком в возрасте до 3 лет и двух взрослых. Также возможно проживание супружеской пары с двумя детьми, одному из которых до 3 лет, и одного взрослого	87,82 м ²	
8.4	Четырёхкомнатная квартира, подходит для полной семьи из 6 человек, в состав которой входит супружеская пара с ребёнком до 3 лет, двое однополых детей и взрослый или трое взрослых детей (двое одного пола, третий противоположного). Также возможно проживание двух супружеских пар, у одной из которых имеется ребенок в возрасте до 3 лет и один взрослый	102,15 м ²	
9	Пятикомнатная квартира, предназначена для проживания пяти человек – супружеской пары с двумя разнополыми детьми и взрослым или для семьи с ребёнком старше 3 лет и двумя взрослыми, не состоящими в супружеских отношениях	105,53 м ²	
10	Пятикомнатная квартира для проживания шести человек – супружеской пары с двумя однополыми детьми, а также двумя взрослыми, не состоящими в супружеских отношениях	124,29 м ²	

Окончание таблицы
End of table

Тип	Описание	Рекомендуемая общая площадь	Функциональная схема квартиры
11	Шестикомнатная квартира для проживания семьи из шести человек – супружеской пары с двумя разнополыми детьми, а также двумя взрослыми, не состоящими в супружеских отношениях	129,5 м ²	
11.1	Шестикомнатная квартира для проживания шести человек – неполной семьи, состоящей из одного родителя, трёх детей (двое из которых одного пола) и двух взрослых, не состоящих в супружеских отношениях	131,67 м ²	

С учетом приведенных схем и эргономических характеристик человека, функциональных бытовых процессов были рассмотрены возможные варианты планировок помещений квартир. На рис. 4 и 5 приведены варианты планировок жилых комнат, на рис. 6–11 – варианты вспомогательных помещений.

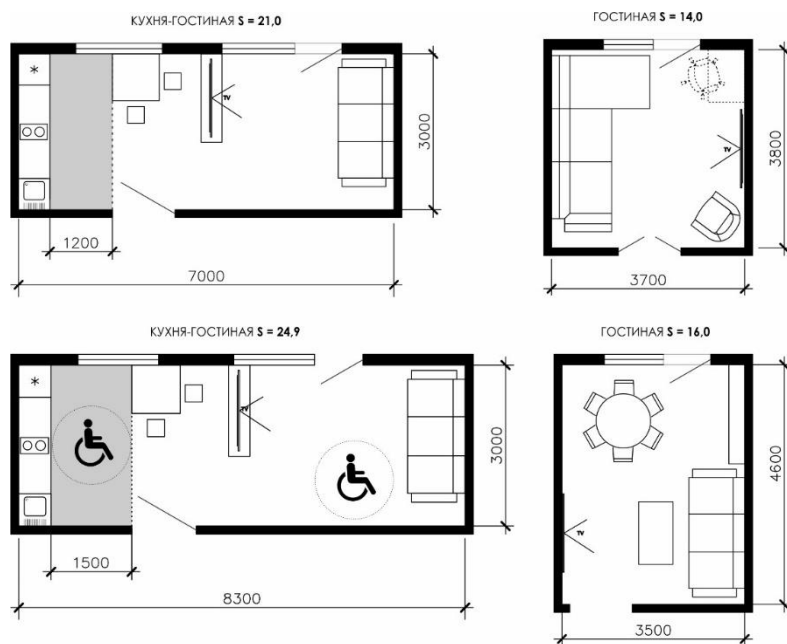


Рис. 4. Варианты планировок гостиных. Габаритные размеры и меблировка. Автор И.Д. Верёвкина

Fig. 4. Living room layouts. Dimensions and furnishing. Schematic by Verevkina

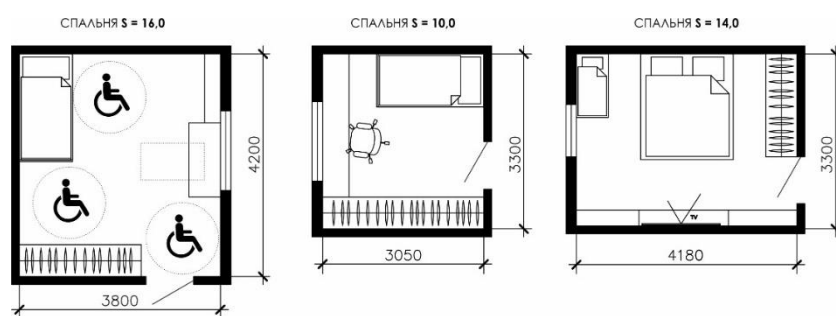


Рис. 5. Варианты планировок спален. Габаритные размеры и меблировка. Автор И.Д. Верёвкина
 Fig. 5. Bedroom layouts. Dimensions and furnishing. Schematic by Verevkina

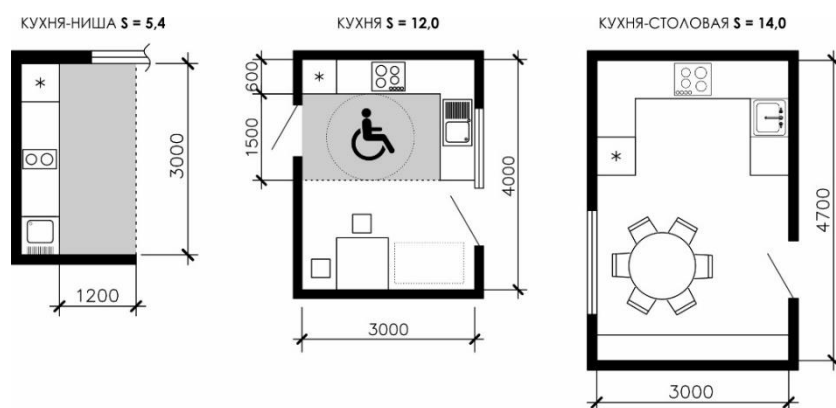


Рис. 6. Варианты планировок кухонь. Габаритные размеры и меблировка. Автор И.Д. Верёвкина
 Fig. 6. Kitchen layouts. Dimensions and furnishing. Schematic by Verevkina

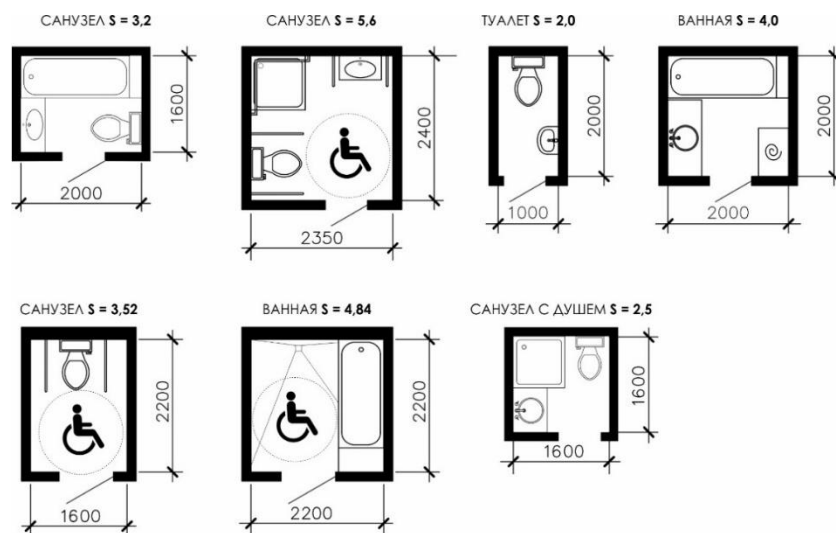


Рис. 7. Варианты планировок санузлов. Габаритные размеры и меблировка. Автор И.Д. Верёвкина
 Fig. 7. Bathroom layouts. Dimensions and furnishing. Schematic by Verevkina

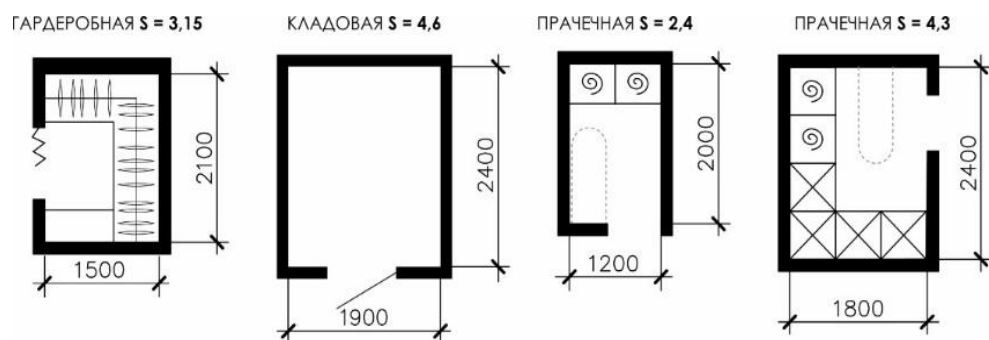


Рис. 8. Варианты планировок вспомогательных помещений для стирки и хранения вещей. Габаритные размеры и меблировка. Автор И.Д. Верёвкина

Fig. 8. Layout of laundry and storage rooms. Dimensions and furnishing. Schematic by Verevkina

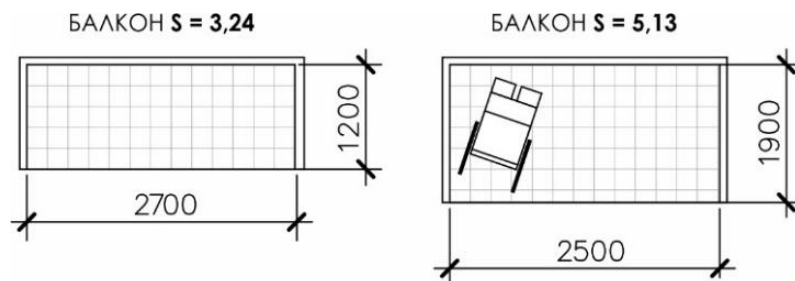


Рис. 9. Варианты планировок летних помещений. Габаритные размеры и меблировка. Автор И.Д. Верёвкина

Fig. 9. Summer room layout. Dimensions and furnishing. Schematic by Verevkina



Рис. 10. Варианты планировок прихожей. Габаритные размеры и меблировка. Автор И.Д. Верёвкина

Fig. 10. Hallway layout. Dimensions and furnishing. Schematic by Verevkina

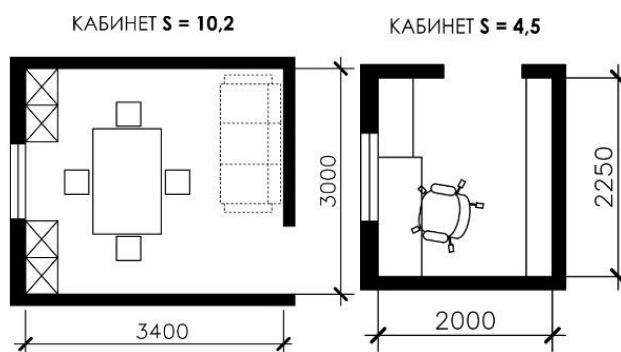


Рис. 11. Варианты планировок кабинета. Габаритные размеры и меблировка. Автор И.Д. Вережкина

Fig. 11. Cabinet layout. Dimensions and furnishing. Schematic by Verevkina

Рекомендуемые площади квартир, приведенные в таблице, рассчитаны на основании площадей жилых комнат и вспомогательных помещений, рассмотренных на рис. 1–6. Площадь коридора взята из учета процентного соотношения площади коридора к общей площади квартиры уже существующих изученных планировок.

Выводы

Используемая методика позволяет максимально учесть бытовые процессы, связанные с проживанием, что регламентировано Жилищным кодексом, и представить научно обоснованные данные для формирования фонда социального жилья. В многоквартирном доме необходимо создавать широкий набор квартир, разнообразных по планировке и разнящихся от этажа к этажу [7]. Это приведёт к разнообразию планировочных решений, способных удовлетворить запросы разных типов семей.

Решается важная социальная проблема, заключающаяся в том, чтобы при выделении квартир семьям, состоящим на учете в качестве нуждающихся в улучшении жилищных условий, современный уровень комфорта позволял обеспечить здоровье семьи и выполнение демографической программы согласно Указу Президента Российской Федерации «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года», который предусматривает:

– увеличение объема жилищного строительства в России до 120 млн м² в год (сейчас около 80 млн м²);

– обеспечение устойчивого роста численности населения Российской Федерации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Потенко Н.Д. Архитектурно-типологические особенности проектирования жилых домов для социально незащищенных категорий городского населения : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры. Самара, 2002. 168 с.
2. Карташова К.К. Формирование архитектурно-планировочной структуры городского жилища на социально-демографической основе : диссертация на соискание ученой степени доктора архитектуры. Москва, 1984. 364 с.

3. Верёвкина И.Д. Влияние социально-демографических особенностей семей на архитектуру жилой ячейки социального типа // Перспективы развития фундаментальных наук : сб. трудов XVIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Томск, 27–30 апреля 2021 г.). В 7 томах. Т. 6. Строительство и архитектура / под ред. И.А. Курзиной, Г.А. Вороновой. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2021. С. 107–109.
4. Верёвкина И.Д. Социальное жильё: основные требования потребителя // Academia. Архитектура и строительство. 2019. № 1. С. 43–50.
5. Федоров Е.П. Формирование городского квартирного фонда в зависимости от семейной структуры населения // Семья и жилая ячейка (квартира) : сб. научных трудов. Москва : [Б. и.], 1974. 175 с.
6. Жизненный цикл семьи // Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Жизненный_цикл_семьи (дата обращения: 30.03.2023).
7. Кияненко К.В. Типологические особенности городских квартир для простых/нуклеарных/семей с детьми : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры. Москва, 1983. 204 с.
8. Принципиальные архитектурно-планировочные решения. Жилые дома. Каталог 2. По заказу Фонда единого института развития в жилищной сфере. Редакция от 31 мая 2019 г.

REFERENCES

1. Potienko N.D. Architectural and typological features of the design of residential buildings for socially disadvantaged urban populations. PhD Thesis, Samara: 2002. 168 p. (In Russian)
2. Kartashova, K.K. Architectural and planning structure of urban housing on a socio-demographic basis. DSc Thesis, Moscow: 1984. 364 p. (In Russian)
3. Veryovkina I.D. Socio-demographic characteristics of families and architecture of social housing. In: *Proc. 18th Int. Sci. Conf. of Students and Young Scientists 'Prospects of Fundamental Sciences Development'*, in 7 vol., I.A. Kurzinoi, G.A. Voronovoi, eds., Tomsk: TPU, 2021 Pp. 107–109. (In Russian)
4. Veryovkina I.D. Social housing: Basic consumer requirements. *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo*. 2019; (1): 43–50. (In Russian)
5. Fedorov E.P. Formation of urban housing stock with respect to family. In: *Coll. Papers 'The Family and Living Unit (Flat)'*, Moscow 1974. 175 p. (In Russian)
6. The life cycle of a family. Available: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B8%D0%B7%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%86%D0%B8%D0%BA%D0%BB_%D1%81%D0%B5%D0%BC%D1%8C%D0%B8 (accessed March 30, 2023). (In Russian)
7. Kiyantenko K.V. Typology of urban flats for simple/nuclear/families with children. PhD Thesis, Moscow, 1983. 204 p. (In Russian)
8. Architectural and planning solutions. Residential buildings. Catalogue 2. Commissioned by the Foundation for the Housing Development Institute, May 31, 2019. (In Russian)

Сведения об авторах

Верёвкина Ирина Дмитриевна, ст. преподаватель, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, verevkinai@mail.ru

Дубынин Николай Васильевич, канд. архитектуры, доцент АО «Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений – ЦНИИПромзданий», 127238, г. Москва, Дмитровское шоссе, 46, корп. 2; Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; Московский информационно-технологический университет – Московский архитектурно-строительный институт, 109316, г. Москва, пр. Волгоградский, 32, корп. 11, archresearch@mail.ru

Authors Details

Irina D. Verevkina, Senior Lecturer, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, verevkinai@mail.ru

Nikolai V. Dubynin, PhD, A/Professor, Central Research Institute of the Ministry of Defence of the Russian Federation, 46, Dmitrovskoe shosse, 127238, Moscow, Russia; The National Research Moscow State University of Civil Engineering, 26, Yaroslavskoe Road, 129337, Moscow, Russia; Moscow Information Technology University – Moscow Institute of Architecture and Civil Engineering, 32, Volgogradskii Ave., 109316, Moscow, Russia, archresearch@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 13.01.2023
Одобрена после рецензирования 16.02.2023
Принята к публикации 20.03.2023

Submitted for publication 13.01.2023
Approved after review 16.02.2023
Accepted for publication 20.03.2023

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2023. Т. 25. № 2. С. 91–102.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2023; 25 (2): 91–102.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 711.435 (55)

DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-91-102

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО В ИРАНЕ: ИСТОРИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ И РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТОВ

Мохаммад Махди Каширипур

*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Иран как развивающаяся страна в XX в. быстро претерпел изменения и преобразования в своих политических, экономических и социальных структурах в отношении эффективных внутренних и внешних элементов. Изменения в сельскохозяйственной системе и политике индустриализации привели к быстрой урбанизации Ирана в XX в. и в последние несколько десятилетий. Эти события повлияли на распределение населения в обитаемых районах страны.

Актуальность исследования: изучение и анализ этапов исторических событий по градостроительному законодательству Ирана и основных методов решения проблем, связанных с ростом городов.

Цель исследования: всесторонний обзор современной и исторической литературы, градостроительной документации и законодательства иранских городов. Таким образом, основными задачами исследования можно считать: обзор исторической литературы и градостроительного законодательства Ирана; анализ и определение этапов градостроительного законодательства; выявление базовых проектов развития городов Ирана и их основного содержания; важнейшие градостроительные проблемы и их решение с государственной стороны.

В процессе исследования использовался *метод анализа* научной и исторической литературы и государственных документов, связанных с градостроительным законодательством Ирана, для достижения и формулировки выводов.

Вывод исследования заключаются в выявлении этапов градостроительного законодательства и градостроительных проектов Ирана и основных методов решения проблем, связанных с ростом городов.

Ключевые слова: градостроительство, иранские города, градостроительное законодательство, план города, развитие города, урбанизация

Для цитирования: Каширипур М.М. Градостроительное законодательство в Иране: исторические события и реализация проектов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 2. С. 91–102. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-91-102.

ORIGINAL ARTICLE

**URBAN PLANNING LEGISLATION IN IRAN:
HISTORICAL EVENTS AND PROJECT IMPLEMENTATION****Mohammad M. Kashiripoor***Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. Iran, as a developing country in the 20th century, has rapidly undergone changes and transformations in its political, economic and social fields. Changes in the agriculture and industrialization policies have led to a rapid urbanization over the 20th century and the last few decades. These events affected the population distribution in the inhabited areas of Iran.

Purpose: The comprehensive review of contemporary and historical literature, urban planning in Iranian cities. The analysis of urban planning legislation; urban planning projects; important urban problems and their solution by the government.

Methodology: The analysis of scientific and historical literature and state documents on the urban planning legislation of Iran.

Research findings: Phases of historical developments in Iran's urban planning legislation are studied and analyzed.

Originality/value: The analysis and identification of the stage of modern urban planning legislation in Iran and identify the main solution to the problem associated with the growth of cities in modern times.

Keywords: urban planning, Iranian city, urban planning legislation, city plan, city development, urbanization

For citation: Kashiripoor M.M. Urban planning legislation in Iran: Historical events and project implementation. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2023; 25 (2): 91–102. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-91-102.

Введение

Актуальность работы. Иран как развивающаяся страна, расположенная на юго-западе Азии, пережил стремительную урбанизацию за последние пять десятилетий. В последние годы урбанизация Ирана претерпела различные трансформации в результате многих событий национального и международного масштаба (династия Пехлеви, стратегия индустриализации, земельная реформа, Исламская революция и война в Ираке). За последние несколько десятилетий различные события побудили людей мигрировать из сельской местности в крупные города. В результате этого социального движения в городах возник ряд проблем, таких как нехватка жилья, отсутствие городской инфраструктуры и отказ от традиционного сельскохозяйственного процесса близ городов. Измененные функции городов и населенных пунктов просто привели к неконтролируемому росту городов и рождению нескольких неформальных поселений внутри и вокруг городов.

Городское планирование как часть общего процесса планирования серьезно рассматривалось в Иране в конце 1960-х гг., когда был принят Третий национальный план развития. В этом документе правительство использовало комплексный подход для подготовки планов городского развития. Именно

планирование заставило задуматься об урбанизации, процессе городского развития и предотвращении расширения города. Хотя правительство предпринимало различные меры для контроля за городским развитием в течение длительного времени, эти усилия так и не увенчались успехом.

Поэтому настоящее исследование сосредоточено на осуществлении анализа законодательства о планировании городского развития в Иране. В нем описывается эволюция иранского городского планирования и разные категории городского развития для того, чтобы определить текущую ситуацию с этим процессом в стране. Заключительная часть исследования направлена на анализ реализации планов городского развития в иранских городах за последние пять десятилетий.

Цель исследования заключается в изучении и анализе исторических документов о законодательной базе в области градостроительства и выявлении основных этапов законодательства и проектов развития городов Ирана с учётом реализации и методики решения проблем.

Таким образом, *задачи исследования* следующие:

- обзор и анализ исторической литературы и градостроительного законодательства Ирана;
- выявление основных этапов градостроительного законодательства в Иране;
- изучение основных проектов городского развития и их основное содержание;
- рассмотрение важнейших градостроительных проблем и их решение со стороны государства.

Методологический обзор проводится на основе имеющихся вторичных данных и документов из отчетов правительства Ирана, а также ряда международных организаций, таких как Программа ООН по населенным пунктам ООН-Хабитат (UN-Habitat) и ПРООН-Хабитат (UNPD-Habitat). Кроме того, был проведен систематический обзор исследований, посвященных процессу городского планирования в Иране.

Основная часть

Быстрая урбанизация во многих развивающихся странах выявила несколько проблем в различных аспектах. Учреждения городского планирования в этих странах столкнулись с рядом проблем в последние 50 лет. Это связано с неэффективными градостроительными подходами к управлению процессом застройки. Как и во многих других развивающихся странах, в Иране в последние десятилетия наблюдается стремительная урбанизация.

Планы городского развития готовятся и реализуются на основе конкретного подхода к городскому планированию, в то время как каждый подход и процесс должны быть локализованы в зависимости от исключительной ситуации в каждом городе. Этот вопрос относится к различиям условий в административных, правовых и социальных характеристиках Ирана и других стран. В иранских городах отсутствует единый орган управления городским хозяйством, поскольку в процесс принятия решений по городскому развитию вовлечено несколько департаментов, офисов и бюро.

История современного градостроительного законодательства в Иране

История современной градостроительной системы страны охватывает три временных периода. *Первый период* соответствует периоду Каджаров (до 1925 г.), *второй период* соответствует Пехлевийскому периоду (с 1925 до 1979 г.), *третий период* – Исламской революции (с 1979 г. и официально продолжается до настоящего времени).

В основном деятельность по реконструкции и благоустройству иранских городов началась в период Каджаров, когда правительство в 1907 г. приняло Акт о муниципалитетах. Бюро, посольства, новые постройки, театры, кинотеатры, магазины и гостевые дома были построены на основе новейших принципов проектирования, с небольшим количеством договоренностей или правил.

Однако официальное планирование и управление землепользованием в Иране началось в 1933 г. с принятия правительством Закона о строительстве и расширении улиц и переулков. Из-за Второй мировой войны (1939–1945 гг.) градостроительная деятельность в иранских городах ухудшилась, однако в этот период в крупных городах, особенно в Тегеране, были реализованы некоторые функции городского развития в направлении городской модернизации [1]. Впоследствии городское планирование было продолжено после Второй мировой войны. Правительство приняло два закона, которые обеспечили правовую основу для реализации функций городского развития.

Современное городское планирование началось с 1961 г., когда иранские города апробировали подготовку генеральных планов на основе политики Третьего национального плана развития. Первоначальные генеральные планы не учитывали все аспекты, такие как проблемы роста городов, но они были подготовлены с использованием комплексного метода планирования и уделяли особое внимание физическому росту города. Следовательно, эти планы способствовали спекуляции городской землей, фактическому расширению и развитию пригородов. В тот же период было создано Министерство жилищного строительства и мелиорации, затем последовал секретариат Высшего совета по архитектуре и городскому развитию (AUDHC), который был основан в 1964 г. и отвечал за надзор за подготовкой генеральных планов.

С началом Четвертого национального плана развития в 1968 г. Первый генеральный план был принят секретариатом AUDHC. Правительство заказало подготовку генеральных планов еще для 20 городов. В то же время оно пыталось реализовать стратегии городского планирования на уровне муниципалитетов, однако реальное развитие городов не полностью соответствовало рекомендациям планов городского развития. Правительство продолжало свои усилия по обеспечению соответствующей правовой базы для функций планирования, включив подготовку подробных планов для тех городов, в которых были утверждены генеральные планы. В соответствии с пунктом 5 Закона о градостроительстве в Иране 1972 г. комплексные городские планы включали генеральные планы и детальные планы. Кроме того, в 1984 г. было утверждено соглашение о планах городского развития, получившее название «Двенадцатое соглашение» (табл. 1) [2, 3].

Таблица 1

Этапы реализации градостроительного законодательства в Иране

Table 1

Implementation stages of urban planning legislation in Iran

Этап	Год	Градостроительные законы	Описание
1	1907	Акт о муниципалитетах	Основная деятельность по реконструкции и благоустройству городов
2	1933	Закон о строительстве и расширении улиц и переулков	Планирование и управление землепользованием
3	1961	Политика третьего национального плана развития	Подготовка генеральных планов. Планы способствовали спекуляции городской землей, физическому расширению и развитию пригородов
4	1968	Четвертый национальный план развития	Утверждение Первого генерального плана, реализация стратегии городского планирования
5	1972	Пункт 5 Закона о градостроительстве в Иране	Комплексные городские планы (генеральные и детальные планы)
6	1984	Двенадцатое соглашение	Планы городского развития

План развития городов Ирана

В результате принятия закона 1972 г. AUDHC ввёл механизм для подготовки окончательного отчета по градостроительным генеральным планам. Комиссия в каждой провинции, которую возглавлял генерал-губернатор, отвечала за пересмотр и утверждение подробных городских планов. В 1974 г. название Министерства жилищно-коммунального хозяйства и мелиорации было изменено на Министерство жилищно-коммунального хозяйства и городского развития (MHUD) [4, 5].

Закон о планах городского развития разделил планы на три категории, а именно: *генеральные планы* (master plan), *детальные планы* (detail plan) и *гид-планы* (guidance plan), каждая из которых была определена в Законе. Кроме того, MHUD отвечало за подготовку комплексного городского плана и подробного плана, выполненного частными консультантами по городскому планированию. После этого был предоставлен план руководства для решения критических городских проблем в тех городах, где не было генеральных планов. Полномочия за планы с 1974 г. предоставлялись Министерством по делам страны (табл. 2) [6, 7, 8].

Быстрая урбанизация во многих развивающихся странах выявила несколько проблем в различных аспектах. Это связано с неэффективными градостроительными подходами к управлению процессом застройки. Как и во многих других развивающихся странах, в Иране в последние десятилетия наблюдается стремительная урбанизация. Хотя за последние несколько десятилетий проекты городского планирования применялись для развития иранских городов, но это не смогло решить проблем, стоящих перед городами (рис. 1).

Таблица 2

Градостроительные планы и их основные составляющие

Table 2

Urban plans

Тип плана	Основное содержание	Описание
Генеральный план	Структура городской застройки	Физические особенности Определение основного оперативного района Показать систему транспортных сетей Определить систему муниципального образования Описание специальных элементов и особой ткани города
	Направления развития города и городской потенциал	Прогнозирование населения в городе Оценить ресурсы и другую городскую инфраструктуру для определенного города Примерная плотность городского населения Определение границы города
	Правила и критерии в различных областях	Определить потребление землепользования на душу населения Установление различных функций в различных муниципальных образованиях Распределение плотности населения Специальные элементы и особая ткань города Уход за историческими фасадами и зданиями, а также природным ландшафтом Учет культуры, особенностей архитектуры и климатических характеристик Защита окружающей среды
Детальный план	Подробные карты городских кварталов	Показать транспортную сеть до переулков Определение застройки и плотности населения Подробные карты землепользования Примеры карт для предлагаемых случаев, например городских пространств
	Подготовка регламентов и критериев	Предложения по совершенствованию градостроительных функций Подготовка правил и критериев использования земли, плотности, подразделения и строительства зданий
Гид-план	Подробные карты городских кварталов	Определение границы города Показать транспортную сеть до переулков Определение застройки и плотности населения Подробные карты землепользования Примеры карт для предлагаемых случаев, например городских пространств

Окончание табл. 2

End of table 2

Тип плана	Основное содержание	Описание
Гид-план	Подготовка регламентов и критериев	Прогнозирование населения в городе Определить различное потребление на душу населения и землепользование на душу населения Предложения по совершенствованию градостроительных функций Подготовка правил и критериев использования земли, плотности, подразделения и строительства зданий

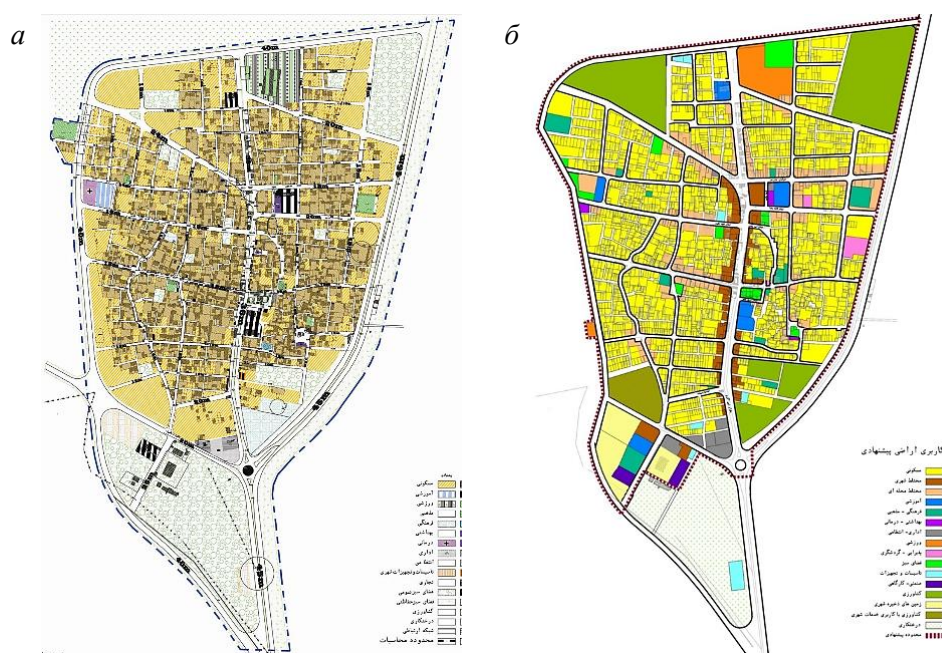


Рис. 1. Образец градостроительного проекта для г. Комшече в Иране:

а – гид-план города; б – детальный план города

Fig. 1. Urban project for the city of Komshech in Iran:

a – city guide plan; b – detailed city plan

Обзор процесса развития иранских городов показывает, что городские земли играют ключевую роль в осуществлении городских планов. Ограничение городских земель и растущий спрос усилили потребность в эффективном использовании городских земель для успешного процесса городского развития. Таким образом, перед каждым действием по улучшению системы городского планирования в Иране необходимо выполнить несколько предварительных функций. Эти функции должны решить проблему нехватки городских земель, отсутствия соответствующей городской инфраструктуры, несовместимости административных организаций и отсутствия участия общественности.

Основное внимание в исследовании уделялось планам городского развития как основному инструменту правительства для управления ростом городов. Обзор процесса планирования городского развития показывает, что, хотя планы городского развития были реализованы, городское развитие не соответствовало правилам и рекомендациям планов. Результаты показывают, что различные парадигмы пытаются обеспечить подходящее городское развитие с учетом нескольких аспектов общества, включая экономические, социальные и культурные, а также физические.

Рост городов и решение проблемы с жильем

В 1979 г. Исламская революция привела к многочисленным преобразованиям в Иране. Революция пыталась предложить Ирану независимость в разных областях. Кроме того, некоторые международные компании были вытеснены, а впоследствии многие специалисты потеряли работу, особенно в отделах планирования и разработки политики. Как правило, эти функции были обусловлены характером революции и неизбежными проблемами, которые могли возникнуть в результате любой такой революции. Кроме того, Иран подвергался нападению со стороны Ирака в течение восьми лет с 1980 г. В результате городское планирование было несколько запущено, что привело к неконтролируемому росту городов.

Отсутствие надлежащего жилья было одной из самых больших проблем вследствие быстрой урбанизации в Иране, которая усилилась после Исламской революции. Правительство пыталось проводить разную политику, чтобы удовлетворить эту потребность, в которой свободные городские земли были основным требованием. В рамках этого процесса правительство критически игнорировало планы городского развития и связанную с ними политику, и, следовательно, оно не имело никакого контроля над разделением и передачей городских земель, которые были сельскохозяйственными, за пределами города, инфраструктуры и земли запаса (например, высоковольтные электростанции, высоковольтные линии). Как правило, исполнительная и продовольственная системы правительства были дезорганизованы из-за революции, которая в первые годы оказала чрезвычайное влияние на городское управление. Спекуляция землей росла, одновременно при этом власть муниципалитетов в эти годы (1979–1987) была на низком уровне из-за вмешательства различных правительственных организаций, таких как Жилищный фонд и Организация городских земель (ULO) [1].

Кроме того, доходы страны сократились из-за снижения цен на нефть. Правительство не могло финансировать систему городского планирования во время войны, из-за чего AUDHC бездействовал в период с 1980 по 1982 г. После окончания войны в 1988 г. началось восстановление городов Ирана. В 1987 г. AUDHC предписал «зонирование, определение плотности застройки и критерии землепользования», что позволило муниципалитетам изменить плотность застройки и землепользование, которые ранее были прописаны в генеральных планах [5, 10]. Кроме того, в 1990 г. был принят Закон о высотных зданиях и плотности населения. Строительные компании и домовладельцы использовали эти законы, чтобы получить больше прибыли, после того как

они подали заявки на изменение землепользования и плотности застройки. Этот закон нанес значительный ущерб распределению землепользования на душу населения в городах за счет изменения утвержденных градостроительных планов, особенно в некоторых крупных городах. Что касается улучшения участия общественности, то в 1999 г. путем публичных выборов были утверждены городские советы, что позволило новой власти вмешиваться в городское управление. Городской совет до сих пор является высшим общественным участником городского управления и признается участником процесса городского планирования.

Фактически правительство пыталось предотвратить физическое расширение городов, когда оно приняло Закон об определении границ и границ городов, поселков и деревень в 2005 г. Однако спрос на жилье оказал давление на правительство. Поэтому правительство сосредоточилось на двух стратегиях реагирования в потребности на жилье в последние годы. К ним относятся обновление старой городской ткани и жилищная схема Мехр [11, 12].

На самом деле старая городская ткань затронула большую часть городов, которые за последние семь десятилетий строились довольно беспорядочно, ненормативно и не имели адекватной и подходящей инфраструктуры. Кроме того, эти районы обычно располагались вокруг центра городов с небольшой численностью населения и низкой плотностью застройки, что можно было использовать в качестве возможностей для проектов восстановления (реновации). Таким образом, AUDHC принял два правила: первым было Положение об индикаторах идентичности старой городской ткани в 2006 г., а вторым было Положение о грантах для стимулирования плотности застройки в старой городской ткани в 2007 г. [5, 13]. Соответственно, правительство попыталось добиться успешной реализации двух правил, предоставив широкие возможности для участия в этом процессе, включая строительные компании, землевладельцев и покупателей жилья, однако процесс реабилитации не был удовлетворительным.

Другой стратегией была жилищная схема Мехр. В этой схеме поощрялось строительство жилья в частном секторе для молодых людей и людей с низким доходом, у которых еще не было собственного дома, за счет бесплатной земли и дешевых кредитов [14]. Это последняя попытка решить проблему нехватки городского жилья и предотвратить незаконную застройку за пределами города. Основные компоненты проекта Мехр, такие как передача права пользования землей и выделение субсидий на строительство, были предложены правительством. Однако, хотя в последние годы правительство пыталось контролировать процесс городского развития, результаты показывают, что эти усилия не увенчались успехом.

Выделенные земли под проекты часто расположены за пределами городов, а структура районов, возникающая в результате строительства, не отличается разнообразием социальных классов и более подвержена социальным беспорядкам. Соседство с тысячами подобных единиц приводит к возникновению однообразия города с социальной точки зрения. Кроме того, этот проект рассчитан на низкий уровень (применение определенных правил по размещению земель, планировке поселения, архитектурному решению, типу выбран-

ного материала, методу выполнения плана и другим компонентам). Однако при финансировании аудитория проекта внезапно изменилась и была нацелена на более высокие уровни. Этот класс не приветствовал выделенные места проекта, архитектуру и схемы соседства, столкнулся с монотонностью ландшафта застройки. Передача права пользования землями мегаполисов (Тегеран, Мешхед, Исфахан, Шираз, Тебриз) была осуществлена в прилегающих новых городах. Нанесение ущерба социальному разнообразию при размещении проекта Мехр вокруг этих городов является серьезной проблемой для мегаполисов и новых городов (рис. 2).



Рис. 2. Проекты жилищной схемы Мехр в масштабе разных городов Ирана:
a – проект Мехр для мегаполиса Тегеран реализован в прилегающем новом городе Пардис; *б* – проект Мехр в больших городах – г. Бехшахр; *в* – проект Мехр в средних и малых городах

Fig. 2. Mehr housing scheme projects in different Iranian cities:
a – Mehr project for the megacity of Tehran implemented in adjacent new city of Pardis; *b* – Mehr project in large cities; *c* – Mehr project in medium and small cities

Несмотря на масштабность проекта Мехр, его исполнение нецелесообразно и несбалансированно, оно осуществляется без какой-либо связи с другими планами и проектами урбанизации. Если этот процесс продолжится таким образом, это может негативно сказаться не только на рынке жилья, но также и на системе градостроительства.

Выводы

На основе обобщения данного исследования можно сделать следующие выводы:

– История градостроительной системы Ирана охватывает три периода: период Каджаров (до 1925 г.), Пехлевийский период (с 1925 до 1979 г.), Исламская революция (с 1979 г. до настоящего времени).

– Реализацию градостроительного законодательства Ирана можно разделить на 6 этапов, начиная с 1907 г. (в основном деятельность по реконструкции и благоустройству городов) до 1984 г. (планы городского развития).

– Планы развития городов Ирана можно разделить на три основных категории, а именно: генеральные планы (master plan), детальные планы (detail plan) и гид-планы (guidance plan), каждый из них имеет свое определённое основное содержание и описание проекта.

– Борьба государства с проблемами роста городов и нехватка доступного жилья для жителей городов в последнее пятидесятилетие привело к двум основным решениям: обновлению старой городской ткани и жилищной схеме Мехр.

Обзор многочисленной литературы и анализ показывают, что многие нерешаемые проблемы связаны с планами городов и жилищной схемой Мехр, которые нуждаются в более масштабном решении.

Заключение

Настоящее исследование помогло определить исторические последствия, циклы и этапы градостроительного законодательства Ирана и выявить различные планы развития городов. Все эти события происходили в результате и в рамках урбанизации Ирана, который за очень короткое время (с 1907 до 1984 г.) претерпел многочисленные изменения в своей внешней и внутренней политике и экономике: от изменения династии Шаха, развития нефтяной индустрии, двух мировых войн до Исламской революции в 1979 г. и 8 лет войны с Ираком.

Уровень урбанизации в Иране сейчас составляет 75 %, и прогнозируется, что до 2050 г. он составит около 85 %. Если к этим условиям добавить ещё то, что население в Иране за последнее столетие увеличилось более чем в 8 раз, а уровень урбанизации за последние 60 лет увеличился более чем в 10 раз, то можно увидеть масштаб проблемы, с которой столкнулось правительство в процессе урбанизации и городского развития и расширения городов.

Все перечисленные причины указывают на нецелесообразность принятия внезапных решений, действий, любых предложений в большом масштабе без соответствующего предварительного анализа и плана для населения города. Для Ирана такие действия оказались нерабочими, не смогли контролировать процесс городского развития и не увенчались успехом.

Есть необходимость в более внимательном рассмотрении и принятии решений градостроительного законодательства и его реализации с периодическим обновлением с учетом опыта мировой практики и новых тенденций градостроительного проектирования в рамках устойчивого развития, умного или зелёного города для достижения цели и контроля роста городов с увеличением уровня социальных, экологических и экономических показателей городов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Kamrava M.A.* Introduction to Contemporary Town Planning in Iran. Tehran : University of Tehran Press, 2007. 218 p.
2. *Ghamami M.* Summary of Urban Master Plans Issues // *Abadi Magazine*. 1999. № 18. P. 30–42.
3. *Ministry of Country.* A View to Urban Planning of Iran. Published report. Tehran : Ministry of country publication, 2000. 261 p.
4. *Saeidnia A.* Urban development plans: Problems & strategies // *Shahrdariha Journal*. 1999. № 8. P. 6–10.
5. *AUDHC.* Enacted Collection Report: Architecture & Urban Development High Council. Tehran : Nashr e tosehe, 2010. 218 p.
6. *Sharmand Company.* Appropriate methods to prepare of urban development plans in Iran. Tehran : Shahrdari publication, 2003. 108 p.
7. *Каширинур М.М.* Анализ планировочной структуры малых городов Ирана // Наука и техника. Строительство. 2014. Серия 2. № 5. С. 85–91.
8. *Каширинур М.М.* Особенности разработки градостроительных проектов для малых городов Ирана // Архитектура. 2014. № 7. С. 116–122.
9. *Panahandeh Khah M., Farhoodi R., Gharakhlou-N M., Ghadami M.* A Critique of the Prevailing Comprehensive Urban Planning Paradigm in Iran: the Need for Strategic Planning // *Plann. Theory*. 2009. I. 4. № 8. P. 335–361.

10. Mashadizadeh N. An Analysis Urban Planning Characteristics in Iran. Tehran : University of Science and Technology Press, 1995. 694 p.
11. Mozayani M. Urban Development with Planning or without Planning // Municipals Magazine. 2001. № 17 (1). P. 45–57.
12. Zarivani M. Eleven general mistakes in urban planning // Abadi magazine. 1995. P. 16–33.
13. Каширипур М.М. Некоторые особенности формирования архитектурно-планировочной структуры малых городов Ирана // Архитектура : сб. научных трудов. 2017. № 10. С. 83–89.
14. Tilaki M.J.M., Abdullah A., Bahauddin A., Marzbali M.H. An evaluation to identify the barriers to the feasibility of urban development plans: Five decades of experience in urban planning in Iran // Journal of Urban and Environmental Engineering. 2014. I.e 1. № 8. P. 38–47.

REFERENCES

1. Kamrava M.A. Introduction to contemporary town planning in Iran. Tehran: University of Tehran Press, 2007. 218 p.
2. Ghamami M. Summary of urban master plans issues. *Abadi Magazine*. 1999; 18: 30–42.
3. Ministry of Country. A view to urban planning of Iran. Published report. Tehran: Ministry of Country Publication, 2000. 261 p.
4. Saeidnia A. Urban development plans: Problems & strategies. *Shahrdariha Journal*. 1999; 8: 6–10.
5. AUDHC. Enacted Collection Report: Architecture & Urban Development High Council. Tehran: Nashr e tosehe, 2010. 218 p.
6. Sharmand Company. Appropriate methods to prepare of urban development plans in Iran. Tehran: Shahrdari, 2003. 108 p.
7. Kashiripoor M.M. Planning structure analysis of small towns in Iran. *Nauka i tekhnika. Stroitel'stvo*. 2014; 5 (2): 85–91. (In Russian)
8. Kashiripoor M.M. Features of urban planning project development for the small towns in Iran. *Arkhitektura*. 2014; 7: 116–122. (In Russian)
9. Panahandeh Khah M., Farhoodi R., Gharakhlou-N M., Ghadami M. A Critique of the prevailing comprehensive urban planning paradigm in Iran: The need for strategic planning. *Planning Theory*. 2009; 4 (8): 335–361.
10. Mashadizadeh N. An analysis urban planning characteristics in Iran. Tehran: University of Science and Technology Press, 1995. 694 p.
11. Mozayani M. Urban development with planning or without planning. *Municipals Magazine*. 2001; 17 (1): 45–57.
12. Zarivani M. Eleven general mistakes in urban planning. *Abadi Magazine*. 1995; 16–33.
13. Kashiripoor M.M. Some features of architectural and planning structures of small cities in Iran. *Arkhitektura: sbornik nauchnykh trudov*. 2017; 10: 83–89. (In Russian)
14. Tilaki M.J.M., Abdullah A., Bahauddin A., Marzbali M.H. An evaluation to identify the barriers to the feasibility of urban development plans: Five decades of experience in urban planning in Iran. *Journal of Urban and Environmental Engineering*. 2014; 8 (1): 38–47.

Сведения об авторе

Каширипур Мохаммад Махди, канд. архитектуры, доцент, Белорусский национальный технический университет, 220013, Республика Беларусь, г. Минск, пр. Независимости, 150, mkashiripoor@gmail.com

Author Details

Mohammad M. Kashiripoor, PhD, A/Professor, Belarusian National Technical University, 150, Nezavisimosti Ave., 220013, Minsk, Republic of Belarus, mkashiripoor@gmail.com

Статья поступила в редакцию 11.11.2022
Одобрена после рецензирования 21.02.2023
Принята к публикации 20.03.2023

Submitted for publication 11.11.2022
Approved after review 21.02.2023
Accepted for publication 20.03.2023

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2023. Т. 25. № 2. С. 103–111.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2023; 25 (2): 103–111.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 727.5

DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-103-111

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ АРХИТЕКТУРНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ЦЕНТРОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Анна Андреевна Ремизова, Мария Витальевна Барабаш

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Аннотация. Представлена информация об основных современных тенденциях архитектурного формирования центров информационных технологий.

Основная цель статьи – выявление степени влияния сферы информационных технологий в современном мире и важности развития архитектуры IT-центров посредством исследования зарубежных и отечественных аналогов, определение их основных особенностей. Рассмотрена актуальность и важность развития сферы информационных технологий на основе статистических данных.

В статье описаны основные решения размещения IT-центров в городской среде и их функциональные и архитектурно-планировочные особенности. Выявлен потенциал сферы информационных технологий, которая на сегодняшний день является одной из наиболее быстро развивающихся. Постоянный прирост пользователей сети Интернет формирует повышенный спрос на различные информационные продукты.

Появление IT-центра не только позволяет реализовать потенциал региона, но и формирует социальную инфраструктуру и комфортную городскую среду. Одной из основных задач, решаемых архитектором при проектировании центра информационных технологий, является учет особенностей интеллектуального труда и создание лучших условий для сотрудников. Это реализуется посредством использования «гибких офисов» и большого процента рекреационных зон по отношению к рабочим. Одной из важных характеристик современного центра информационных технологий является его соответствие «зеленой» архитектуре, которая подразумевает заботу об экологии и использование альтернативных источников энергии.

Ключевые слова: IT-центр, информационные технологии, экологическая архитектура, современные тенденции архитектуры, офис IT-центров

Для цитирования: Ремизова А.А., Барабаш М.В. Современные тенденции архитектурного формирования центров информационных технологий // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 2. С. 103–111. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-103-111.

ORIGINAL ARTICLE

MODERN TRENDS IN ARCHITECTURE OF INFORMATION TECHNOLOGY CENTERS

Anna A. Remizova, Mariya V. Barabash

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Abstract. Purpose: The main purpose of the article is to identify the place of the information technology in the modern world and the importance of developing the IT center architecture through the study of foreign and domestic analogues. The article presents information about the modern trends in architecture of information technology centers.

Design: The article describes the main solutions for the place of IT centers in the urban environment and their functional and architectural planning features.

Practical implications: The information technology potential is identified, which is being rapidly developed. The constant growth of Internet users creates an increased demand for various information products. The emergence of IT centers not only allows realizing the regional potential, but also forming a social infrastructure and a comfortable urban environment.

Originality/value: One of the main tasks solved by an architect when designing an information technology center is to take into account the peculiarities of intellectual labor and create appropriate conditions for employees. This is realized through the use of "flexible offices" and a large percentage of recreational areas for workers. One of the important characteristics of the modern information technology center is its compliance with the green architecture, which implies concern for the environment and use of alternative energy sources.

Keywords: IT center, information technologies, ecological architecture, modern architecture, IT-center office

For citation: Remizova A.A., Barabash M.V. Modern trends in architecture of information technology centers. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2023; 25 (2): 103–111. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-103-111.

В современном мире информационные технологии (ИТ) имеют все большее значение, они дают возможность эффективно использовать информационные ресурсы, которые на сегодняшний день являются важным стратегическим фактором развития общества. XX в. послужил радикальному изменению мирового устройства посредством важнейшего фактора – научно-технического прогресса [1].

В 1940-х гг. с появлением кибернетики зародилось понятие «информационное общество», которое связано с повсеместной компьютеризацией и началом активного развития информационных и цифровых технологий. По мнению писателя Д. Мартина, «информационное общество можно определить как общество, в котором качество жизни, так же как перспективы социальных изменений и экономического развития, в возрастающей степени зависят от информации и её эксплуатации. В таком обществе стандарты жизни, формы труда и отдыха, система образования и рынок находятся под значительным влиянием достижений в сфере информации и знания» [2].

Действительно, на сегодняшний день информационные технологии затрагивают все сферы жизни человека, начиная со сложных производственных процессов и заканчивая бытовыми заботами. Сфера ИТ развивается невероят-

но быстрыми темпами. Согласно ежегодному отчёту об Интернете и социальных сетях Global Digital (глобальный цифровой) за 2022, за последние 10 лет число пользователей Интернета возросло более чем в два раза, а среднее время, которое пользователь проводит в сети Интернет, составляет около 7 ч в день, т. е. более 40 % своей бодрствующей жизни (рис. 1) [3].

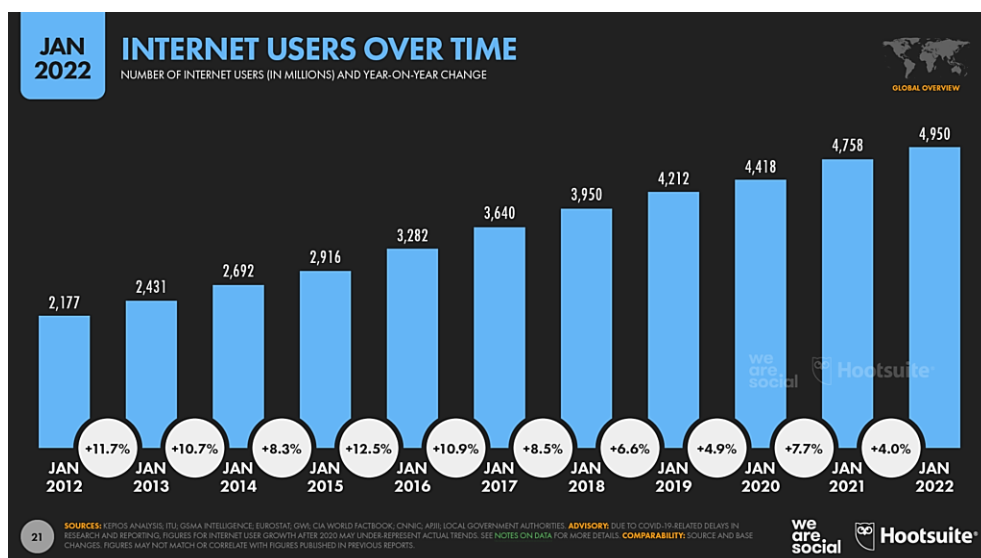


Рис. 1. График прироста пользователей Интернета за последние 10 лет [3] (URL: <https://www.web-canape.ru/business/vsya-statistika-interneta-i-socsetej-na-2021-god-cifry-i-trendy-v-mire-i-v-rossii/>)

Fig. 1. Internet user growth over the past 10 years

С этим, безусловно, связан и рост количества IT-компаний как в мире, так и в России. Это та сфера, которую необходимо развивать. «Нужно уделить самое пристальное внимание мерам поддержки спроса на продукцию наших IT-компаний», – заявил Владимир Путин на совещании по связи и отрасли информационных технологий в 2020 г. Он также подчеркнул, что «нужно создавать открытые, привлекательные, конкурентные условия для работы и воплощения передовых идей именно здесь, у нас, в России» [4].

Центры позволяют создавать комфортные, конкурентоспособные условия труда для специалистов в сфере информационных технологий, способствуют ее массовому развитию и повышению уровня цифровой грамотности населения.

Изначально IT-центры были частью университета, их типология архитектуры в какой-то степени вытекает из научных исследовательских центров (НИИ) в СССР, сейчас же эта отрасль настолько развита, что стала самостоятельной структурой. На сегодняшний день такие центры располагаются в основном в составе научных кластеров (технопарков) или как самостоятельные образования [5]. В зависимости от заполняемости центры информационных технологий могут располагаться как в городской среде, так и за ее пределами. Наиболее целесообразно размещать их на крупных участках, т. к., помимо со-

здания рабочих мест, IT-центр подразумевает развитую общественную и социально значимую зону.

Из этого вытекает первая тенденция архитектурного формирования центров информационных технологий – развитие социальной инфраструктуры. Основа функционального решения современных центров информационных технологий – взаимодействие рабочих, общественных зон (в том числе рекреаций), вспомогательных и технических помещений. Важно заметить, что доля общественных зон постоянно возрастает, сегодня это порядка 30–40 % от общей площади [6]. Такая пропорция связана с трансформацией организации структуры современных центров информационных технологий и перераспределением приоритетов успешной деятельности. В современных компаниях растет осознание социальной ответственности – «компания успешна, если она создает городскую культуру».

Таким образом, центр ИТ подразумевает формирование как открытых (благоустройство, парки), так и закрытых (магазины, конференц-залы, кафе и проч.) общественных зон. Это способствует эффективным коммуникациям и обмену информацией и, как следствие, получению новых знаний. Развитие социальной инфраструктуры в IT-центре обеспечивает его интеграцию в городскую среду и создает условия для его дальнейшего развития.

Еще одной тенденцией архитектурного формирования центров информационных технологий является создание лучших условий труда для сотрудников. Основной тренд, подтвержденный исследованиями, – стремление работников к максимальной мобильности, отсутствию строгой привязки к рабочему месту. Это способствует уменьшению доли рабочего пространства с одновременным ростом доли общественных зон, мест для командной работы, зон отдыха и неформального общения. В результате развития данной тенденции появляются новые пространства с разнообразием функций, благодаря которым в центре есть все необходимое для жизни 24 ч в сутки.

Сфера ИТ является родоначальницей такого подхода к организации рабочего пространства, по словам Евгении Лучицкой, официального представителя компании A-Store Estates, девелопера делового квартала Neopolis: «Инфраструктурные инновации пришли к нам из IT-бизнеса. Гиганты отрасли первыми поняли, что чем меньше офис похож на привычное рабочее место, тем больше времени сотрудники проводят на работе, – а следовательно, тем выше их креативность и продуктивность» [7]. Действительно, в современных IT-центрах, помимо рабочих зон, предусмотрены обширные рекреации и зоны для развлечений. Так как работа в IT-центрах подразумевает сидячий образ жизни, особое внимание уделяется спортивным зонам, организуются открытые и крытые игровые спортивные площадки, тренажерные залы, залы для фитнеса и йоги, а также бассейны и развитая велосипедная инфраструктура.

В качестве примера можно привести штаб-квартиру Microsoft в Маунтин-Вью, США (рис. 2). В основе проекта, разработанного WRNS Studio, лежит комфорт и здоровье работающих в офисе сотрудников, вследствие этого порядка 40 % площади здания занимает социальная инфраструктура. По словам авторов проекта, кампус Microsoft создавался как «рабочее место нового типа – по форме, функциям, эстетике и взаимодействию, которое в первую

очередь связано с благополучием и симбиозом человека и природы» [8]. Пространство здания организовано вокруг ряда внутренних дворов, которые пропускают солнечный свет и свежий воздух в каждое рабочее место, создавая при этом связь внутренних и наружных пространств. Это повышает уровень продуктивности и комфорта сотрудников и, как следствие, производительность компании в целом [9].

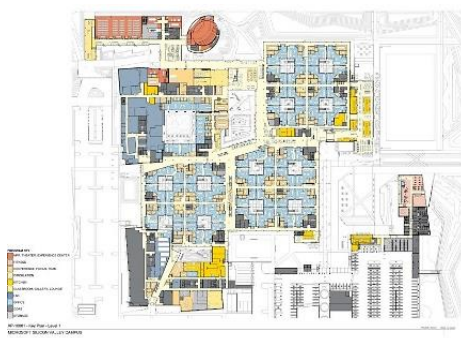


Рис. 2. Штаб-квартира Microsoft в Маунтин-Вью, США [8] (URL: https://www.architect-magazine.com/project-gallery/microsoft-silicon-valley-campus_o)

Fig. 2. Microsoft headquarters in Mountain View, USA

Данный проект также является примером архитектуры интеллектуального труда. Организация пространства такой архитектуры осуществляется с учетом особенностей творческой и умственной деятельности, которая подразумевает низкую двигательную активность, угнетение психики при длительной умственной нагрузке, ухудшение функции внимания и памяти. Для уменьшения влияния подобных факторов архитекторами создается ряд социальных и психологических условий, благоприятно влияющих на здоровье работников. К примеру, чередование рабочих зон и рекреаций, размещение спортивных площадок, обширное озеленение и благоустройство территории с возможностью прогулок на свежем воздухе. Таким образом, архитектурные решения не только создают условия для комфортной работы, но и способствуют стимулированию творческого потенциала сотрудников [10].

Поскольку сфера ИТ связана с постоянным генерированием новых идей и увеличением роли креативного мышления, становится все более популярна новая концепция организации рабочего места – «гибкие» (трансформируемые) рабочие пространства. Они подразумевают синергию индивидуальных рабочих мест, зон для командной работы и зон рекреации, количество которых меняется в зависимости от проектов и поставленных задач. Такой способ организации пространства способствует большему общению между сотрудниками, обмену информацией и экономии пространства, что повышает продуктивность и экономическую эффективность ИТ-центра [11].

Концепцию «гибкого» офиса можно проследить на примере технопарка Сбербанка, спроектированного архитектором Захой Хаид (рис. 3). В основе проекта, расположенного в инновационном центре Сколково, Москва,

лежит анализ взаимодействия различных функциональных зон, необходимых для работы компании. По словам авторов проекта, «архитектура меняет рабочие отношения и использует целостный подход к созданию привлекательной среды» [12].

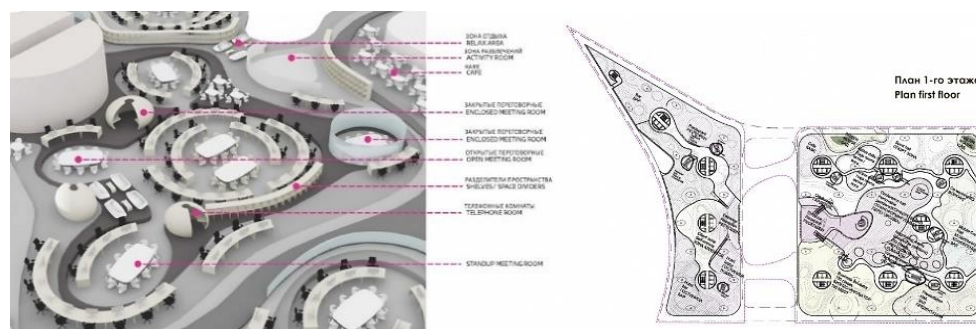


Рис. 3. Планировочное решение «гибкого» офиса в технопарке Сбербанка (URL: <https://archi.ru/russia/68617/zakha-v-skolkovo-tehnopark-sberbanka>)

Fig. 3. Layout of flexible office in Sberbank Technopark

Еще одной значимой тенденцией, которую можно отнести не только к центру информационных технологий, но и к формированию современной архитектуры в целом, является забота об экологии и использование альтернативных источников энергии.

Одним из наиболее эффективных способов решения экологических проблем является создание «зеленой» архитектуры. Новый подход к проектированию зданий заключается в повышении эффективности использования ограниченных ресурсов (земли, энергии, тепла и холода, воды и материалов), в снижении вредного влияния на здоровье людей и минимизации негативного воздействия на окружающую среду в течение всего жизненного цикла здания через лучшее расположение, проектирование, строительство, управление и эксплуатацию [13].

Тенденция заботы об экологии повлияла не только на проектирование инженерных и конструктивных систем IT-центров, но и на их функционально-планировочное решение. Прослеживается стремление человечества быть ближе к природе, в связи с этим в центрах появляется обширное благоустройство, эксплуатируемые кровли с озеленением, зимние сады и внутренние дворы, создаются условия для работы и отдыха на улице (в зависимости от климата). Пример такой «зеленой» архитектуры – Apple Park – штаб-квартира компании Apple в Купертино, США, спроектированная Норманом Фостером (рис. 4). Комплекс зданий получает возобновляемую энергию от солнечных батарей и биотоплива и поэтому является одним из самых энергоэффективных зданий в мире. На участке площадью 40 га разбит парк с зонами для активного отдыха и занятий спортом, местами для работы на свежем воздухе и участками для садоводства. По словам авторов проекта, «Apple Park – фантастическое место для работы, творчества, совместного сотрудничества и формирования технологий будущего» [14].



Рис. 4. Apple Park, Купертино, США (URL: <https://www.fosterandpartners.com/projects/apple-park/>)

Fig. 4. Apple Park, Cupertino, USA

Исходя из выявленных тенденций формирования центров информационных технологий, можно сказать о том, что архитектура идет в ногу со временем, стремясь спрогнозировать будущие изменения в обществе и на этапе проектирования решить вытекающие из них проблемы.

Выводы

Анализируя современную архитектуру и методы ее проектирования, следует сделать вывод о том, что архитекторы не только теоретически, но и практически оказались готовы к изменениям в связи с возникновением информационного общества. ИТ вывели архитектуру на новый уровень: благодаря возможности прогнозирования климатических факторов, точного моделирования, анализа взаимодействия человека с объектом, просчета конструкций и применения кинетических структур, стала возможной реализация параметрической архитектуры будущего по проектам З. Хадид, П. Шумахера, Т. Хизервика и др.

Информационные технологии с каждым годом играют все большую роль в современной жизни, а значит, архитектура ИТ-отрасли развивается вместе с ними и становится важной составляющей городов. Выявляя архитектурную типологию центров, стоит учитывать особенности интеллектуального труда и вследствие этого уделять внимание созданию социальной городской инфраструктуры, а также комфорту и здоровью сотрудников. Проектирование центра должно быть обусловлено его энергоэффективностью, заботой об экологии и обширным озеленением. Все эти факторы будут способствовать наилучшему развитию отдельно взятого центра и ИТ-отрасли в целом.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гоечко М.А., Сидорова В.В. Возникновение и история развития нелинейной архитектуры. Зарубежный и отечественный опыт проектирования // Строительство и техногенная безопасность. 2017. № 6 (58). С. 3–10.

2. Дубинский В.П., Джафари Хагиги С. Архитектура и информатизация общества // Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. 2014. № 4. С. 54–58.
3. Отчёт о состоянии цифровой сферы Global Digital 2022. URL: <https://www.web-canape.ru/business/vsya-statistika-interneta-i-socsetej-na-2021-god-cifry-i-trendy-v-mire-i-v-rossii/> (дата обращения: 17.10.2022).
4. Путин В.В. Совещание по связи и ИТ-отрасли: цитаты. URL: <https://raec.ru/live/branch/11717/> (дата обращения: 17.10.2022).
5. Румянцев А.А. Особенности архитектурной организации инновационной деятельности в рамках технопарковых структур // Архитектон: известия вузов. 2006. № 4 (16). URL: http://archvuz.ru/2006_4/13 (дата обращения: 17.10.2022).
6. Вартапетова А.Е. Социальная инфраструктура в современных офисах // Архитектон: известия вузов. 2009. № 4 (28). URL: http://archvuz.ru/2009_4/5 (дата обращения: 17.10.2022).
7. Как выглядят офисы нового поколения. URL: <https://www.cre.ru/analytics/73428> (дата обращения: 17.10.2022).
8. Architect vision for Microsoft's Silicon Valley Campus. URL: <https://news.microsoft.com/silicon-valley-campus/#more-news> (дата обращения 12.10.2022).
9. High Tech Client Campus. URL: <https://www.wrnsstudio.com/project/high-tech-client-campus/> (дата обращения: 12.10.2022).
10. Рыков К.Н. Условия архитектурной организации технопарков, способствующие творческому интеллектуальному труду // Вестник МГСУ. 2012. № 10. С. 37–44.
11. Schmidt-Lux T. Silicon Headquarters The Architectural Faces of Digital Capitalism. Interdisziplinärer Forschungsverbund; BMBF; digista.de, February 2021. 40 p.
12. Sberbank Technopark. URL: <https://www.zaha-hadid.com/architecture/sberbank-moscow/> (дата обращения: 13.10.22).
13. Perov F., Ereemeeva A., Shabiev S. Achievements and challenges of contemporary energy-efficient architecture in Russia // E3S Web of Conferences. Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics (TPACEE2018). 2019. V. 91. № 05025. 7 p.
14. Apple Park. URL: <https://www.fosterandpartners.com/projects/apple-park/> (дата обращения: 17.10.2022).

REFERENCES

1. Goenko M.A., Sidorova V.V. Emergence and history of nonlinear architecture. Foreign and Russian design experience. *Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'*. 2017; 6 (58): 3–10. (In Russian)
2. Dubinskii V.P., Dzhaafari Khagigi S. Architecture and informatization of society. *Vestnik BGTU*. 2014; (43): 54–58. (In Russian)
3. Report on digital sphere Global Digital 2022. Available: www.web-canape.ru/business/vsya-statistika-interneta-i-socsetej-na-2021-god-cifry-i-trendy-v-mire-i-v-rossii/ (accessed October 17, 2022). (In Russian)
4. V.V. Putin's meeting on communications and the IT industry. Available: <https://raec.ru/live/branch/11717/> (accessed October 17, 2022). (In Russian)
5. Rumyantsev A.A. Architecture of innovation activities in Technoparks. *Arkhitekton: Izvestiya vuzov*. 2006; 4 (16). Available: http://archvuz.ru/2006_4/13 (accessed October 17, 2022). (In Russian)
6. Vartapetova A.E. Social infrastructure in modern offices. *Arkhitekton: Izvestiya vuzov*. 2009; 4 (28). Available: http://archvuz.ru/2009_4/5 (accessed October 17, 2022). (In Russian)
7. What do the offices of the new generation look like. Available: www.cre.ru/analytics/73428 (accessed October 17, 2022). (In Russian)
8. Architect vision for Microsoft's Silicon Valley Campus. Available: <https://news.microsoft.com/silicon-valley-campus/#more-news> (accessed October 17, 2022).
9. High Tech Client Campus. Available: www.wrnsstudio.com/project/high-tech-client-campus/ (accessed October 12, 2022).
10. Rykov K.N. Conditions of architectural organization of Technoparks promoting creative intellectual work]. *Vestnik MGSU*. 2012; 10: 37–44. (In Russian)

11. Schmidt-Lux T. Silicon Headquarters. The Architectural Faces of Digital Capitalism. Interdisziplinärer Forschungsverbund; BMBF, 2021. 40 p.
12. Sberbank Technopark. Available: www.zaha-hadid.com/architecture/sberbank-moscow/ (accessed October 13, 2022)
13. Perov F., Ereemeeva A., Shabiev S. Achievements and challenges of contemporary energy-efficient architecture in Russia. *E3S Web of Conferences, Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics*. 2019; 91: 7. N 05025.
14. Apple Park. Available: www.fosterandpartners.com/projects/apple-park/ (accessed October 17, 2022).

Сведения об авторах

Ремизова Анна Андреевна, магистрант, Южный федеральный университет, 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 105/42, annarmz@yandex.com

Барабаш Мария Витальевна, канд. архитектуры, доцент, Южный федеральный университет, 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 105/42, mary.mazurik@yandex.ru

Authors Details

Anna A. Remizova, Graduate Student, Southern Federal University, Southern Federal University, 105/42, Bolshaya Sadovaya Str., 344006, Rostov-on-Don, Russia, annarmz@yandex.com

Mariya V. Barabash, PhD, A/Professor, Southern Federal University, 105/42, Bolshaya Sadovaya Str., 344006, Rostov-on-Don, Russia, mary.mazurik@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 19.01.2023
Одобрена после рецензирования 03.02.2023
Принята к публикации 20.03.2023

Submitted for publication 19.01.2023
Approved after review 03.02.2023
Accepted for publication 20.03.2023

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2023. Т. 25. № 2. С. 112–127.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2023; 25 (2): 112–127.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 711.455.(23):711.113(235.222)

DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-112-127

ГЕОЛАНДШАФТНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ ОБЬ-АЛТАЙСКОГО БАСЕЙНА РАССЕЛЕНИЯ

Павел Владимирович Скрыбин, Андрей Георгиевич Вайтенс

Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Статья посвящена определению геоландшафтных предпосылок градостроительного развития Обь-Алтайского бассейна расселения, расположенного в южной части Сибири, выявлению связей между геоландшафтным строением и системой расселения на исследуемых территориях. Авторами был поставлен ряд задач: выявить связь между геоландшафтным строением и системой расселения на исследуемых территориях, определить расположение градоформирующих узлов, а также предложить способы их градостроительного преобразования с учетом выявленных геоландшафтных предпосылок.

Объектом исследования является система расселения на территориях Обь-Алтайского бассейна расселения для выявления узловых точек градостроительного развития с учетом существующих геоландшафтных условий.

Методологическую основу составляет бассейновый подход речного планирования, предлагающий градостроительное зонирование территории сообразно водосборным бассейнам рек, а также ландшафтно-экологический подход пространственного планирования, который предлагает градостроительные преобразования сообразно экологической ценности участков ландшафта. *Метод узловых точек* исходит из положения о наличии на исследуемых территориях разного масштаба точек с особым экологическим, хозяйственно-экономическим и транспортно-коммуникационным значением, имеющих эффект градоформирующего воздействия на прилегающие обширные территории.

В результате исследования обозначены геоландшафтные условия, определяющие структурное строение природно-градостроительной системы, в которой найдены градоформирующие узлы. Градостроительное преобразование в одном из этих узлов влияет на развитие всей обширной территории в зоне его влияния. Выдвинуто предположение, что подобные влияния будут характерны не только для исследуемых территорий, но и для территорий юга Сибири в целом. На основе этого определен потенциал расселения Обь-Алтайского бассейна расселения и предложен алгоритм градостроительного планирования для его территорий.

Ключевые слова: территориальное планирование, бассейновое речное планирование, градостроительное развитие, градостроительство, геоморфология, ландшафты, система расселения

Для цитирования: Скрыбин П.В., Вайтенс А.Г. Геоландшафтные предпосылки пространственного развития городов Обь-Алтайского бассейна расселения // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 2. С. 112–127. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-112-127.

ORIGINAL ARTICLE

GEOLOGICAL LANDSCAPE PREREQUISITES FOR URBAN DEVELOPMENT IN SOUTHERN SIBERIA

Pavel V. Skryabin, Andrey G. Vaitens

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,
Saint-Petersburg, Russia

Abstract. *Purpose:* Settlements in Southern Siberia, identification of nodal points of urban development with respect to geological landscape conditions; identification of the relationship between the geological landscape structure and the settlement system in Southern Siberia, the location of town-forming centers; ways of the urban transformation.

Methodology: River basin planning, which offers urban zoning of the territory in accordance with the river basins as well as the landscape-ecological approach to the spatial planning, which offers urban transformations in accordance with landscape areas. The method of nodal points is based on the ecological, economic, transport and communication significance on different territories affecting adjacent vast territories.

Research findings: Geological landscape conditions, which determine the structure of natural and urban planning system of territories are significant for territories of Southern Siberia. Urban transformation in one of these nodes affects the development of the entire vast territory. The settlement potential in South of Siberia is determined and the urban planning algorithm is proposed for these territories.

Keywords: urban planning, river basin planning, urban development, geomorphology, landscapes, settlement system

For citation: Skryabin P.V., Vaitens A.G. Geological landscape prerequisites for urban development in Southern Siberia. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2023; 25 (2): 112–127. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-112-127.

Введение

Обь-Алтайский бассейн расселения сформировался в пространстве юга Сибири вдоль природной композиционной оси – р. Оби и её притоков (Томь, Бия и Катунь), текущих с юга на север. Пространство бассейна расселения ограничено с севера Транссибирской магистралью, с юга и юго-запада – государственной границей с Казахстаном, Китаем и Монголией, с востока – Абаканским горным хребтом (рис. 1).

Периметр границ данного пространства включает Новосибирскую и Кемеровскую области, Алтайский край и Республику Алтай. Эта территория занимает центральное место в системе существующих транспортно-коммуникационных коридоров Евразии, формирующих ортогональную сеть, в которой выделяются широтные – трансконтинентальные и меридиональные – трансграничные коридоры. Самая мощная сегодня трансконтинентальная сухопутная связь пролегает от Атлантического до Тихого океана по линии Амстердам – Пекин. Перпендикулярно ей существуют трансграничные связи: сухопутная связь от Балтики до Персидского залива по автотрассам Санкт-Петербург – Ростов-на-Дону – Тбилиси – Багдад – Дубай, водная связь по рекам Двине и Волге через Каспий от Архангельска до Тегерана, а также связь Красноярск – Кызыл – Улан-Батор – Пекин по автотрассе «Енисей». Через

территорию Обь-Алтайского бассейна пролегают связи Новосибирск – Улан-Батор – Пекин по трассе «Чуйский тракт».

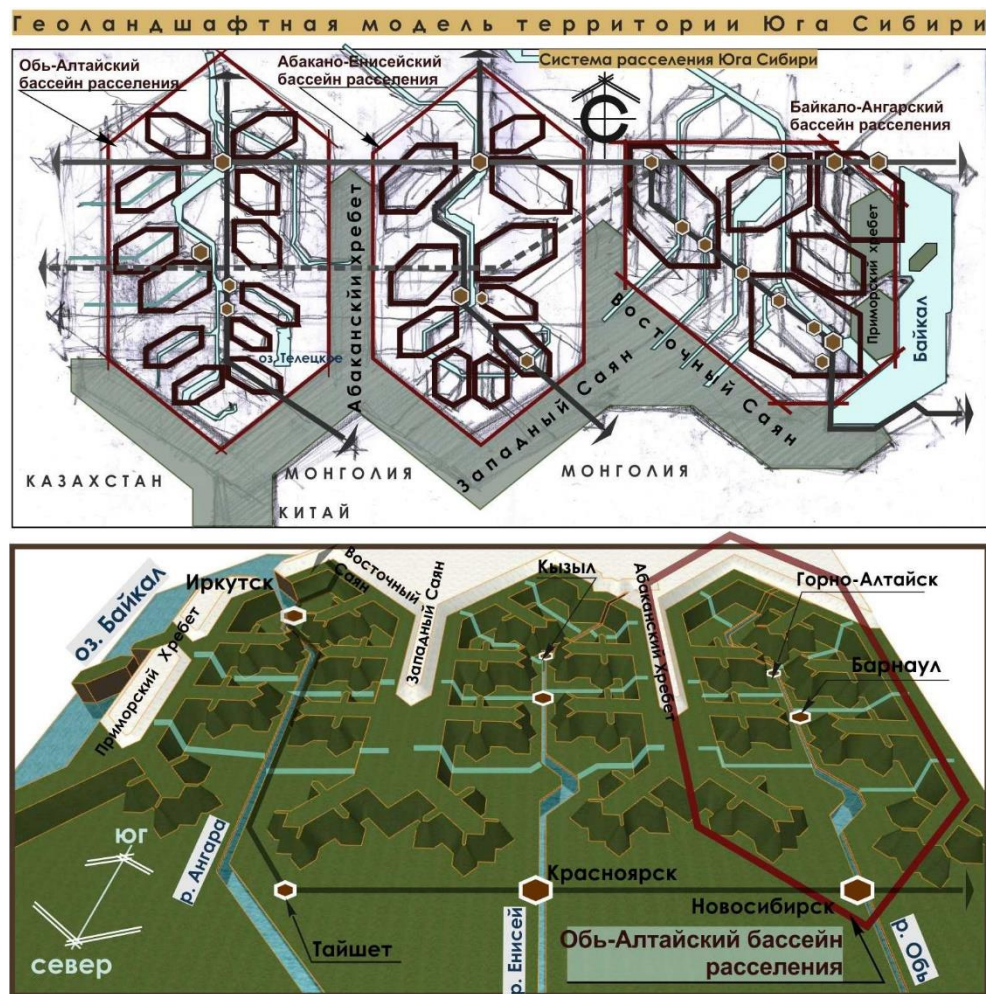


Рис. 1. Геоландшафтная модель юга Сибири и место в системе транспортно-коммуникационных коридоров Евразии. Автор П.В. Скрябин

Fig. 1. Geological landscape model of Southern Siberia and its place in Eurasian transport and communication system. Schematic by Skryabin

Глубинно расположенная территория Обь-Алтайского бассейна расселения является связующим звеном в транспортно-коммуникационной сети континента и одновременно приграничной территорией, с которой осуществляется жизнеобеспечение европейской части страны: энергией (Тарское, Веселовское и Ракитинское нефтегазовые месторождения), продовольствием (сельхозпродукция Алтайского края), ресурсами (марганец, титан, золото, хром, редкие металлы Кемеровской области).

Наблюдаемое в последние десятилетия падение плотности населения Сибири за счёт вынужденной миграции в европейскую часть (чаще всего в два

крупнейших города-мегаполиса Москву и Санкт-Петербург) носит масштабный характер (за счёт политики Министерства финансов, Центробанка и Минстроя). Периферии данных мегаполисов обрастают плотно урбанизированными жилыми массивами для переселенцев из Зауралья (например, проекты «Новая Москва» и «Мурино» в Санкт-Петербурге). Следствием градостроительного сжатия станет риск утраты страной целых регионов, осуществляющих обеспечение её экономической, стратегической, энергетической и продовольственной безопасности.

Основная проблема территорий Обь-Алтайской системы расселения, как и всей Южной Сибири, сформулирована авторами как противоречие между наличием богатого природно-ресурсного потенциала и широких возможностей для градостроительного развития, с одной стороны, и слабой освоённостью территории с отрицательной расселенческой динамикой – с другой.

Цель статьи – определить геоландшафтные предпосылки градостроительного развития Обь-Алтайской системы расселения, также характерные и для остальных территорий юга Сибири.

Задачи:

- выявить связь между геоландшафтным строением и системой расселения на исследуемых территориях;
- определить расположение градоформирующих точек в опорных узлах территорий Обь-Алтайского бассейна расселения;
- предложить способы их градостроительного преобразования сообразно геоландшафтным условиям на примере нескольких характерных сибирских городов.

Методы: для решения поставленных задач авторы соединили два научных подхода: бассейновый (С.Д. Митягин [15]) – для определения природного потенциала расселения юга Сибири и ландшафтный (ландшафтная сообразность градостроительной деятельности профессора А.Г. Большакова [8, 9, 11, 17]).

Бассейновый подход предусматривает использование природных особенностей речных бассейнов как возможности для градостроительного освоения территорий разного масштаба. Ландшафтный подход предусматривает использование природных особенностей ландшафта (растительность, почвы) как основы для градостроительных преобразований.

Совмещение данных подходов даёт возможность перейти к сбалансированному градостроительному планированию. По мнению авторов, это планирование следует начинать с выделения бассейнов водного стока, включая вершины водоразделов (питание), склоновые участки (сток) и низины (разгрузка). Это позволяет разделить территории любой площади (от области или края до квартала) на участки с разной степенью экологической значимости. На основе этого предлагаются соответствующие направления и способы их градостроительного освоения, в рамках которых следует использовать существующие методы.

Метод узловых точек [3, 5] предусматривает использование небольшой площади участков, обладающих эффектом экологического и хозяйственно-экономического воздействия на окружающие территории, в зоне их влияния. Это воздействие может стать средством для градостроительных преобразований территорий. При этом расположение этих узловых точек заведомо определено природой – рельефом, гидрографией и ландшафтом. По итогам историче-

ского анализа градостроительного развития Сибири с XVI в. по настоящее время одним из авторов установлено, как строительство крупного объекта в любой из этих точек стимулирует активную градостроительную деятельность на других более обширных территориях в радиусе зоны влияния до 60 км [18].

Метод сетевого прогнозирования градостроительной деятельности [1, 2, 4, 6] рассматривает территорию любого масштаба (от нескольких квадратных метров до нескольких тысяч квадратных километров) как сочетание планировочных сетей, среди которых, применительно к данному исследованию, следует выделить природную, транспортную и хозяйственную. Природная сеть формируется реками как природными осями и включает верхние участки водоразделов с особо значимыми природными ландшафтами (ООПТ). Транспортная сеть формируется транспортными осями (автодорогами, линиями железнодорожного сообщения), а также проложенными вдоль них инженерными связями (высоковольтными ЛЭП, газо- и нефтепроводами). Хозяйственная сеть формируется аграрными, рекреационными и урбанизированными территориями.

Результаты

Для решения первой задачи рассчитан потенциал расселения в границах Обь-Алтайского бассейна расселения с использованием ландшафтно-бассейнового подхода. Потенциал расселения – это возможность постоянного проживания максимального количества людей в границах территорий разного масштаба [16]. Этот потенциал обусловлен возможностями данного бассейна расселения по четырём основным потребностям человека:

- возможности для производственной деятельности (труд) – зависят от производственно-энергетической ёмкости (определяются площадью территории для размещения объектов производства, энергетики и разработки полезных ископаемых);

- возможности для сельскохозяйственной деятельности (еда) – определяются сельскохозяйственной ёмкостью, т. е. площадью земель с плодородной почвой с учетом мирового показателя обеспеченности сельхозугодьями – 0,23 га/чел.;

- возможности для развития рекреационной деятельности (отдых) – определяются рекреационной ёмкостью (площадь территории для развития отдыха, туризма и лечения с учетом среднего показателя рекреационной нагрузки 7 чел./га);

- экологическая ёмкость – обеспечена суммарной площадью лесов, вырабатывающих кислород (64,8–72,0 тыс. кг/год с га) взамен загрязнённого производством и транспортом, а также объёмом пресной воды сибирских рек для нужд хозяйства. При этом учитывается годовая потребность человека в кислороде – 3,45 т/год [14], годовая потребность в воде – 48 м³ (СНиП 2.04.01–85*), используется коэффициент перехода изъятых из атмосферы кислорода или воды из поверхностных источников – 2,5 [10].

Таким образом, потенциал расселения может составить минимум 47,6 млн чел., максимум – 100,0 млн чел.

Однако этот потенциал распределяется неравномерно, интенсивность градостроительного освоения вплотную зависит от геоландшафтного строе-

ния водосборных речных бассейнов, в которых выделяются три территориально-природно-хозяйственных пояса:

- рекреационный пояс является зоной питания сибирских рек, отличается гористым рельефом и включает уникальные ненарушенные природные ландшафты с ценными бальнеологическими свойствами, привлекательными для отдыха, туризма и лечения;

- аграрный пояс – это зона речного стока, выделяется в верхней части среднего течения сибирских рек и отличается степным ландшафтом с плодородными почвами;

- производственно-энергетический пояс является зоной разгрузки и выделен в нижней части среднего течения рек, вдоль Транссиба, отличается холмистым рельефом, расчленённой сетью малых рек и ручьёв.

В результате решения первой задачи установлено, что юг Сибири – это природно-градостроительная система, состоящая из самоподобных фрактально масштабируемых геоландшафтных структур (рис. 2).

На основе этого выделены определённые структурные элементы системы расселения юга Сибири и введены в научный оборот новые понятия:

- бассейн расселения – пространство, формируемое межгорной котловиной одной из трёх основных сибирских рек (р. Обь). Применительно к масштабу этих рек это пространство включает в своих границах от одного до четырёх административно-хозяйствующих субъектов (областей, краёв и республик), что соответствует региональному масштабу градостроительного планирования;

- планировочный район применительно к геоландшафтной системе расселения формируется пространством речной долины, природной осью которой является приток основной сибирской реки (например, реки Орда, Ирмень и Сузун), в границы данного пространства входит несколько муниципальных районов, что соответствует муниципальному уровню градостроительного планирования;

- опорный узел расселения – это малый город или посёлок (уровень генеральных планов), вокруг которого формируется групповая система населённых пунктов в пространстве речных ложбин, природно-композиционными осями которых являются малые реки и ручьи, впадающие в притоки основных сибирских рек;

- градоформирующий центр, или узловая точка – участок территории в границах опорного узла расселения (уровень проекта планировки), обладающий градоформирующим эффектом, что выражается в мозаичности функционального наполнения, включая крупные градообразующие объекты – центры городской активности. Влияние градоформирующих узлов может распространяться далеко за пределы города или посёлка, в котором они расположены, и может выразиться в изменениях природного ландшафта на обширных территориях, изменениях баланса землепользования и возникновении новых очагов градостроительной активности.

Аналогичную структуру удалось выявить и в самих узлах расселения – в городах и посёлках юга Сибири, которые имеют основной композиционной осью реку (выделяются одно- и двухбережные композиции). Холмистый рельеф городской территории разрезан несколькими поймами малых рек и ручьёв [11]. Геоландшафтное строение сибирского города имеет различия в зави-

симости от природно-хозяйственного пояса расселения и характеризуется овражно-балочным рельефом, расчленённым глубоко врезаемыми поймами малых рек [19], которые впадают в крупную сибирскую реку – основную композиционную ось города и делят городскую территорию на водораздельные комплексы, средняя площадь каждого из них составляет 50–60 км².

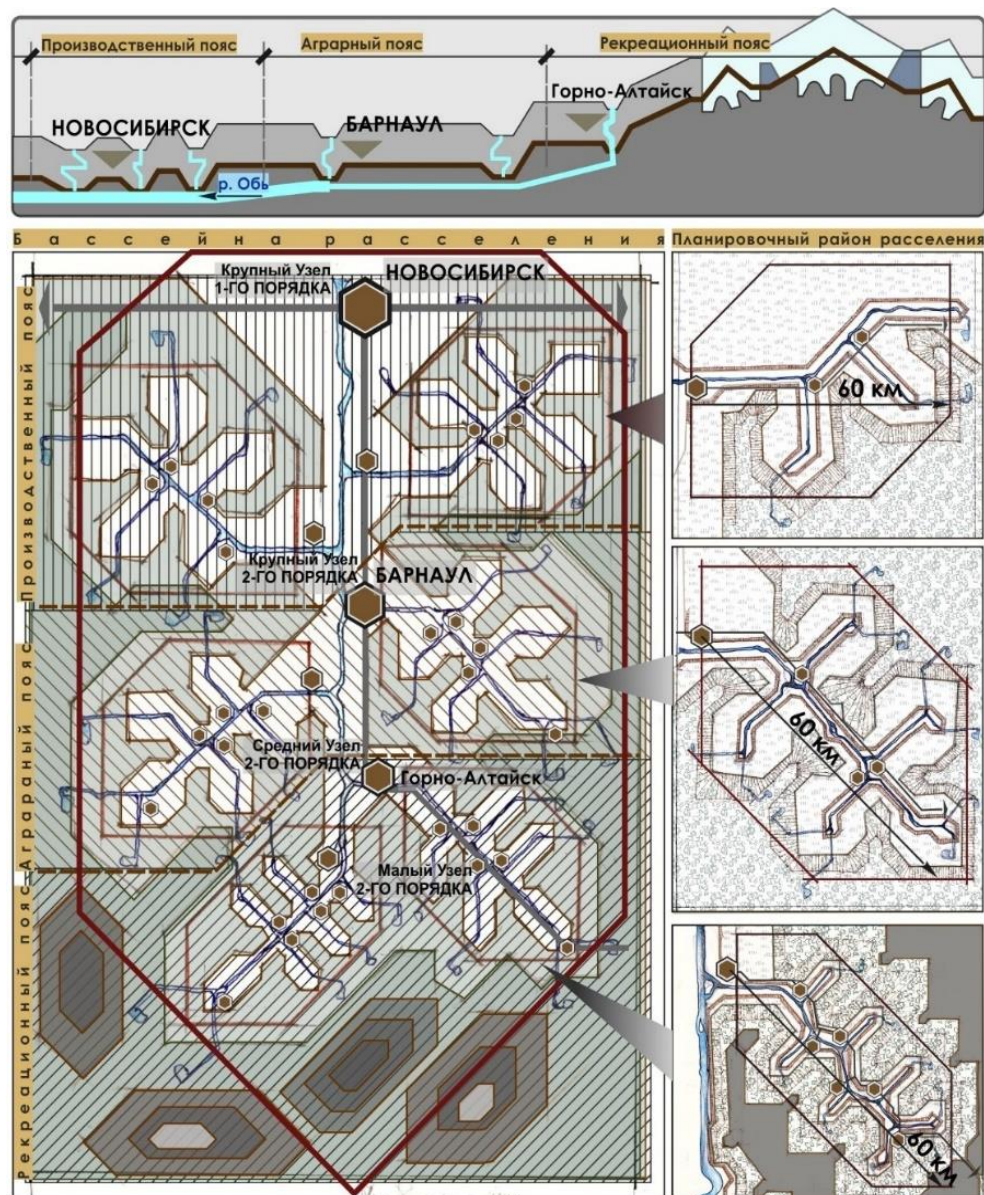


Рис. 2. Геоландшафтное структурное строение Обь-Алтайского бассейна расселения.
Автор П.В. Скрябин

Fig. 2. Geological landscape structure of the Ob-Altai settlement basin. Schematic by Skryabin

В качестве примера следует привести Новосибирск. Верхние отметки водораздельных холмов заняты городскими парками и зелёными насаждениями общего пользования (например, парк Победы – на левом берегу, Первомайский сквер, Центральный парк и Берёзовая роща – на правом берегу р. Оби в Новосибирске). Очевидно, что вершины водоразделов следует оставлять для общегородских зелёных насаждений. Поймы рек предлагается рассматривать в качестве экологических коридоров, где расположены зелёные насаждения общего пользования – набережные, пляжи и скверы. Склоновые участки может занимать ткань городской застройки – по склонам сегодня протянулись типовые кварталы жилых зон. Надпойменные террасы служат коридорами для прохождения транзитных транспортных связей – магистралей общегородского и районного значения [12, 13]. В точках пересечения транспортными связями природных осей (рек и ручьёв) наблюдается наибольшая интенсивность градостроительной деятельности с высокой плотностью и мозаичностью застройки. Следовательно, градоформирующие точки следует искать в пределах надпойменных террас в зонах разгрузки малых рек и ручьёв.

В результате решения второй задачи (определить расположение градоформирующих точек в опорных узлах Обь-Алтайского бассейна) выявлены градоформирующие узловые точки сибирских городов: Горно-Алтайска, Барнаула и Новосибирска (уровень генерального плана). В их планировочной структуре замечена характерная особенность – градоформирующие узловые точки расположены в непосредственном примыкании к природным узлам.

Природные узлы, согласно сетевому методу, расположены в местах сочленения природных осей, которыми являются реки, ручьи и водотоки (каналы, тальвеги и балки). Горно-Алтайск, Барнаул, Новосибирск и другие крупные и крупнейшие города Сибири возникли в точках пересечения транспортной осью крупных сибирских рек с характерной геоландшафтной структурой, отличающейся сосредоточением на интервале 2,5–5 км друг от друга нескольких малых речных притоков, перпендикулярно расположенных по отношению к главной природной оси (рис. 3).

Малыми реками, ручьями и протоками городское пространство разделено на определённые структурообразующие элементы.

Первый – самый крупный структурообразующий элемент – комплекс водораздела ограничен природными осями, имея среднюю площадь около 60 км², соответствует территории одного городского планировочного района (численность населения от 50 до 200 тыс. чел.) и включает вершину, склоны, надпойменные террасы и низины речных пойм, которые являются участками элементарного ландшафта.

Вторым структурным элементом является ландшафтно-функциональная зона, выделяемая на основе участков элементарного ландшафта [17], т. е. определенного элемента рельефа, сложенного одной горной породой и покрытого определенным растительным сообществом. Участки элементарного ландшафта, расположенные на надпойменных террасах зоны разгрузки малых рек, предлагается обозначить как узловые. Именно эти узловые участки природного ландшафта обладают особым экологическим значением в плане протекания естественных биоэнерго-обменных процессов. Здесь происходит

накопление и перераспределение ландшафтного материала – воды и влаги, химических соединений и минералов, семян растений и частиц почвы. Каждый такой участок является замыкающим на пути движения ландшафтного материала в границах соответствующего водосборного бассейна, глубина и протяжённость которого определяет зону воздействия участка как узлового и экологически устойчивого. Искусственные изменения природного ландшафта в этих узлах не приводят к деградации природного ландшафта в пределах всего водосборного городского бассейна, средняя протяжённость которого составляет 60 км.

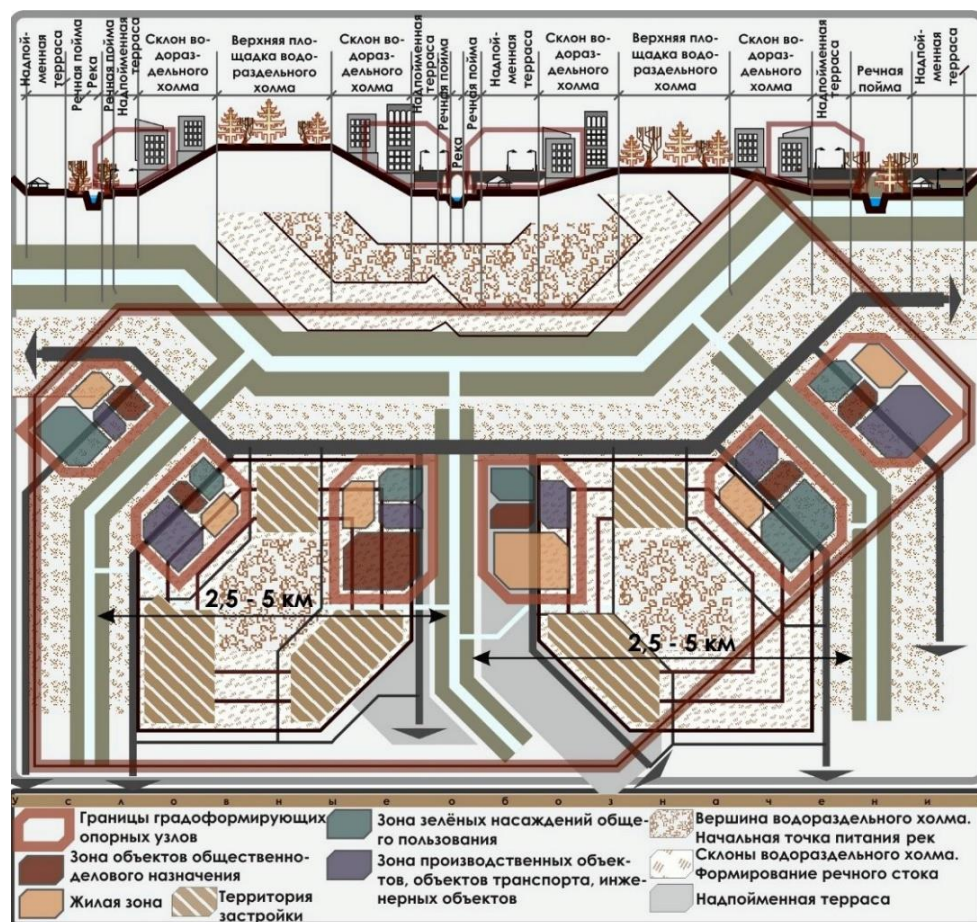


Рис. 3. Схема расположения градоформирующих узлов в границах городской территории. Автор П.В. Скрыбин

Fig. 3. Layout of urban nodes in the urban area. Schematic by Skryabin

Одновременно природные узловые участки пространственно ограничены плоскостями надпойменных речных террас, которые имеют ровный рельеф и оптимальный уклон для прокладки магистральных транспортных связей (автотрасс, линий железнодорожного сообщения, магистральных улиц), а также являются единственными подходящими местами для строительства мостовых

переходов. Соединение в одной узловой точке нескольких направлений с продолжением их через мостовой переход формирует узел концентрации энергопотоков, а также транспортных потоков, движения грузов и пассажиров. Любое изменение городской среды в этих узлах (новое строительство, расширение функционального наполнения) приводит к изменениям плотности и характера застройки на других участках городской территории в радиусе зоны одночасовой транспортной доступности – 50–60 км.

Градоформирующие узловые точки расположены на надпойменных террасах в местах пересечения природных осей магистральными транспортными связями, включают часть речной поймы, площадку надпойменной террасы и нижнюю часть склона, застройка в которых имеет разную степень воздействия на экологический баланс (водосток, тепловыделение, отражение солнечной радиации). Экологическое и хозяйственно-экономическое влияние такой узловой точки распространяется вдоль соответствующей природной оси – на всю протяжённость малой реки или ручья, что, по измерениям авторов, составляет 50 км (обычная протяжённость такой природной оси). Именно этому расстоянию соответствует одночасовая транспортная доступность, которая связывает все расположенные вдоль этого направления населённые пункты – посёлки и микрорайоны, формируя таким образом русло расселения шириной 2 км. Русла расселения отделяют друг от друга водораздельные комплексы малых рек, по надпойменным террасам которых пролегают транспортные связи (Змеиногорский тракт в Барнауле, Ордынское шоссе в Новосибирске).

Так как геоландшафтная основа имеет некоторые отличия в зависимости от природно-хозяйственного пояса расселения, то установлено, что каждому поясу соответствует свой тип природных комплексов: ложбинно-речные характерны для производственно-энергетического пояса; равнинно-степные соответствуют аграрному поясу; горно-долинные преобладают в рекреационном поясе. Исходя из этого, предлагаются соответствующие направления градостроительного развития на примере трёх сибирских городов Обь-Алтайского бассейна расселения – Горно-Алтайска, Барнаула, Новосибирска.

В результате решения третьей задачи (предложить способы градостроительного преобразования на примере нескольких характерных городов) предложены наиболее целесообразные градостроительные преобразования трёх городов [7], расположенных в трёх разных природно-хозяйственных поясах (рис. 4).

Новосибирск выбран как один из крупнейших городов, расположенных в производственно-энергетическом поясе, Барнаул – крупный город в аграрном поясе, Горно-Алтайск – административный центр в рекреационном поясе.

Ложбинно-речные геоландшафтные комплексы отличаются чередованием водораздельных холмов между параллельно расположенными природными осями малых рек, впадающих в основную реку, что формирует на каждом её берегу ряд водоразделов. На основе этого развитие каждого из городов производственно-энергетического пояса в XXI в. предлагается в качестве нескольких научно-технологических комплексов. Их количество совпадает с числом природных водоразделов, выделенных в городских границах. Формирование каждого научно-технологического комплекса целесообразно рассматривать как группу из трёх или четырёх научно-производственных цен-

тров смежных отраслей (например, машиностроения, металлообработки и микроэлектроники или химии, биологии и медицины), создаваемых вдоль русел расселения в границах одного природного водораздела. Каждый такой центр предлагается привязать к градоформирующему узлу, в котором будут размещаться градообразующие объекты.



Рис. 4. Возможности градостроительных преобразований в градоформирующих узлах юга Сибири. Автор П.В. Скрябин

Fig. 4. Urban transformation in urban nodes in Southern Siberia. Schematic by Skryabin

Равнинно-степные геоландшафтные комплексы отличаются наличием нескольких обширных по площади платформ, отделённых друг от друга поймами малых рек и ручьёв. Эти плоские платформы имеют относительно низкие и крутые склоны и расширяются в степную равнину, которая используется для ведения сельского хозяйства, включая земли сельхозназначения, лесополосы и земли населённых пунктов, представленных малыми аграрными посёлками. Развитие каждого из городов аграрного пояса расселения возможно в качестве группы из аграрно-технологических комплексов, каждый из которых формируется в границах одной такой платформы и состоит из аграрно-производственных центров. Один такой аграрно-производственный центр, используя сельхозугодия обширной степной равнины, целесообразно формировать как научно-сельскохозяйственное ядро в качестве градоформирующего узла, связанного с малыми аграрными посёлками, в которых возможно развитие сельскохозяйственных производств разной мощности и специализации (растениеводство, животноводство, рыбоводство).

Горно-долинные геоландшафтные комплексы отличаются стеснёнными условиями для застройки узких речных долин из-за сложного рельефа сибирских Саян. Здесь применимы лишь линейные композиционные схемы планировочной организации городской застройки. Размещение градообразующих объектов в городах и посёлках рекреационного пояса предлагается в формате трёхступенчатой узловой схемы согласно высотно-ландшафтному строению территории. Каждому высотно-ландшафтному поясу соответствуют свои виды рекреационной деятельности, что определяет функциональное наполнение рекреационных узлов.

В низменности горной долины имеются возможности для формирования рекреационных центров, композиционными осями которых предлагаются линейно расположенные функциональные зоны: административная, бальнеологическая, зрелищная и зона обслуживания.

В среднегорном высотно-ландшафтном поясе вдоль малой горной реки возможно размещение рекреационных узлов третьей ступени, включающих группы учреждений для размещения и обслуживания туристов. В высокогорном поясе альпийских лугов и ледников будет уместно размещение временных сооружений для кратковременного пребывания небольших туристических групп.

Таким образом, предлагается увязать градостроительное формирование территориально-производственных комплексов (ТПК), а именно: рекреационных, аграрно-технологических и научно-технологических – с геоландшафтными комплексами, что позволяет говорить о возможности создания на юге Сибири природно-технологических комплексов.

Выводы

1. Среди градоформирующих геоландшафтных условий юга Сибири следует выделить рельеф, речную сеть и ландшафт. Одновременно все они являются предпосылками для градостроительного развития этих территорий. Вершины гор и водораздельных холмов как зоны питания рек могут быть использованы для природоохранных мероприятий и рекреационной деятельности, склоны как зона речного стока – для ткани городской застройки, надпой-

менные террасы – для магистральных транспортных связей, а низинные поймы рек являются экологическими коридорами.

2. Сибирь как природно-градостроительная система сформирована ландшафтно-планировочными структурами, организованными по принципу подобия таким образом, что каждая из них является частью аналогичной более крупной структуры. При этом выстраивается определённая иерархия структурных элементов, от участка элементарного ландшафта (уровень проекта застройки) до бассейна расселения (СТП области, республики или края).

3. Территории Обь-Алтайского бассейна расселения обладают потенциалом расселения. Ориентировочное суммарное количество населения, которое возможно расселить в его границах, составляет до 47–100,0 млн чел., согласно водообеспеченности, площади сельхозугодий, лесным массивам и пригодным для строительства площадкам. Этот потенциал распределяется по геоландшафтным комплексам разного уровня иерархии, от бассейна до конкретного узла расселения (города и посёлка).

4. Опорные узлы расселения юга Сибири расположены на пересечениях транспортных и природных осей, значение и ранг которых определяют типологические особенности и возможности градостроительного развития каждого из этих узлов.

5. Градостроительные преобразования и развитие узлов расселения предлагаются сообразно геоландшафтному строению их территории, структурные элементы которого выделены в каждом сибирском городе и посёлке:

- самый крупный структурообразующий элемент узла расселения – водораздельный комплекс (градостроительная ёмкость – от 50 до 200 тыс. чел.), на его основе предлагается формирование градообразующего комплекса (научно-технологического, аграрно-технологического, рекреационного);

- ландшафтно-функциональная зона, соответствующая участку элементарного ландшафта (пойма, надпойменная терраса, склон, вершина водораздела), располагает условиями для формирования градообразующего центра (научно-производственного, аграрно-производственного или рекреационного);

- градоформирующий узловый участок – участки надпойменных террас в зонах разгрузки природных осей рассматриваются как градоформирующие узловые точки для размещения градообразующих объектов.

Выявленные в статье геоландшафтные предпосылки как фактор, определяющий градостроительное развитие юга Сибири, одновременно предлагаются в качестве методологической основы для стратегического пространственного планирования других территорий.

По результатам исследования, изложенным в настоящей статье, предлагается следующий алгоритм градостроительного планирования:

- 1) разграничить территорию макрорегиона (в нашем случае юга Сибири) по бассейнам речных стоков и рассчитать градостроительную ёмкость и потенциал расселения в каждом из них;

- 2) определить, как этот потенциал расселения распределяется по геоландшафтным комплексам;

- 3) выявить опорные узлы расселения, расположенные на пересечении между собой транспортных, природных и хозяйственных осей опорного каркаса;

4) в каждом опорном узле расселения определить градоформирующие узловые точки;

5) разработать функциональное наполнение и состав градообразующих объектов, целесообразных к строительству в каждой градоформирующей точке.

Мощность и параметры градообразующих объектов предлагается рассчитывать исходя из суммарной градостроительной ёмкости, т. е. того количества населения, которое позволяют расселить геоландшафтные условия территорий, взятых в границах зон влияния градоформирующих узлов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Sevtsuk A. Analysis and Planning of Urban Networks // Graduate School of Design, City Form Lab. Harvard University, Cambridge, MA, USA. October 2017. 13 p.
2. MacLachlan I.R., Likai Zhu. Modeling the trade-offs between urban development process based on landscape multi-functionality and regional ecological networks // Environmental Planning and Management. 2020. May. P. 71–89.
3. Marcus Berliant. Central Place Theory. Washington University in St. Louis, 2005. 4 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/23749688_Central_Place_Theory.
4. Mike Vivian, Dr. Robert Summers, Wesley Andreas. Nodes and Corridors // A review of approaches to Nodes and Corridors planning and its potential application to Edmonton's context. University of Alberta School of Urban & Regional Planning. 2019. 35 p.
5. Wen-Tai Hsu. Central Place Theory and the Power Law for Cities. The Mathematics of Urban Morphology. 2019. P. 55–75.
6. Ioannides Ya., Overman H.G. Spatial Evolution of the US Urban System // Centre for Economic Performance London School of Economics and Political Science Houghton Street. 2000. 43 p.
7. Бандман М.К. Избранные труды и продолжение начатого / под ред. В.Ю. Малова. Новосибирск : ИЭОПП СО РАН, 2014. 448 с.
8. 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 архитектуры. Москва : Московский архитектурный институт (государственная академия), 2011. 27 с.
9. Большаков А.Г. Градостроительная организация ландшафта как фактор устойчивого развития территории : специальность 05.23.22 : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора архитектуры. Москва : Московский архитектурный институт (государственная академия), 2003. 24 с.
10. Владимиров В.В. Расселение и экология. Москва : Стройиздат, 1996. 392 с.
11. Григорьев В.А. Модель планировочной структуры крупного города в условиях долинно-речного ландшафта Сибири: Эколого-градостроительный аспект : специальность 18.00.04 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата архитектуры. Москва : Московский архитектурный институт (государственная академия), 2004. 27 с.
12. Ерохин Г.П. Влияние внешних транспортных коммуникаций на архитектурно-планировочную организацию городов Западной Сибири : специальность 18.00.01 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата архитектуры. Новосибирск : Новосибирская государственная архитектурно-художественная академия, 1998. 26 с.
13. Колпакова М.Р. Стратегия градостроительного развития сибирского города / Новосибирская государственная архитектурно-художественная академия. Новосибирск : НИПКиПРО, 2000. 207 с.
14. Лебедева М.И., Анкудимова И.А., Филимонова О.С. Химическая экология. Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2012. 101 с.
15. Митягин С.Д. Градостроительство. Эпоха перемен. Санкт-Петербург : Зодчий, 2016. 280 с.
16. Олдак П.Г. Равновесное природопользование: Взгляд экономиста. Новосибирск : Наука. Сибирское отделение, 1983. 128 с.

17. Симонова Т.А. Принципы ландшафтно-планировочной организации поселений Центральной экологической зоны Байкальской природной территории : специальность 18.00.04 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата архитектуры. Москва : Московский архитектурный институт (государственная академия), 2006. 31 с.
18. Скрябин П.В. Градостроительное развитие Байкало-Ангарской системы расселения до середины XXI века / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2022. 331 с.
19. Туманик Г.Н. Региональные особенности формирования и развития центра крупного (крупнейшего) города Сибири : специальность 18.00.04 : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора архитектуры. Москва : Московский архитектурный институт (государственная академия), 2004. 47 с.

REFERENCES

1. Sevtsuk A. Analysis and planning of urban networks. Graduate School of Design, City Form Lab. Harvard University, Cambridge, MA, USA. October 2017. 13 p.
2. MacLachlan I.R., Likai Zhu. Modeling the trade-offs between urban development process based on landscape multi-functionality and regional ecological networks. *Journal of Environmental Planning and Management*. 2020. 71–89.
3. Marcus Berliant. Central place theory. Washington University in St.-Louis, 2005. 4 p. Available: www.researchgate.net/publication/23749688_Central_Place_Theory.
4. Mike Vivian, Robert Summers, Wesley Andreas. Nodes and corridors. A review of approaches to Nodes and Corridors planning and its potential application to Edmonton's context. University of Alberta School of Urban & Regional Planning. 2019. 35 p.
5. Wen-Tai Hsu. Central place theory and the power law for cities. *The Mathematics of Urban Morphology*. 2019. Pp. 55–75.
6. Ioannides Ya., Overman H.G. Spatial evolution of the US urban system. Centre for Economic Performance London School of Economics and Political Science Houghton Street. 2000. 43 p.
7. Bandman M.K. Selected works, V.Y. Malov ed., Novosibirsk, 2014. 448 p. (In Russian)
8. Bobryshev D.V. Natural framework of agglomeration and landscape potential of the city development in the Irkutsk region. PhD Abstract. Moscow, 2011. 27 p. (In Russian)
9. Bolshakov A.G. Urban organization of landscape as a factor of sustainable development of territory. DSc Abstract. Moscow, 2003. 24 p. (In Russian)
10. Vladimirov V.V. Resettlement and ecology. Moscow: Stroyizdat, 1996. 392 p. (In Russian)
11. Grigoriev V.A. Planning structure model of a large city in valley-river landscape of Siberia: Ecological and town-planning aspect. PhD Abstract. Moscow, 2004. 27 p. (In Russian)
12. Erokhin G.P. Influence of external transport communications on architectural and planning organization of the West Siberian towns. PhD Abstract. Novosibirsk, 1998. 26 p. (In Russian)
13. Kolpakova M.R. Urban development of Siberian city. Novosibirsk, 2000. 207 p. (In Russian)
14. Lebedeva M.I., Ankudimova I.A., Filimonova O.S. Chemical ecology. Tambov: TSTU, 2012. 101 p. (In Russian)
15. Mityagin S.D. Urban planning. The age of change. Saint-Petersburg: Zodchii, 2016. 280 p. (In Russian)
16. Oldak P.G. Equilibrium nature management: An economist's view. Novosibirsk: Nauka, 1983. 128 p. (In Russian)
17. Simonova T.A. Principles of landscape-planning organization of settlements of Central ecological zone of Baikal natural territory. PhD Abstract. Moscow, 2006. 31 p. (In Russian)
18. Skryabin P.V. Urban development of Baikal-Angara settlement system in the middle of the 21st century. Saint-Petersburg, 2022. 331 p. (In Russian)
19. Tumanik G.N. Formation and development of Siberia Big City Center. DSc Abstract. Moscow, 2004. 47 p. (In Russian)

Сведения об авторах

Скрябин Павел Владимирович, канд. архитектуры, доцент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 190005, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, 4, paulskryabin@yandex.ru

Вайтенс Андрей Георгиевич, докт. архитектуры, профессор, чл.-корр. РААСН, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 190005, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, 4, avaytens@gmail.com

Authors Details

Pavel V. Skryabin, PhD, A/Professor, Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering 4, 2nd Krasnoarmeiskaya Str., 190005, Saint-Petersburg, Russia, paulskryabin@yandex.ru

Andrey G. Vajtens, DSc, Professor, RAACS corresponding member, Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering 4, 2nd Krasnoarmeiskaya Str., 190005, Saint-Petersburg, Russia, avaytens@gmail.com

Вклад авторов

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

Authors contributions

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

Статья поступила в редакцию 10.02.2023
Одобрена после рецензирования 27.02.2023
Принята к публикации 20.03.2023

Submitted for publication 10.02.2023
Approved after review 27.02.2023
Accepted for publication 20.03.2023

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2023. Т. 25. № 2. С. 128–140.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2023; 25 (2): 128–140.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 727.3

DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-128-140

ПРОФЕССИЯ АРХИТЕКТОР: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВУЗОВ ТВОРЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

Арина Олеговна Ганцеева

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

Аннотация. В статье рассмотрены общие тенденции архитектурного образования, наиболее распространенные градостроительные, объемно-пространственные, функционально-планировочные и архитектурно-художественные решения. Описаны основные функциональные зоны, на основе анализа тенденций разработана схема взаимосвязей функциональных зон в структуре вуза.

Основная цель статьи – выявление современных тенденций и особенностей в формировании вузов творческой направленности посредством изучения отечественных и зарубежных проектных предложений. Рассмотрена актуальность формирования в России новых зданий и комплексов архитектурных образовательных учреждений.

Использование здания вуза как элемента обучения – новый этап в развитии системы образования творческих направлений. Обеспечение студентов комфортной наполненной образовательной средой, обогащенной качественными архитектурными решениями, – это вклад в будущее профессии архитектора, отвечающего за качество городской среды и её развитие.

При проектировании творческого вуза перед архитектором стоит задача не только обеспечить технологический процесс, но и создать среду, являющуюся активным образовательным элементом, отвечающую современным требованиям и нуждам всех участников образовательного процесса. Современный вуз характеризует гибкость внутренних пространств, способность адаптации к новым условиям.

Выявлены тенденции в проектировании вузов творческой направленности как основы, позволяющей формировать концепцию проектного предложения, отвечающую современным запросам.

Ключевые слова: архитектура, профессия архитектор, архитектурное образование, формирование среды вуза творческой направленности, современный вуз

Для цитирования: Ганцеева А.О. Профессия архитектор: современные тенденции и особенности формирования вузов творческой направленности // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 2. С. 128–140. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-128-140.

ORIGINAL ARTICLE

ARCHITECTURAL PROFESSION: MODERN CREATIVE TRENDS IN THE UNIVERSITY FORMATION**Arina O. Gantseeva***Southern Federal University, Academy of Architecture and Art,
Rostov-on-Don, Russia*

Abstract. Purpose: The aim of the paper is to determine problems of the educational environment of architectural universities in Russia, formation trends in design solutions based on the analysis of the world experience.

Methods: Tendencies in the design of higher educational institutions of the creative orientation are identified for the concept development of design proposal meeting modern requirements. The analysis of tendencies is used to develop the functional zone interconnection.

Research findings: The paper describes general tendencies of architectural education, the most common urban planning, volumetric-spatial, functional-planning and architectural-artistic solutions. The main functional zones are considered; the interconnection of functional zones developed for the structure of higher education institution. Based on the identified trends, functional and spatial structures are proposed for creativity-oriented universities.

Practical implications: In designing a creativity-oriented university, it is necessary not only to provide a technological process, but also create the environment as an active educational element meeting modern requirements of all participants of the educational process.

Keywords: architecture, architectural profession, architectural education, creative activity, modern university

For citation: Gantseeva A.O. Architectural profession: Modern creative trends in the university formation. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2023; 25 (2): 128–140. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-128-140.

Введение

Архитектурное образование – одно из сложнейших направлений подготовки, которое включает в себя множество программ, позволяющих впоследствии смотреть на здания и сооружения, оценивая их по целому перечню категорий. Осуществляя подготовку к профессиональной деятельности на теоретической базе, студент так или иначе обращается к реализованным проектам. Его окружение, пространства и здания становятся предметами изучения повсеместно, и в первую очередь – учебное заведение.

Пространство образовательной архитектуры должно являться активным элементом в процессе получения знаний и навыков студентов. Проблема заключается в несоответствии изучаемых материалов на занятиях с теми зданиями и пространствами, в которых эти занятия проходят. Если посмотреть на образовательные учреждения архитектурно-художественных вузов нашей страны, только некоторые из них имеют выразительный внешний и внутренний пространственный облик. Ввиду того, что многие архитектурные школы располагаются в исторических зданиях, строившихся под другие функции, градостроительный аспект, объемно-планировочные решения, функциональные блоки не отвечают тенденциям формирования архитектуры данной типологии, следовательно, среда в них не может в полной мере удовлетворить

и особенности технологического процесса вуза [1, 2]. Большинству студентов достаточно рабочих столов, но архитекторам необходимы просторные макетные, возможность расположить планшеты, не толкая друг друга, а учитывая сложное программное обеспечение, компьютерные классы с достаточным количеством мощного компьютерного оборудования, способного адаптироваться к усложняющимся проектным программам.

Актуальность проектирования новых студенческих комплексов обуславливается необходимостью подготовки нового поколения. В мировом архитектурном сообществе не так много российских имен, и они вовсе отсутствуют в списках лауреатов Прицкеровской премии [3]. Это может быть связано в том числе с образовательной средой наших учреждений. Вузы творческой направленности, входящие в мировые топ-листы, имеют выразительный облик, информационную базу, стимулирующую и мотивирующую среду. Осуществляя такие проекты-здания как наглядные пособия, мы можем сформировать новое активно чувствующее, ответственное за свои решения поколение архитекторов, способных создать прекрасную современную архитектуру России.

Общие тенденции архитектурного образования

Образование становится непрерывным. Концепция непрерывного образования существует давно, однако с каждым годом становится всё более очевидной необходимость непрерывного образовательного процесса [4]. В силу скорости, с которой обновляются все аспекты отрасли архитектуры и строительства (исследовательская база, технологические процессы, материалы, программное обеспечение), изучаемые данные быстро устаревают. Успешный специалист обладает умением учиться и постоянно повышает свой профессиональный уровень знаний.

Привлечение к образовательному процессу практиков. Несмотря на обширную теоретическую базу, начинать практическую деятельность всегда сложно, поэтому так важны именно практикующие специалисты в преподавательском штате. Профессионалы, ежедневно сталкивающиеся со всеми нововведениями в проектировании, – источник самой новой информации, подаваемой с точки зрения непосредственного использования новых материалов, конструкций, архитектурных приёмов и т. д. [5].

Саморегулирование образовательного процесса. Во многих образовательных моделях мира основой образовательного процесса является самостоятельный выбор студентом траектории развития: индивидуальный набор предметов позволяет учащемуся комбинировать знания в разных направлениях, формируя новый взгляд на проектную деятельность [6, 7, 8]. В России отклик такого подхода являются дополнительные образовательные программы и факультативы, однако их реализация на базе университетов плачевна, поэтому в большей степени успешными являются независимые частные школы и онлайн-ресурсы.

Подключение всех органов восприятия. Креативная культура студента, его мышление и подход к творчеству формируются через восприятие мира посредством тактильных и зрительных контактов помимо теоретических знаний. Знакомство с материалами и их свойствами в специализированных ма-

стерских, возможность почувствовать потенциал используемых инструментов – всё это важно для понимания, из чего именно появляется архитектура и как это можно использовать. В составе университетов создаются исследовательские и проектные лаборатории, и даже сами здания учебных заведений часто представляют собой пособие по использованию материалов и конструкций, минимально перекрывая их декоративными средствами [9].

Тенденции формирования проектных решений вузов творческой направленности

Опыт проектирования показывает массу реализованных решений творческих вузов, большинство из них демонстрирует адаптивность и гибкость функционально-планировочных решений и большое разнообразие объемно-пространственных структур.

При изучении и анализе отечественного и мирового опыта проектирования и реализации вузов творческой направленности были сформированы прогрессивные тенденции в формировании подобных объектов.

Градостроительное размещение

Размещение «микрокампуса» в центре города. Преимущества: нередко это означает шаговую доступность к остановкам общественного транспорта, общегородским магистралям и множеству удобств, которыми располагает центр города.

Недостатки: малая площадь участка, часто отсутствие рекреации и развитой структуры комплекса, удаленность от общежитий, отсутствие спортивного блока и других второстепенных функций.

Примеры: Высшая художественная школа Лиона, Франция. Архитекторы: бюро LCR, 2017 г. [10]; Страсбургская школа архитектуры, Франция. Архитектор: Марк Мимрам, 2013 г. [11].

Размещение в рекреационной зоне или вблизи от неё. Преимущества: подразумевает большую территорию и возможность размещения комплекса зданий и сооружений, ясность пространственной организации.

Недостатки: удаленность от центра города и культурных объектов, проблемы транспортных развязок.

Примеры: Университет визуальных искусств Айовы, США. Архитектор: Стивен Холл, 2016 г. [12]; Школа дизайна окружающей среды SDE4, Сингапур, Сингапур. Архитекторы: Serie + Multiply Architects и Сурбана Джуронг, 2019 г. [13].

Размещение в условиях реконструкции промышленных объектов. Преимущества: такой вариант отвечает тенденциям мирового сообщества о переработке и сохранении ресурсов. Примеры подобных проектов есть и в России. Промышленные объекты нередко имеют обширную площадь и дают возможность гибкой внутренней планировки ввиду конструктивных особенностей бывших промышленных зданий.

Недостатки: возможная удаленность от центра города и культурных объектов, проблемы транспортных развязок.

Примеры: Институт медиа, архитектуры и дизайна «Стрелка», Москва, Россия. Архитекторы: Wowhaus, 2010 г. [14]; Люцернская школа искусств и дизайна, Швейцария. Архитекторы: EM2N, 2016 г. [15].

Объемно-пространственные решения

Компактное решение здания. Преимущества: быстрый доступ необходимых функциональных блоков, в основном встречается в условиях плотной городской застройки, характерной для центра города. Объем здания рассматривается как единое целое.

Недостатки: отсутствие дополнительных функциональных блоков (общегития, спорт и др.), минимальное дворовое пространство или его отсутствие.

Примеры: Школа менеджмента и дизайна Цольферайн, Эссен, Германия. Архитекторы: SANAA, 2006 г. [16]; Школа искусств Глазго, Великобритания. Архитектор: Стивен Холл, 2014 г. [17].

Атриум как основа композиции. Преимущества: часто используемый прием, т. к. несет в себе не только эстетическую ценность, но и обеспечивает ясность пространственной организации и, как следствие, быстроту эвакуации.

Недостатки: требует тотальной автоматизации пожаротушения.

Примеры: Университет визуальных искусств Айовы, США. Архитектор: Стивен Холл, 2016 г. [12]; Школа искусств Гласселла, Хьюстон, США. Архитектор: Стивен Холл, 2018 г. [18].

Подъем объема на опоры. Преимущества: метод, дающий больше возможностей эффективного использования отведенного участка, его благоустройства и озеленения территории, таким образом компенсирующий застраиваемую площадь, использующийся также для большей выразительности.

Примеры: Колледж искусства и дизайна Онтарио (OCAD), Торонто, Канада. Архитектор: Уилл Олсон, 2004 г. [19]; Школа архитектуры Колумбуса, США. Архитекторы: Мак Скогин, Меррилл Элам, 2016 г. [20].

Отдельные объемы с соединительными переходными элементами. Часто вынужденный прием для создания единого коммуникационного пространства в больших разнообъемных комплексах.

Преимущества: способность перемещения между зданиями в холодный период.

Недостатки: часто доступ в отдельно стоящий объем через переходную галерею осуществляется только с одного из этажей здания.

Примеры: Маастрихтская академия искусств и архитектуры, Амстердам, Нидерланды. Архитектор: Wiel Arets, 1993 г. [21]; Центр Визуальных Искусств, Бостон, США. Архитектор: Лё Корбюзье, 1962 г. [22].

Блочное-навильное решение кампуса. Преимущества: решение, подразумевающее большую территорию вуза множеством функциональных блоков. Возможно размещение шумных блоков специализированных мастерских в отдельном объеме.

Недостатки: неудобство доступа в отдельно стоящие здания и сооружения в холодный период.

Примеры: кампус Университета искусств и дизайна имени Мохоли-Надь (MOME), Будапешт, Венгрия. Архитекторы: 3h, 2019 г. [23]; здание

Университета визуальных искусств, Айова, США. Архитекторы: Стивен Холл, 2016 г. [12].

Функционально-планировочные решения

Гибкость планировочных решений. Образовательный процесс в творческом вузе – это необходимость во множестве разных помещений для практических занятий: мастерские макетные, художественные, скульптурные и другие прикладные предметы. Ввиду постоянно изменяющейся деятельности целесообразно предусматривать возможность преобразовывать пространство в зависимости от нужд. Для этого используют передвижные перегородки, перегородки-ширмы и даже шторы. Такая гибкость позволяет формировать внутри большого пространства ячейки для групповых и индивидуальных занятий, подстраивать аудитории под запросы преподавателей и студентов.

Примеры: Архитектурная школа «МАРШ», Москва, Россия. Архитекторы: ПАНАКОМ, 2012 г. [24]; Королевский колледж искусств, Лондон, Великобритания. Архитекторы: Херцог и де Мирон, 2021 г. [25].

Самостоятельная работа. Большой акцент ставится на необходимости обеспечения студентов пространствами самостоятельной работы как продолжения образовательного процесса. Самообразование – важнейшая часть освоения профессии, и для него необходимы условия. В общежитиях редко представляются условия комфортно выполнять домашние задания по таким предметам, как макетирование или живопись, поэтому важно дать студентам возможность осуществлять эту часть практики в стенах вуза с дальнейшей перспективой вообще отказаться от домашних занятий, а использовать освободившееся время для спорта и восстановления сил.

Примеры: Манчестерская школа искусств, Великобритания. Архитекторы: Студия Фейлдена Клега Брэдли, 2013 г. [26]; Датская школа архитектуры, Орхус, Дания. Архитекторы: ADEPT, Варго Нильсен Палле, 2021 г. [27].

Стимулирование коммуникации. Во многих проектах предусматриваются обширные multifunctional зоны, предназначенные в первую очередь для общения, обмена опытом и знаниями. Это могут быть выставочные пространства, кафетерии и совмещение их с зонами самостоятельной работы. Частое использование остекления вместо глухих перегородок помимо расширения пространства служит той же цели, везде прослеживается некая прозрачность и общность.

Примеры: здание Университета визуальных искусств, Айова, США. Архитекторы: Стивен Холл, 2016 г. [12]; кампус Университета искусств и дизайна имени Мохоли-Надь (MOME), Будапешт, Венгрия. Архитекторы: 3h, 2019 г. [23].

Тенденции архитектурно-художественных решений

Следование концептуальной идее

Наиболее цельными выглядят проекты с четко сформулированной концепцией, соблюдение её принципов на протяжении всех этапов проектирования дает четкое понимание философии пространства.

Примеры: кампус Университета искусств и дизайна имени Мохоли-Надь (MOME), Будапешт, Венгрия. Архитекторы: 3h, 2019 г. [23]; Датская школа архитектуры, Орхус, Дания. Архитекторы: ADEPT, Варго Нильсен Палле, 2021 г. [27].

Нейтральный художественный облик

Это часто встречаемый принцип для проектов данной тематики, который обусловливается желанием дать студентам только фон для их творческих изысканий, но не задавать направление мышления. В решениях с нейтральным дизайном преобладают натуральные материалы и спокойная геометрия, минимум ярких цветовых пятен. Изюминкой нейтрального дизайна обычно становится фактура материалов и их сочетания.

Примеры: кампус Университета искусств и дизайна имени Мохоли-Надь (MOME), Будапешт, Венгрия. Архитекторы: 3h, 2019 г. [23]; Королевский колледж искусств, Лондон, Великобритания. Архитекторы: Херцог и де Мирон, 2021 г. [25].

Функциональные зоны. Говоря о важности технологического процесса вуза, необходимо оговорить его особенности. Предлагается рассмотреть их поэтапно с точки зрения функционального зонирования.

1. Учебная зона.

Главная функциональная зона, включающая в себя:

- лекционные аудитории;
- практические теоретические аудитории;
- специализированные мастерские;
- кладовые для инструментов и материалов (для студентов и преподавателей);
- выставочные залы для проведения просмотров;
- пространства для самостоятельной и групповой работы, в том числе во внеурочное время.

Критериями качества среды в учебной зоне выступают:

- участие в разработке обучающей архитектурной среды ведущих архитекторов;
- соответствие обучающей архитектурной среды передовым тенденциям; проектирование вузов творческой направленности;
- стилистическая ясность.

2. Библиотека.

Этот блок также должен представлять собой притягательное пространство, способное подарить разный опыт своим посетителям. Библиотеки имеют тенденцию превращения в культурный центр, помимо зон для ознакомления с материалами (книжный архив, архив оцифрованной информации, компьютерный зал и др.), встречаются другие функции: самостоятельная работа, музыкальная комната, зона отдыха, книжный специализированный магазин. Притягательное пространство библиотеки неизбежно заполняется посетителями и приобщает к чтению [28].

3. Общественное питание.

Может существовать в структуре вуза как обособленный блок, объединяться с помещениями культурного значения (выставочные залы, залы прове-

дения мероприятий), располагаться вблизи зоны отдыха. По форме обслуживания может быть как университетской столовой, так и самостоятельным заведением.

4. Спортивная зона.

Общая физическая подготовка студентов творческих специальностей на довольно низком уровне. Компенсировать сидячий образ жизни призваны спортивные блоки в составе вуза. Часто выносятся в отдельное здание, редко встречается при компактном решении здания.

5. Рекреация и коммуникация.

Помимо системы коридоров и лестниц как соединительных и противопожарных элементов, в структуре здания часто присутствует главный холл, совмещающий в себе место отдыха и межуровневую коммуникацию (лестницы и лифты), обычно рядом с вестибюлем. Тенденцией формирования здесь является использование атриумных многоуровневых пространств с местами для отдыха и общения.

6. Административный блок.

Помещения в составе этой зоны имеют обособленный характер при отсутствии общего потока с учебной зоной, часто располагаются на первом этаже здания или вовсе выносятся за его пределы, обеспечивая сотрудникам отдела администрации тишину, а посетителям удобство доступа. В состав данного блока входят кабинеты руководства, канцелярия, преподавательская и т. п.

7. Хозяйственный блок.

Является не столько функциональной зоной, сколько сопутствующими помещениями, равномерно распределенными по всей структуре вуза. Сюда можно отнести кладовые для клининговых мероприятий, а также комнаты хранения редко используемого инвентаря бытового значения.

Функциональные зоны в структуре вуза. С учётом выявленных тенденций и особенностей далее предлагается рассмотреть формирование связей функциональных зон в структуре вуза (рис. 1). Соблюдение принципов взаимодействия при проектировании поможет не только удобству ориентирования в структуре вуза, но и оптимизации пространства университета для более комфортных условий эксплуатации.

Принципиальным правилом здесь является разделение тихих и шумных зон. Главный холл – рекреационное пространство с межуровневой коммуникацией, ядро объемно-пространственного решения с доступом ко всем функциональным зонам: административной, учебной, спортивной, хозяйственной и зонам, имеющим тенденцию объединения между собой (библиотека, зона отдыха, общепит). Административная зона – обособленный тихий блок помещений, имеющий прямую связь только с главным холлом. Учебная зона разделяется на блоки тихих и шумных помещений. Пространства для самостоятельной работы, хотя и относятся к учебной зоне, могут появляться в качестве сопутствующей функции, например в библиотеке.

Пример пространственной модели на основе функциональной схемы представляет собой вариацию в соответствии с тенденцией на формирование компактного объема здания, совмещения некоторых функциональных зон и акцента на пространствах самостоятельной работы (рис. 2).

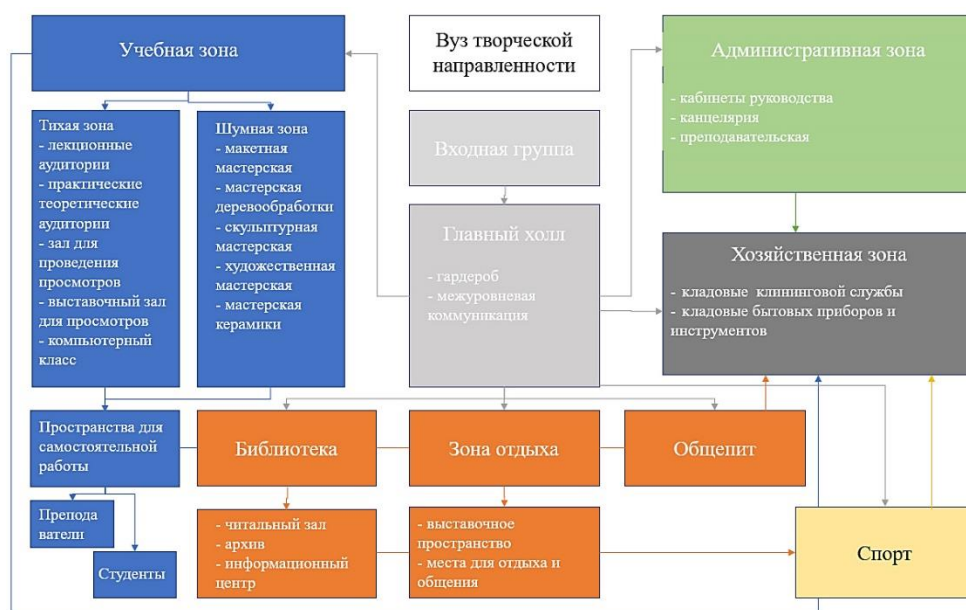


Рис. 1. Связи функциональных зон в структуре вуза. Схема разработана А.О. Ганцеевой, 2022 г.

Fig. 1. Connections of functional areas in the university organization. Schematic by A.O. Gantseva

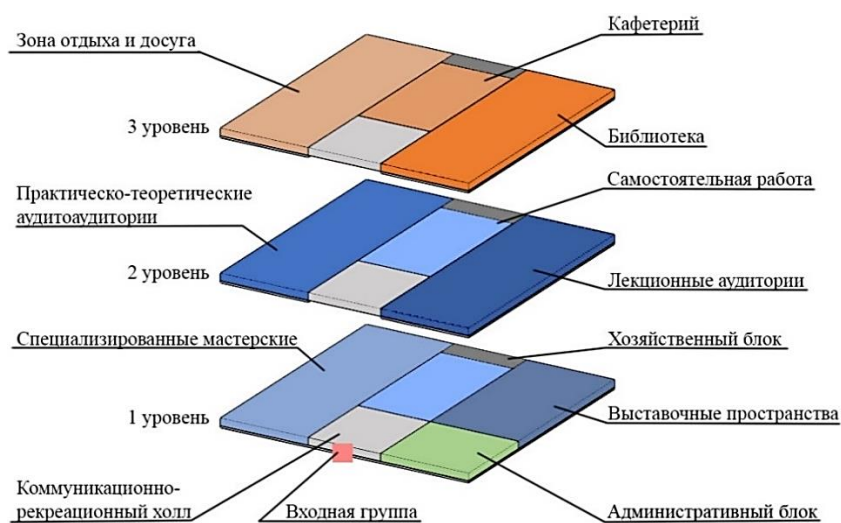


Рис. 2. Пространственная модель на основе функциональной схемы. Схема разработана А.О. Ганцеевой, 2022 г.

Fig. 2. Spatial model based on the functional diagram. Developed by A.O. Gantseva

Соблюдение логических связей функциональных зон без строгих ограничений может быть осуществлено в здании или комплексе любого объемно-пространственного решения.

Заключение

Выявленные тенденции в проектировании вузов творческой направленности – основа, позволяющая формировать концепцию проектного предложения, отвечающую современным запросам, предъявляемым к данной типологии. Обеспечение студентов комфортной наполненной образовательной средой, обогащённой качественными архитектурными решениями, – это вклад в будущее профессии, отвечающей за качество городской среды и её развитие.

Использование здания вуза как элемента обучения – новый этап в развитии системы образования творческих направлений, имеющий шансы в дальнейшем повлиять на выход наших специалистов на мировой уровень проектирования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Почему российские архитектурные вузы не котируются за рубежом.* URL: https://mel.fm/ucheba/fakultativ/1867295-edu_mosarchitecture?ysclid=lg9i0vfw0677785708 (дата обращения: 12.12.2022).
2. *Какими будут новые кампусы университетов* // Skillbox Media. URL: <https://skillbox.ru/media/education/v-rossii-postroyat-30-kampusov-mirovogo-urovnya/> (дата обращения: 12.12.2022).
3. *Лауреаты* // Притцкеровская архитектурная премия. URL: <https://www.pritzkerprize.com/laureates> (дата обращения: 10.11.2022).
4. *Жилкина Т.А.* Непрерывное архитектурно-строительное образование как фактор социально-экономического развития общества // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2019. № 11. С. 43–47.
5. *Троян М.* Архитектурным вузам катастрофически не хватает коллаборации друг с другом. URL: <https://archi.ru/russia/80313/mariya-troyan-arkhitekturnym-vuzam-katastroficheski-ne-khvataet-kollaboracii-drug-s-drugom> (дата обращения: 13.12.2022).
6. *Тугарская П.М.* Проблемы российского архитектурного образования XXI века // Творчество и современность. 2017. № 2. С. 50–53.
7. *Метленков Н.Ф.* Базовые ориентиры развития российской архитектуры и архитектурного образования // Ценности и смыслы. 2014. № 2 (30). С. 108–118.
8. *Архитектурное образование: тренды нового сезона.* URL: <https://archi.ru/russia/97564> (дата обращения: 25.12.2022).
9. *Гудков А.А., Морозова О.В.* Современные тенденции в магистерской подготовке архитектора. Часть II. Исследовательская составляющая в архитектурном проектировании // АМІТ. 2014. № 2. С. 1–20.
10. *Высшая художественная школа / LCR Architectes* // АрхДейли. URL: https://www.archdaily.com/889838/superior-art-school-lcr-architectes?ad_source=myad_bookmarks&ad_medium=bookmark-open (дата обращения: 20.10.2022).
11. *Мимрам М.* Страсбургская школа архитектуры // АрхДейли. URL: <https://www.archdaily.com/496751/strasbourg-school-of-architecture-marc-mimram> (дата обращения: 20.10.2022).
12. *Здание визуальных искусств в Университете Айовы / Steven Holl Architects* // АрхДейли. URL: https://www.archdaily.com/796941/visual-arts-building-at-the-university-of-iowa-steven-holl-architects?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (дата обращения: 20.10.2022).
13. *NUS School of Design & Environment / Serie Architects + Multiply Architects + Surbana Jurong* // АрхДейли. URL: https://www.archdaily.com/912021/nus-school-of-design-and-environment-serie-architects-plus-multiply-architects-plus-surbana-jurong?ad_source=myad_bookmarks&ad_medium=bookmark-open (дата обращения: 20.10.2022).
14. *Стрелка* // Wowhaus. URL: <https://wowhaus.ru/architecture/strelka.html?ysclid=lg9oa1ku7y242607261> (дата обращения: 20.10.2022).
15. *Люцернская школа искусств и дизайна / EM2N* // АрхДейли. URL: <https://www.archdaily.com/798772/lucerne-school-of-art-and-design-em2n>.

16. *Школа менеджмента и дизайна Цольферайн*. URL: [https:// archi.ru/projects/world/446/shkola-menedzhmenta-i-dizaina-colferain](https://archi.ru/projects/world/446/shkola-menedzhmenta-i-dizaina-colferain) (дата обращения: 22.10.2022).
17. *Reid Building Школа искусств Глазго* / Steven Holl Architects // АрхДейли. URL: https://www.archdaily.com/990429/reid-building-glasgow-school-of-art-steven-holl-architects?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (дата обращения: 22.10.2022).
18. *Школа искусств Гласселла* / Steven Holl Architects // АрхДейли. URL: <https://www.archdaily.com/894488/glassell-school-of-art-steven-holl-architects> (дата обращения: 22.10.2022).
19. *Центр дизайна Шарпа Колледжа искусств и дизайна Онтарио*. URL: <https://archi.ru/projects/world/4821/centr-dizaina-sharpa-kolledzha-iskusstv-i-dizaina-ontario> (дата обращения: 23.10.2022).
20. *Школа архитектуры Остина Э. Ноултона* / Mack Scogin Merrill Elam Architects // АрхДейли. URL: https://www.archdaily.com/129400/austin-e-knowlton-school-of-architecture-mack-scogin-merrill-elam-architects?ad_source=search&ad_medium=projects_tab?ad_source=myad_bookmarks&ad_medium=bookmark-open (дата обращения: 23.10.2022).
21. *Флэшбэк: Академия искусств и архитектуры* / Wiel Arets Architects // АрхДейли. URL: <https://www.archdaily.com/171315/flashback-academy-of-art-architecture-wiel-arets-architects> (дата обращения: 23.10.2022).
22. *Карпендер-Центр Визуальных Искусств* (Carpenter Center for the Visual Arts), Harvard University, Cambridge, Massachusetts, США. 1962 // Ле Корбюзье | Le Corbusier. URL: https://corbusier.totalarch.com/carpenter_center?ysclid=lakxh1xdoi675956273 (дата обращения: 25.10.2022).
23. *Кампус и Парк знаний о креативных инновациях* / 3-часовая архитектура // АрхДейли. URL: <https://www.archdaily.com/948325/campus-and-creative-innovation-knowledge-park-3h-architecture> (дата обращения: 25.10.2022).
24. *МАРТ и Великобритания* / ПАНАКОМ // АрхДейли. URL: https://www.archdaily.com/323249/march-british-panacom?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (дата обращения: 25.10.2022).
25. *Новое здание Королевского колледжа искусств* по проекту Herzog & de Meuron // design mate. URL: <https://design-mate.ru/read/news/novoe-zdanie-korolevskogo-kolledzha-iskusstv-ro-proektu-herzog-de-meuron> (дата обращения: 27.10.2022).
26. *Манчестерская школа искусств* / Feilden Clegg Bradley Studios // АрхДейли. URL: <https://www.archdaily.com/458040/manchester-school-of-art-feilden-clegg-bradley-studios> (дата обращения: 27.10.2022).
27. *Орхусская школа архитектуры* / ADEPT + Варго Нильсен Палле // АрхДейли. URL: https://www.archdaily.com/969556/aarhus-school-of-architecture-adept?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (дата обращения: 27.10.2022).
28. *Библиотека как культурно-просветительский центр* // Студопедия. URL: https://studopedia.ru/26_2213_biblioteka-kak-kulturno-prosvetitel'skiy-tsentr.html?ysclid=lg9pmtn6f505581126 (дата обращения: 27.10.2022).
29. *Пучков М.В. Принципы организации образовательного пространства. Архитектурные школы и школы дизайна* // Архитектон: известия вузов. 2011. Декабрь. № 36.
30. *Рябова Е.К. Архитектурные школы Европы и США. Специфика формирования зданий и комплексов* // Вестник ЮУрГУ. 2011. № 35. С. 6–10.
31. *Щепилова А.В. Современный университет: от модели к российской действительности* // Высшее образование в России. 2017. № 12. С. 92–101.
32. *Rethinking the future*. URL: <https://www.re-thinkingthefuture.com/rtf-fresh-perspectives/a966-the-future-of-architecture-education> (дата обращения: 25.12.2022).
33. *Common edge: 12 Ways to Reform Architectural Education*. URL: https://commonedge.org/12-ways-to-reform-architectural-education/?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com (дата обращения: 12.12.2022).

REFERENCES

1. Why Russian architectural universities are not listed abroad? Available: https://mel.fm/ucheba/fakultativ/1867295-edu_mosarchitecture?ysclid=lg9i0vvfw0677785708 (accessed December 12, 2022). (In Russian)

2. What will new university campuses look like. Available: <https://skillbox.ru/media/education/v-rossii-postroyat-30-kampusov-mirovogo-urovnya/> (accessed December 12, 2022). (In Russian)
3. Laureates Pritzker Architecture Prize. Available: www.pritzkerprize.com/laureates (accessed November 10, 2022).
4. Zhilkina T.A. Continuous architectural and construction education as a factor in socio-economic development. *Gumanitarnye, sotsial'no-ekonomicheskie i obshchestvennye nauki*. 2019; 11: 43–47. (In Russian)
5. Troyan M. Architectural universities are sorely lacking collaboration with each other. Available: <https://archi.ru/russia/80313/mariya-troyan-arkhitekturnym-vuzam-katastroficheski-ne-khvataet-kollaboracii-drug-s-drugom> (accessed December 12, 2022). (In Russian)
6. Tugarskaya P.M. Problems of Russian architectural education in the 21st century. *Tvorchestvo i sovremennost'*. 2017; (2): 50–53. (In Russian)
7. Metlenkov N.F. Basic guidelines for the development of Russian architecture and architectural education. *Tsenosti i smysly*. 2014; 2 (30): 108–118. (In Russian)
8. Architectural education: Trends of the new season. Available: <https://archi.ru/russia/97564> (accessed December 25, 2022). (In Russian)
9. Gudkov A.A., Morozova O.V. Modern trends in the master's training of an architect. Part II. Research component in architectural design. *AMIT*. 2014; (2): 1–20. (In Russian)
10. Higher Art School. LCR Architects. Available: www.archdaily.com/889838/superior-art-school-lcr-architectes?ad_source=myad_bookmarks&ad_medium=bookmark-open (accessed October 20, 2022).
11. Mimram M. Strasbourg School of Architecture. Available: www.archdaily.com/496751/strasbourg-school-of-architecture-marc-mimram (accessed October 20, 2022).
12. Visual Arts Building at the University of Iowa. Available: www.archdaily.com/796941/visual-arts-building-at-the-university-of-iowa-steven-holl-architects?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (accessed October 20, 2022).
13. NUS School of Design & Environment. Available: www.archdaily.com/912021/nus-school-of-design-and-environment-serie-architects-plus-multiply-architects-plus-surbana-jurong?ad_source=myad_bookmarks&ad_medium=bookmark-open (accessed October 20, 2022).
14. Strelka. Available: <https://wowhaus.ru/architecture/strelka.html?ysclid=lg9oa1ku7y242607261> (accessed October 20, 2022). (In Russian)
15. Lucerne School of Art and Design. Available: www.archdaily.com/798772/lucerne-school-of-art-and-design-em2n (accessed October 22, 2022).
16. Zollverain School of Management and Design. Available: <https://archi.ru/projects/world/446/shkola-managmenta-i-dizaina-colferain> (accessed October 22, 2022).
17. Reid Building Glasgow School of Art. Available: www.archdaily.com/990429/reid-building-glasgow-school-of-art-steven-holl-architects?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (accessed October 22, 2022).
18. Glassell School of Art. Available: www.archdaily.com/894488/glassell-school-of-art-steven-holl-architects (accessed October 22, 2022).
19. Sharpe Design Center of Ontario College of Art and Design. Available: <https://archi.ru/projects/world/4821/centr-dizaina-sharpa-kolledzha-iskusstv-i-dizaina-ontario> (accessed October 23, 2022). (In Russian)
20. Austin E. Knowlton School of Architecture. Available: www.archdaily.com/129400/austin-knowlton-school-of-architecture-mack-scogin-merrill-elam-architects?ad_source=search&ad_medium=projects_tab?ad_source=myad_bookmarks&ad_medium=bookmark-open (accessed October 23, 2022).
21. Flashback: Academy of Arts and Architecture. Available: www.archdaily.com/171315/flashback-academy-of-art-architecture-wiel-arets-architects (accessed October 23, 2022).
22. Carpenter Center for the Visual Arts, Harvard University, Cambridge, Massachusetts, USA. Available: https://corbusier.totalarch.com/carpenter_center?ysclid=lakxh1xdoi675956273 (accessed October 25, 2022).
23. Campus and Creative Innovation Knowledge Park. Available: www.archdaily.com/948325/campus-and-creative-innovation-knowledge-park-3h-architecture (accessed October 25, 2022).
24. MARCH and UK. Available: www.archdaily.com/323249/march-british-panacom?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (accessed October 25, 2022).

25. New building of the Royal College of Art designed by Herzog & de Meuron. Available: <https://design-mate.ru/read/news/novoe-zdanie-korolevskogo-kolledzha-iskusstv-po-proektu-herzog-de-meuron> (accessed: October 27, 2022). (In Russian)
26. Manchester School of Art. Available: www.archdaily.com/458040/manchester-school-of-art-feilden-clegg-bradley-studios (accessed October 27, 2022).
27. Aarhus School of Architecture. Available: www.archdaily.com/969556/aarhus-school-of-architecture-adept?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (accessed October 27, 2022).
28. Library as a cultural and educational center. Available: https://studopedia.ru/26_2213_biblioteka-kak-kulturno-prosvetitel'skiy-tsentr.html?ysclid=lg9pmt6f505581126 (accessed October 27, 2022) (In Russian).
29. Puchkov M.V. Principles of organization of educational space. Architectural schools and schools of design. *Arkhitekton: izvestiya vuzov*. 2011; 4 (36). (In Russian)
30. Ryabova E.K. Architectural schools in Europe and the USA. Specificity formation of buildings and complexes. *Vestnik YuUrGU*. 2011; (35): 6–10. (In Russian)
31. Shchepilova A.V. Modern university: From model to Russian reality. *Vysshee obrazovanie v Rossii*, 2017; (12): 92–101. (In Russian)
32. Rethinking the future. Available: www.re-thinkingthefuture.com/rtf-fresh-perspectives/a966-the-future-of-architecture-education (accessed December 25, 2022).
33. Common edge: 12 ways to reform architectural education. Available: https://commonedge.org/12-ways-to-reform-architectural-education/?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com (accessed December 12, 2022).

Сведения об авторе

Гантеева Арина Олеговна, магистрант, Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета, 344002, г. Ростов-на-Дону, пр. Буденновский, 39, arina.gantseeva@yandex.ru

Author Details

Arina O. Gantseeva, Graduate Student, Southern Federal University, Academy of Architecture and Art, 39, Budennovskii Ave., 344082, Rostov-on-Don, Russia, arina.gantseeva@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 21.01.2023
Одобрена после рецензирования 16.02.2023
Принята к публикации 20.03.2023

Submitted for publication 21.01.2023
Approved after review 16.02.2023
Accepted for publication 20.03.2023

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

BUILDING AND CONSTRUCTION

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2023. Т. 25. № 2. С. 141–153.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2023; 25 (2): 141–153.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 624.046

DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-141-153

ПРОЧНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ КОМПОЗИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И ТРУБОБЕТОННЫХ ОБРАЗЦОВ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Владимир Иванович Ерофеев¹, Павел Алексеевич Хазов²,
Анна Константиновна Ситникова²

¹*Институт проблем машиностроения РАН –
филиал Института прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород, Россия*

²*Нижегородский государственный
архитектурно-строительный университет, г. Нижний Новгород, Россия*

Аннотация. Существующая нормативная база и несовершенство методик расчета препятствуют широкому распространению трубобетонных конструкций, имеющих большой потенциал для промышленных и гражданских объектов, требующих малогабаритных сечений несущих элементов. С целью решения этой проблемы авторами проведена серия экспериментов, направленных на изучение поведения образцов различных сочетаний стальных и бетонных материалов при статическом нагружении. В статье рассматривается напряженно-деформированное состояние железобетонных и трубобетонных элементов. Представлены материалы испытаний образцов, выполнен анализ показателей несущей способности испытываемых образцов.

Экспериментальные исследования образцов проводились с использованием гидравлического пресса в 2 этапа.

В ходе испытаний получены критические нагрузки разрушения образцов, для каждого образца выявлен характер потери несущей способности и разрушения, построены диаграммы деформирования. Выполнен сравнительный анализ показателей несущей способности исследуемых образцов.

Анализ экспериментальных исследований показал нелинейное увеличение несущей способности при обеспечении совместности работы стальной оболочки и железобетонного ядра трубобетонного образца, а также подтвердил существенные преимущества трубобетонных конструкций перед «классическими» типами конструкций.

Ключевые слова: трубобетон, напряженно-деформированное состояние, малогабаритные сечения, эффективность трубобетона, несущая способность

Финансирование: Работа выполнена в рамках государственного задания ИПФ РАН на фундаментальные научные исследования на 2021–2023 годы по теме № 0030-2021-0025 и при поддержке РФФИ (грант № 20-07-00914).

Для цитирования: Ерофеев В.И., Хазов П.А., Ситникова А.К. Прочность и устойчивость композитных железобетонных и трубобетонных образцов при статическом нагружении // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 2. С. 141–153. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-141-153.

ORIGINAL ARTICLE

STRENGTH AND STABILITY OF COMPOSITE CONCRETE AND PIPE-CONCRETE STRUCTURES UNDER STATIC LOAD

Vladimir I. Erofeev¹, Pavel A. Khazov², Anna K. Sitnikova²

¹Mechanical Engineering Research Institute RAS,

Branch of the Institute of Applied Physics RAS, Nizhny Novgorod, Russia

²Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The existing regulatory framework and imperfect calculation methods hinder the widespread use of pipe-concrete structures, which have great potential for industrial and civil facilities requiring small cross-sections of load-bearing elements. In order to solve this problem, a series of experiments is conducted to study the behavior of various combinations of steel and concrete materials under static load. Stress-strain state of composite and pipe-concrete structures is investigated. The analysis is given to the bearing capacity of test specimens. The critical load of specimen fracture is calculated, the bearing capacity loss and fracture are determined, deformation diagrams are suggested herein. The comparative analysis of bearing capacity of test specimens is conducted.

The analysis of experimental investigations shows the non-linear increase of bearing capacity during the joint operation of steel shell and reinforced concrete core of the pipe-concrete element, and advantages of pipe-concrete structures over conventional structures.

Keywords: pipe concrete, stress-strain state, small-sized sections, efficiency, bearing capacity

Funding: This work was carried out within the government contract No. 0030-2021-0025 of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation and financially supported by Grant N 20-07-00914 from the Russian Foundation for Basic Research.

For citation: Erofeev V.I., Khazov P.A., Sitnikova A.K. Strength and stability of composite concrete and pipe-concrete structures under static load. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2023; 25 (2): 141–153. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-141-153.

Введение

В последние десятилетия широкое применение в подземных и гидротехнических инженерных сооружениях получили крупногабаритные трубобе-

тонные конструкции. Использование труб в качестве несъемной опалубки, а также обоймы, ограничивающей возможность бетона разрушаться в поперечном направлении, оказалось весьма эффективным и способным повысить несущую способность на десятки процентов. Тем не менее применение трубобетонных элементов в наземном строительстве не так распространено и ограничено в основном высотными объектами. Характерный размер поперечного сечения в таких конструкциях редко оказывается ниже 1000 мм, что ограничивает их использование в промышленных и гражданских объектах. Изучению свойств трубобетонных конструкций, а также поведения трубобетонных элементов значительных диаметров под воздействием различного рода нагрузок в отечественном [1, 2, 3, 4, 5] и зарубежном [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13] научном сообществе уделяется большое внимание.

В отличие от предшественников [1, 2, 4, 5], авторы настоящей статьи считают, что применение трубобетонных конструкций малогабаритных (до 500 мм) сечений может оказаться весьма эффективным, если в перечне требований одновременно оказываются следующие:

- 1) сохранение повышенной несущей способности;
- 2) сопротивление накоплению повреждений и микродефектов различной природы;
- 3) сопротивление удару;
- 4) демпфирующие свойства, сопротивление резонансу.

Пунктам 1–3 соответствуют металлические конструкции, широко применяемые в промышленности. Тем не менее несоответствие пункту 4 является недостатком металлических конструкций, что приводит в ряде случаев к глобальному удорожанию.

Бетонные и железобетонные конструкции, в свою очередь, заметно проигрывают по пунктам 1–3, обладая при этом значительными демпфирующими свойствами.

В условиях тяжелого производства с наличием тяжелых динамических режимов работы важными являются все 4 перечисленных пункта, таким образом, внедрение трубобетонных конструкций малогабаритных сечений может оказаться актуальной задачей.

Несмотря на преимущества трубобетона, в настоящее время неполноценной представляется нормативная база и методики по расчету. Существующие документы не всегда четко раскрывают вопрос о внутренней статической неопределимости трубобетонного сечения, проблемы адгезии бетона и металла, устойчивости элементов даже при статическом нагружении. Несмотря на обозначенную «динамическую» область применения данных конструкций, изучение устойчивости должно опираться на статические испытания.

Работы [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23] посвящены экспериментальному исследованию устойчивости малогабаритных трубобетонных образцов. Неясным, как правило, остается вопрос влияния длины элемента на значения критических нагрузок – задача потери устойчивости в технике неразрывно связана с коэффициентами продольного изгиба. Таким образом, на данный момент не существует решения классической задачи Эйлера об устойчивости стержня, если сечение стержня является композитным. Также

активно проводятся численные исследования [10, 24, 25] расчета трубобетонных конструкций, однако данная область по-прежнему остается открытой.

С учетом вышесказанного проведение экспериментов по исследованию прочности и устойчивости трубобетонных стержней является актуальной темой для научных исследований и может привести к разработке действенных инженерных методик по расчету и конструированию трубобетонных элементов.

Методы

Объектом исследования являются специально изготовленные образцы из различных сочетаний стальных и бетонных материалов: бетон (рис. 1, а), железобетон с гибким армированием (рис. 1, б), трубобетон неармированный (рис. 1, в), трубобетон армированный (рис. 1, г). Все образцы имеют диаметр 76 мм, длина образцов составляет 100 мм.

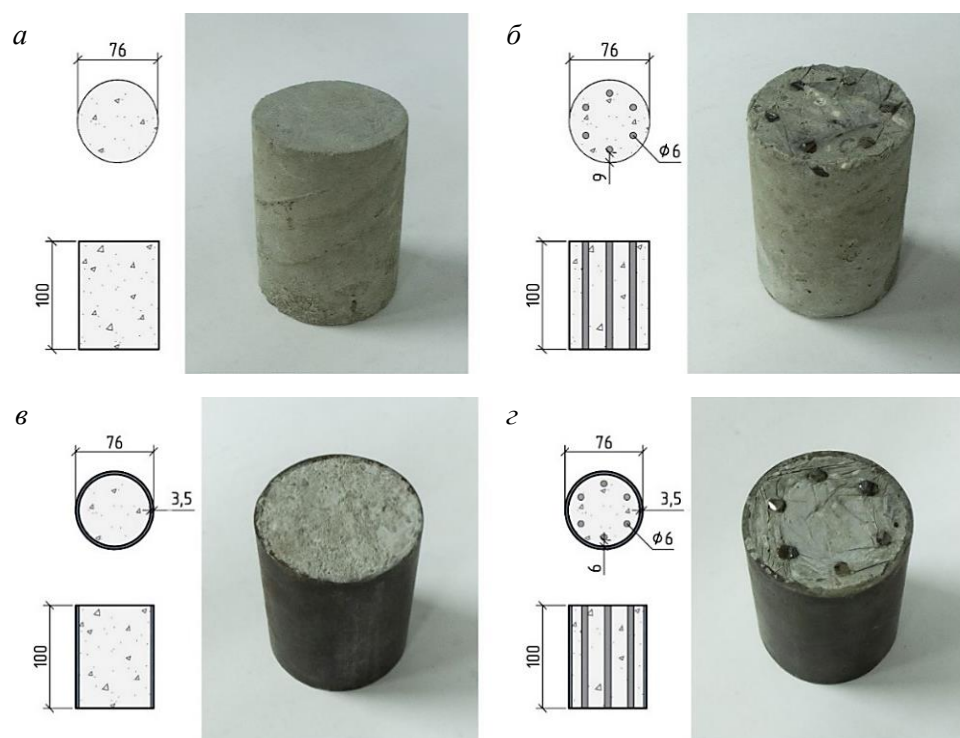


Рис. 1. Изготовленные образцы:

а – бетон; б – железобетон; в – трубобетон неармированный; г – трубобетон армированный

Fig. 1. Manufactured samples:

а – concrete; б – reinforced concrete; в – unreinforced pipe concrete; г – reinforced pipe concrete

Дополнительно были изготовлены железобетонный (рис. 2, а) и армированный трубобетонный (рис. 2, б) образцы длиной 700 мм для исследования вопросов потери устойчивости.

Испытания проводились в 2 этапа.

На первом этапе испытаны образцы длиной 100 мм (рис. 3) [15]. Испытания были проведены с помощью пресса П-125 (максимальная сила – 1250 кН) до разрушения и полной потери несущей способности. При этом фиксировалась разрушающая нагрузка, а также сближение пластин пресса для получения диаграммы деформирования.

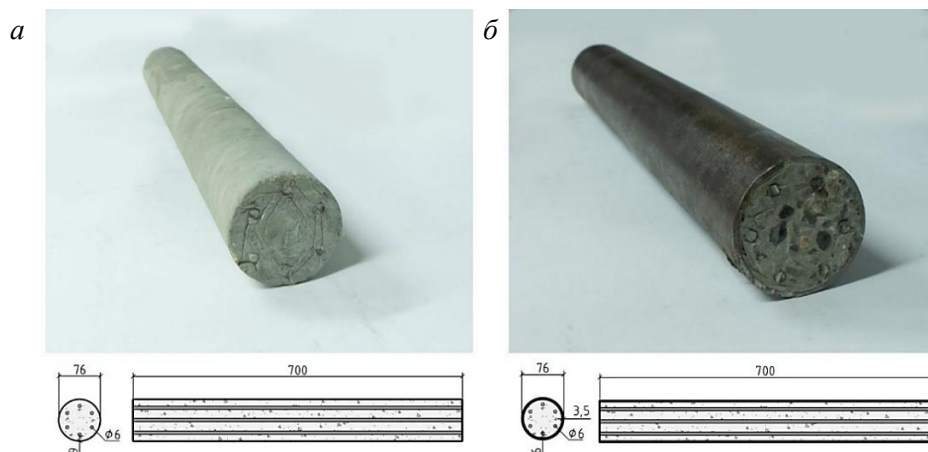


Рис. 2. Дополнительно изготовленные образцы:

a – железобетон; *б* – трубобетон армированный

Fig. 2. Additional fabricated samples:

a – reinforced concrete; *b* – reinforced pipe concrete

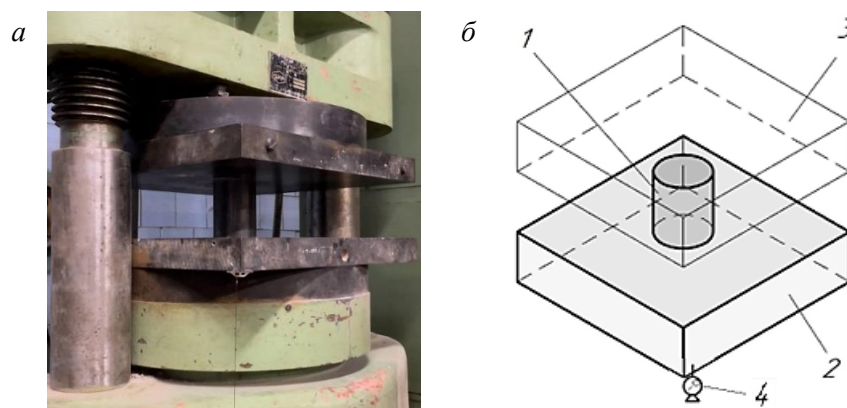


Рис. 3. Испытания образцов длиной 100 мм:

a – общий вид; *б* – принципиальная схема экспериментальной установки: 1 – испытуемый образец; 2 – подвижная загрузающая пластина; 3 – неподвижная загрузающая пластина; 4 – индикатор для регистрации сближения пластин

Fig. 3. Testing of 100 mm long samples:

a – general view; *b* – schematic of experimental setup: 1 – test sample; 2 – movable loading plate; 3 – stationary loading plate; 4 – indicator for recording plate approach

На втором этапе испытаны образцы длиной 700 мм (рис. 4). Для построения характерных диаграмм была установлена дополнительная оснастка

(рис. 4, б) – прогибомеры в плоскости и из плоскости потери устойчивости, а также индикатор, фиксирующий сближение пластин.

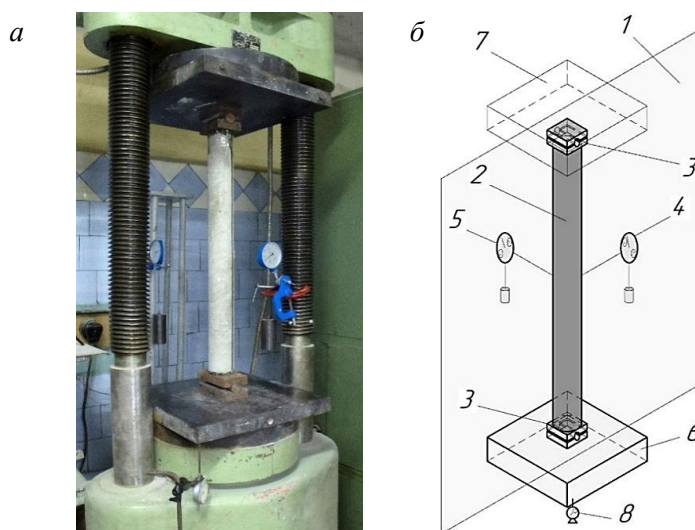


Рис. 4. Испытания образцов длиной 700 мм:

а – общий вид; б – принципиальная схема экспериментальной установки: 1 – плоскость потери устойчивости; 2 – испытуемый образец; 3 – цилиндрический опорный шарнир; 4 – прогибомер в плоскости потери устойчивости; 5 – прогибомер из плоскости потери устойчивости (контрольный, диаграммы не приводятся); 6 – подвижная загружающая пластина; 7 – неподвижная загружающая пластина; 8 – индикатор для регистрации сближения пластин

Fig. 4. Testing of 700 mm long samples:

а – general view; б – schematic of experimental setup: 1 – stability loss plane; 2 – test sample; 3 – cylindrical supporting joint; 4 – deflectometer in stability loss plane; 5 – deflectometer from stability loss plane (diagrams are not shown); 6 – movable loading plate; 7 – stationary loading plate; 8 – indicator for recording plate approach

Испытания проводились в лаборатории кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО ННГАСУ. Нагрузка прикладывалась плавно, с применением видеофиксации показаний приборов. В соответствии с требованием ГОСТ 28570–2019 перед проведением испытаний торцы образцов выравнивались путем нанесения слоя состава на основе эпоксидной композиции. По ссылкам¹ представлены видеозаписи проведенных экспериментов.

Результаты

Для оценки результатов исследования были введены следующие критерии:

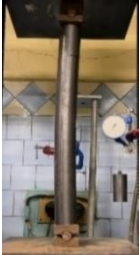
- нагрузка, при которой произошла полная потеря несущей способности;
- характер потери несущей способности;
- характер разрушения.

Результаты по каждому образцу сведены в таблицу.

¹ Испытания трубобетонных образцов на прочность // YouTube. URL: <https://youtu.be/SxxQ3Ir5i54>; Испытали бетон В12,5 // YouTube. URL: https://www.youtube.com/watch?v=bmgA_B_WWto; Разрушаем железобетонную стойку // YouTube. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=vlk8VahSAIA>

Результаты испытаний образцов

Test results

Вид образца	Образец после испытания	Критическая нагрузка, кН	Характер потери несущей способности	Характер разрушения
		49	Потеря прочности	Хрупкое разрушение
		58	Потеря прочности	Хрупкое разрушение
		498	Переход в пластическое состояние	Пластические деформации с последующим взрывом
		612	Переход в пластическое состояние	Пластические деформации с последующим взрывом
		59	Потеря прочности	Хрупкое разрушение
		370	Переход в пластическое состояние + потеря устойчивости	Разрушения образца добиться не удалось

Диаграммы продольного деформирования образцов показаны на рис. 5. На рис. 5, а приводится диаграмма деформирования трубобетонного неармированного образца длиной 100 мм и ее сравнение с полученной ранее диаграммой для полрой трубы соответствующих размеров и сечения. Можно увидеть, что даже в закритической зоне до начала неограниченного пластического деформирования (сближение пластин около 3 мм) диаграммы практически

пропорциональны, что может говорить о соизмеримом вкладе бетона на каждом этапе деформирования. Данная информация подтверждает и несколько расширяет применимость формулы, предложенной для несущей способности трубобетонного элемента [26]:

$$N = (cR_b + d)A_b + \alpha R_p A_p,$$

где R_b , R_p – расчетные сопротивления бетона и стали; A_b , A_p – площади поперечных сечений бетонного сердечника и трубы; c , d – константы, учитывающие упрочнение бетона за счет эффекта обоймы; α – коэффициент, учитывающий упрочнение трубы, связанный с ограниченной потерей местной устойчивости.

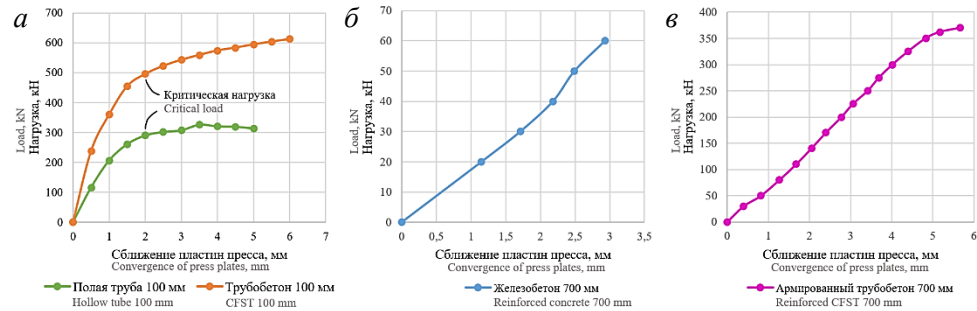


Рис. 5. Диаграммы деформирования образцов при продольном сжатии:

а – полая труба и неармированный трубобетон 100 мм; б – железобетон 700 мм; в – армированный трубобетон 700 мм

Fig. 5. Deformation of samples at longitudinal compression:

а – 100 mm hollow pipe and unreinforced pipe concrete; б – 700 mm reinforced concrete; в – 700 mm reinforced pipe concrete

На рис. 6 показаны диаграммы потери устойчивости железобетонного и трубобетонного образцов.

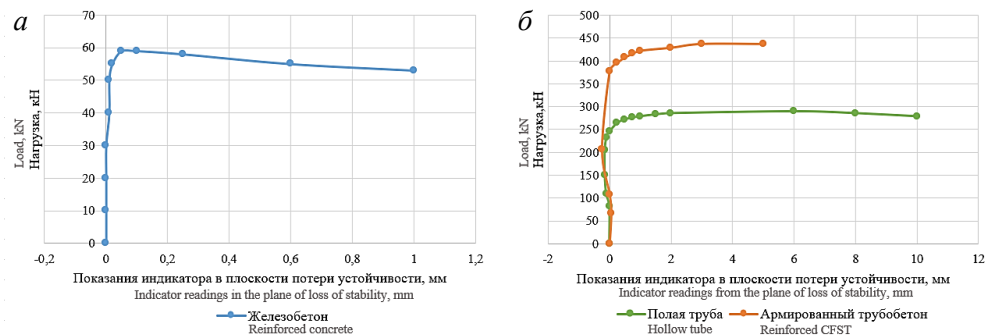


Рис. 6. Диаграммы с индикаторов в плоскости потери устойчивости для образцов длиной 700 мм:

а – железобетон; б – армированный трубобетон и полая труба

Fig. 6. Diagrams from stability loss plane indicators for 700 mm samples:

а – reinforced concrete; б – reinforced pipe concrete and hollow pipe

Для оценки влияния железобетонного сердечника на рис. 6, б диаграмма приводится в сравнении с ранее полученной диаграммой для полый трубы.

Заключение

На основании проведенных исследований могут быть сделаны следующие выводы:

1. Железобетонные образцы длиной 100 и 700 мм продемонстрировали одинаковую несущую способность. Это означает, что потеря устойчивости образца длиной 700 мм не наступила, а он разрушился как центрально-сжатый, чему свидетельствует тот факт, что разрушение зародилось в приопорной зоне образца. Анализ видеозаписей экспериментов показал, что разрушение произошло в первую очередь в результате потери устойчивости арматуры. Это подтверждается их видом после разрушения (таблица), а также тем, что суммарная нагрузка, которую способны выдержать 6 стержней, изготовленных из арматуры А500, составляет 57,7 кН [21], что практически соответствует итоговой разрушающей нагрузке образцов, равной 59 кН.

2. Введение стальной трубы-обоймы увеличило несущую способность бетона на 449 кН, в то время как несущая способность трубы 76×3,5 мм марки 09Г2С составляет 291 кН (рис. 5, а). Следовательно, вклад в повышение несущей способности увеличивается на 43 %. Это объясняется, с одной стороны, тем, что бетонный сердечник препятствует потере устойчивости стенки трубы, а труба, в свою очередь, препятствует поперечному деформированию бетона и его последующему выкрашиванию. Таким образом, суммарная несущая способность превосходит алгебраическую сумму несущих способностей составляющих системы.

3. Введение арматуры в трубобетонный образец увеличивает несущую способность на 114 кН, в то время как несущая способность арматуры составляет 57,7 кН [21]. Таким образом, ее вклад в несущую способность трубобетонного элемента за счет стесненности сечения увеличивается на 98 %.

4. Несущая способность трубобетонного армированного образца длиной 700 мм составила 370 кН (рис. 5, в), что составляет 60 % от несущей способности образца длиной 100 мм (таблица). Несмотря на уменьшение несущей способности образца в целом за счет процесса потери устойчивости, вклад введения стальной трубы-оболочки составляет 311 кН. При этом несущая способность трубы длиной 700 мм из стали марки 09Г2С при расчете по СП 16.13330.2017 составляет 272 кН, следовательно, вклад в несущую способность возрастает на 14 %. Важным является пластический характер разрушения, в отличие от хрупкого разрушения железобетона и мгновенной потери устойчивости стальной трубы.

5. Характер деформирования (рис. 6, б) трубобетонных образцов при их сопоставлении с аналогичными полыми трубами показывает, что диаграммы центрального сжатия и устойчивости практически пропорциональны, это может говорить о соизмеримом вкладе бетона на каждом этапе деформирования. Следует отметить, что для центрально-сжатых коротких образцов (рис. 5) переход в неограниченное пластическое состояние для трубобетонных и полых образцов наступает при одинаковых значениях деформаций, следовательно,

именно потеря несущей способности трубы приводит к потере несущей способности образца, в то время как бетон, находящийся в закритической зоне, оказывает поддерживающий эффект и мгновенно разрушается при наступлении критических деформаций трубы.

Исследованиями обоснована эффективность применения композитных трубобетонных элементов и нелинейное увеличение несущей способности при обеспечении совместной работы материалов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кикин А.И., Санжаровский Р.С., Трулль В.А. Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном. Москва : Стройиздат, 1974. 144 с.
2. Акаев А.И., Магомедов М.Г., Пайзулаев М.М. Перспективы возведения сейсмостойких зданий из трубобетонных конструкций // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2017. Т. 44. № 1. С. 138–149. DOI: 10.21822/2073-6185-2017-44-1-138-149.
3. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Чесноков Г.В., Михалдыкин Е.С. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 2. Расчет трубобетонных конструкций с металлической оболочкой // Наукоедение. 2015. Т. 7. № 4 (29). С. 91. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/02TVN116.pdf>. DOI: 10.15862/112TVN415.
4. Дуванова И.А., Сальманов И.Д. Трубобетонные колонны в строительстве высотных зданий и сооружений // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 6 (21). С. 89–103.
5. Афанасьев А.А., Курочкин А.В. Трубобетонные конструкции для возведения каркасных зданий // Academia. Архитектура и строительство. 2016. № 2. С. 113–118.
6. Morino S., Tsuba K. Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tube Column System in Japan // Earthquake and Engineering Seismology. 2005. № 1. V. 4. P. 51–73.
7. Lehman D.E., Kuder K.G., Gunnarsson A.K., Roeder C.W., Berman J.W. Circular Concrete-Filled Tubes for Improved Sustainability and Seismic Resilience // Journal of Structural Engineering. 2015. № 141. DOI: 10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0001103.
8. Li P., Zhang T., Wang C. Behavior of Concrete-Filled Steel Tube Columns Subjected to Axial Compression // Advances in Materials Science and Engineering. 2018. P. 1–15. DOI: 10.1155/2018/4059675.
9. Lu Y., Na Li, Li S., Liang H. Behavior of steel fiber reinforced concrete-filled steel tube columns under axial compression // Construction and Building Materials. 2015. № 95. P. 74–85. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2015.07.114.
10. Dai X.H., Lam D., Jamaluddin N. Numerical analysis of slender elliptical concrete filled columns under axial compression. // Thin-Walled Structures. 2014. № 77. P. 26–35. DOI: 10.1016/j.tws.2013.11.015.
11. Lazovic Radovanovic M.M., Nikolic J.Z., Radovanovic J.R., Kostic S.M. Structural Behaviour of Axially Loaded Concrete-Filled Steel Tube Columns during the Top-Down Construction Method // Applied Sciences. 2022. № 12 (8). 3771. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12083771>.
12. Dundu M. Compressive strength of circular concrete filled steel tube columns // Thin-Walled Structures. 2012. V. 56. P. 62–70. DOI: 10.1016/j.tws.2012.03.008.
13. Manikandan K.B., Umarani C. Understandings on the Performance of Concrete-Filled Steel Tube with Different Kinds of Concrete Infill // Advances in Civil Engineering. 2021. V. 2021. Article ID 6645757. 12 p. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/6645757>.
14. Римишин В.И., Семенова М.Н., Шубин И.Л. и др. Исследования несущей способности внецентренно сжатых сталетрубобетонных колонн // Строительные материалы. 2022. № 6. С. 8–14. DOI 10.31659/0585-430X-2022-803-6-8-14.
15. Римишин В.И., Кришан А.Л., Астафьева М.А. и др. Исследования несущей способности центрально-сжатых сталетрубобетонных колонн // Жилищное строительство. 2022. № 6. С. 33–38. DOI 10.31659/0044-4472-2022-6-33-38.

16. Кришан А.Л., Суровцов М.М. Экспериментальные исследования прочности гибких трубобетонных колонн // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2013. № 1 (41). С. 90–92.
17. Кришан А.Л. Трубобетонные колонны для многоэтажных зданий // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2009. № 4. С. 75–80.
18. Кришан А.Л., Римшин В.И., Рахманов В.А. и др. Несущая способность коротких трубобетонных колонн круглого сечения // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. № 4 (370). С. 220–225.
19. Krishan A.L., Astafeva M.A., Rimshin V.I. et al. Compressed Reinforced Concrete Elements Bearing Capacity of Various Flexibility // Lecture Notes in Civil Engineering. 2022. V. 182. P. 283–291. – DOI: 10.1007/978-3-030-85236-8_26.
20. Тамразян А.Г., Манаенков И.К. Испытание трубобетонных образцов малого диаметра с высоким коэффициентом армирования // Строительство и реконструкция. 2017. № 4 (72). С. 57–62.
21. Хазов П.А., Ерофеев В.И., Лобов Д.М., Ситникова А.К., Помазов А.П. Экспериментальное исследование прочности композитных трубобетонных образцов малогабаритных сечений // Приволжский научный журнал. 2021. № 3. С. 36–43.
22. Wang J., Sun Q., Li J. Experimental study on seismic behavior of high-strength circular concrete-filled thin-walled steel tubular columns. // Engineering Structures. 2019. V. 182. P. 403–415. DOI: 10.1016/j.engstruct.2018.12.098.
23. Канищев Р.А. Анализ местной устойчивости трубобетонных конструкций прямоугольного сечения // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 4 (64). С. 59–68.
24. Белый Г.И., Ведерникова А.А. Исследование прочности и устойчивости трубобетонных элементов конструкций обратным численно-аналитическим методом // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 2 (85). С. 26–35. DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-2-26-35.
25. Лапшин А.А., Хазов П.А., Кожанов Д.А., Лихачева С.Ю. Оценка прочности и устойчивости композитных сталежелезобетонных элементов с совместным применением стержневых и твердотельных расчетных моделей // Приволжский научный журнал. 2021. № 3. С. 9–16.
26. Несветаев Г.В., Резван И.В. Оценка прочности трубобетона // Фундаментальные исследования. 2011. № 12-3. С. 580–583.

REFERENCES

1. Kikin A.I., Sanzharovskij R.S., Trull' V.A. Steel pipes filled with concrete. Moscow: Stroiizdat, 1974. 144 p. (In Russian)
2. Akaev A.I., Magomedov M.G., Pajzulaev M.M. Construction of earthquake-resistant buildings made of pipe concrete. *Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*. 2017; 44 (1): 138–149. DOI: 10.21822/2073-6185-2017-44-1-138-149. (In Russian)
3. Ovchinnikov I.I., Ovchinnikov I.G., Chesnokov G.V., Mihaldykin E.S. Calculation of pipe-concrete structures with a shell made of different materials. Part 2. Strength analysis of pipe concrete structures. *Naukovedenie*. 2015. 7 (4); 91. Available: <http://naukovedenie.ru/PDF/02TVN116.pdf>. DOI: 10.15862/112TVN415. (In Russian)
4. Duvanova I.A., Sal'manov I.D. Concrete filled steel tubes in the construction of high-rise buildings and structures. *Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzheni*. 2014; 6 (21): 89–103. (In Russian)
5. Afanas'ev A.A., Kurochkin A.V. Concrete filled steel tubes for the construction of frame buildings. *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo*. 2016; (2): 113–118. (In Russian)
6. Morino S., Tsuba K. Design and construction of concrete-filled steel tube column system in Japan. *Earthquake and Engineering Seismology*. 2005; 1 (4): 51–73.
7. Lehman D.E., Kuder K.G., Gunnarsson A.K., Roeder C.W., Berman J.W. Circular concrete-filled tubes for improved sustainability and seismic resilience. *Journal of Structural Engineering*. 2015; 141. DOI: 10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0001103.
8. Li P., Zhang T., Wang C. Behavior of concrete-filled steel tube columns subjected to axial compression. *Advances in Materials Science and Engineering*. 2018: 1–15. DOI: 10.1155/2018/4059675.

9. Lu Y., Na Li, Li S., Liang H. Behavior of steel fiber reinforced concrete-filled steel tube columns under axial compression. *Construction and Building Materials*. 2015; (95): 74–85. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2015.07.114.
10. Dai X.H., Lam D., Jamaluddin N. Numerical analysis of slender elliptical concrete filled columns under axial compression. *Thin-Walled Structures*. 2014; (77): 26–35. DOI: 10.1016/j.tws.2013.11.015.
11. Lazovic Radovanovic M.M., Nikolic J.Z., Radovanovic J.R., Kostic S.M. Structural behaviour of axially loaded concrete-filled steel tube columns during the top-down construction method. *Applied Sciences*. 2022; 12 (8): 3771. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12083771>.
12. Dundu M. Compressive strength of circular pipe-concrete columns. *Thin-Walled Structures*. 2012; (56): 62–70. DOI: 10.1016/j.tws.2012.03.008.
13. Manikandan K.B., Umarani C. Understandings on the performance of concrete-filled steel tube with different kinds of concrete infill. *Advances in Civil Engineering*. 2021; (2021): 12. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/6645757>.
14. Rimshin V.I., Semenova M.N., Shubin I.L., et al. Studies of the bearing capacity of non-centrally compressed concrete filled steel tubes. *Stroitel'nye materialy*. 2022; (6): 8–14. DOI 10.31659/0585-430X-2022-803-6-8-14. (In Russian)
15. Rimshin V.I., Krishan A.L., Astafeva M.A., et al. Bearing capacity of centrally compressed pipe concrete structures. *Zhishchik stroitel'stvo*. 2022; (6): 33–38. DOI 10.31659/0044-4472-2022-6-33-38. (In Russian)
16. Krishan A.L., Surovcov M.M. Experimental studies of strength of flexible pipe concrete structures. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova*. 2013; 1 (41): 90–92. (In Russian)
17. Krishan A.L. Concrete filled steel tubes for multi-storey buildings. *Stroitel'naya mekhanika inzhenernykh konstrukcij i sooruzhenij*. 2009; (4): 75–80. (In Russian)
18. Krishan A.L., Rimshin V.I., Rahmanov V.A., et al. Bearing capacity of short round-section pipe concrete. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti*. 2017; 4 (370): 220–225. (In Russian)
19. Krishan A.L., Astafeva M.A., Rimshin V.I., et al. Compressed reinforced concrete elements bearing capacity of various flexibility. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2022; (182): 283–291. DOI: 10.1007/978-3-030-85236-8_26.
20. Tamrazyan A.G., Manaenkov I.K. Testing of small diameter pipe-concrete samples with high reinforcement coefficient. *Stroitel'stvo i rekonstrukciya*. 2017; 4 (72): 57–62. (In Russian)
21. Khazov P.A., Erofeev V.I., Lobov D.M., Sitnikova A.K., Pomazov A.P. Experimental study of strength of pipe-concrete small-sized sections. *Privolzhskij nauchnyj zhurnal*. 2021; (3): 36–43. (In Russian)
22. Wang J., Sun Q., Li J. Experimental study on seismic behavior of high-strength circular pipe-concrete thin-walled columns. *Engineering Structures*. 2019; (182): 403–415. DOI: 10.1016/j.engstruct.2018.12.098.
23. Kanishchev R.A. Analysis of local stability of rectangular pipe-concrete structures. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*. 2016; 4 (64): 59–68. (In Russian)
24. Belyj G.I., Vedernikova A.A. Strength and stability of pipe-concrete structures using inverse numerical-analytical method. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2021; 2 (85): 26–35. DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-2-26-35. (In Russian)
25. Lapshin A.A., Khazov P.A., Kozhanov D.A., Lihacheva S.Yu. Strength and stability of composite steel-reinforced concrete elements. *Privolzhskij nauchnyj zhurnal*. 2021; (3): 9–16. (In Russian)
26. Nesvetaev G.V., Rezvan I.V. Strength of pipe-concrete structures. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2011; (12-3): 580–583. (In Russian)

Сведения об авторах

Ерофеев Владимир Иванович, докт. физ.-мат. наук, директор, Институт проблем машиностроения РАН – филиал Института прикладной физики РАН, 603024, г. Нижний Новгород, ул. Белинского, 85, erof.vi@yandex.ru

Хазов Павел Алексеевич, канд. техн. наук, доцент, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65, khazov.nngasu@mail.ru

Ситникова Анна Константиновна, студентка, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65, sitanngd@gmail.com

Authors Details

Vladimir I. Erofeev, DSc, Director, Mechanical Engineering Research Institute RAS, Branch of the Institute of Applied Physics RAS, Nizhny Novgorod, Russia, 85, Belinsky Str., 603024, Nizhny Novgorod, Russia, erof.vi@yandex.ru

Pavel A. Khazov, PhD, A/Professor, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, 65, Il'inskaya Str., 603950, Nizhny Novgorod, Russia, khazov.nngasu@mail.ru

Anna K. Sitnikova, Student, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, 65, Il'inskaya Str., 603950, Nizhny Novgorod, Russia, sitanngd@gmail.com

Вклад авторов

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

Authors contributions

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

Статья поступила в редакцию 28.01.2023
Одобрена после рецензирования 01.03.2023
Принята к публикации 20.03.2023

Submitted for publication 28.01.2023
Approved after review 01.03.2023
Accepted for publication 20.03.2023

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2023. Т. 25. № 2. С. 154–164.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2023; 25 (2): 154–164.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 69.07

DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-154-164

РАСЧЁТ СБОРНО-МОНОЛИТНОГО ИЗГИБАЕМОГО ЭЛЕМЕНТА ПО ВТОРОЙ ГРУППЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ

Александр Александрович Коянкин¹, Валерий Михайлович Митасов²

¹Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

²Новосибирский государственный

архитектурно-строительный университет, г. Новосибирск, Россия

Аннотация. Сборно-монолитные конструкции обладают рядом конструктивных особенностей, которые отличают их от сборных и монолитных железобетонных конструкций, состоящих из бетона одного вида. Помимо того, что сборная и монолитная части сборно-монолитного элемента вовлекаются в процесс деформирования и восприятия внешней нагрузки в разное время, они обладают ещё и различными прочностными, деформационными и другими физическими свойствами. Вместе с тем ряд проведённых ранее исследований указывают на увеличение несущей способности и уменьшение прогибов в случае поэтапного вовлечения в процесс деформирования сборной и монолитной частей сборно-монолитных конструкций в сравнении со сборно-монолитными конструкциями, монтируемыми и загружаемыми в один этап. Данные обстоятельства делают сборно-монолитные конструкции целесообразными для применения в массовом строительстве, однако требуются и соответствующие уточнения приведённых в нормативных документах методик расчёта сборно-монолитных конструкций.

В продолжение ранее выполненных авторами статьи работ, посвящённых вопросам формирования напряжённо-деформированного состояния и оценки прочности сборно-монолитных конструкций как в случае одновременного деформирования сборной и монолитной частей, так и в случае поэтапного их вовлечения в процесс деформирования, настоящая статья посвящена расчётам сборно-монолитных конструкций по второй группе предельных состояний.

После изучения конструктивных особенностей, присущих сборно-монолитным изгибаемым элементам, а также определения особенностей формирования их напряжённо-деформированного состояния предложена методика расчёта таких конструкций по второй группе предельных состояний. Определение прогибов происходит на основе условного разделения изгибаемого сборно-монолитного элемента по длине на «зоны качественно единого деформирования», границы которых определяются по структуре диаграммы деформирования бетона. Приведённая методика учитывает разное время включения в процесс восприятия внешней нагрузки и деформирования сборной и монолитной бетонов, а также учитывает разность их деформационных и прочностных свойств.

Проведено сопоставление результатов экспериментальных исследований и результатов теоретических положений, имевшее удовлетворительную сходимость.

Ключевые слова: напряжённо-деформированное состояние, сборно-монолитные конструкции, изгиб, прогибы, трещины, теоретические исследования

Для цитирования: Коянкин А.А., Митасов В.М. Расчёт сборно-монолитного изгибаемого элемента по второй группе предельных состояний // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 2. С. 154–164. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-154-164.

ORIGINAL ARTICLE

SERVICE LIMIT STATE OF CAST-IN-PLACE FLEXURAL MEMBER

Aleksandr A. Koyankin¹, Valery M. Mitsov²

¹*Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia*

²*Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, Novosibirsk, Russia*

Abstract. Cast-in-place structure design distinguish them from reinforced concrete structures. Cast-in-place structures are involved in deformation and receive external load, so they possess different strength, deformation and other physical properties. In this regard, calculation methods of cast-in-place structures given in regulatory documents require clarification.

Having studied the cast-in-place structure design and considering their stress-strain state, a method is proposed for the analysis of such structures according to their service limit state. This method allows taking into account different times of involvement in the external load and deformation of the cast-in-place structure as well as the difference in concrete strength and deformation properties. It is shown that the experimental data are in satisfactory agreement with theoretical calculations.

Keywords: stress-strain state, cast-in-place structure, bending, deflections, cracks, theoretical calculations

For citation: Koyankin A.A., Mitsov V.M. Service limit state of cast-in-place flexural member. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2023; 25 (2): 154–164. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-154-164.

Введение

Сборно-монолитные конструкции достаточно популярны в гражданском и промышленном строительстве как на территории Российской Федерации, так и далеко за её пределами [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Вместе с тем одновременное присутствие сборного и монолитного бетонов, которые могут быть разными по возрасту, прочности и виду, делают в конечном итоге напряжённо-деформированное состояние (НДС) сборно-монолитной конструкции более сложным в сравнении с железобетонными конструкциями, выполняемыми из бетона одного вида. Ранее в работе [14] определены свойственные сборно-монолитным конструкциям особенности:

– первоначальное восприятие нагрузок именно сборным элементом приводит к возникновению в нём начальных (до включения в работу монолитного бетона) и порой значительных напряжений и деформаций;

– контактный шов сопряжения бетонов менее прочен на сдвиг, чем целая конструкция;

– вариантов разрушения конструкции становится больше, т. к., помимо достижения предела текучести в арматуре, исчерпание несущей способности может произойти и при достижении предельной прочности сборного и монолитного бетонов. Идеальным, однако сложно достижимым является случай одновременного исчерпания несущей способности бетонов разной прочности и разных начальных напряжений и деформаций.

Раннее вовлечение в процесс восприятия внешней нагрузки сборной части оказывает положительное влияние, что было отмечено авторами статьи в работах [11, 14], а также в работах других авторов [12, 13]. В частности, было отмечено как увеличение несущей способности конструкции, так и уменьшение значений прогибов при нагрузках, приближающихся к разрушающим, в сравнении с изгибаемыми сборно-монолитными элементами, которые включались в процесс деформирования, будучи в полностью готовом состоянии. Наряду с этим сложность процесса деформирования сборно-монолитных конструкций отмечена в ряде научных работ, а СП 337.1325800.2017 указывает на необходимость выполнения расчёта с учётом начальных напряжений и деформаций, которые возникают в сборных частях элементов до приобретения монолитным бетоном необходимой (заданной) прочности.

В продолжение работ [14, 15], в рамках которых были рассмотрены вопросы формирования НДС и оценки прочности сборно-монолитных конструкций как в случае единовременного деформирования сборной и монолитной частей, так и в случае поэтапного их вовлечения в процесс деформирования, в настоящей статье предложена методика расчёта сборно-монолитных конструкций по второй группе предельных состояний.

Методы

Величина прогиба изгибаемого сборно-монолитного элемента формируется в 2 этапа:

1-й этап – до набора монолитным бетоном требуемой прочности;

2-й этап – после набора монолитным бетоном требуемой прочности и вовлечения его в процесс деформирования.

Определение величины прогиба на 1-м этапе происходит в результате условного разделения изгибаемого элемента по длине на «зоны качественно единообразного деформирования» (рис. 1), границы которых определяются по структуре диаграммы сборного бетона:

1) зона целостного сечения, определяемая на основании НДС растянутой зоны, т. е. $0 < \varepsilon_{bt}' \leq \varepsilon_{bt}^*$ и соответствующий этому диапазон усилий $0 < M' \leq M_{crc}'$;

2) зона образования трещин в растянутом бетоне и упругопластического деформирования сжатого бетона, т. е. $\varepsilon_{bt}' = \varepsilon_{bt}^*$, $\varepsilon_b' \leq \varepsilon_b^v$ и $M_{crc}' < M' \leq M_v'$;

3) зона пластических деформаций сжатого бетона, т. е. $\varepsilon_b^v < \varepsilon_b' \leq \varepsilon_{bR}$ и $M_v' < M' \leq M_{bR}'$;

4) зона предразрушения, т. е. $\varepsilon_{bR} < \varepsilon_b' \leq \varepsilon_{bu}$ и $M_{bR}' < M' \leq M_u'$, где ε_{bt}' – относительные деформации в фибровом растянутом волокне бетона на 1-м эта-

пе; ε_b' – относительные деформации в фибровом сжатом волокне бетона на 1-м этапе; ε_{bt}^* и ε_{bu} – предельные относительные деформации бетона на растяжение и сжатие соответственно; ε_b^v – верхняя граница микротрещинообразования бетона; ε_{bR} – относительные деформации, соответствующие предельному сопротивлению бетона на сжатие R_b ; M' – изгибающий момент на 1-м этапе; M'_{crc} – момент образования трещин в сборной части на 1-м этапе; M'_v – изгибающий момент в сечении при достижении в фибровых сжатых волокнах ε_b^v на 1-м этапе; M'_{bR} – изгибающий момент в сечении при достижении в фибровых сжатых волокнах ε_{bR} на 1-м этапе; M'_u – предельный изгибающий момент в сечении при достижении в фибровых сжатых волокнах предельных относительных деформаций бетона на сжатие ε_{bu} на 1-м этапе.

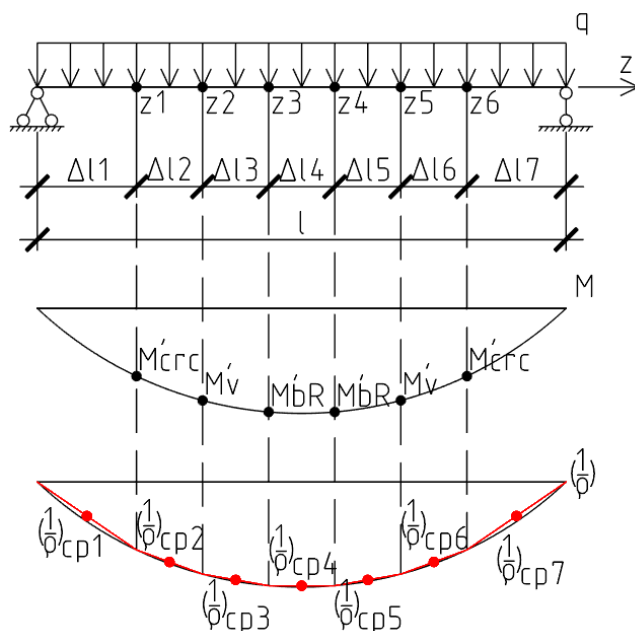


Рис. 1. Расчётная схема сборной части сборно-монолитного элемента на 1-м этапе

Fig. 1. Diagram of cast-in-situ element at stage 1

В связи с тем, что при достижении предельных значений деформаций ε_{bu} происходит разрушение бетона, $M' = M'_u$, дальнейшее существование конструкции невозможно.

Прогиб на 1-м этапе определяется на основании интеграла Мора:

$$f' = \sum_{i=1}^n \int_{z_i}^{z_{i+1}} \bar{M}(z) \left(\frac{1}{\rho} \right)_{cp} dz, \quad (1)$$

в котором
$$\left(\frac{1}{\rho}\right)_{\text{cp}} = \frac{\left(\frac{1}{\rho}\right)_i + \left(\frac{1}{\rho}\right)_{i+1}}{2}, \quad \text{а} \quad \left(\frac{1}{\rho}\right)_i = -\frac{\varepsilon'_{bmi}}{x'_i},$$

где ε'_{bmi} – средние значения относительных деформаций сжатого бетона сборной части в фибровых волокнах на 1-м этапе в точках границ зон единообразного деформирования с координатами z_i ; x'_i – высота сжатой зоны бетона сборной части на 1-м этапе в точке границы с координатой z_i .

Значение ε'_{bmi} составит $\varepsilon'_{bmi} = \psi_b \varepsilon'_{bi}$, где ε'_{bi} – максимальные значения относительных деформаций сжатого бетона в фибровых волокнах сборной части на 1-м этапе в точках границ зон единообразного деформирования с координатами z_i ; ψ_b – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения деформаций крайнего сжатого волокна по длине участка с трещинами.

Значения величин относительных деформаций и высоты сжатой зоны для каждого характерного сечения определяются на основании данных работы [14]. Для нахождения полного значения прогиба, аналогично работе [14], вводится понятие «подэтап», в рамках которого происходит прирост дополнительного прогиба на 2-м этапе f'' , определяемого без учёта деформаций сборной части 1-го этапа, но с обязательным учётом технического состояния самой сборной части (наличие или отсутствие трещины, высота целой части сборного бетона, величина накопленных деформаций, а соответственно, и напряжений и т. д.).

Итоговые значения прогибов на 2-м этапе составят результат сложения прогиба сборной части на 1-м этапе с дополнительной величиной прогиба, определённого в рамках подэтапа:

$$f = f' + f''. \quad (2)$$

В связи с тем, что прирост напряжений на 2-м этапе в сборном бетоне, как показали проведённые экспериментальные исследования [11, 14], уже незначительный, в качестве критерия разделения на зоны качественно единообразного деформирования в дальнейшем принимается диаграмма деформирования монолитного бетона:

- 1) зона упругого деформирования, т. е. $0 < \varepsilon_b^M \leq \varepsilon_b^0$ и $0 < M \leq M_0$;
- 2) зона упругопластического деформирования, т. е. $\varepsilon_b^0 < \varepsilon_b^M \leq \varepsilon_b^V$ и $M_0 < M \leq M_V$;
- 3) зона пластических деформаций сжатого бетона, т. е. $\varepsilon_b^V < \varepsilon_b^M \leq \varepsilon_{bR}$ и $M_V < M \leq M_{bR}$;
- 4) зона предразрушения, т. е. $\varepsilon_{bR} < \varepsilon_b^M \leq \varepsilon_{bu}$ и $M_{bR} < M \leq M_u$, где ε_b^M – относительные деформации в фибровых сжатых волокнах монолитного бетона на 2-м этапе; ε_{bu} – предельные относительные деформации бетона на сжатие; ε_b^0 – нижняя граница микротрещинообразования бетона; M , M_V , M_{bR} ,

M_u – аналогично усилиям, перечисленным выше, но на 2-м этапе; M_0 – изгибающий момент в сечении при достижении в фибровых сжатых волокнах монолитного бетона ε_b^0 на 2-м этапе.

Нахождение прогиба f'' на 2-м этапе, выполняемое в рамках подэтапа, осуществляется также по формуле (1). Однако следует помнить, что расчётная схема на 2-м этапе может отличаться от расчётной схемы 1-го этапа. К примеру, отдельные шарнирно опёртые балки «превратятся» в единую многопролётную неразрезную балку.

Кривизна $\left(\frac{1}{\rho}\right)_i$ в точке границы с координатой z_i определяется аналогично 1-му этапу, но вместо ε_{bmi} , ε_{bi} и x_i будут приняты аналогичные параметры ε_{bmi}^M , ε_{bi}^M и x_{mi} , соответствующие НДС монолитного бетона на 2-м этапе.

Кроме расчёта по прогибам предложена методика расчёта по образованию и ширине раскрытия трещины. Момент образования трещин M_{crc} определяется на основании данных работы [14], где критерием образования трещины принимается достижение предельных относительных деформаций бетона сборной части на растяжение ε_{bt}^* , т. е. $\varepsilon_{bt} = \varepsilon_{bt}^*$.

В рамках 1-го этапа ширина раскрытия определяется на основании СП 63.13330 «Бетонные и железобетонные конструкции» по формуле $a' = \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 \frac{\sigma'_s}{E_s} l_s$, но с тем различием, что значение σ'_s принимается на основании ε'_s , определённого системой уравнений в рамках работы [14] и принятого закона деформирования $\sigma_s(\varepsilon)$. Аналогичным образом определяется ширина раскрытия трещин и на 2-м этапе.

Результаты

В работе [11] представлены результаты экспериментальных исследований сборно-монолитного изгибаемого элемента, а в работе [14] приведена методика оценки его НДС и расчёта несущей способности. В рамках данной работы выполнены расчёты прогибов и трещиностойкости и последующее сопоставление с результатами экспериментальных исследований сборно-монолитных образцов, выполнение и нагружение которых осуществлялось в следующем порядке (рис. 2):

1-й этап – сборные части опытных образцов (1700×80×80 (h) мм, тяжёлый бетон кл. В25, продольная арматура 1Ø10A240, поперечная арматура на опоре Ø4B500 с шагом 50 мм) изготавливались на заводе ЖБИ и далее загружались в лаборатории испытания строительных конструкций СФУ (моделировалась монтажная нагрузка от собственного веса, а также весов опираемых сборных элементов, свежесушеного монолитного бетона и т. д.);

2-й этап – в последующем, находясь под нагрузкой 1-го этапа, на сборные части укладывался лёгкий бетон (кл. В12,5, высота 60 мм). После того как монолитный бетон набирал требуемую прочность, происходило догружение сборно-монолитных образцов до разрушения.

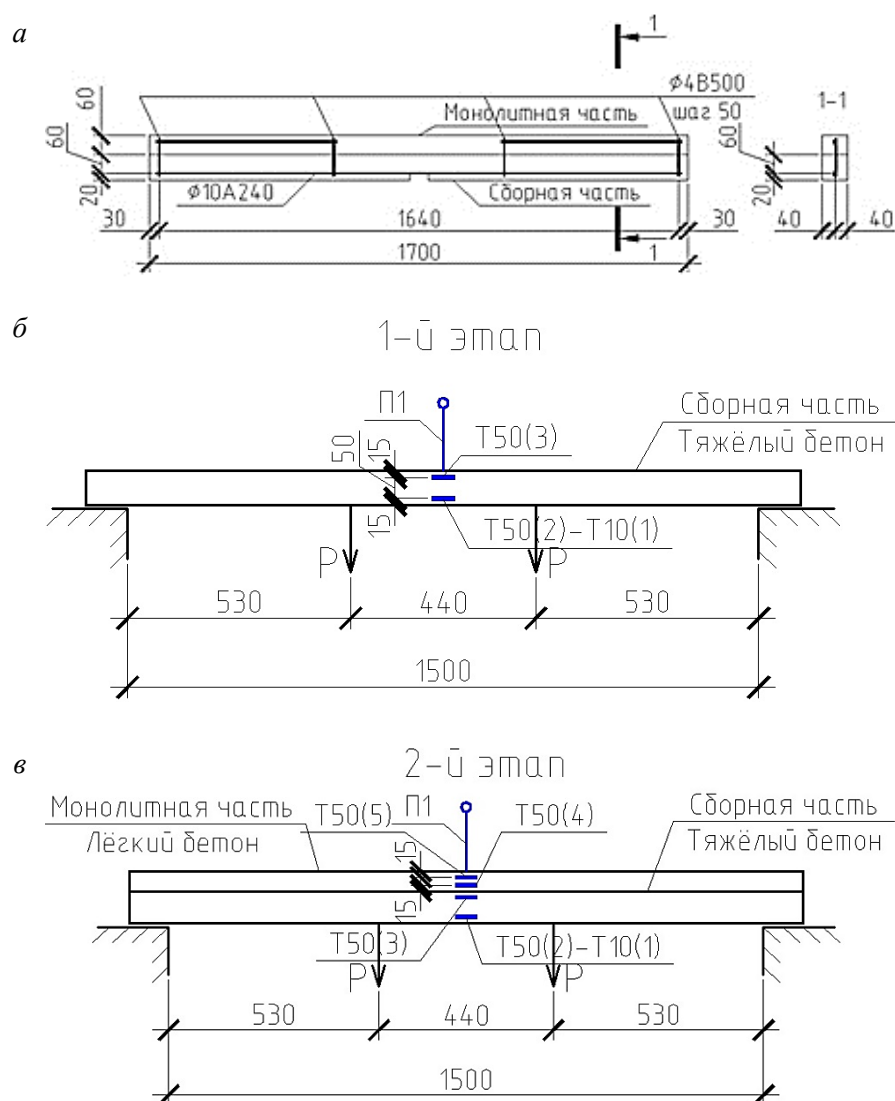


Рис. 2. Схемы проведения экспериментальных исследований:

а – армирования; б – загрузки на 1-м этапе; в – загрузки на 2-м этапе

Fig. 2. Schematic of experimental studies:

a – reinforcement; b – loading at stage 1; c – loading at stage 2

Сопоставление результатов теоретического расчёта и экспериментальных исследований по прогибам (рис. 3) показало удовлетворительную сходимость.

Расхождение в прогибах между данными расчёта и эксперимента (рис. 3) отмечается на начальных этапах до образования трещины. Объясняется это тем, что в экспериментальных образцах отсутствует часть растянутого бетона и оголена арматура (такое выполнение было необходимо для возможности установки тензометрического датчика на арматуру). В итоге начальная жёсткость сечения в экспериментальном образце уменьшена. После образования трещины

и исключения части растянутого бетона из процесса деформирования в центре балки фиксируется скачок прогибов и выравнивание экспериментальных и теоретических значений прогибов и характера графика их роста.

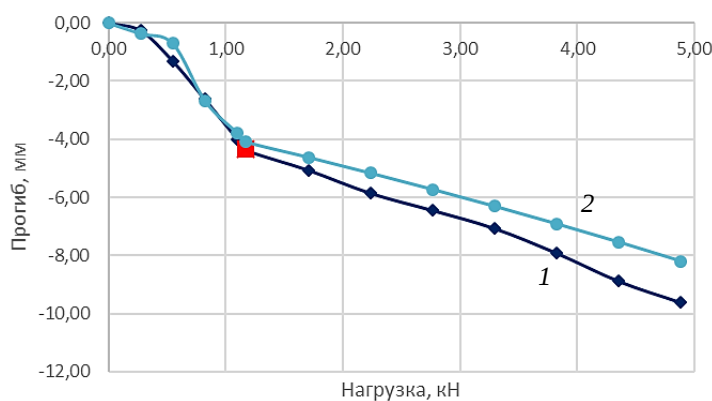


Рис. 3. Графики прогибов:

1 – экспериментальные; 2 – теоретические

Fig. 3. Flexure:

1 – experimental data; 2 – theoretical calculations

На 2-м этапе нагружения¹ конструкции отмечается равномерное нарастание величины прогиба при незначительном превышении экспериментальных значений прогибов над теоретическими значениями. Величина расхождения не превысила 15 % на этапах нагружения, предшествующих разрушению.

Кроме того, было проведено сопоставление экспериментальных и теоретических значений моментов трещинообразования, а также ширины раскрытия и высоты развития трещин. Образование первой трещины при теоретическом расчёте фиксируется на 1-м этапе нагружения при значении изгибающего момента 0,31 кН·м, что хорошо соотносится с данными экспериментальных исследований, фиксировавших образование трещин при значении изгибающего момента 0,29–0,44 кН·м. Высота развития трещины в момент образования при теоретических расчётах составила 39,4 мм, в то время как при экспериментальных исследованиях отмечалось развитие трещин на высоту 30–40 мм. Ширина раскрытия трещины в этот момент как при экспериментальных исследованиях, так и при теоретических расчётах составила 0,05 мм. По окончании 1-го этапа нагружения (на последнем шаге) экспериментальные значения прогибов достигали 0,1 мм, а теоретические данные аналогичной модели – 0,13 мм. Ширина раскрытия трещин на 2-м этапе в ходе выполнения теоретических расчётов при нагрузке 4,89 кН составила 0,38 мм, а высота развития – 64,7 мм. В то время как в процессе выполнения экспериментальных исследований при нагрузках, предшествующих разрушению, высота развития трещины составила 60–75 мм. И как при экспериментальных, так и при теоретических расчётах переход трещины со сборной в монолитную часть не фиксируется.

¹ На рис. 3 граница между этапами деформирования обозначена красным квадратом.

Заключение

Методика расчёта, предложенная авторами статьи, подходит для выполнения расчёта сборно-монолитных изгибаемых конструкций по 2-й группе предельных состояний и позволяет:

- 1) учесть конструктивные особенности, присущие сборно-монолитным изгибаемым элементам, включая разное время вовлечения в процесс деформирования сборного и монолитного бетонов, и их разные прочностные и деформативные свойства;
- 2) выполнить расчёт с учётом реальных диаграмм деформирования материалов (арматуры, сборного и монолитного бетонов);
- 3) обеспечить удовлетворительную сходимость результатов расчёта с данными экспериментальных исследований.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Каинов Е.А. Анализ и оценка потребительских свойств объектов со сборно-монолитным каркасом с использованием метода экспертных оценок // Вестник современных исследований. 2019. № 1.8 (28). С. 83–88.
2. Қожамбек Б.Р., Жусупов Т.В., Бейсекеева С.З. Сборно-монолитные перекрытия на основе системы несъёмной опалубки // Вестник современных исследований. 2019. № 2.3 (29). С. 18–21.
3. Зотеева Е.Э., Фомин Н.И. Новые технологические и конструктивные решения по устройству монолитных и сборно-монолитных перекрытий гражданских зданий // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2018. Т. 2. С. 336–341.
4. Olmati P., Sagaseta J., Cormie D., Jones A.E.K. Simplified reliability analysis of punching in reinforced concrete flat slab buildings under accidental actions // Engineering Structures. 2017. V. 130. P. 83–98.
5. Qian K., Li B. Resilience of Flat Slab Structures in Different Phases of Progressive Collapse // ACI Structural Journal. 2016. V. 113. P. 537–548.
6. Drakatos I.S., Muttoni A., Beyer K. Internal slab-column connections under monotonic and cyclic imposed rotations // Engineering Structures. 2016. V. 123. P. 501–516.
7. Nedviga, E., Beresneva, N., Gravit, M., Blagodatskaya, A. Fire Resistance of Prefabricated Monolithic Reinforced Concrete Slabs of «Marko» Technology // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018. 692. P. 739–749.
8. Yan J.B., Wang J.Y., Liew J.Y.R., Qian X.D., Zhang W. Reinforced ultra-lightweight cement composite flat slabs: Experiments and analysis // Materials and Design. 2016. № 95. P. 148–158.
9. Зезюков Д.М., Махинько Н.Н., Буцкая Е.Л., Котов Н.А. К определению фактического напряжённого состояния элементов плоских сборно-монолитных перекрытий // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2019. № 2 (251–252). С. 63–70.
10. Полоз М.А., Яссер Г.С., Шевченко А.В. Применение шагово-итерационного метода при расчёте изгибаемых предварительно напряжённых сборно-монолитных элементов с учётом физической нелинейности // Строительные материалы и изделия. 2019. Т. 2. № 3. С. 12–27.
11. Koyankin A.A., Mitsov V.M. Stress-strain state of the precast monolithic bent element = Напряжённо-деформированное состояние сборно-монолитного изгибаемого элемента // Magazine of Civil Engineering. 2020. № 97 (5).
12. Семенюк С.Д., Москалькова Ю.Г. Прочность и деформативность изгибаемых элементов, усиленных наращиванием сжатой зоны, при статическом и малоцикловом нагружении. Могилёв : Белорус.-Рос. ун-т, 2017. 274 с.
13. Лазовский Д.Н. Усиление железобетонных конструкций эксплуатируемых строительных сооружений. Новополоцк : ПГУ, 1998. 240 с.

14. Коянкин А.А., Митасов В.М. Напряжённо-деформированное состояние сборно-монолитного элемента с учётом загрузки сборной части // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 3. С. 129–142.
15. Коянкин А.А., Митасов В.М., Клиндух Н.Ю. Напряжённо-деформированное состояние сборно-монолитного изгибаемого элемента // Academia. Архитектура и строительство. 2021. № 3. С. 101–107.

REFERENCES

1. Kainov E.A. Analysis and evaluation of consumer properties of objects with cast-in-situ frame using expert evaluations. *Vestnik sovremennykh issledovaniy*. 2019; 1.8 (28): 83–88. (In Russian)
2. Kozhambek B.R., Zhusupov T.V., Beisekeyeva S.Z. Cast-in-situ slabs based on a system of permanent formwork. *Vestnik sovremennykh issledovaniy*. 2019; 2.3 (29): 18–21. (In Russian)
3. Zoteeva E.E., Fomin N.I. New technological and structural solutions for the of monolithic and cast-in-situ slab construction. *Sovremennye tekhnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika*. 2018; (2): 336–341. (In Russian)
4. Olmati P., Sagaseta J., Cormie D., Jones A.E.K. Simplified reliability analysis of punching in reinforced concrete flat slab constructions under accidental actions. *Engineering Structures*. 2017; (130): 83–98.
5. Qian K., Li B. Resilience of flat slab structures in different phases of progressive collapse. *ACI Structural Journal*. 2016; (113): 537–548.
6. Drakatos I.S., Muttoni A., Beyer K. Internal slab-column connections under monotonic and cyclic imposed rotations. *Engineering Structures*. 2016; (123): 501–516.
7. Nedviga E., Beresneva N., Gravit M., Blagodatskaya A. Fire resistance of prefabricated monolithic reinforced concrete slabs of "Marko" technology. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2018; (692): 739–749.
8. Yan J.B., Wang J.Y., Liew J.Y.R., Qian X.D., Zhang W. Reinforced ultra-lightweight cement composite flat slabs: Experiments and analysis. *Materials and Design*. 2016; (95): 148–158.
9. Zeziukov D.M., Makhinko N.N., Butskaya E.L., Kotov N.A. Actual stress state of elements of flat cast-in-situ slabs. *Visnik Pridniprovs'koï derzhavnoi akademii budivnitstva ta arkhitekturi*. 2019; 2 (251–252): 63–70. (In Russian)
10. Poloz M.A., Yasser G.S., Shevchenko A.V. Application of step-iteration method in calculation of bendable prestressed prefabricated monolithic elements taking into account physical nonlinearity. *Stroitel'nye materialy i izdeliya*. 2019; 2 (3): 12–27. (In Russian)
11. Koyankin A.A., Mitasov V.M. Stress-strain state of cast-in-situ flexural element. *Magazine of Civil Engineering*. 2020; 97 (5). (In Russian)
12. Semeniuk S.D., Moskalkova Yu.G. Strength and deformability of bending elements reinforced by compressive zone build-up under static and low-cycle loading. Mogilev, 2017. 274 p. (In Russian)
13. Lazovsky D.N. Strengthening of reinforced concrete structures of operating buildings. Novopolotsk: PSU, 1998. 240 p. (In Russian)
14. Koyankin A.A., Mitasov V.M. Stress-strain state of cast-in-place and precast structure with loaded cast-in-place element. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2021; 23 (3): 129–142. (In Russian)
15. Koyankin A.A., Mitasov V.M., Klindukh N.Yu. Stress-strain state of precast-monolithic bending element. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2021; (3): 101–107. (In Russian)

Сведения об авторах

Коянкин Александр Александрович, канд. техн. наук, доцент, Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79, KoyankinAA@mail.ru

Митасов Валерий Михайлович, докт. техн. наук, профессор, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113, MitassovV@mail.ru

Authors Details

Alexander A. Koyankin, PhD, A/Professor, Siberian Federal University, 79, Svobodnyi Ave., 660041, Krasnoyarsk, Russia, KoyankinAA@mail.ru

Valery M. Mitsov, DSc, Professor, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, 113, Leningradskaya Str., 630008, Novosibirsk, Russia, MitassovV@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 01.12.2022
Одобрена после рецензирования 21.02.2023
Принята к публикации 20.03.2023

Submitted for publication 01.12.2022
Approved after review 21.02.2023
Accepted for publication 20.03.2023

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

CONSTRUCTION MATERIALS AND PRODUCTS

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2023. Т. 25. № 2. С. 165–172.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2023; 25 (2): 165–172.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 691:539

DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-165-172

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ АМОРФНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПЕНИСТЫХ ПРИРОДОПОДОБНЫХ МАТЕРИАЛОВ НЕРАЗРУШАЮЩИМИ МЕТОДАМИ

Борис Семенович Семухин

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

Аннотация. В данной статье в качестве объекта исследования выбран пеностекольный материал. Такие материалы известны давно, но современные методы позволяют изучить и научно обосновать отнесение их к природоподобным.

Для этого были использованы *два метода*: рентгеновский и акустический, как наиболее удобные для работы с природоподобными материалами. Измерены скорость рэлеевских поверхностных волн и интегральная интенсивность рентгеновского рефлекса-галло. Предложена нормировка данных для сравнения измеренных величин скорости и интенсивности.

Экспериментально установлено, что плотность пеностекольных материалов отражает факт равномерного распределения электронной плотности. Делается вывод о равномерной плотности аморфных материалов и их подобии природным.

Ключевые слова: скорость звука, аморфный материал, природоподобный, пористый материал

Для цитирования: Семухин Б.С. Определение плотности аморфной составляющей пенистых природоподобных материалов неразрушающими методами // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 2. С. 165–172. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-165-172.

ORIGINAL ARTICLE

NON-DESTRUCTIVE TESTING OF AMORPHOUS COMPONENT DENSITY IN FOAM NATURE-LIKE MATERIALS**Boris S. Semukhin***Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia*

Abstract. Glass foam material is investigated in this paper. Glass foam materials are known long ago, but modern methods make it possible to study and scientifically substantiate their classification as nature-like. X-ray and acoustic methods are used as the most appropriate for nature-like materials. The velocity of Rayleigh surface waves and the integral intensity of the X-ray halo reflection are measured. The data normalization is proposed for comparison of measured values of speed and intensity. It is shown that the density of glass foam materials determines the uniform distribution of the electron density. A conclusion is made about the uniform density of amorphous materials and their similarity to natural.

Keywords: acoustic velocity, amorphous material, nature-like, porous material

For citation: Semukhin B.S. Non-destructive testing of amorphous component density in foam nature-like materials. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2023; 25 (2): 165–172. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-165-172.

Введение

Природоподобные материалы широко используются в качестве основных и композиционных строительных материалов [1, 2, 3]. Их основные отличия от искусственных строительных материалов в величине плотности аморфной составляющей (аморф). Типичными представителями таких материалов являются пеностекольные композиции. Наличие аморфа в них ведет к улучшению технологических показателей конструкций, увеличению механических свойств, к применению в звукопоглощающих системах. Помимо высоких механических характеристик пеностекольные материалы обладают такими защитными свойствами, как пожаро- и морозоустойчивость, что расширяет сферу их применения. Необычайные свойства пеностекольных материалов позволяют использовать их в биологических антивирусных целях, т. к. установлено, что они практически не подвержены заражению микроорганизмами.

Материалы и методы

Чтобы понять, почему пеностекольный материал имеет такие необычные характеристики, много внимания было уделено его структуре. Структура пеностекольного материала имеет необычный пористый вид на разных структурных уровнях: микро-, мезо-, макро-. Все поры имеют, как правило, либо гексагональную, либо пентагональную форму [4].

Исходя из этого, было предложено считать пеностекольный материал фуллереноподобным [5]. А это, как показано во многих работах, и является признаком живого [6]. Следовательно, можно предположить, что аморф пеностекольного материала должен иметь очень плотную структуру на всех уров-

нях. Поэтому знание и расчет плотности аморфа необходимы как для доказательства природоподобности, так и для практического производства природоподобных материалов, в том числе и строительных.

Такое фуллереноподобное состояние материала должно сохраняться долго, на всем протяжении жизненного цикла конструкции, построенной из пеностеклянного материала. Поэтому правильное и высокоточное определение величины плотности аморфа пеностеклянного материала является физической научной задачей, необходимой и актуальной для строительного материаловедения.

Плотность пеностеклянного материала обычно определяют стандартным методом взвешивания, но при использовании этого метода для определения плотности аморфа такой точности недостаточно. Кроме того, чтобы использовать пеностеклянный материал в виде больших пространственных структур, необходимо измерять плотность в нем неразрушающими методами контроля. Поэтому в настоящей работе предложено использовать современные методы неразрушающего контроля. Для определения плотности необходимо определить размеры аморфа в исследуемых образцах. На сегодняшний день считается, что прочность такого материала обеспечивается свойствами поверхности [4, 5]. Для определения величины плотности в приповерхностных слоях материала лучше всего подойдут акустические методы контроля. Такие методы применяются довольно широко в строительстве, но для исследования свойств пеностеклянного материала не использовались: не позволяло отсутствие удобной, простой и точной методики измерения основных характеристик аморфа пеностеклянного материала. Например, для определения скорости звука не было методики определения поверхностных значений размера аморфа.

Поэтому для точного измерения был предложен метод автоциркуляции рэлеевских поверхностных волн, уже хорошо зарекомендовавший себя при проведении анализа кристаллических тел [7, 8]. Основной целью работы является отработка измерения скорости ультразвука в пеностеклянном материале с разным содержанием аморфной составляющей. В нем измерения сводят к определению частоты следования импульсов. Частота зависит от времени пробега импульсов расстояния между преобразователями, т. е. от скорости распространения ультразвука в образце. Точность измерения в данном методе не менее 0,1 %.

Для исследования был выбран пеностеклянный материал, полученный по низкотемпературной технологии (до 900 °С) на основе кремнеземистого сырья. Пеностеклянный материал получен из фритты, которая синтезирована при температурах, не превышающих 900 °С, и состоит на 93 % из аморфной и на 7 % из кристаллической фазы.

Определения частоты колебаний ультразвука в зависимости от аморфной составляющей проводили на стандартных образцах размером 1×2×3 см. В качестве акустической жидкости использовали гель SiO₂. Значения частот пересчитывали в значения скорости ультразвука. Данные заносились и обсчитывались с использованием программы Origin.

На рис. 1 представлена зависимость скорости ультразвука от объемной доли аморфной составляющей. Кривая имеет простой вид, может быть описа-

на с помощью стандартных математических уравнений. В нашем случае хорошо подходит простая экспонента. Для повышения точности измерения на каждой точке проводили измерения 10–15 раз, для каждой измеряемой точки проводили анализ. Наиболее подходящими оказались распределения Максвелла. Из графика следует, что чем больше в образце аморфной составляющей, тем больше скорость ультразвука, что свидетельствует о плотности материала в зависимости от объемной доли аморфной составляющей. Видно, что небольшое изменение количества аморфной составляющей может привести к существенному изменению свойств материала.

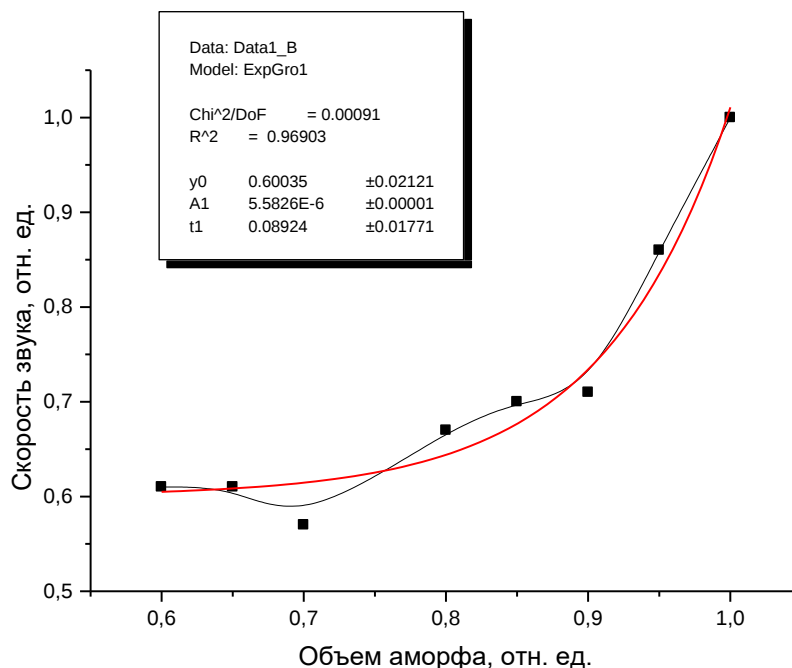


Рис. 1. Зависимость скорости звука от объема аморфа

Fig. 1. Dependence of sound speed on amorph volume

На рис. 2 представлено аморфное гало с разной интегральной интенсивностью в зависимости от объемной доли аморфа. По рентгеновской интенсивности определяли ее величину и строили график связи объемной доли аморфной составляющей и интенсивности гало (рис. 3). На рис. 4 для построения двух зависимостей на одном графике предлагается методом нормировки получить два независимых графика. Такой метод нормировки уже давно используют, пересчитывая все в процентах [9, 10]. В нашем же случае все измеряемые величины были пересчитаны в безразмерные (в доли). И это позволило получить график с двумя подобными зависимостями (рис. 4). Здесь можно констатировать хорошее согласие. Это прямое доказательство того, что объем аморфной составляющей очень тонко реагирует на изменение электронной плотности, которая дает отклик в виде изменения скорости звука и интегральной интенсивности рентгеновского гало. Такое неслучайное совпадение сви-

детельствует о том, что изменение скорости звука и интенсивности дифракционного гало практически подтверждает возможность определения доли аморфной составляющей таким способом.

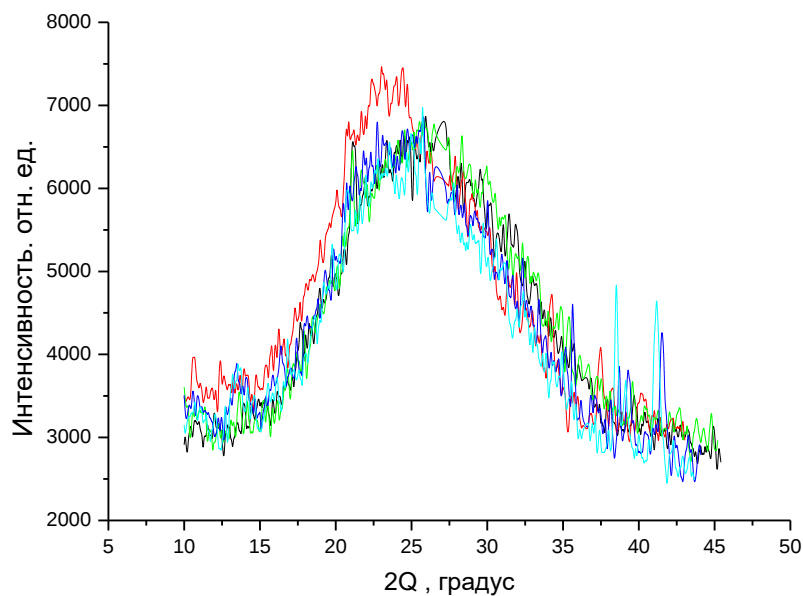


Рис. 2. Дифракционное гало
Fig. 2. Diffraction halo

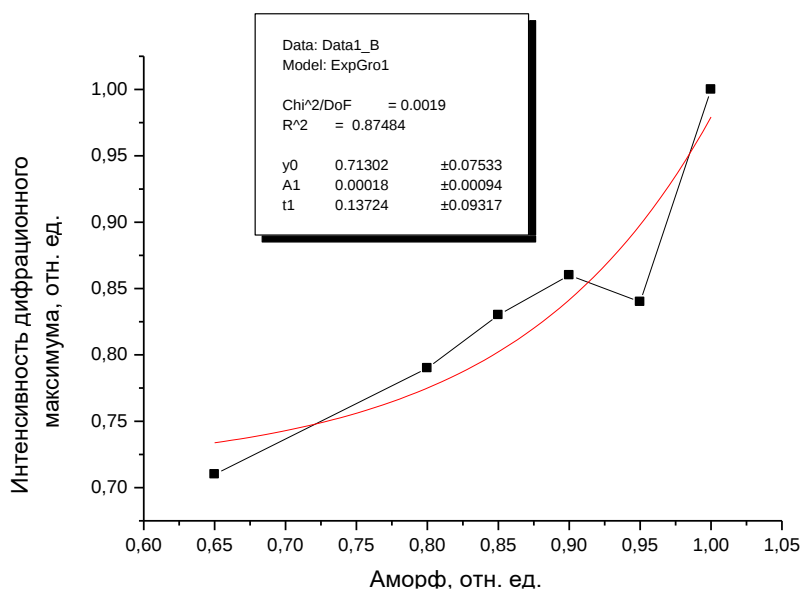


Рис. 3. Зависимость интенсивности дифракционного гало от аморфа
Fig. 3. Dependence of diffraction halo intensity on amorph

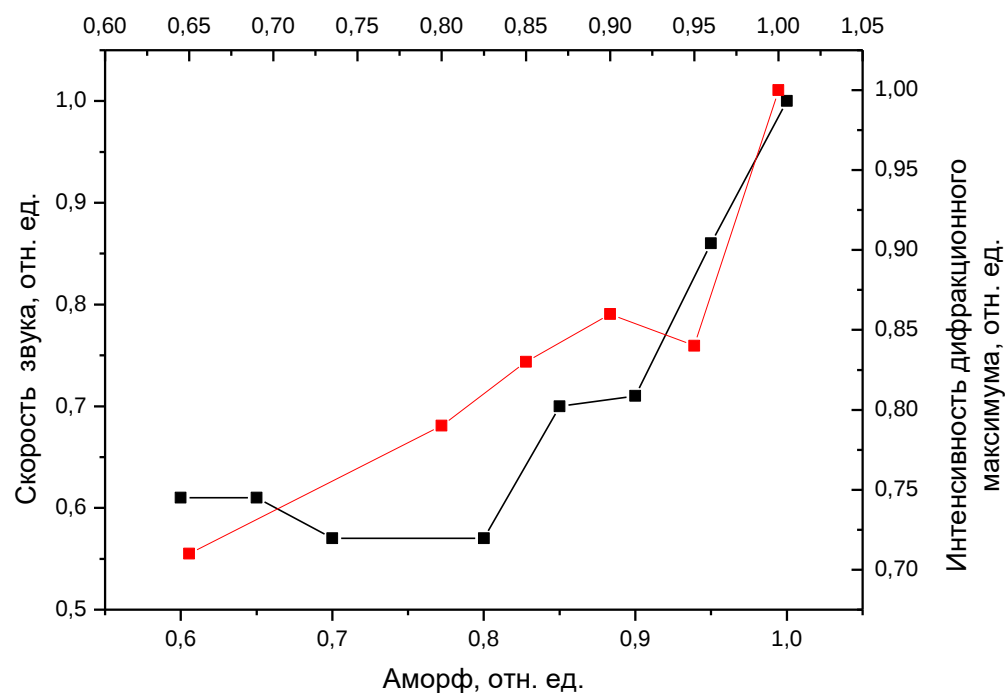


Рис. 4. Нормированные зависимости скорости ультразвука и интенсивности дифракционного максимума

Fig. 4. Normalized dependences of ultrasound velocity and diffraction peak intensity

В результате настоящей работы предлагается способ высокоточного определения как размеров, так и формы аморфной составляющей природоподобных материалов. На примере исследования пеностеклового материала выводятся рекуррентные графики (рис. 1, 3) измерений, которые можно представить следующей схемой:

- 1) измерение частоты автоколебаний;
- 2) построение графика зависимости скорости от объема аморфной составляющей;
- 3) определение по величине аморфной составляющей величины плотности;
- 4) измерение интегральной интенсивности аморфного гало;
- 5) построение графика зависимости интегральной интенсивности рентгеновских лучей от объема аморфной составляющей;
- 6) определение по величине аморфной составляющей величины плотности.

При исследовании свойств пеностеклового материала было также установлено, что звук и рентгеновская интенсивность взаимосвязанно отображают общность основной характеристики – плотности. Это можно представить в виде 3-мерной поверхности плотности аморфной составляющей пеностеклового материала (рис. 5). Полученная фигура представляет собой объемную равномерно распределенную поверхность, позволяющую определить локальные минимумы и максимумы, характеризующие состояние материала в зависимости от размеров и формы аморфной составляющей.

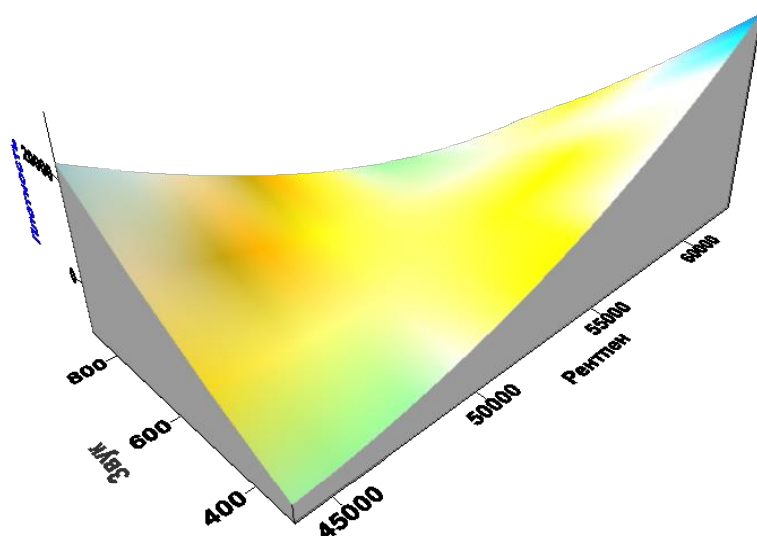


Рис. 5. 3D-поверхность плотности аморфной составляющей пеностеклянного материала
Fig. 5. 3D surface density of amorphous component of glass foam material

Выводы

Экспериментально установлено, что плотность пеностеклянного материала отражает факт равномерного распределения электронной плотности, наличие минимумов и максимумов электронной плотности подтверждается визуально на 3-мерной поверхности.

Делается вывод о равномерной плотности аморфных материалов и их подобию природным.

Разработка материалов согласно принципам, по которым функционирует живая природа, приближает нас к способам синтеза материалов на качественно новом уровне.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика) как трансдисциплинарное направление исследований // Высшее образование в России. 2014. № 3. С. 77–83.
2. Лесовик В.С., Фомина Е.В. Новая парадигма проектирования строительных композитов для защиты среды обитания человека // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 10. С. 1241–1257.
3. Ковальчук М.В., Нарайкин О.С. Природоподобные технологии – новые возможности и новые угрозы // Индекс безопасности. 2016. Т. 22. № 3–4 (118–119). С. 103–108.
4. Панин В.Е. Физическая мезомеханика материалов. Масштабные уровни предела усталости металлов // Физическая мезомеханика. 2019. Т. 22. № 1. С. 97–98.
5. Семухин Б.С., Воинов А.В., Казьмина О.В. Свойства пеностекла с фуллереноподобной мезоструктурой // Известия вузов. Физика. 2020. № 4. С. 161–163.
6. Shechtman D., Blech I., Gratias D., Cahn J.W. Metallic Phase with Long-Range Orientational Order and No Translational Symmetry // Phys. Rev. Lett. 53, 1951 – Published 12 November. 1984. DOI:https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.53.1951.
7. Муравьев В.В., Зуев Л.Б., Комаров К.Л. Скорость звука и структура сталей и сплавов. Новосибирск : Наука, 1996. 184 с.
8. Секоян С.С., Шлегель В.Р., Бацанов С.С., Гаврилкин С.М., Поярков К.Б., Гурков А.А., Дуров А.А. Влияние пористости и дисперсности материалов на скорость распространения

- дисперсности звуковых волн // Прикладная механика и техническая физика. 2009. Т. 50. № 4. С. 121–129.
9. Казьмина О.В., Верещагин В.И., Семухин Б.С., Абияка А.Н. Низкотемпературный синтез стеклогранулята из шихт на основе кремнеземсодержащих компонентов для получения пеноматериалов // Стекло и керамика. 2009. № 10. С. 5–8.
 10. Семухин Б.С., Казьмин В.П., Казьмина О.В., Вотинов А.В. Свойства пеностеклового материала, модифицированного наноразмерным диоксидом циркония // Стекло и керамика. 2016. № 2. С. 3–6.

REFERENCES

1. Lesovik V.S. Geonics (geomimetics) as a transdisciplinary research area. *Vysshee obrazovanie v Rossii*. 2014; (3): 77–83. (In Russian)
2. Lesovik V.S., Fomina E.V. New design paradigm for building composites to protect the human environment. *Vestnik MGSSU*. 2019; 14 (10): 1241–1257. (In Russian)
3. Koval'chuk M.V., Narajkin O.S. Nature-based technologies – new opportunities and new threats. *Indeks bezopasnosti*. 2016; 22 (3–4): 103–108. (In Russian)
4. Panin V.E. Physical Mesomechanics of Materials. Scale levels of the fatigue limit of metals. *Fizicheskaya mezomekhanika*. 2019; 22 (1): 97–98. (In Russian)
5. Semuhin B.S., Votinov A.V., Kaz'mina O.V. Glass foam properties with fullerene-like mesostructure. *Izv. vuzov. Fizika*. 2020; (4) 161–163. (In Russian)
6. Shechtman D., Blech I., Gratias D., Cahn J.W. Metallic phase with long-range orientational order and no translational symmetry. *Physical Review Letters*. 1984; (53): 1951. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.53.1951>.
7. Murav'ev V.V., Zuev L.B., Komarov K.L. Sound speed and structure of steels and alloys. Novosibirsk: Nauka, 1996. 184 p. (In Russian)
8. Sekoyan S.S., Shlegel' V.R., Bacanov S.S., Gavrilkin S.M., Poyarkov Yu., Gurkov A.A., Durov A.A. Influence of material porosity and dispersion on propagation velocity of dispersed sound waves. *Prikladnaya mekhanika i tekhnicheskaya fizika*. 2009; 50 (4): 121–129. (In Russian)
9. Kaz'mina O.V., Vereshchagin V.I., Semuhin B.S., Abiyaka A.N. Low-temperature synthesis of glass granulates from charge materials based on silica-containing components for foam production. *Steklo i keramika*. 2009; (10): 5–8. (In Russian)
10. Semuhin B.S., Kaz'min V.P., Kaz'mina O.V., Votinov A.V. Properties of foam glass material modified with nanoscale zirconium dioxide. *Steklo i keramika*. 2016; (2): 3–6. (In Russian)

Сведения об авторе

Семухин Борис Семенович, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, bsemukhin@mail.ru

Authors Details

Boris S. Semukhin, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, bsemukhin@mail.ru

Статья поступила в редакцию 12.03.2023
Одобрена после рецензирования 17.03.2023
Принята к публикации 20.03.2023

Submitted for publication 12.03.2023
Approved after review 17.03.2023
Accepted for publication 20.03.2023

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

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

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2023. Т. 25. № 2. С. 173–182.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2023; 25 (2): 173–182.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 697.343

DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-173-182

АКТУАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ НА ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ. УНИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

**Николай Ильич Куриленко, Кирилл Евгеньевич Кузьменко,
Лариса Юрьевна Михайлова, Константин Николаевич Илюхин**
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

Аннотация. Объектом исследования являются тепловые сети. Предмет исследования – методы и техническое оборудование, задействованное в проведении испытаний, и результаты, полученные в ходе проведенных мероприятий.

Методом исследования является анализ фактически проведенных испытаний на тепловых сетях Тюменской области с различными диаметрами тепловых сетей, а также различными источниками теплоснабжения: будь то ТЭЦ или автономные котельные.

В процессе исследования проведена оценка существующих методов организации испытаний на гидравлические потери, а также выполнен анализ результатов, полученных в ходе данных работ.

Предложен комплекс доработок процедуры организации испытаний с целью повышения точности определения параметров состояния тепловых сетей. Рассмотрены вопросы подбора вычислительного оборудования и определения наиболее подходящего для каждого вида испытаний.

Ключевые слова: тепловые сети, тепловая изоляция, теплоснабжение, тепловые потери, трубопроводы, испытания трубопроводов

Для цитирования: Куриленко Н.И., Кузьменко К.Е., Михайлова Л.Ю., Илюхин К.Н. Актуализация методов измерения параметров при проведении испытаний на гидравлические сопротивления. Унификация средств измерений // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 2. С. 173–182. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-173-182.

ORIGINAL ARTICLE

METHODS OF PARAMETER MEASUREMENT IN TESTING HYDRAULIC RESISTANCE. UNIFICATION OF MEASURING INSTRUMENTS

**Nikolai I. Kurilenko, Kirill E. Kuz'menko,
Larisa Yu. Mikhailova, Konstantin N. Ilyukhin**
Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

Abstract. Purpose: The study of heating networks; methods and technical equipment are proposed for testing heating networks.

Methodology: The analysis of actual tests carried out on in the Tyumen region for heat networks with different diameter and heat supply sources, whether CHP or stand-alone boilers.

Research results: Existing methods of organising hydraulic loss tests are evaluated, and the results obtained in the course of this work are analyzed. The test organization procedure is proposed to improve the parameter accuracy of thermal network state. The selection of computing equipment and determination of the most suitable ones for each type of tests.

Value: The relevance of the topic under consideration is due to the imperfection of the requirements of the current regulatory and technical legislation of the Russian Federation for testing on heat networks of resource-supplying organizations. Existing test methods for thermal and hydraulic losses do not take into account the possibility of using modern instrumentation.

Keywords: heating networks, thermal insulation, heat supply, heat losses, pipelines, pipeline testing

For citation: Kurilenko N.I., Kuz'menko K.E., Mikhailova L.Yu., Ilyukhin K.N. Methods of parameter measurement in testing hydraulic resistance. Unification of measuring instruments. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2023; 25 (2): 173–182. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-173-182.

Введение

Анализ текущего состояния фонда тепловых сетей, находящихся на балансе или обслуживаемых теплоснабжающих организаций России, или обслуживаемых ими, показал, что средний износ трубопроводов составляет от 50 до 80 % всего фонда линейных объектов. В целях предупреждения аварийных ситуаций во время отопительного осенне-зимнего периода соответствующими организациями принимаются меры по диагностике внутреннего состояния тепловых сетей методами неразрушающего контроля, в том числе испытания тепловых сетей на гидравлические сопротивления.

В процессе эксплуатационной деятельности теплоснабжающих организаций предусмотрены плановые меры по диагностике внутреннего состояния трубопроводов, а также проверки на техническую пригодность перед началом осенне-зимнего отопительного периода. Необходимость проведения соответ-

ствующих испытаний сетей и их периодичность отражены в документе «Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок» (дата актуализации 01.01.2021 г.), введенных приказом Минэнерго России от 24 марта 2003 г. № 115 «Об утверждении Правил технической эксплуатации тепловых энергоустановок». Перечень регламентных мероприятий, связанных с испытанием тепловых сетей, включает в себя: испытания на тепловые потери, гидравлические сопротивления, максимальную температуру теплоносителя, прочность и плотность трубопроводов. В процессе исполнения требований действующей нормативно-технической документации выявлено отсутствие четких методических документов, определяющих методы проведения подобных испытаний, существующие же методики датированы 1997 годом и опираются на устаревшие методы измерений, не учитывают расширение парка контрольно-измерительных приборов, технических возможностей нового насосного оборудования и новых видов трубопроводов из полимерных материалов.

При проведении испытаний руководствовались РД 34.20.519-97 «Методические указания по испытанию водяных тепловых сетей на гидравлические потери».

Оборудование, применяемое для определения соответствующих параметров: манометры механические типа МТ:1, класс точности 0,6, с действительной поверкой с отметкой в паспорте прибора; расходомеры электромагнитные и ультразвуковые, вариативно.

Результаты и обсуждение

Процессы организации и последовательность проведения испытаний на гидравлические сопротивления были изложены ранее в опубликованных научных работах авторов настоящей статьи [1, 2, 3].

Перед определением недостатков проведения гидравлических испытаний следует обозначить текущие моменты выявления гидравлических сопротивлений в трубопроводах с теплоносителем типа вода.

Потери давления в идеальных эксплуатационных либо лабораторных условиях складываются из двух составляющих: местные и линейные (гидравлические) сопротивления.

Потери давления на участках местных сопротивлений рассчитываются исходя из типа установленных фасонных частей трубопровода (отводы, тройники, переходы диаметра, сальниковые/сильфонные компенсаторы и т. д.), а также скорости движения теплоносителя. Определение местных сопротивлений в трубопроводе определяется по следующей формуле, кгс/м²:

$$\Delta H_m = \frac{\xi \cdot V^2}{2 \cdot g}, \quad (1)$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления; V – скорость потока воды, м/с; g – ускорение свободного падения, 9,8 м/с².

Гидравлические потери давления определяются потерями давления, зависящими от длины трубопровода. Данный вид потерь обусловлен силами трения. Линейные потери возникают в трубопроводах независимо от срока использования и режима эксплуатации, увеличение данных потерь прямо

пропорционально длине трубной части. Определение линейных потерь принято в соответствии с формулой, кгс/м²:

$$\Delta H_{\text{л}} = \Delta h \cdot l, \quad (2)$$

где l – длина участка трубопровода по плану, м; Δh – потери на 1 м трубопровода, кгс/м².

Потери давления на единицу длины трубопроводов приняты согласно номограмме для гидравлического расчета трубопроводов [6] при $k_3 = 0,5$ мм и $\gamma = 958$ кгс/м³ при расходе теплоносителя от 300 до 30 000 т/ч.

Данные вычисления допустимы для турбулентного и ламинарного режима движения жидкости, исходные расчёты приняты для новых трубопроводов с учетом наличия ламинарной плёнки и отсутствия шероховатости [4].

Расчётные методы определения гидравлических потерь, представленные выше, являются фундаментальными для определения потерь давления трубопроводов, вновь введенных в эксплуатацию. Полученные таким образом данные будут являться значениями, с которыми необходимо сравнивать потери в трубопроводах, находящихся в эксплуатации и испытываемых теплоснабжающими организациями.

Измерительное оборудование

Оборудование, задействованное в испытаниях на тепловые и гидравлические сопротивления, включает в себя расходомер, термометры и манометры.

Подбор и установку средств измерений следует выполнять в соответствии с настоящими требованиями:

- в процессе подготовки к испытаниям выбираются типы и пределы измерения средств измерений, которые должны обеспечивать необходимую точность измерений, что достигается подбором приборов соответствующего класса, правильностью их установки, полнотой введения поправок, контролем за правильностью снятия показаний;

- для измерения давления воды в трубопроводах при испытаниях используются манометры для точных измерений типа МТ-1, класс точности 0,6, прошедшие калибровку. Пределы измерения должны выбираться таким образом, чтобы значение измеряемого давления не превышало 2/3 предела шкалы;

- измерение расходов сетевой и подпиточной воды при испытаниях производится штатными приборами, установленными на источнике теплоснабжения. Допускаемая погрешность измерения расхода воды не должна превышать $\pm 2,5$ %, место расположения расходомера – источник теплоснабжения;

- температура воды при испытаниях измеряется на источнике тепла штатными приборами с основной погрешностью не более ± 1 °С.

На основании результатов соответствующих испытаний более чем на 30 объектах теплоснабжения (квартирные и локальные котельные различной мощности с подключенными тепловыми сетями), а также на участках магистральных и квартальных сетей от городских ТЭЦ определены технические особенности. Ввиду того, что системы потребителей тепловой энергии отключаются друг от друга, циркуляция обеспечивается через вновь монтируемую/существующую перемычку в тепловых сетях между подающим

и обратным трубопроводами системы теплоснабжения с трубопроводами до DN800-1000 [5]. При этом в случае использования для определения перепада давления между измеряемыми точками технических манометров определение фактически располагаемого перепада давления невозможно. Причиной тому являются малые участки протяженности измеряемых участков, а также малые перепады, не фиксируемые обычными механическими манометрами даже при наличии действительной поверки и соответствующей отметки в паспорте измерительного прибора.

Корректировка методологии измерений

Согласно принятым методикам организации и проведения испытаний на гидравлические потери, в соответствии с РД 34.20.519-97 «Методические указания по испытанию водяных тепловых сетей на гидравлические потери», в ходе подготовительных расчетов и сбора первоначальной информации перед организатором испытаний стоит задача обеспечения на испытуемом циркуляционном кольце тепловых сетей определенного расхода и давления на источнике в подающем и обратном трубопроводах. В ходе предварительных расчетов моделируется цифровая модель гидравлических сопротивлений, возникающих при циркуляции теплоносителя, вследствие чего происходит сравнение полученных данных и определение увеличения уровня гидравлических сопротивлений с поправкой на временной коэффициент зарастания внутренней поверхности трубопровода [6].

Описанный выше метод является приемлемым для лабораторных условий, т. к. на фактически работающем оборудовании, особенно со сроком эксплуатации более 10 лет, отсутствует возможность установки заданного расхода теплоносителя и давления в сети на аппаратном уровне. Регулировка расхода и давления нередко осуществляется методом дросселирования (шайбирования) отдельных ответвлений или потребителей, подбором сопла элеватора, или выполняется регулировка соответствующей шаровой арматурой, не предусмотренной для регулировки гидравлических режимов. При отсутствии на источниках либо распределительных узлах теплоснабжения городов и поселений частотного регулирования теплоносителя не представляется возможным обеспечить заданные параметры при проведении испытаний на тепловых сетях, и, как следствие, проведение данных испытаний по представленной методике невозможно.

В целях адаптации существующих методов измерений к фактическим особенностям эксплуатируемых материалов и оборудования предложен ряд технологических мероприятий по адаптации методологии проведения испытаний [7]. Ввиду слабого оснащения теплосетевых организаций высокотехнологичными приборами измерения давления (как аналог рассматривается цифровой манометр с функцией высокочастотных измерений), применяемые контрольно-измерительные приборы механического типа действия не в состоянии зафиксировать и отобразить измеряемые параметры испытываемой среды. Для примера на рис. 1 представлен общий вид механического манометра и манометра с функцией высокотехнологичного измерения.

В результате сравнения представленного оборудования можно сделать вывод о технической точности двух типов манометров. Так, тип манометра А

имеет шкалу измерений, представленную до десятых типов значений, промежуточные значения определяются с величиной значения 0,025 МПа; тип манометра Б имеет цифровое обозначение и шкалу измерений до тысячных единиц, т. е. предоставляет более точный результат измерений, отображаемый в дальнейших отчетах и вычислениях.

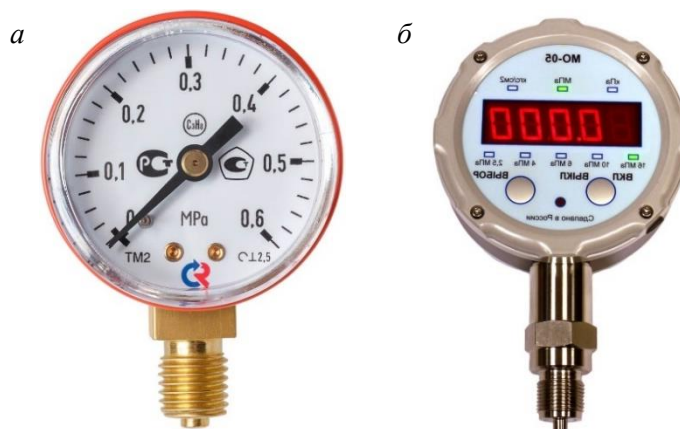


Рис. 1. Вид типов манометров, применяемых при испытаниях:

a – манометр механического типа действия, измеряемый предел – 0,025 МПа;
б – манометр цифрового типа действия, предел измерений определяется в соответствии с паспортом конкретного типа вычислительного оборудования

Fig. 1. Pressure gauges used in tests:

a – mechanical pressure gauges, 0.025 MPa measurement limit, *b* – digital pressure gauge; measurement limit is determined according to specifications

В рамках фактически проводимых испытаний, при отсутствии разветвленной структуры тепловых сетей, применение манометров типа А не представляется возможным. Данный вывод сделан на основании результатов фактически проведенных испытаний на гидравлические потери от котельной № 27 в г. Тобольске. Для определения технических характеристик испытуемого циркуляционного кольца данные представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Характеристики участков тепловых сетей,
включенных в испытуемое циркуляционное кольцо**

Table 1

Heat network parameters included in tested circulating ring

№ п/п	Назначение участка, т/с	Наименование участка	Протяженность, м	Год ввода в эксплуатацию	Ду, м
1 циркуляционное кольцо					
1	Подающий	Кот. № 27 – уз. 4	121,04	2009	0,15
	Обратный				
2	Подающий	Уз. 4–8	151,61	2009	0,1
	Обратный				
3	Подающий	Уз. 8–14	65,68	1987	0,082

Далее в рамках рассматриваемого исследования приведены результаты фактически полученных данных в ходе проведения испытаний на выбранном циркуляционном кольце, данные сведены в табл. 2.

Таблица 2

**Усредненные значения измеряемых параметров.
Динамический этап проведения испытаний**

Table 2

Averaged measurement parameters. Dynamic stage of testing

Конечные контрольные точки участка тепловой сети	Назначение участка тепловой сети	Давление в начале участка, кгс/см ²	Давление в конце участка, кгс/см ²	Геодезическая поправка, м	ΔH , м
Кот. № 27 – узел 4	Подающий	3,00	3,00	–0,8	0,05
	Обратный	2,79	2,79		0,05
Узлы 4–8	Подающий	3,00	2,94	1,3	0,55
	Обратный	2,85	2,79		0,54
Узлы 8–14	Подающий	2,94	2,89	0,3	0,50
	Обратный	2,89	2,85		0,45

Исходя из данных таблицы определено, что перепад давления в тепловой сети от источника теплоснабжения до циркуляционной переемычки составляет 0,15 кгс/см², что подтверждает тезис о невозможности корректной фиксации параметров манометрами типа А в условиях проведения испытаний определенными существующими методиками [8, 9].

В ходе проводимых исследований был принят ряд мероприятий по увеличению технических параметров (искусственное завышение параметров на источнике с использованием насосного оборудования – расхода и давления), проводимых в ходе гидравлических испытаний с целью искусственного завышения падения давления посредством увеличения скорости движения теплоносителя в системе, данный параметр принят для расчетов в формуле (1).

Для определения влияния расхода теплоносителя на результаты, получаемые в ходе проведения испытаний, были приведены расчетные данные при различных расходах (и других, зависящих от этого данных) (табл. 3).

В рамках сравнения представлены показатели участка тепловой сети трубопровода диаметром 159×4,5 мм. Местные сопротивления включают в себя 3 полнопроходных задвижки и 8 углов поворота 90° при различных режимах работы насосного оборудования (изменение параметра расхода теплоносителя) [10]. Важно, что параметр давления внутри трубопровода не превышает 16 кг/см², предусмотренных нормативно-технической документацией и эксплуатационными нормами.

Таблица 3

**Изменение характеристик испытуемого циркуляционного кольца
при различных режимах проведения испытаний**

Table 3

Circulating ring parameters at different testing modes

Д159×4,5 мм								
Режимы	Расход $G, t/h$	Ско- рость $U,$ м/с	Потери давления $R, \text{Па/м}$	Потери давления			Гидравличе- ские сопро- тивления на участке сети	
				Ли- нейные $L, \text{м}$	Местные (эквива- лентные) L_{Σ}	Суммар- ные поте- ри участ- ка $L_{\text{пр}}$	$\Delta P,$ кПа	$\Delta P,$ кг/см ²
Режим 1	50	0,82	59	73	33,6	106,6	6,29	0,06
Режим 2	70	1,26	116				12,37	0,13
Режим 3	105	1,72	260				27,72	0,28
Режим 4	120	1,97	340				36,24	0,37

Выводы

На основании представленных данных следует вывод о невозможности проведения испытаний на тепловых сетях на гидравлические сопротивления принятыми методами проведения данных испытаний с учетом применения стандартных манометров механического принципа действия.

При невозможности обеспечения теплоснабжающей организации высокотехнологичными измерительными приборами необходимо скорректировать проведение испытаний на гидравлические сопротивления контролируемым увеличением потерь в тепловой сети для физической возможности фиксирования их показаний на каждом измерительном участке.

Корреляция увеличения расхода теплоносителя и возникающие при этом гидравлические потери являются темой отдельного исследования в рамках рассматриваемой научной работы, однако повышение расхода в 2,4 раза способно увеличить гидравлические потери в 6 раз, что, в свою очередь, обеспечивает возможность фиксации данных с применением манометров механического принципа действия.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Куриленко Н.И., Кузьменко К.Е. Анализ методов определения коррозионного износа теплопроводов // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе : материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, учёных и специалистов. Тюмень, 2020. С. 32–34.
2. Куриленко Н.И., Кузьменко К.Е. Методы определения циркуляционного кольца при проведении испытаний на тепловые потери и гидравлические сопротивления // Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции : сб. докладов VIII Всероссийской науч-

- но-технической конференции, посвященной столетию МИСИ-МГСУ. Москва, 2020. С. 139–141.
3. Куриленко Н.И., Кузьменко К.Е. Актуализация методов проведения испытаний на тепловых сетях // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. № 1. С. 116–123.
 4. Иванов В.В., Шкрёбко С.В. Моделирование тепловых процессов подземных бесканальных теплотрасс // Труды Второй Российской национальной конференции по теплообмену. Москва, 1998. Т. 7. С. 43–55.
 5. Иванов В.В., Вершинин Л.Б. Распределение температур и тепловых потоков в зоне подземных теплотрасс // Труды Второй Российской национальной конференции по теплообмену. Москва, 1998. Т. 7. С. 117–138.
 6. Николаев А.А. Проектирование тепловых сетей : справочник. Москва : Стройиздат, 1965. 273 с.
 7. Манюк В.И., Каплинский Я.И., Хин Э.Б. и др. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: справочник. Москва : Стройиздат, 1988. 174 с.
 8. Williams B. Point Arguello Project Start-up Blocked Again // Oil and Gas Journal. 1990. V. 88. № 47. P. 22–31.
 9. Krylov G.V., Moiseev B.V., Stepanov O.A. Fundamentals of Heat Power Engineering in Gas Industry. Moscow : Nedra-Business Center, 1999. 140 p.
 10. Zemenkov Yu.D., Moiseev B.V., Toropov S.Y. Industrial power system: Textbook. Tyumen : Oil and Gas University Publishing House, 2014. 217 p.

REFERENCES

1. Kurilenko N.I., Kuzmenko K.E. Analysis of methods for determining corrosion wear of heat pipelines. In: *Proc. 10th Int. Sci. Conf. 'Energy Saving and Innovation Technologies in Fuel and Energy Sector'*. 2020. Pp. 32–34. (In Russian)
2. Kurilenko N.I., Kuzmenko K.E. Methods for determining the circulation ring during tests for heat losses and hydraulic resistance. In: *Proc. 8th All-Russ. Conf. 'Theory of Heat and Gas Supply and Ventilation'*. 2020. Pp. 139–141. (In Russian)
3. Kurilenko N.I., Kuz'menko K.E. Heat network testing actualization. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2021; 23 (1): 116–123. (In Russian)
4. Ivanov V.V. Modeling of thermal processes of underground channelless heating mains. In: *Proc. 2nd Russ. National Conf. on Heat Transfer*. 1998. Pp. 43–55. (In Russian)
5. Ivanov V.V. Distribution of temperatures and heat flows in underground heating mains. In: *Proc. 2nd Russ. National Conf. on Heat Transfer*. 1998. Pp. 117–138. (In Russian)
6. Nikolayev A.A. Design of thermal networks. Reference book. 1965. 273 p. (In Russian)
7. Manyuk V.I., Kaplinskiy Ya.I., Khin E.B. Adjustment and operation of water heating networks. Reference book, 1988. 174 p. (In Russian)
8. Williams B. Point Arguello project start-up blocked again. *Oil and Gas Journal*. 1990; 88 (47): 22–31.
9. Krylov G.V., Moiseev B.V., Stepanov O.A. Fundamentals of heat power engineering in gas industry. Moscow: Nedra Business Center, 1999. 140 p.
10. Zemenkov Yu.D., Moiseev B.V., Toropov S.Y. Industrial power system. Tyumen: Oil and Gas University Publishing House, 2014. 217 p.

Сведения об авторах

Куриленко Николай Ильич, канд. физ.-мат. наук, доцент, Тюменский индустриальный университет, 625000, г. Тюмень, ул. Луначарского, 2, Kurilenkoni@tyuiu.ru

Кузьменко Кирилл Евгеньевич, аспирант, Тюменский индустриальный университет, 625000, г. Тюмень, ул. Луначарского, 2, Kuzmenkoke@suenco.ru

Михайлова Лариса Юрьевна, канд. техн. наук, доцент, Тюменский индустриальный университет, 625000, г. Тюмень, ул. Луначарского, 2, mihajlovalj@tyuiu.ru

Илюхин Константин Николаевич, канд. техн. наук, доцент, Тюменский индустриальный университет, 625000, г. Тюмень, ул. Луначарского, 2, iljuhinkn@tyuiu.ru

Authors Details

Nikolai I. Kurylenko, PhD, A/Professor, Tyumen Industrial University, 38, Volodarskii Str., 625000, Tyumen, Russia, Kurilenkoni@tyuiu.ru

Kirill E. Kuzmenko, Research Assistant, Tyumen, Tyumen Industrial University, 38, Volodarskii Str., 625000, Tyumen, Russia, KuzmenkoKE@suenco.ru

Larisa L. Mikhailova, PhD, A/Professor, Tyumen Industrial University, 38, Volodarskii Str., 625000, Tyumen, Russia, mihajlovalj@tyuiu.ru

Konstantin N. Ilyukhin, PhD, A/Professor, Tyumen Industrial University, 38, Volodarskii Str., 625000, Tyumen, Russia, iljuhinkn@tyuiu.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 26.01.2023
Одобрена после рецензирования 27.02.2023
Принята к публикации 20.03.2023

Submitted for publication 26.01.2023
Approved after review 27.02.2023
Accepted for publication 20.03.2023

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

BASES, FOUNDATIONS AND SUBSTRUCTURES

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2023. Т. 25. № 2. С. 183–190.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2023; 25 (2): 183–190.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 624.151.5

DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-183-190

О НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ ГРУНТА НА ЗАБОЕ ВЫРАБОТКИ

**Владимир Евгеньевич Козловский¹, Светлана Сергеевна Колмогорова¹,
Сергей Гаврилович Колмогоров²**

¹*Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I, г. Санкт-Петербург, Россия*

²*Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,
г. Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация. Выбор оптимальной формы инструмента для резки грунта является актуальной задачей для горнопроходческих отраслей строительства, поиска и добычи полезных ископаемых, а также в сфере почвообработки для сельского хозяйства. Форма забоя выработки при имеющейся нагрузке определяет момент наступления предельного состояния грунта и глубину его развития в призабойной области. Изменяя контур зоны обработки грунта, можно повысить эффективность проходки, снизить усилие подачи и износ инструмента.

Целью работы является создание алгоритма расчета забоя выработки сложной формы и определения напряженно-деформированного состояния массива грунта вблизи него при минимальном количестве граничных условий, отсутствии дискретизации всей области на элементы и аппроксимации между узлами. Требуется проиллюстрировать возможности предложенной методики тестовыми задачами для контура забоя и призабойной области.

Численная модель краевой задачи основана на интегральной формулировке задачи теории упругости Кельвина и использует метод потенциала в форме фиктивных нагрузок и разрывных смещений, что позволяет снизить размерность задачи, учесть симметрию, получить более компактную систему уравнений и иметь точные решения в любой точке области.

Проведена оценка напряженного состояния на контурах выработок различной формы и в призабойной зоне грунтового массива, дана последовательность оценки потери грунтом прочности по Мору – Кулону.

Предложенная методика решения краевой задачи рекомендована как экспресс-метод оценки напряженного состояния вблизи выработки произвольной формы в бесконечных областях с возможностью учета симметрии и реализации в среде Excel.

Ключевые слова: забой выработки, напряженно-деформированное состояние грунта, закон Кулона – Мора, метод фиктивных нагрузок

Для цитирования: Козловский В.Е., Колмогорова С.С., Колмогоров С.Г. О напряженном состоянии грунта на забое выработки // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 2. С. 183–190. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-183-190.

SOIL STRESS STATE AT THE ROADHEAD

Vladimir E. Kozlovskii¹, Svetlana S. Kolmogorova¹, Sergey G. Kolmogorov²

¹Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University,
Saint-Petersburg, Russia

²Saint-Petersburg State Agrarian University, Saint-Petersburg, Russia

Abstract. Choosing the optimum tool shape for soil cutting is an urgent task for shaft-sinking and tunnelling as well as in soil treatment for agriculture. The roadhead shape at the available load determines the stress-strain state of soil and development depth in the bottom-hole area. By changing the roadhead contour, the penetration efficiency can be increased, while the feed force and tool wear can be reduced.

Purpose: The aim of the work is to create the roadhead calculation algorithm and determine the stress-strain state of soil near it with a minimum number of boundary conditions, no discretization of the entire region into elements and approximation between nodes.

Design/methodology: Test tasks for the proposed methodology for the roadhead and the bottom-hole area. The numerical model of the boundary conditions is based on the integral formulation of the Kelvin elasticity theory problem and uses the potential method as fictitious loads and discontinuous displacements, that makes it possible to minimize the problem with regard to symmetry, obtain a more compact system of equations and give accurate solutions at any domain point.

Research findings: The assessment of the stress state of the roadhead of various shape and the bottom-hole zone of soil; loss of soil strength calculated according to the Mohr–Coulomb theory.

Originality/value: The proposed method for solving the boundary value problem is recommended as an express method for estimating the roadhead stress state of an arbitrary shape in infinite regions with regard to the symmetry and implementation in Excel.

Keywords: roadhead, stress-strain state, Mohr–Coulomb theory, pseudo-load method

For citation: Kozlovskii V.E., Kolmogorova S.S., Kolmogorov S.G. Soil stress state at the roadhead. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2023; 25 (2): 183–190. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-183-190.

Выбор оптимальной формы инструмента для резки грунта является одной из важнейших задач как для горнопроходческих отраслей строительства, так и для строительства зданий и сооружений. Весомый вклад в теорию резки внесён отечественными учёными В.П. Горячкиным, А.Н. Зелениным, Ю.А. Ветровым, а также зарубежными исследователями Е. Динглингером и И. Ратье.

Решение вопроса о минимуме усилия для резки пласта почвы невозможно без привлечения основных положений механики, разработанных и развитых Ш. Кулоном, К. Терцаги, Н.М. и М.Н. Герсеговыми, Н.П. Пузыревским и др.

В настоящее время сопротивление грунта резанию положено в основу метода искиметрии, используемого для оценки свойств просадочных грунтов в полевых условиях.

Отдавая должное работам основоположников, следует отметить, что имеющиеся эмпирические и аналитические зависимости не могут охватить всё многообразие форм режущих наконечников. Малое изменение контура и угла атаки режущей кромки может вызвать существенное изменение требуемого усилия вдавливания режущего наконечника [1, 4].

В настоящей статье предлагается методика оценки напряженного состояния грунта как на контуре рабочего органа машины, так и в глубине массива вблизи забоя. Выработки сложных очертаний, как известно, требуют уже не аналитического, а численного подхода [2], что влечет за собой увеличение времени на подготовку исходных данных и тем самым усложняет решение.

Разработанная авторами программа [3], основанная на методе граничных элементов в форме фиктивных нагрузок, позволяет решить задачу о НДС забоя выработки при минимальном количестве подготавливаемой исходной информации. Поскольку рассматриваемая область грунтового массива, в отличие от метода конечных элементов, является бесконечной, оценить напряжения и деформации можно в любой ее точке.

Численная реализация задачи

Последовательность определения напряженного состояния следующая:

– Разбивка области на N отрезков по контуру выработки и задание на них граничных условий.

– Решение системы из $2N$ уравнений относительно неизвестных P_s^j и P_n^j :

$$\begin{aligned} x_n^i &= \sum_{j=1}^N C_{ns}^{ij} P_s^j + \sum_{j=1}^N C_{nn}^{ij} P_n^j; \\ x_s^i &= \sum_{j=1}^N C_{ss}^{ij} P_s^j + \sum_{j=1}^N C_{sn}^{ij} P_n^j, \end{aligned} \quad (1)$$

где x_n^i , x_s^i – значения нормальных и касательных напряжений на отрезках разбиения контура либо нормальных и касательных смещений этих отрезков, соответствующих граничным условиям; C_{ns}^{ij} , C_{nn}^{ij} , C_{ss}^{ij} , C_{sn}^{ij} – коэффициенты влияния, полученные из рассмотрения задачи теории упругости о силе, действующей в плоскости (линии сил, действующей в пространстве).

– Решение системы (1) относительно неизвестных x_n^i и x_s^i с целью нахождения всех недостающих компонент напряжений и смещений на граничных отрезках контура выработки.

– Нахождение напряжений σ_x , σ_y , τ_{xy} в массиве грунта перед забоем, преимущественно в зонах их концентрации.

– Проверка растяжения в центральной части забоя путем сравнения полученных тангенциальных напряжений с пределом прочности грунта растяжению. Для глинистых грунтов сопротивление растяжению вычисляется по формуле

$$\sigma_p = 2C \tan\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right). \quad (2)$$

– Проверка сжатия в боковых свободных частях забоя путем сравнения полученных тангенциальных напряжений с пределом прочности грунта сжатию:

$$\sigma_c = 2C \tan\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right). \quad (3)$$

– Проверка прочности грунта по Мору – Кулону в краевых участках забоя через неравенство

$$\sin \varphi \geq \frac{\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2}}{\sigma_x + \sigma_y + 2C \cot \varphi}. \quad (4)$$

Из преимуществ метода можно отметить удобство решения «бесконечных» задач, значительное снижение объема исходных данных по сравнению с МКЭ в связи с понижением размерности задачи и возможность нахождения решений во всех точках области, а не только в узлах. Переход к «конечным» областям осуществляется изменением направления обхода контура при разбивке на элементы.

К недостаткам могут быть отнесены отсутствие ленточной структуры системы (1), сложность задания многослойных толщ грунтов и учета нелинейности их свойств.

Результаты вычислений

Распределение тангенциальных напряжений на забое выработки.

Тангенциальными называются нормальные напряжения, действующие на площадках, нормальных к контуру забоя выработки. Рассмотрена плоская задача о выработке шириной 7 м в грунтах с модулем $E = 20$ МПа и закреплёнными от смещений параллельными стенками. Выработка находится в поле напряжений, действующих вдоль её оси, с интенсивностью 300 кПа.

Забой открытый и свободен от нормальных и касательных напряжений. В табл. 1 приведены результаты расчета тангенциальных напряжений при различном наклоне забоя к оси выработки.

Растягивающие напряжения показаны положительными, сжимающие – отрицательными.

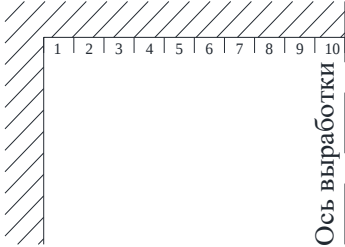
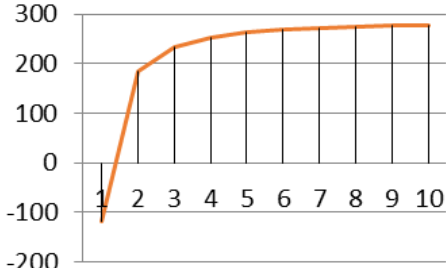
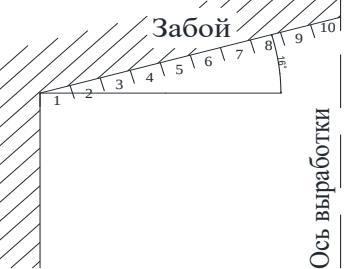
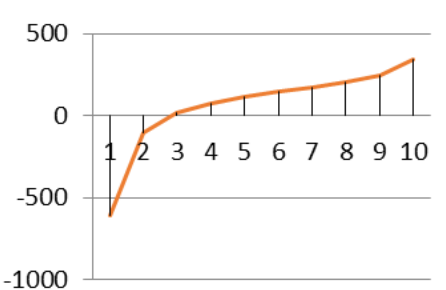
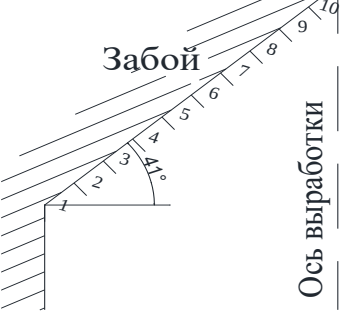
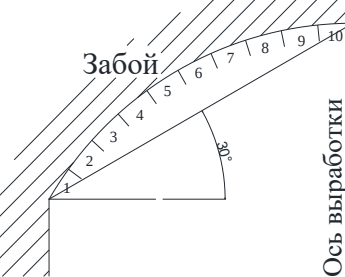
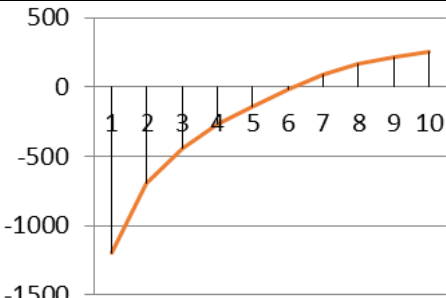
Таким образом, подтверждено, что наибольшую ширину зоны растяжения грунта на забое имеет выработка, имеющая плоский забой, нормальный к продольной оси выработки.

Таблица 1

Тангенциальные напряжения на контуре забоя выработки

Table 1

Tangential stresses in the roadhead

Тип забоя (план)	График тангенциальных напряжений
Забой  Ось выработки	Тангенциальные напряжения на забое, кПа  Точки на полуширине забоя
Забой  Ось выработки	Тангенциальные напряжения на забое, кПа  Точки на полуширине забоя
Забой  Ось выработки	Тангенциальные напряжения на забое, кПа  Точки на полуширине забоя
Забой  Ось выработки	Тангенциальные напряжения на забое, кПа  Точки на полуширине забоя

Глубина зоны растяжения перед забоем выработки. Тангенциальные напряжения в центральной части забоя, как было показано выше, являются растягивающими при любой его форме. Актуальным является вопрос глубины распространения растягивающих нормальных напряжений в массиве грунта в центре забоя, действующих поперёк оси выработки.

Растягивающие напряжения положительны, сжимающие – отрицательны.

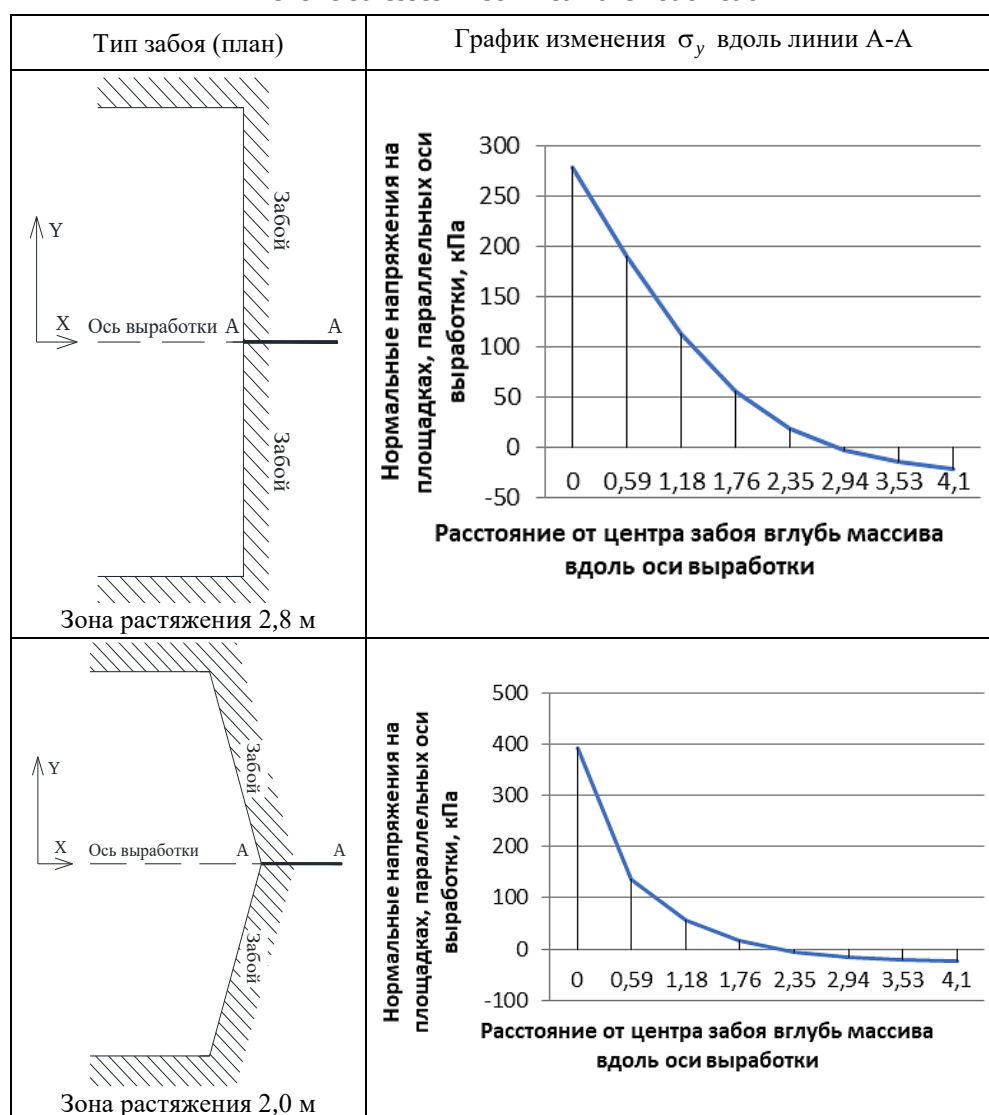
Результаты расчётов для ранее обозначенных исходных данных приведены в табл. 2.

Таблица 2

Графики развития растягивающих напряжений в массиве грунта перед забоем выработки

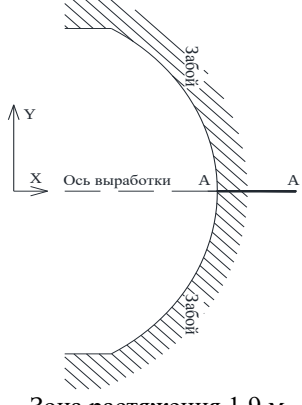
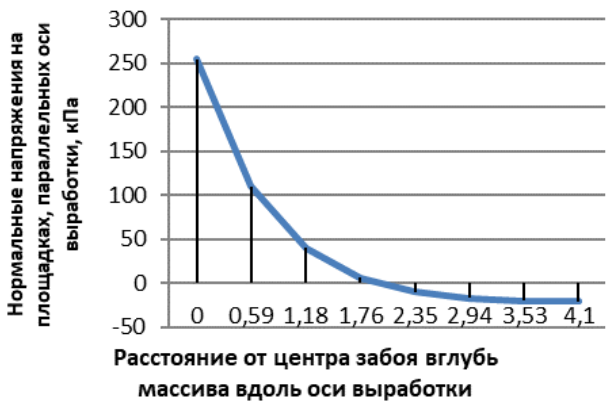
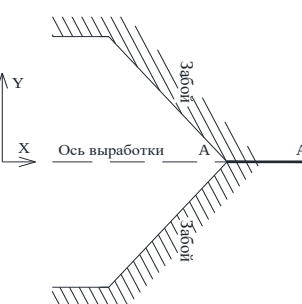
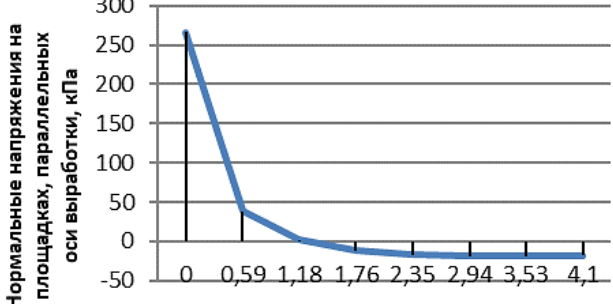
Table 2

Tensile stresses in soil near the roadhead



Окончание табл. 2

End of the table 2

Тип забоя (план)	График изменения σ_y вдоль линии А-А
 Зона растяжения 1,9 м	 Нормальные напряжения на площадках, параллельных оси выработки, кПа Расстояние от центра забоя вглубь массива вдоль оси выработки
 Зона растяжения 1,2 м	 Нормальные напряжения на площадках, параллельных оси выработки, кПа Расстояние от центра забоя вглубь массива вдоль оси выработки

Таким образом, при плоских торцах выработок глубина развития зон растяжения вглубь массива больше, чем при криволинейных.

Облегченный учет симметрии делает такой метод весьма эффективным при рассмотрении задач о продавливании грунта сквозь свайное поле. Подобные задачи могут быть предложены как для бесконечной грунтовой области, так и для выработки, стенки которой укреплены не соприкасающимися друг с другом стержнями любого сечения.

Заключение

Предложенный расчетный процесс позволяет производить оценку НДС грунтового массива вблизи выработок различной конфигурации, а также вблизи рабочих органов землеройных машин сложной формы, в том числе с учетом симметрии относительно одной либо двух осей. Малый объем подготавливаемой к расчету информации делает его эффективным для ряда упругих задач геомеханики, и особенно для неограниченных областей. Изменение направления обхода контура позволяет рассматривать также ограниченные области с жесткими подстилающими слоями.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Зеленин А.Н. Физические основы теории резания грунтов. Москва ; Ленинград : Изд-во АН СССР, 1950. 354 с.
2. Крауч С., Старфилд А. Методы граничных элементов в механике твёрдого тела. Москва : Мир, 1987. 328 с.
3. Кавказский В.Н., Козловский В.Е. и др. Программа расчёта выработки методом граничных элементов. № свид. о гос. рег. RU2020663522 ; дата рег. 21.10.2020.
4. Безуйен А., Талмон А.М. Давление грунта на режущее колесо ЕРВ-щита / под ред. Ким, Бан. Сеул, Корея, 2014. С. 523–529.

REFERENCES

1. Zelenin A.N. Physical foundations of soil cutting theory. Moscow, Leningrad, 1950. 354 p. (In Russian)
2. Crouch S.L., Starfield A.M. Boundary element methods in solid mechanics. Moscow: Mir, 1987. 328 p. (In Russian)
3. Kavkazsky V.N., Kozlovsky V.E., et al. Pit analysis by boundary element method. RF State Registration Certificate N RU2020663522, 2020. (In Russian)
4. Talmon A.M., Bezuijen A. Soil pressures at the cutting wheel and the pressure bulkhead of an EPB-shield. Seoul, Korea, 2014. Pp. 523–529.

Сведения об авторах

Козловский Владимир Евгеньевич, канд. техн. наук, доцент, Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 190031, г. Санкт-Петербург, Московский пр., 9, Koslovskii@mail.ru

Колмогорова Светлана Сергеевна, канд. техн. наук, доцент, Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 190031, г. Санкт-Петербург, Московский пр., 9, Kolmogorovass@yandex.ru

Колмогоров Сергей Гаврилович, канд. техн. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 196601, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, 2, Kolmogorovsg@list.ru

Authors Details

Vladimir E. Kozlovskii, PhD, A/Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 9, Moskovskii Ave., 190031, Saint-Petersburg, Russia, Koslovskii@mail.ru

Svetlana S. Kolmogorova, PhD, A/Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 9, Moskovskii Ave., 190031, Saint-Petersburg, Russia, Kolmogorovass@yandex.ru

Sergey G. Kolmogorov, PhD, A/Professor, Saint-Petersburg State Agrarian University, 2, Peterburgskoe shosse, 196601, Pushkin, Saint-Petersburg, Russia, Kolmogorovsg@list.ru

Вклад авторов

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

Authors contributions

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

Статья поступила в редакцию 10.01.2023
Одобрена после рецензирования 08.02.2023
Принята к публикации 20.03.2023

Submitted for publication 10.01.2023
Approved after review 08.02.2023
Accepted for publication 20.03.2023

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.
2023. Т. 25. № 2. С. 191–206.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2023; 25 (2): 191–206.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 624.21.09-047.36

DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-191-206

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФЛОПОВ В ТЕХНИЧЕСКОМ ЗРЕНИИ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

Павел Александрович Елугачев¹, Федор Александрович Губарев²,
Алексей Андреевич Банников¹, Андрей Владимирович Мостовщиков¹

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Томск, Россия

²Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия

Аннотация. В работе рассматриваются проблемы, дефекты и методы диагностики состояния пролетных конструкций мостовых сооружений.

В качестве перспективного метода диагностики предлагается использовать *метод корреляции лазерных спекл-изображений* в совокупности со скоростной видеорегистрацией с проведением испытаний на мосту.

Проанализированы результаты определения фактической грузоподъемности моста через р. Бурундук на автомобильной объездной дороге г. Томска и его динамических характеристик с применением измерительной системы «ФАЗА-IT». Определены относительные перемещения поверхности железобетонных балок при различных условиях воздействия подвижных нагрузок методом корреляции лазерных спекл-изображений.

Анализ результатов проведенных экспериментов показал эффективность применения технологии и оборудования на реальных строительных объектах.

Ключевые слова: амплитуда вертикальных перемещений, спекл, эргономическая спекл-корреляция, спекл-изображение, многоканальная корреляция, дискретный ряд Фурье

Для цитирования: Елугачев П.А., Губарев Ф.А., Банников А.А., Мостовщиков А.В. Использование метода корреляции лазерных спекл-изображений для диагностики автодорожных мостов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 2. С. 191–206. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-191-206.

ORIGINAL ARTICLE

ROAD BRIDGE MONITORING USING DIGITAL IMAGE CORRELATION

Pavel A. Elugachev¹, Fyodor A. Gubarev²,
Alekssei A. Bannikov¹, Andrei V. Mostovshchikov¹

¹Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

²Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

Abstract. The paper considers problems, defects and methods of bridge span diagnostics. It is proposed to use the promising digital image correlation method based on laser speckle imaging and high-speed video recording during bridge testing. The analysis is given to test results of the bridge over the Burunduk River in the Tomsk region and its dynamic characteristics using the Faza-1T measuring system. Relative displacements of railway beam surface are determined under live loads when using digital image correlation. According to the analysis the experimental data, the digital image correlation method and described equipment are efficient for using them in sites.

Keywords: vertical displacement, speckle, ergonomic speckle correlation, speckle image, multi-channel correlation, discrete Fourier series

For citation: Elugachev P.A., Gubarev F.A., Bannikov A.A., Mostovshchikov A.V. Road bridge monitoring using digital image correlation. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2023; 25 (2): 191–206. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-191-206.

Область исследования, актуальность

Мониторинг мостов – это система наблюдения и контроля для обеспечения безопасного функционирования зданий и сооружений за счет своевременного обнаружения на ранней стадии негативного изменения напряженно-деформированного состояния конструкций и грунтов основания или крена, которые могут повлечь за собой переход объектов в ограниченно работоспособное или аварийное состояние [1].

На сегодняшний день основным методом мониторинга является применение специальных геодезических систем, которые позволяют оперативно контролировать состояние мостовой конструкции, смещения и прогибы, возникающие в результате влияния внешних факторов, таких как подвижная временная нагрузка или климатические воздействия. Основной задачей такой системы является быстрое оповещение сотрудников службы эксплуатации

моста о потенциально опасной ситуации в случае превышения допустимых значений в конструкциях сооружения. Это позволяет контролировать безопасное движение транспорта и пешеходов по мосту и под мостом, а также избежать тяжелых последствий в случае возможных чрезвычайных ситуаций и стихийных бедствий. Данные, получаемые с таких систем, позволяют прогнозировать предельно допустимые изменения конструкций, своевременно получать информацию и принимать решения об изменении режима эксплуатации моста или его ремонте.

Однако существующие технологии мониторинга мостовых сооружений имеют ряд недостатков:

- значительная стоимость оборудования;
- зависимость от благоприятных природно-климатических условий;
- отсутствие обратной связи с объектом мониторинга;
- необходимость закладки аппаратной части мониторинга в ходе нового строительства;
- ограниченное количество мест наблюдения в конструкциях.

Такие недостатки ограничивают повсеместное внедрение технологии мониторинга, а значит, снижают безопасность функционирования мостовых сооружений.

По мнению авторов настоящей статьи, будущее развитие систем мониторинга за применением киберфизических систем с использованием специальных сенсоров, одним из которых может стать лазерная система видеорегистрации [2].

В работах [3, 4, 5, 6] метод корреляции лазерных спекл-изображений применялся нами для исследования различных объектов. Объектами исследования являлись как процессы, приводящие к изменениям физико-химических свойств (образование сгустков при свертывании крови или плазмы или химические превращения при высокотемпературном горении) [3, 4], так и механические процессы, в частности колебание мембраны динамика при воспроизведении звука [5, 6]. В последнем случае изменение спеклов происходит за счет изменения угла падения света. Можно полагать, что аналогичный эффект изменения спекл-изображений будет наблюдаться при колебании пролетной конструкции моста или путепровода.

В работе предлагается метод мониторинга пролетных конструкций на основе регистрации лазерных спекл-изображений. Принцип метода основан на том, что объект освещается когерентным лазерным излучением в точках контроля. При отражении луча от поверхности какого-либо сооружения свет меняет фазу, в пространстве между поверхностью и объективом камеры формируются спекл-изображения. Спеклы представляют собой условные темные и светлые пятна, которые складываются в рисунок, или паттерн [7, 8, 9]. Спекл-изображения регистрируются камерой, и проводится компьютерный анализ перемещения паттернов. Достоинством метода является возможность дистанционного мониторинга без установки аппаратной части непосредственно на самом мосту. При этом область мониторинга может изменяться достаточно быстро путем изменения направления лазерного луча.

Объект исследования, проблемы и дефекты современного состояния сооружения

Объектом исследования является мост через р. Бурундук на автомобильной объездной дороге г. Томска на км 12+000 в Томском районе Томской области.

Участок автомобильной дороги, на котором расположен мост, относится к II категории. Проектные нагрузки А11; НК-80. Мост расположен в плане на прямой. Статическая конструктивная система моста балочная температурно-неразрезная. Длина моста – 93,30 м. Мост имеет пять пролетных строений по 18 м, габарит моста $G = 11,50 + 2 \times 0,25 + 2 \times 1,55$ м, общая ширина пролётного строения – 15,10 м, расчетный пролет составляет 17,40 м.

Деформационные швы устроены над опорами № 1; 6 закрытого типа с резиновым компенсатором.

Пролетные строения выполнены из железобетонных балок таврового сечения без диафрагм применительно к типовому проекту серии 3.503.1-73. Высота балки – 1,05 м, толщина ребра по низу – 0,16 м. В поперечном сечении – 8 балок длиной по 18,00 м, поперечная схема: $K0,70 + 1,70 + 1,70 + 1,69 + 1,70 + 1,70 + 1,68 + 1,70 + K0,70$ (м). Консоли крайних балок добетонированы. Балки уложены на резинометаллические опорные части (РОЧ), установленные на подферменные площадки ригеля опоры. Подферменные площадки имеют переменную высоту для обеспечения поперечного уклона.

Промежуточные опоры № 2–5 выполнены из металлических труб диаметром 1,02 м, заполненных бетоном и объединённых в верхней части сборным железобетонным ригелем, применительно к типовому проекту серии 3.503.1-69. В поперечном сечении – 3 столба, расстояние между осями – 4,20 м. На опорах № 3; 4, на высоте 4,30 м от низа ригеля, установлены распорки из шпунта типа «Ларсен». Опоры № 1; 6 (устои) выполнены из металлических труб диаметром 1,02 м, заполненных бетоном и объединённых в верхней части сборным железобетонным ригелем, применительно к типовому проекту серии 3.503.1-64. В поперечном сечении – 3 столба, расстояние между осями – 4,20 м. Шкафные стенки выполнены из железобетонных блоков по типовому проекту 3.503-64, 3.503.1-30/81. Сборные элементы шкафных стенок объединены омоноличиванием. Укрепление конусов выполнено сборными железобетонными плитами $0,49 \times 0,49 \times 0,08$ (м).

Направление течения реки – справа налево. Отверстие моста – 72,80 м.

Основной проблемой и дефектом мостового сооружения, выявленных при обследовании в 2018 г., является развитие симметричных вертикальных и наклонных трещин с двух сторон на ребре балки пролетного строения преимущественно на расстоянии 4,00–4,40 м от шкафной стенки. Причиной образования трещин, предположительно, стал несанкционированный пропуск сверхнормативной нагрузки.

Общее состояние балок пролетного строения в значительной степени определяется нарушением гидроизоляции проезжей части, особенно в районе швов объединения балок. Вследствие сквозного промокания по швам объединения балок в бетоне развиваются процессы выщелачивания цементного камня, что проявляется выносом на нижние поверхности плиты продуктов выщелачивания различной интенсивности.

После проведения работ по ремонту мостового сооружения в 2021 г. большая часть дефектов была устранена. Но в ходе наблюдений за мостом были выявлены повторные появления симметричных вертикальных и наклонных трещин. Было принято решение провести исследования и испытания.

Определение фактической грузоподъемности моста и его динамических характеристик контактным методом измерения

Испытания и исследования проводились на объекте 30.05.2022 г. в ночное время суток. Использовалась испытательная нагрузка в виде КАМАЗа КДМ-7881 массой 20 т. Испытание проводилось как на статическую, так и динамическую нагрузку с фиксацией амплитуды вертикальных перемещений, возникающих вследствие динамической нагрузки и имитации «удара», при наезде автомобиля на яму, расположенную в середине крайних пролетов моста.

Основным исследовательским оборудованием для определения фактической грузоподъемности моста и его динамических характеристик выступала комплексная измерительная система статических и динамических характеристик пролётных строений мостов «ФАЗА-1Т» [10, с. 182]. Система предназначена для измерений вертикальных прогибов и колебаний элементов конструкций инженерных сооружений (пролетные строения мостов, путепроводов и др.) в диапазоне ± 50 мм. Она может быть использована также в дорожной отрасли при оценке технического состояния пролетных строений. Система обеспечивает одновременные измерения перемещений каждым измерительным каналом [10, с. 181]. Измерения вертикальных прогибов проводились во втором пролете. Датчики располагались в поперечном сечении пролетов $L/2$. Пролетное строение имеет 8 балок, представляющих собой балки таврового сечения. Датчики многоканальной измерительной системы вертикальных перемещений «ФАЗА-1Т» (рис. 1) располагались с 2-й по 8-ю балку соответственно, начиная с низовой стороны (рис. 2–4).

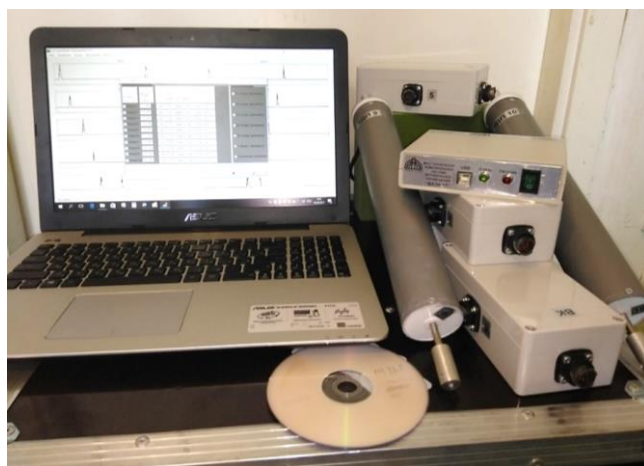


Рис. 1. Внешний вид многоканальной системы для измерений вертикальных перемещений «ФАЗА-1Т». Фото А.А. Банникова

Fig. 1. Exterior view of the FAZA-1T multichannel system for vertical displacement measurements. Photograph by A.A. Bannikov

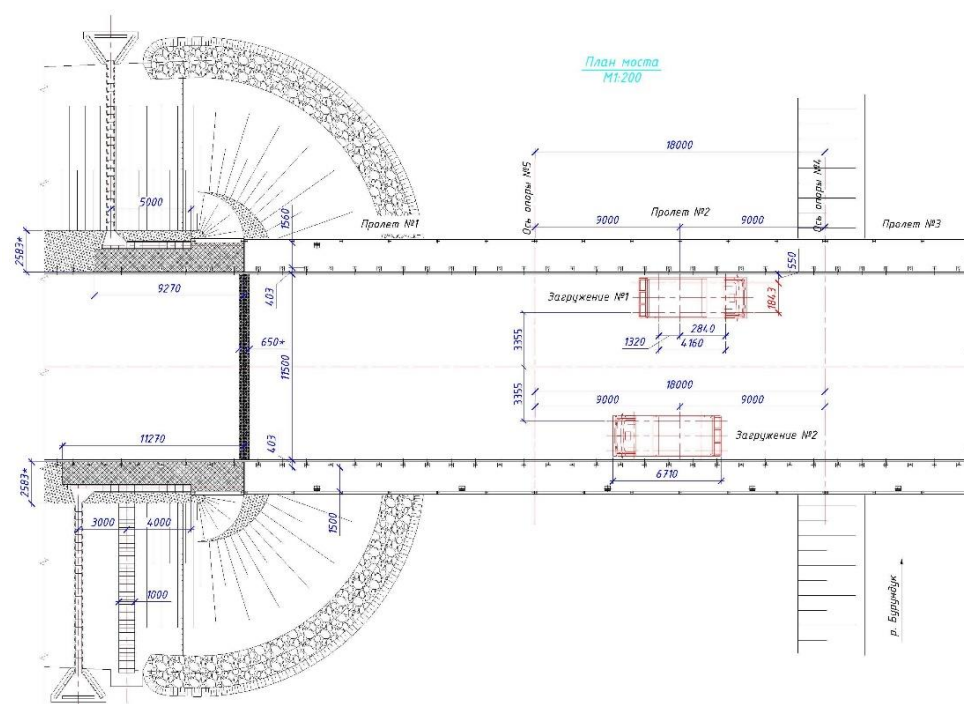


Рис. 2. План моста со схемой расположения испытательной нагрузки в 2 вариантах загрузки. Схема выполнена А.А. Банниковым

Fig. 2. Schematic of bridge with load arrangement in 2 variants. Schematic by A.A. Bannikov

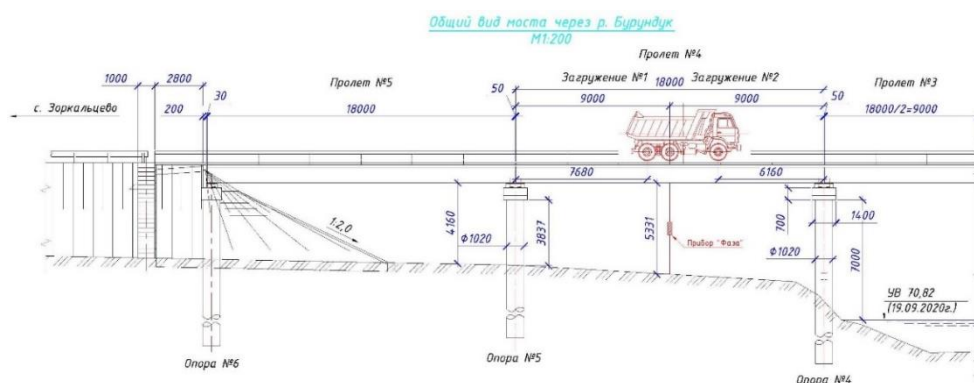


Рис. 3. Фасад моста со схемой расположения испытательной нагрузки и прибора «ФАЗА-1Т». Схема выполнена А.А. Банниковым

Fig. 3. Bridge front with test load arrangement and FAZA-1T device location. Schematic by A.A. Bannikov

При испытаниях по схеме загрузки № 1 максимальное значение прогибов на 7-й балке равнялось 8,4 мм. При проведении второй части испытаний по схеме загрузки № 2 были получены значения прогибов балок с максимальным значением на балке № 1, равным 10,5 мм.

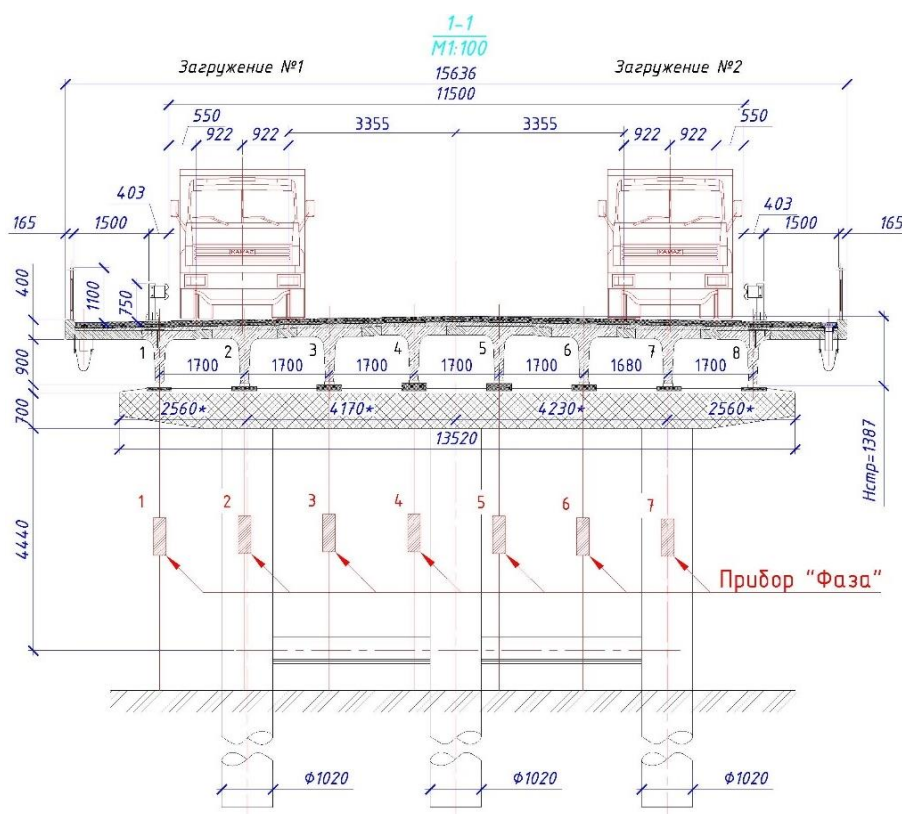


Рис. 4. Поперечный профиль пролетного строения со схемой расположения испытательной нагрузки и прибора «ФАЗА-1Т». Схема выполнена А.А. Банниковым

Fig. 4. Cross-section of bridge span with load and FAZA-1T arrangement. Schematic by A.A. Bannikov

Согласно СП 35.13330.2011 (п. 5.43), предельное значение вертикального упругого прогиба пролетного строения составляет 30 мм, полученные в ходе испытаний показания входят в допустимые рамки значений по прогибам.

Результаты испытания с динамической нагрузкой представлены на рис. 5. Приведенные данные показывают, что амплитуда от имитации «удара», при наезде автомобиля на яму, составляет 7,81 Гц в течение 3 с после наезда. Допустимые колебания, согласно СП 35.13330.2011 (п. 5.47), составляют 0,24 Гц.

Недостатками использования прибора «ФАЗА-1Т» являются: необходимость фиксации контактных проволок на неподвижной опоре (или грузе); отсутствие дистанционного управления, сигналы от приборов проходят по специальным проводам, что ограничивает и затрудняет сферу их применения; большое число кабелей связи уменьшает отклик записывающего оборудования; зависимость от погодных условий; сложности при монтаже и демонтаже, большие затраты времени на монтаж и демонтаж приборов; требование работников для фиксации измерений. В настоящее время необходимы более совершенные и инновационные технологии для быстрого и объективного измерения технических параметров мостовых сооружений.

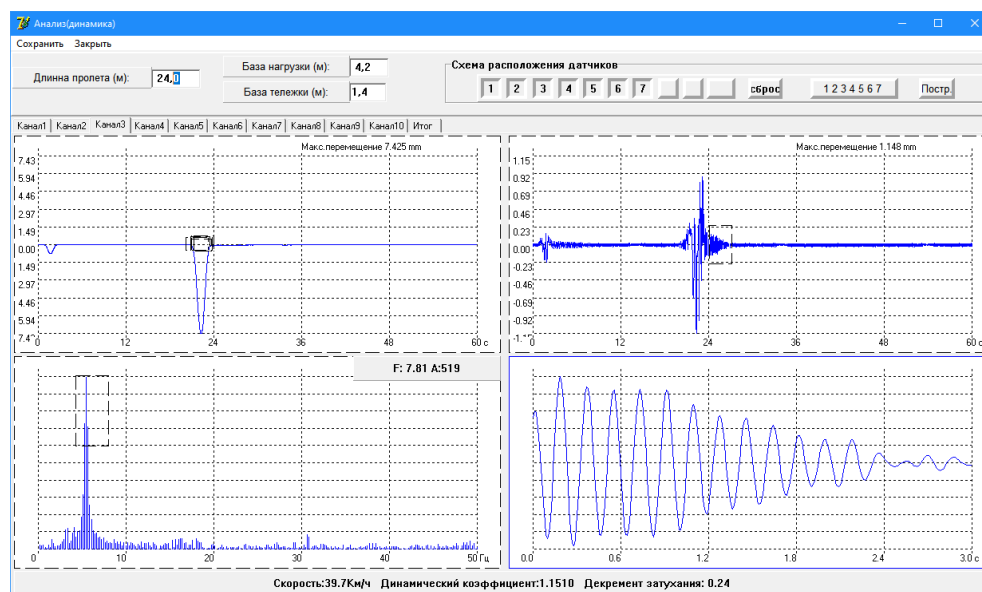


Рис. 5. Расчет динамических характеристик пролетного строения моста при динамической нагрузке. Схема выполнена А.А. Банниковым

Fig. 5. Dynamic characteristics of bridge under dynamic loading. Diagram by A.A. Bannikov

Исследование конструкции моста при движении автотранспорта с использованием лазерной системы для дистанционного мониторинга

Исследование возможности применения оптической системы на основе метода лазерной спекл-корреляции для мониторинга конструкции моста при движении автотранспорта проходило в начале июня 2022 г. Объектом для апробации новой технологии служил тот же мост через р. Бурундук возле поселка Петрово Томского района. Была разработана методика проведения эксперимента с учетом особенностей работы на местности, определена последовательность работы:

1. Собирается блок визуализации, который состоит из лазера, цифровой камеры с объективом, оптомеханических элементов для позиционирования лазера и камеры. Для удобства размещения предлагается использовать фотографический штатив с тремя степенями свободы, на который устанавливается платформа, к ней на держателях оптики крепятся лазер, макрообъектив и камера. Сложностью работы при мониторинге реального моста является угол наклона (лазер светит под углом вверх), поэтому требуется прочный устойчивый штатив.

2. Осуществляется подключение кабелей питания и передачи данных в персональный компьютер, запускается программное обеспечение для управления скоростной камерой; подключается дизель-генератор или другой источник питания ~220 В, 50 Гц.

3. Юстируется система таким образом, чтобы лазер освещал область интереса (точку мониторинга) и формируемые спекл-паттерны занимали 80–100 % изображения в окне сервисной программы скоростной камеры. Юстировка под углом на практике оказалась значительно сложнее по сравнению с лабо-

раторными условиями, когда платформа с лазером и камерой располагается перпендикулярно штативу, а луч направляется практически параллельно полу лаборатории.

4. Примерно за 100 м до въезда проезжающего автомобиля на мост включается запись скоростной камеры, по окончании записи последовательность изображений передается в персональный компьютер для хранения. Для корректного проведения эксперимента на мосту дежурит наблюдатель, который сообщает оператору о приближении транспортных средств, их виде и количестве или осуществляет видеозапись дорожной обстановки во время мониторинга.

5. Выполняется следующий эксперимент, аналогично п. 4.

6. Осуществляется цифровая обработка записанных последовательностей спекл-изображений и графическое представление результатов расчетов.

Для мониторинга моста лазерный луч направлялся на балку пролетного строения моста, чтобы зафиксировать прогибы и колебания при прохождении транспорта. Фотографии и схема эксперимента приведены на рис. 6. Расстояние от области контроля до объектива камеры составляло 15 м. Система питалась от дизель-генератора мощностью ~1 кВт. Мощность лазера, формирующего спекл-изображения, составляла 200 мВт. Эта мощность была максимально возможной для используемого лазера. В работе применялся DPSS-лазер (твердотельный лазер с диодной накачкой) с длиной волны 532 нм и регулируемой выходной мощностью до 200 мВт. Такая мощность была максимально возможной для этого лазера. Лазер обладает малыми массой и габаритами и может быть закреплен на штативе. Спекл-изображения регистрировались скоростной цифровой камерой Phantom Miro C110 с установленным макрообъективом Canon Macro Lens EF 180 мм. Скорость съемки составляла 400 кадров в секунду.

Отраженные спекл-изображения регистрировались с использованием скоростной камеры в течение 22 с с разрешением 512×512 пикселей, проводилась обработка информации с применением разработанного программного обеспечения в среде программирования Matlab. Программа позволяла определять относительное смещение пикселей спекл-изображений при колебании поверхности. В основу метода обработки положено определение максимума коэффициента корреляции спекл-изображений [11] с последующим определением его смещения по отношению к исходному значению.

В условиях помещения с искусственным освещением достаточно мощности лазерного излучения 15–20 мВт для получения спеклов высокой контрастности, как показано на рис. 7. В условиях на местности освещенность объекта и сенсора цифровой камеры оказывается существенно выше, поэтому следовало ожидать, что мощности излучения лазера 20 мВт, достаточной для лабораторных условий, будет недостаточно для условий на местности. На рис. 7 приведены спекл-изображения, полученные при различной мощности лазера подсветки (20, 80, 200 мВт) на местности при солнечном освещении. Для сравнения приведены также спекл-изображения при минимальной мощности 20 мВт в помещении при нормальном искусственном освещении. Расстояние от системы мониторинга до объекта в лабораторных условиях выбрано 15 м, аналогично расстоянию на местности.

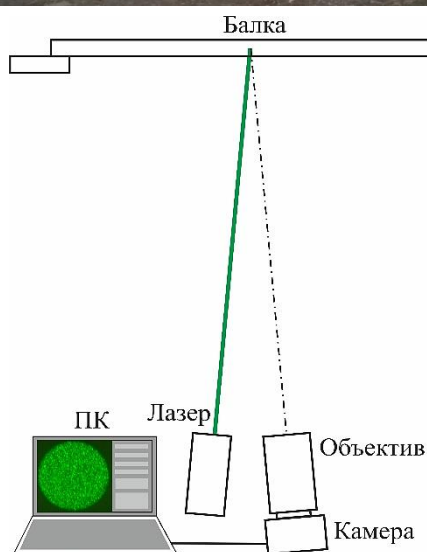


Рис. 6. Схема мониторинга балки пролетного строения моста. Автор фото и схемы Ф.А. Губарев:

1 – область мониторинга; 2 – узел визуализации (лазер, камера, объектив); 3 – портативный компьютер; 4 – дизель-генератор

Fig. 6. Schematic of bridge girder monitoring. Photograph and schematic by F.A. Gubarev:
1 – monitoring area; 2 – visualization system (laser, camera, lens); 3 – portable computer; 4 – diesel generator

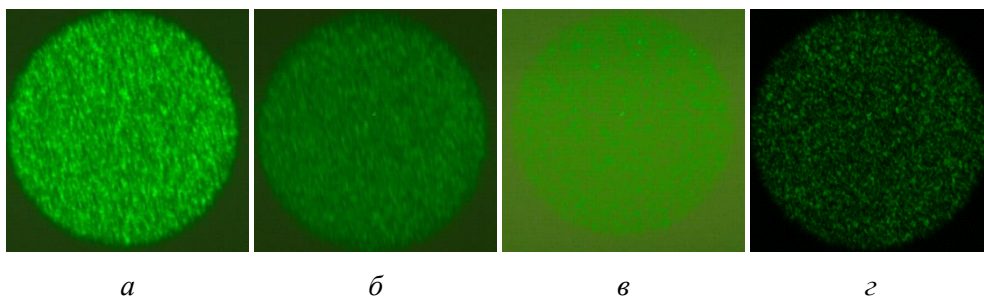


Рис. 7. Спекл-изображения при различных условиях. Фото Ф.А. Губарева:
 а – 200 мВт, поле; б – 80 мВт, поле; в – 20 мВт, поле; г – 20 мВт, помещение
 с искусственным освещением

Fig. 7. Speckle images in different conditions. Photograph by F.A. Gubarev:
 а – 200 mW field; б – 80 mW field; в – 20 mW field; д – 20 mW, room with arti-
 ficial light

Приведенные данные показывают, что для получения высококонтрастных спекл-изображений в данных полевых условиях необходима мощность излучения >200 мВт, в то время как для лабораторных условий достаточно 20 мВт. Таким образом, одним из требований к устройству визуализации является мощность используемого лазера. Можно полагать, что для мониторинга более удаленных конструкций мощность лазера должна быть выше. Еще одним требованием является объектив, который должен формировать достаточно крупное изображение спекл-паттерна от поверхности, находящейся на значительном расстоянии. В текущих экспериментах макрообъектива с фокусным расстоянием 180 мм было достаточно. Можно полагать, что при увеличении дальности мониторинга понадобится объектив с большим фокусным расстоянием.

Результаты мониторинга различной дорожной обстановки представлены на рисунках ниже. Записывались последовательности спекл-изображений скоростной камерой и делались отметки, каким автомобилям они соответствовали. На рис. 8 приведен фрагмент последовательности спекл-изображений в процессе мониторинга (эксперимент 1). На рис. 9 приведены расчетные кривые относительного смещения пикселей изображений.

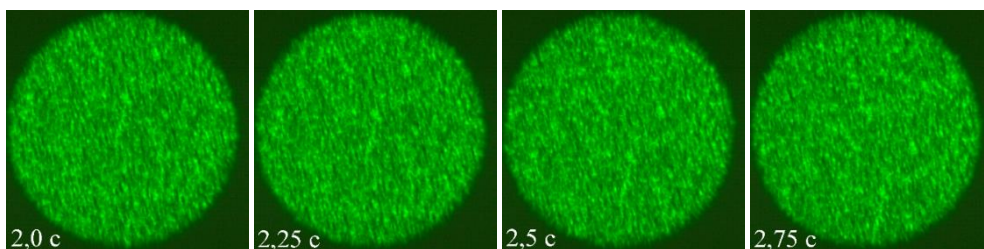


Рис. 8. Спекл-изображения в различные моменты времени (эксперимент 1 на рис. 9).
 Фото Ф.А. Губарева

Fig. 8. Speckle images at different time points (experiment 1 in Fig. 9). Photograph by
 F.A. Gubarev

На рис. 9, а прохождение одного большегрузного автомобиля регистрируется как одно низкочастотное колебание с одним абсолютным максимумом и одним минимумом.

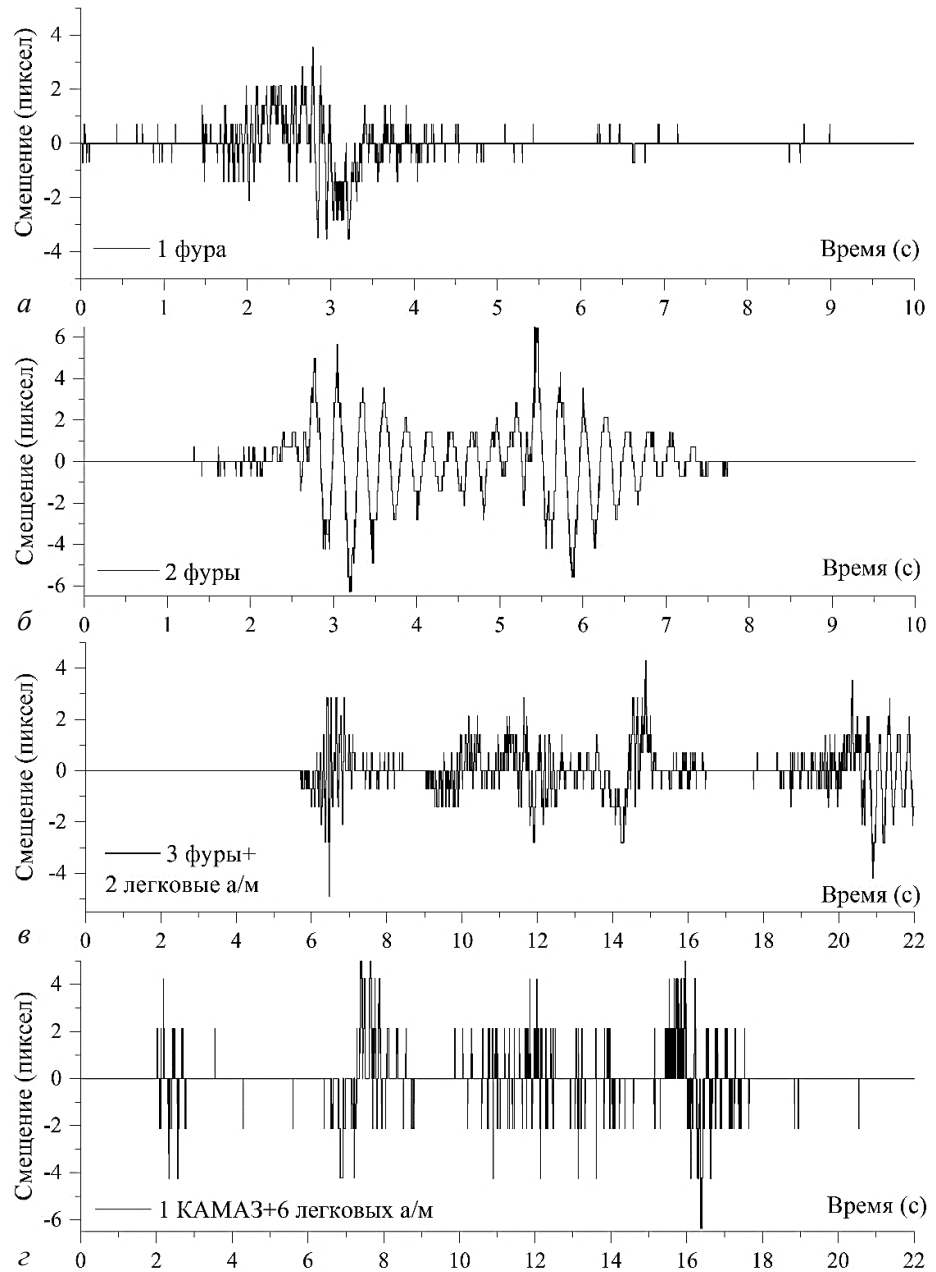


Рис. 9. Смещение спекл-изображений при мониторинге дорожной обстановки. Графики выполнены Ф.А. Губаревым:

а – эксперимент 1; б – эксперимент 2; в – эксперимент 3; г – эксперимент 4

Fig. 9. Speckle image shift in traffic monitoring. Diagrams by F.A. Gubarev:

а – experiment 1; б – experiment 2; в – experiment 3; г – experiment 4

При прохождении двух большегрузных автомобилей наблюдаются два пика. При прохождении по мосту автомобилей, значительно различающихся по массе, колебания имеют различную амплитуду смещения пикселей. В случае, представленном на рис. 9, в, в моменты времени 6, 13,5 и 20 с по мосту проезжали большегрузные автомобили, в моменты времени 9 и 11 с проезжали легковые автомобили. На рис. 9, г проезжал один порожний грузовик марки «КАМАЗ» и 6 легковых автомобилей. Проезд грузовика отличается от проезда других транспортных средств и соответствует моменту времени 15,5 с. В интервале 6–9 с проезжали два легковых автомобиля одновременно в области наблюдения, что вызвало увеличение амплитуды. В интервале от 10 до 14,5 с проезжали два автомобиля с незначительной разницей во времени.

Анализ полученных графиков смещений на рис. 10 с использованием дискретного ряда Фурье показал, что основные колебания (амплитуда больше 0,1) происходят с частотами до 17 Гц. Примеры результатов расчетов приведены на рис. 10. Полагаем, что спектральный анализ графиков смещения поверхности, полученных с помощью предложенного метода, в будущем позволит анализировать факторы, воздействующие на объект и приводящие к появлению дефектов.

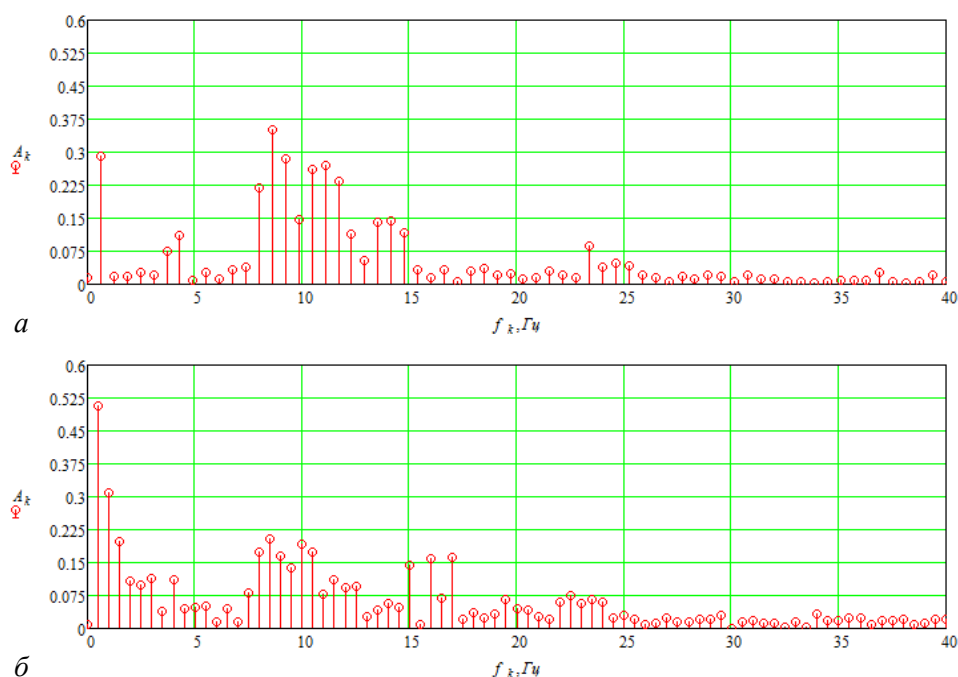


Рис. 10. Спектральный анализ колебаний поверхности балки моста. Графики выполнены Ф.А. Губаревым:

а – колебание на рис. 9, а; б – первое колебание на рис. 9, в; A_k – модуль спектральной составляющей; f_k – частота соответствующей спектральной составляющей

Fig. 10. Spectral analysis of girder surface vibrations. Diagrams by F.A. Gubarev:

а – vibration in Fig. 9a; б – first vibration in Fig. 9c; A_k – modulus of spectral component; f_k – frequency of spectral component

Перспективная методика и лабораторная установка лазерной дистанционной диагностики колебаний/деформаций пролетных конструкций мостов построена на основе метода корреляции лазерных спекл-изображений. Для мониторинга пролетной конструкции на расстоянии 15 м мощность лазера подсветки должна составлять 80–200 мВт. При меньшей мощности контраст спекл-изображений низкий, и цифровая обработка требует более сложных и ресурсозатратных методов. Скорость съемки цифровой камеры должна обеспечивать регистрацию относительно быстрых процессов. Эксперименты показали, что скорости съемки 400 кадров в секунду достаточно для последующего анализа. Минимально допустимая скорость съемки будет подбираться в дальнейшем при оптимизации метода и оборудования для создания приборного варианта системы мониторинга. Вся оптическая часть системы мониторинга помещается на фотографическом штативе и имеет компактные размеры. В полевых условиях система может питаться электроэнергией от дизель-генератора. Потребляемая мощность не превышает 1 кВт, включая портативный компьютер, скоростную камеру и лазер.

Заключение

В работе сопоставляются действующие и перспективные методики определения состояния мостового сооружения при воздействии на него статических и динамических нагрузок, а именно: определение прогибов основных элементов пролетного строения, амплитуда, возникающая при воздействии динамической и «ударной» нагрузки.

Анализ результатов пробных экспериментов показал перспективу применения методики и оборудования на реальных объектах. Эксперименты проводились на действующем мосту через р. Бурундук в Томской области. Согласно полученным результатам, предлагаемый метод мониторинга позволяет вести подсчет проходящих автомобилей по мосту, при этом различать автомобили различной массы, в частности, возможно отличить легковые автомобили от грузовых.

Проведенные на данном этапе работы показали возможности метода, а также сложности при работе на местности. Продолжение работы в данном направлении связано с оптимизацией оборудования для работ на местности, конструированием прибора для улучшения эргономических и эксплуатационных характеристик, в том числе связанных с настройкой и разработкой новой версии программного обеспечения, которое позволило бы сократить время обработки спекл-изображений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Банников А.А. Обследование и испытание моста через реку Ангару – памятника архитектуры в Иркутске // Перспективы развития фундаментальных наук : сб. научных трудов XVII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 7 томах, Томск, 21–24 апреля 2020 г. Томск : Изд-во Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, 2020. С. 12–14. – EDN RVKYLZ.
2. Elugachev P., Esharov E., Shumilov B., Kuduev A. Mathematical Modeling of Cyber-Socially-Physical Systems in Transport // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. V. 246. P. 419–427. DOI 10.1007/978-3-030-81619-3_48. EDN XUJZKF.

3. Goodman J.W. Speckle phenomena in optics: Theory and applications. Englewood, USA : Roberts and Company Publishers, 2007. 387 p.
4. Peiponen K.E., Myllylä R., Priezhev A.V. Optical measurement techniques: Innovations for industry and the life sciences. (Springer Series in Optical Sciences, vol. 136). Berlin : Springer, 2009. 158 p.
5. Когерентно-оптические методы в измерительной технике и биофотонике / под ред. В.П. Рябухо, В.В. Тучина. Саратов : Сателлит, 2009. 127 с.
6. Li L., Gubarev F.A., Cao Y., Liushnevskaya I.D., Mostovshchikov A.V. Laser speckle correlation technique application for remote characterization of metal nanopowders combustion // Applied Optics. 2021. V. 60. № 22. P. 6585–6592.
7. Ли Л., Сытник Ю.Д., Губарев Ф.А., Пеккер Я.С. Оценка свертываемости плазмы крови методом корреляции лазерных спекл-изображений // Медицинская техника. 2018. Т. 52. № 3. С. 23–25.
8. Li L., Gubarev F.A., Klenovskii M.S., Bloshkina A.I. Vibration measurement by means of digital speckle correlation // 2016 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Omsk, 2016. Art. № 7491753.
9. Bloshkina A.I., Li L., Gubarev F.A., Klenovskii M.S. Investigation of extracting information from vibrating objects by digital speckle correlation // XVII International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM). Novosibirsk, 2016. P. 637–641.
10. Важнейшие научные результаты, полученные в 2019–2020 годах в ходе выполнения программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы, готовые к практическому применению : информационный сборник. Москва : Российская академия наук, 2022. [182]. ISBN 978-5-907366-45-9. URL : <http://www.ras.ru/news/shownews.aspx?id=276bc40f-6196-4bff-9b2d-605aeea1d783#content>.
11. Gubarev F., Li L., Klenovskii M., Glotov A. Speckle pattern processing by digital image correlation // MATEC Web of Conferences. 2016. V. 48. Art. № 04003.

REFERENCES

1. Bannikov A.A. Inspection and testing of bridge over the Angara river, an architectural monument in Irkutsk. In: *Proc. 17th Int. Sci. Conf. of Students and Young Scientists 'Prospects of Fundamental Sciences Development'*, in 7 vol., Tomsk, 2020. Pp. 12–14. EDN RVKYLZ. (In Russian)
2. Elugachev P., Esharov E., Shumilov B., Kuduev A. Mathematical modeling of cyber-socially-physical systems in transport. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2022; 246: 419–427. DOI 10.1007/978-3-030-81619-3_48. EDN XUJZKF.
3. Goodman J.W. Speckle phenomena in optics: Theory and applications. Englewood, USA: Roberts and Company Publishers, 2007. 387 p.
4. Peiponen K.E., Myllylä R., Priezhev A.V. Optical measurement techniques: Innovations for industry and the life sciences. (Springer Series in Optical Sciences, vol. 136). Berlin: Springer, 2009. 158 p.
5. Ryabukho V.P., Tuchin V.V. (Eds) Coherent-optical methods in measuring technique and biophotonics (in Russian). Saratov: Satellit, 2009. 127 p. (In Russian)
6. Li L., Gubarev F.A., Cao Y., Liushnevskaya I.D., Mostovshchikov A.V. Laser speckle correlation technique application for remote characterization of metal nanopowders combustion. *Applied Optics*. 2021; 60 (22): 6585–6592.
7. Lee L., Sytnik J.D., Gubarev F.A., Pecker J.S. Assessment of blood plasma coagulation by laser speckle imaging correlation. *Medical Engineering*. 2018; 52 (3): 23–25. (In Russian)
8. Li L., Gubarev F.A., Klenovskii M.S., Bloshkina A.I. Vibration measurement by means of digital speckle correlation. In: *Proc. Int. Siberian Conf. on Control and Communications*. Omsk, 2016. 7491753.
9. Bloshkina A.I., Li L., Gubarev F.A., Klenovskii M.S. Investigation of extracting information from vibrating objects by digital speckle correlation. In: *Proc. 17th Int. Conf. of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electronic Devices*. Novosibirsk, 2016. Pp. 637–641.

10. The most important scientific results 2019-2020. Moscow: Russian Academy of Sciences. Available: www.ras.ru/news/shownews.aspx?id=276bc40f-6196-4bff-9b2d-605aeea1d783#content (In Russian)
11. Gubarev F., Li L., Klenovskii M., Glotov A. Speckle pattern processing by digital image correlation. *MATEC Web of Conferences*. 2016; 48: 04003. (In Russian)

Сведения об авторах

Елугачев Павел Александрович, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.

Губарев Федор Александрович, докт. техн. наук, доцент, профессор кафедры, Севастопольский государственный университет, 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33, gfaddtpu@tpu.ru

Банников Алексей Андреевич, магистр, инженер-исследователь, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, Lexsew@mail.ru

Мостовщиков Андрей Владимирович, докт. техн. наук, директор, Научно-исследовательский институт строительных материалов, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, mostovshchikov@tsuab.ru

Authors Details

Pavel A. Elugachev, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia

Fyodor A. Gubarev, DSc, Professor, Sevastopol State University, 33, Universitetskaya Str., 299053, Sevastopol, Russia, gfaddtpu@tpu.ru

Aleksei A. Bannikov, Master of Science, Research Engineer, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, Lexsew@mail.ru

Andrei V. Mostovshchikov, DSc, Director, Research Institute of Building Materials, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, mostovshchikov@tsuab.ru

Вклад авторов

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

Authors contributions

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

Статья поступила в редакцию 15.12.2022
Одобрена после рецензирования 25.12.2022
Принята к публикации 20.03.2023

Submitted for publication 15.12.2022
Approved after review 25.12.2022
Accepted for publication 20.03.2023

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2023. Т. 25. № 2. С. 207–222.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2023; 25 (2): 207–222.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 624.21:624.154.5:624.131.38

DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-207-222

К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ШТАМПОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ГРУНТА В ОСНОВАНИИ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОПОР МОСТОВ

**Владимир Михайлович Картопольцев¹,
Андрей Владимирович Картопольцев¹,
Александр Аверьянович Алексеев²**

¹ООО «ДИАМОС», г. Томск, Россия

²Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Томск, Россия

Аннотация. Объектом исследования является строительство мостовых сооружений, возводимых на грунтовом основании с физико-механическими характеристиками, нередко отличающимися от параметров изыскательских мероприятий. Нормативно-техническим регламентом строительства фундаментов опор мостов предусматриваются мероприятия с использованием штамповых испытаний по грунту.

Авторы акцентируют внимание на повышении качества не только подготовительных работ, но и самого процесса штамповых испытаний, отвечающих требованиям надежности сооружения зависимостью $S = f(p)$, аппроксимированной кривой Риттера – Рассохина при различном поведении грунта основания под подошвой штампа в обычных условиях и с учетом сдвига (выпора), что позволяет рассчитать предельную осадку и другие расчетные характеристики грунта.

Полученные результаты контроля качества штамповых испытаний с учетом проявления касательных напряжений в слоях грунтового основания под штампом позволили внести уточнения в регламент работ на проведение штамповых испытаний.

Ключевые слова: штамп, надежность, нагрузки, испытания, прочность, долговечность, буронабивные сваи

Для цитирования: Картопольцев В.М., Картопольцев А.В., Алексеев А.А. К вопросу совершенствования штамповых испытаний грунта в основании буронабивных свай при строительстве опор мостов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 2. С. 207–222. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-207-222.

ORIGINAL ARTICLE

IMPROVEMENT OF SOIL PLATE-BEARING TEST OF DRILLED PILE FOOT DURING BRIDGE SUPPORT CONSTRUCTION**Vladimir M. Kartopoltsev¹, Audrey V. Kartopoltsev¹, Aleksandr A. Alekseev²**¹ООО "DIAMOS", Tomsk, Russia²Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

Abstract. Purpose: The aim of this work is the construction of bridge structures on a soil foundation with physical and mechanical characteristics, often differing from survey activity parameters. Technical regulations of bridge supports envisage plate-bearing test of drilled pile foot.

Design/methodology/approach: The quality improvement of not only plate-bearing test preparation, but also requirements for structural reliability, the approximated Ritter-Rassokhin method with different soil behavior under normal conditions with regard to foundation uplift, which allows calculating the maximum draft and other design parameters of soil.

Practical implications: The obtained results make it possible to clarify the work regulations for plate-bearing test.

Keywords: plate-bearing test, reliability, load, strength, durability, bored piles

For citation: Kartopoltsev V.M., Kartopoltsev A.V., Alekseev A.A. Improvement of soil plate-bearing test of drilled pile foot during bridge support construction. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2023; 25 (2): 207–222. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-207-222.

В современных условиях строительства опор мостов существуют требования к рабочей документации, которые необходимо выполнять в процессе технологических работ по сооружению свайных фундаментов опор из буронабивных свай¹ [1, 2, 3]. Требования направлены на обеспечение качества устройства фундаментов опор, надежности и выполнения требований расчета с гарантией при этом заявленного в проекте коэффициента запаса [4]. Оптимальный уровень надежности опор моста определяется исходя из условия минимума среднеожидаемых затрат на возведение опор и эксплуатации моста в целом. Надежность конструкций фундамента опор определяется способностью сохранять качество фундаментов и опор в процессе эксплуатации².

Это обстоятельство, прежде всего, связано с учетом касательных напряжений, возникающих в слоях грунтового основания под подошвой наконечника штампа (рис. 1).

Прикладывая нагрузку q в пределах штампа радиусом a с центром в точке 0 в виде элементарного груза $P = q \cdot p \cdot d\phi \cdot dp$ с последующим инте-

¹ ГОСТ 20276–2012. Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформативности. Москва: Стандартинформ. 86 с.

² Методические рекомендации по проектированию опор и мостов. Всесоюзное научно-техническое общество железнодорожников и транспортных строителей. Ленинград, 1988. 63 с.

гированием по углу φ в пределах от 0 до 2π , а затем по P в пределах от 0 до a , получим равнодействующую упругую силу R в виде

$$R = (p^2 + b^2 - 2b \cdot p \cos \varphi)^{1/2}. \quad (1)$$

Тогда
$$\sigma_x = \frac{3a^3q}{2\pi} \int_0^a \int_0^{2\pi} \frac{P dp d\varphi}{(p^2 + b^2 - 2b \cdot p \cos \varphi)^{5/2}}. \quad (2)$$

При $b = 0$
$$\sigma_x = \sigma_r = \frac{1-2\mu}{2} q. \quad (3)$$

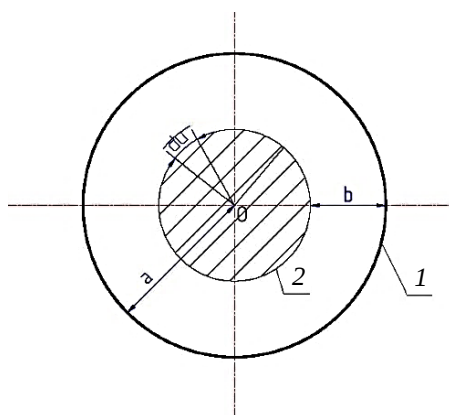


Рис. 1. Схема приложения нагрузки от штампа:

1 – обсадная труба; 2 – штамп

Fig. 1. Schematic of plate-bearing test:

1 – stand pipe; 2 – plate bearing

Вертикальные перемещения (Δ_s) грунтового основания под штампом будут равны:

$$\Delta_s = \frac{2(1-\mu^2)}{E} a \cdot q. \quad (4)$$

При штамповых испытаниях несущая способность фундамента и деформативность основания оцениваются одним показателем – осадкой под подошвой наконечника штампа. Принимая среднеожидаемые значения нагрузки и осадки грунта при $t = t_0$; $t = t_1$; $t = t_2 \dots t_n$ как функционал монотонно убывающей по параболе гауссовской зависимости «нагрузка – деформация», корреляция замеренных при испытании значений укладывается в интервале в зависимости от вида напряженно-деформированного состояния грунта под подошвой штампа [5] (рис. 2).

Такая форма зависимости $S = f(p)$, как правило, объясняется программой испытаний и требуемыми условиями подготовки грунтового основания под наконечником штампа, отвечающими задаче соответствия проектной и реальной несущей способности свайного поля ростверка фундамента опор моста.

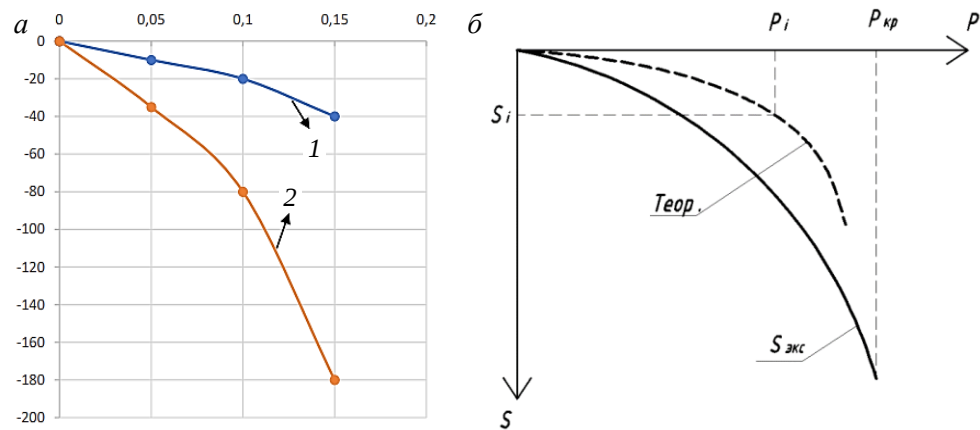


Рис. 2. График зависимости $S = f(p)$ испытания грунта штампом:
 а – грунт: 1 – уплотненный; 2 – неуплотненный; б – начало развития пластических деформаций при длительном нагружении

Fig. 2. Dependence $S = f(p)$ of plate-bearing test:
 а – soil: 1 – compacted; 2 – non-compacted; б – plastic deformation initiation under prolonged loading

Расположение экспериментальных значений ряда штамповых испытаний на графике $S = f(p)$ дает основания считать, что в пределах реального интервала значений осадки и нагрузки закономерности подчиняются некоторому единому закону деформирования в виде квазипараболического очертания (рис. 2). Это обстоятельство позволяет считать, что использование метода штамповых испытаний грунта для определения закономерности и конечных результатов допустимо и может рассматриваться в виде математической аппроксимации зависимости Риттера (1879 г.) – Рассохина (1974 г.) в виде

$$P_i = P_{кр} \left(1 - e^{-M \cdot S_i} \right), \quad (5)$$

где e – основание натурального логарифма; $M = \frac{1}{S_i} \ln \frac{P_{кр}}{P_{кр} - P_i}$ – параметр экспоненты; $P_i < P_{кр}$; $P_{кр}$ – критическое давление на грунт под штампом.

Задача программы проведения штамповых испытаний грунта в основании буронабивных свай свайного поля ростверка фундамента опор является подтверждением подобия проектных значений и реального состояния для одной буронабивной сваи с последующим распространением результатов испытаний на весь ростверк фундаментов в рамках так называемого «эталонного объекта или элемента» [6]. Необходимость и целесообразность проведения штамповых испытаний нередко связаны с имеющими место корректировками в процессе строительства, условиями и конструктивными изменениями опор моста. Имеющие место реальные вариации изменения условий грунта под основанием буронабивных свай, отличных от проектных и изыскательских мероприятий, определяют штамповые испытания в грунте под подошвой штампа. Эталон штамповых испытаний по регламенту отечественных требований

основан на 10 этапах загрузки сваи от 2 до n этапов нагружения при качественной подготовке основания под наконечником штампа [6, 7].

При экспериментальных исследованиях с проведением штамповых испытаний при строительстве опор автодорожных мостов грунтовые условия, нагружающие устройства штамповых испытаний, которые представлены на (рис. 3, рис. 4, *а* и *б*), позволили оценить предельные значения средней осадки (ΔS_{cp}) и сопротивления грунта под подошвой штампа в соответствии с ГОСТ 20276.1–2020³ [8, 9]. Качество штамповых испытаний зависит от подготовительных работ, особое место среди которых отведено подготовке нагружающего устройства и основания под штампом. Некачественная подготовка грунтового основания под штампом часто приводит к искажениям при определении состояния предельного равновесия в грунте при графическом изображении зависимости $S = f(p)$ (см. рис. 2, *а*). Таким образом, в начальной стадии деформирования в процессе нагружения происходит обжатие непосредственно под штампом грунтового основания с возможными искажениями значения деформирования грунта во всех других этапах испытания и в конечном итоге в стадии предельного давления. Такое положение рассматривается как несанкционированное отступление от программы и расчетов штамповых испытаний, приводит к неоправданному увеличению режимов испытания и затруднениям принятия соответствующих решений.



Рис. 3. Грунты инженерно-геологических изысканий
Fig. 3. Geotechnical survey soils

³ ГОСТ 20276.1–2020. Грунты. Методы испытания штампом. Москва. Стандартинформиздат, 2020. 14 с.

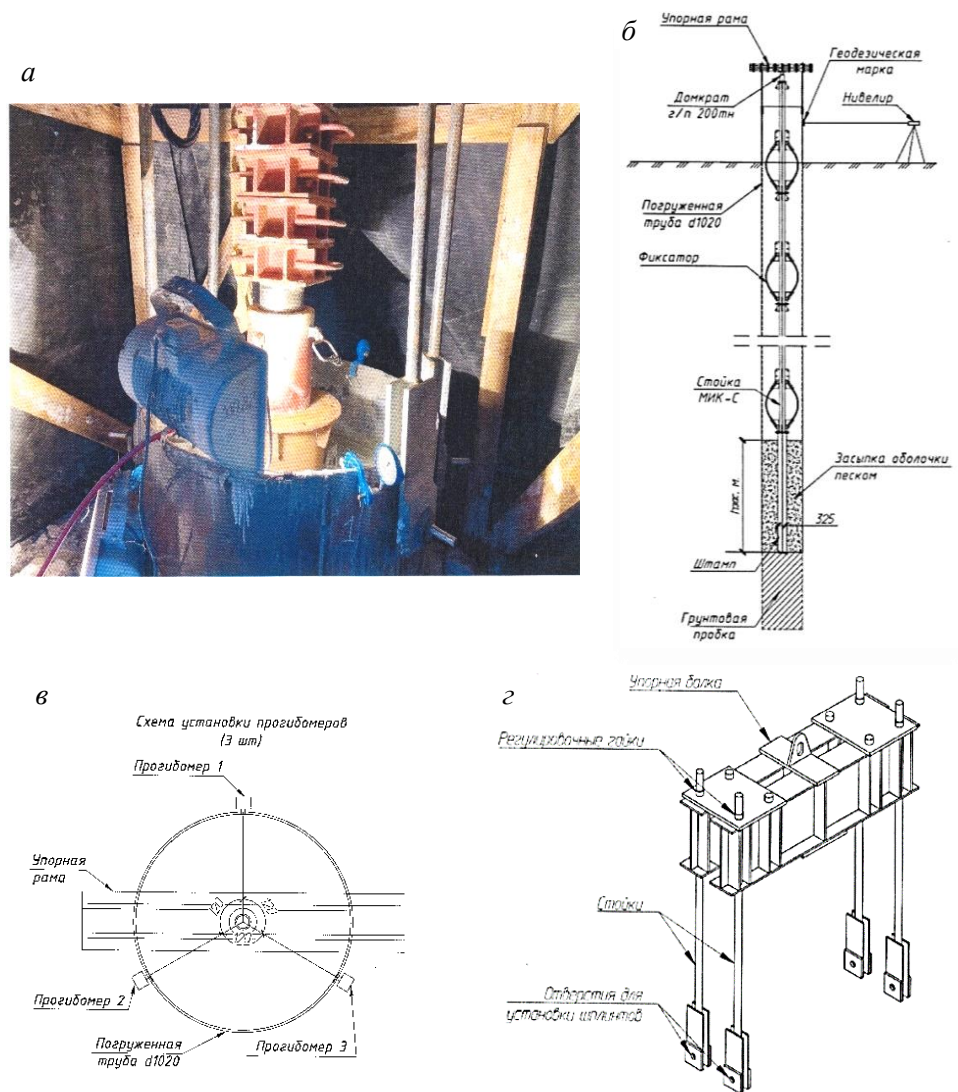


Рис. 4. Схема устройства штамповых испытаний:

а – общий вид нагрузочного устройства; б – принципиальная схема установки для штамповых испытаний; в – схема установки прогибомеров; г – общий вид упорной балки нагрузочного устройства

Fig. 4. Schematic of plate-bearing test device:

а – general view of loading device; б – plate-bearing test device; в – deflectometer; г – general view loading device thrust beam

При наличии в составе испытаний упругой и пластической стадии работы обжатия грунтового основания под штампом, любое неоправданное и не подтверждённое расчётом решение рассматривается в данной точке грунта основания под штампом как случайный процесс, определяемый спектром мощности, т. е. спектральной функцией процесса ускорения при деформировании. Этот этап рассматривается спектром упругой реакции грунта, который заложен в програм-

ме испытаний и нормативном подходе при планировании этапов штамповых испытаний. Согласованность этапов нагружения считается достигнутой, если значение реакции для всех точек грунта под подошвой штампа, находящегося в условиях воздействия случайного процесса, определенного спектром мощности, совпадает на $\pm 10\%$ с расчетным спектром упругой реакции.

Отсутствие данных требований приводит к тому, что начало диаграммы $S - f(p)$ отмечается не с нуля, а с какой-то другой величины (рис. 5, а, б). В связи с этим формирование уплотненного грунтового ядра под подошвой штампа изменяет диаграмму напряженно-деформированного состояния, в т. ч. и предельного, с учетом сдвига для других слоев грунта под штампом [10]. Для установления реального напряженно-деформированного состояния грунта в процессе нагружения под штампом рассматривается три стадии уплотнения:

1. Модель В.Г. Березанцева, в которой ядро уплотнения представляется в виде прямоугольного треугольника, а кривая скольжения исходит из вершины уплотненного ядра (рис. 6).

2. Модель Терцаги – образование уплотненного ядра в грунте в виде треугольника с углами при основании, равными углу внутреннего трения ϕ грунта слоя под штампом. Кривые скольжения или в предельном состоянии выпор грунта исходят из вершины ядра и направлены вертикально вниз: например, для слоев грунта 3, 4, 5 (см. рис. 3) $y_0 = 0,5b \tan \phi$; $\phi = 30^\circ$; $b = 4$ м; $y_0 = 1,155$ м. При давлении на штамп $g = 26,29$ т/м²; $y_0 = 1,155$ м; $g = 27,52$ т/м²; $y_0 = 1,455$ м.

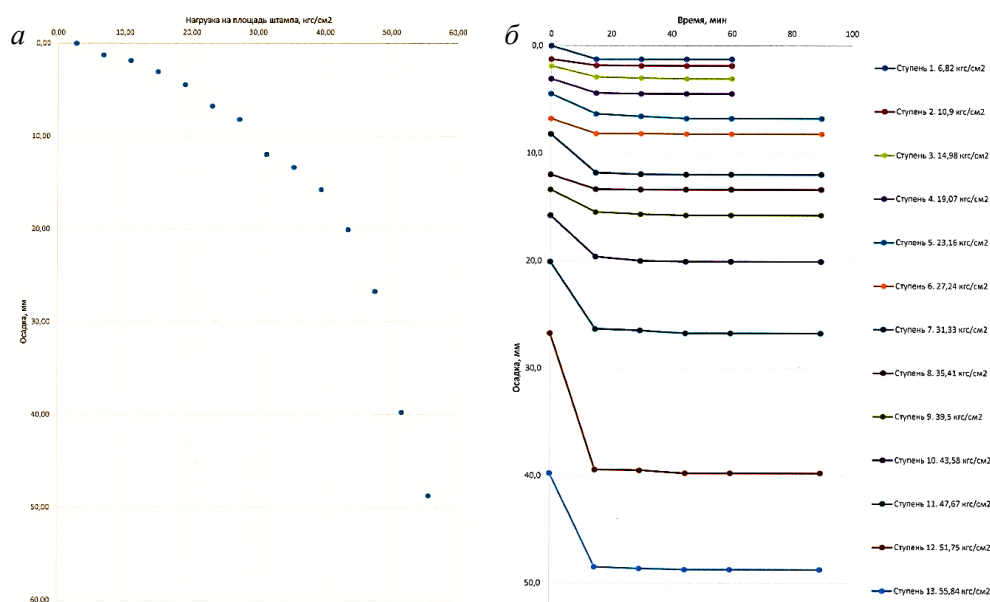


Рис. 5. Зависимость осадки от нагрузки (а); зависимость осадки от времени (б)

Fig. 5. Settlement-load dependence (a); settlement-time dependence (b)

Предельная осадка грунта под штампом с учетом отмеченных обстоятельств должна быть равна:

$$\Delta_s = \frac{0,22 N_g}{G_2 \cdot \varnothing} + \frac{N_g \cdot l}{E \cdot A}, \quad (6)$$

где G_2 – модуль сдвига; $\varnothing$ – диаметр штампа; N_g – давление на штамп; A – площадь штампа; l – отметка нахождения штампа.

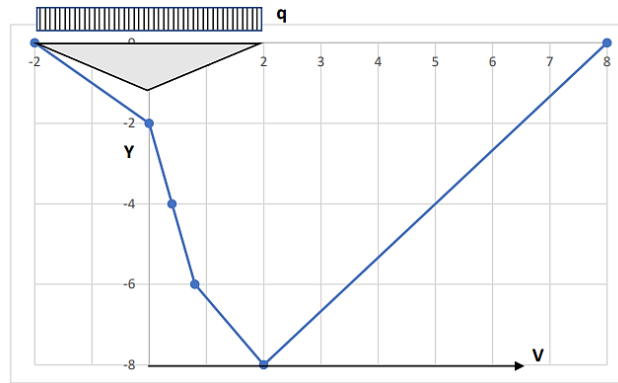


Рис. 6. Схема уплотнения грунта под штампом
Fig. 6. Diagram of soil compaction under plate bearing

Влияние учета неоднородности и деформативности слоев грунта в основании под штампом направлено на оценку анизотропии грунта в основании, которое не всегда фиксируется изыскательскими мероприятиями и проявляется в реальных условиях при строительстве изменением значения и формы осадки слоев грунта. В этих условиях, используя исследования К. Вольфа, необходимо принять следующие решения в определении модуля сдвига (G) грунтов оснований:

$$G = \frac{E_x \cdot E_z}{E_x + E_z (1 + 2\mu)} \approx 0,4E_i, \quad (7)$$

где $\mu = \mu_x + \mu_z$ – коэффициент Пуассона; $E_x = E_z = \omega(1 - \mu_i^2)b \frac{P_i}{S_i}$ – модуль де-

формации; P_i , Δ_{Si} – нагрузка (кг) и осадка штампа (см), соответствующие условному пределу пропорциональности между ними; $b = \varnothing$ – сторона квадратного или диаметра круглого штампа; ω – безразмерный коэффициент, равный для квадратного штампа 0,88 и для круглого 0,79 [11].

Предельное давление на грунт под подошвой штампа соответствует предельному равновесию. Это значит, что осадка грунта под штампом (Δ_s) меньше предельно допускаемой и равна 0,1–0,12 мм за этап нагружения. Такое состояние характеризуется стабилизацией деформирования и указывает на окончательную стадию уплотнения грунта в упругой стадии и переход в фазу сдвиговых явлений, характеризующиеся пластическим деформированием. Теоретическая глубина распространения выпора грунта при пластической деформации (Z) по Р.П. Пузыревскому равна [12]:

$$Z = 0,25\varnothing. \quad (8)$$

Тогда предельное сопротивление грунта под штампом определится по формуле

$$P_{\text{пр}}^{\text{гр. шт}} = \frac{\gamma_{\text{г}} \cdot \varnothing}{2} N_{\gamma} + \left(N_{\text{домк}} + \frac{C}{\text{tg}\varphi} \right) N_g - C(\text{tg}\varphi), \quad (9)$$

где $\frac{C}{\text{tg}\varphi} = P_c$ – давление связности, равное 0,04–0,26 кг/см² (26 КПа); C – удельное сцепление грунта под штампом, тс/м²; $N_{\text{домк}}$ – давление в домкрате; φ – угол внутреннего трения; N_{γ} , N_g – коэффициенты несущей способности по грунту в зависимости от угла φ (табл. 1); $\gamma_{\text{г}}$ – средняя плотность грунта под штампом.

Таблица 1

Table 1

φ	16	20	24	30	36	40	44	46
N_{γ}	3,4	6,0	9,8	21,6	52,4	100	221	319
N_g	4,4	6,5	9,8	19,3	44,5	72	73,7	195

Расчетное давление, при котором происходит стабилизация с предельной деформацией осадки грунта 0,1 мм, являющейся границей перехода деформирования грунта под подошвой штампа из упругого в пластическое состояние, равно:

$$P_{\phi} = \frac{\pi \cdot \gamma_{\text{г}} \left(0,25\varnothing + h_3 + \frac{C}{\gamma_{\text{г}}} \text{tg}\varphi \right)}{\text{ctg}\varphi - \frac{\pi}{2} + \varphi}, \quad (10)$$

где h_3 – предельная граница погружения штампа.

В нашем случае при $h_3 = 2600$ см, $\gamma_{\text{г}} = 1,92$ кг/см³, $\varnothing = 102$ см, $\varphi = 31^\circ$, $\text{tg}\varphi = 0,6$, $\text{ctg}\varphi = 1,66$, $C = 26$ кПа.

Предельное критическое давление ($P_{\text{кр}}$) на грунт под штампом, при котором обеспечивается его предельное сопротивление по несущей способности и деформативности, определяется по формуле

$$P_{\text{кр}} = \gamma_{\text{г}} \left[\frac{0,5\pi}{\text{ctg}\varphi - \frac{\pi}{2} + \varphi} \varnothing + \left(\frac{\pi}{\text{ctg}\varphi - \frac{\pi}{2} + \varphi} \right) h_3 + \frac{\pi}{\text{ctg}\varphi - \frac{\pi}{2} + \varphi} \frac{C}{\text{tg}\varphi} \right]. \quad (11)$$

Для этой стадии окончательным является выполнения условия $P_{\text{кр}} < P_{\text{пр}}^{\text{гр. шт}}$, которое указывает на окончание испытаний и соответствует конечным участкам параболы на графике (см. рис. 5).

Таким образом, согласно расчетам испытания (рис. 5, 6), приходим к выводу, что на этапах 6 и 7 суммарная осадка равна расчетной и характеризует достижения предельного равновесия в грунте под штампом с переходом в пластическую стадию и выпирания, о чем свидетельствует факт отклонения графика от параболической функции изображения зависимости $S - P$ участка на рис. 5 [13].

В условиях адекватности штамповых испытаний грунтов на сжимаемость в полевых условиях (рис. 7) принимаем модуль деформации E_i постоянным в пределах каждого слоя в зависимости между $\varepsilon_i - f(\sigma_i)$. Для контроля достоверности штамповых испытаний используются известные способы:

1. Установить на кривой $S = f(P)$ нагрузку, при которой суммарная остаточная осадка грунта под штампом за 48 ч не превышает 750 мм, и разделить на коэффициент запаса 2.

2. Установить на кривой $S = f(P)$ нагрузку, при которой в течение последних 24 ч отсутствовали осадки грунта под штампом, а суммарная осадка, включая упругие деформации, составляет не более 0,25 мм на 1 тс давления в домкрате, и разделить эту нагрузку на коэффициент запаса 2.

3. Установить на кривой $S = f(P)$ точку перелома, соответствующую пластическому деформированию, и разделить эту нагрузку, соответствующую этой точке, на коэффициент запаса 1,5.

4. Провести касательную к линии кривой $S = f(P)$. Определить нагрузку в точке их пересечения и разделить на коэффициент запаса 1,5.

5. Найти на кривой $S = f(P)$ точку, в которой полная осадка грунта под штампом становится больше 0,1 мм на 1 тс добавленной нагрузки, и разделить на коэффициент запаса 1,5.

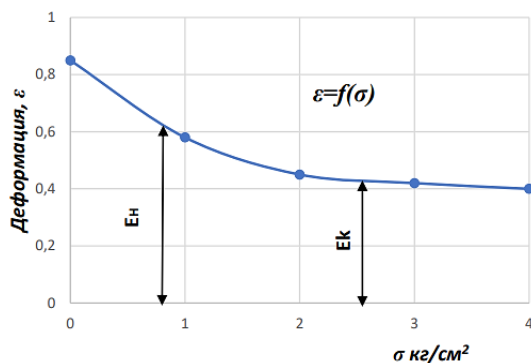


Рис. 7. Кривая сжимаемости грунта

Fig. 7. Soil compressibility curve

Предложения с 1-го по 5-й пункты прежде всего связаны с учетом касательных напряжений в слоях грунтового основания под штампом.

Длительные наблюдения и результаты штамповых испытаний, выполненных на ряде объектов строительства мостовых переходов, показали, что качество подготовки грунтового основания в обсадной металлической трубе под штампом с помощью бурильно-крановой установки BAUER VG-30 усту-

пает по качеству подготовки основания виброгрейфером VB-30 [14, 15]. Зачистку забоя под штампом в обсадной трубе рекомендуется производить специальным буровым наконечником – зачистителем в несколько приёмов, с его извлечением с грунтом на поверхность после каждой зачистки и последующей планировкой основания.

Отсутствие требуемого уровня подготовки грунтового основания под штампом отражается на отсутствии рабочего режима давления на испытуемый грунт в течение первых 3,5 ч. В это время происходит обычный предварительный обжим разрыхленного грунта под штампом, и начало его уплотнения сдвигается на кривой $S = f(P)$ от нулевого отсчета. Таким образом, сдвиг нагрузки и осадки испытуемого грунта под штампом на некоторую величину нарушает технологический регламент программы испытаний и проявляется в реализации кривой $S = f(P)$ разрыва, отодвигающего процесс консолидации грунта. Расхождения между расчетными по программе испытаний и измеренными значениями указывают на признак «отрицательной» концентрации напряжений в грунтовом основании под подошвой штампа.

Полный анализ испытаний требует достаточно большого количества нагружений и периодов выдержки во времени и является дорогостоящей операцией, причем стоимость испытаний определяется главным образом их продолжительностью в рамках теории консолидации и практически не зависит от числа нагружений [16, 17]. На основе зависимости между скоростью осадки грунта и временем выдержки под нагрузкой коэффициент консолидации для грунта определяют в первые 0,5–1,0 ч, что ниже закладываемых в типовых программах штамповых испытаний [18].

Оптимизация процесса испытаний изменяет процедуру и не снижает качества полученных экспериментальных значений и их вариации, но приводит к уменьшению расхода времени и стоимости. В процессе штамповых испытаний не всегда целесообразно добиваться каких-то предельных деформаций и осадки грунта под штампом (например, 0,1 мм) за этап нагружения, т. к. более убедительные показания осадки отслеживаются в течение 2–3 этапов нагружения с короткими периодами во времени, при этом модуль осадки (E_p) и общей деформации (E_q) должны быть равны.

Существующая опасность, отмеченная ранее, связана с некачественной подготовкой основания под штампом. Результаты этапов первоначального обжатия разрыхленного грунта реально не отражают процесс возможного выпора грунта под штампом. Для предотвращения этого «эффекта» часть системы засыпается песком в обсадной трубе (см. рис. 4, б).

В связи с тем, что в программах штамповых испытаний, как правило, отсутствуют зависимости между скоростью протекания и сжатия грунта под штампом при нагружении, необходимость определения функциональной зависимости модуля усадки (E_p) от времени (t_p) очевидна для обоснования режимов нагруженности и консолидации (рис. 8), а также определения модуля деформации грунта (E_q) при следующих показателях⁴ [19]: μ – коэффициент

⁴ ГОСТ 5686–2012. Грунты. Методы полевых испытаний сваями. Москва: Стандартинформ, 2014. 42 с.

Пуассона, принимаем: для крупнообломочных грунтов – 0,27, для песков и супесей – 0,30, для суглинистых – 0,35, для глин и глинистых – 0,42; K_i – коэффициент, принимается для жесткого круглого штампа – 0,79; D – приращение давления на штамп; Δ_s – приращение осадки штампа, соответствующее D в см. За критерий условной стабилизации деформации и консолидации грунтов скорость осадки штампа должна быть не более 0,1 мм за время этапа нагружения t .

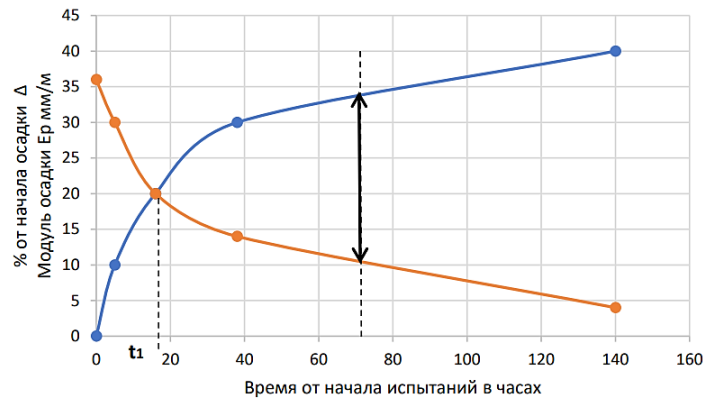


Рис. 8. Время от начала испытания в часах, t_1 – начало консолидации

Fig. 8. Time from start of test, h; t_1 – consolidation initiation

Испытания показали, что при неравномерной осадке грунта в пределах 50 % от ее полной величины коэффициент консолидации $n \approx 1,5$ и сжимаемость грунта соответствует реальной осадке при значении критической удельной нагрузки $P_{кр}^1$, т/м², равной

$$P_{кр}^1 = \gamma \cdot h \operatorname{tg} \varphi \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right). \quad (12)$$

Полную осадку грунта под штампом необходимо прогнозировать с учетом неоднородности грунтовой толщины, имеющей модули сжатия грунта, увеличивающиеся с глубиной⁵ [20]. Это обстоятельство накладывает отпечаток в теоретическом обосновании промежуточных и конечных значений осадки грунта под штампом в процессе этапного нагружения. Теоретически на основе метода последовательных решений справедливо выражение для вычисления осадки

$$\Delta_{si} = (E_{pi+1} - E_{p,i})h, \quad (13)$$

где E_{pi+1} , $E_{p,i}$ – модули осадок последующего и предыдущего слоев грунтового основания; h – отметка залегания грунтов под штампом.

Поскольку объем данных, получаемых в процессе испытания, пропорционален общему числу предельных значений и их вариаций, то продолжитель-

⁵ СП 24.13330–2011. Свайные фундаменты. Москва, 2011, 85 с.

ность испытаний, не снижая качество, можно сократить при достижении требуемых пределов разности значений в их вариациях [20]. Так, например, дрейф разности значений 0,02 мм для вариации нагрузки в интервале 10–12 т указывает на достижение предельных отказов и сокращение времени испытания. Штамповые испытания по грунту относятся к испытаниям со ступенчатым возрастанием нагрузок, но ограниченных по среднему значению деформации осадки грунта под штампом для всех вариаций, доступность и достоверность которых находятся в интервале времени от 6 до 8 ч. Тогда упрощенная схема экономического обоснования штамповых испытаний основана на формуле в следующем виде:

$$C = C_0 + \sum_{i=1}^n V_i t, \quad (14)$$

где C – затраты на проведение испытаний в течение 6–8 ч; n – число штамповых испытаний в кусте свай; C_0 – стоимость свайного ростверка в кусте свайного фундамента в «деле»; V_i – затраты, связанные с режимом обжатия (приработки); t – время приработки.

Рассматривая мосты как объекты экономической зоны ответственности, предлагаем приближенную зависимость определения V_i в виде

$$V_i = (1 - \Theta) / (\gamma \cdot k + \eta), \quad (15)$$

где Θ – коэффициент, зависящий от вида напряженного состояния грунта под штампом; $\gamma < 1$ – коэффициент, указывающий долю затрат на приработку грунтового основания под штампом; $k = 1,4$; η – коэффициент экономической ответственности мостов, равен 0,5 [17].

Заключение

Штамповые испытания грунта при строительстве свайных фундаментов ряда объектов мостовой инфраструктуры в Сибирском регионе Российской Федерации в условиях уплотненных и неуплотненных грунтов позволили построить зависимость $S = f(P)$ с учетом развития пластических деформаций при длительном нагружении на основе математической зависимости Риттера – Рассохина на основе оценки предельных значений средней осадки и сопротивления грунта под подошвой штампа.

Предельная осадка грунта, расчетное давление, при котором происходит стабилизация с предельной деформацией грунта, а также предельное критическое давление на грунт характеризуют процесс деформирования грунта под штампом с учетом сдвига.

Реализация кривой $S = f(P)$ при штамповых испытаниях возможна только при качественном уровне подготовки основания грунта под штампом с дополнительным условием фиксирования зависимости между скоростью протекания сжатия грунта и нагружения, консолидации и сжимаемости грунта. Для практического использования уточнена схема экономического обоснования интервала времени штамповых испытаний.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мангушев Р.А., Ершов А.В., Осокин А.И. Современные свайные технологии. Москва : Изд-во АСВ, 2010. 240 с.
2. GTS 2012. Analysis Manual. Part I. Analysis Case, 2011. 243 p.
3. Рубцов О.И., Бакалов А.Ю., Кобецкий Д.И. Влияние технологии «ПЕСКОНАСОС» на процессы консолидации и стабилизации в слабых грунтах основания на примере Имеретинской низменности // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 6. С. 148–156.
4. De Vos. M. Innovative design methods in geotechnical engineering // GeoTechNet – European Geotechnical Thematic Network. Part 2. 2010. 13 p.
5. Ржаницын А.Р. Определение экономической безопасности и коэффициентов запаса из экономических соображений // Вопросы безопасности и прочности строительных конструкций. Москва : Стройиздат, 1951. 112 с.
6. Хевиленд Р. Теория надежности и расчет на долговечность. Москва ; Ленинград : Энергия, 1966. С. 232.
7. Флорин В.А. Основы механики грунтов. Т. I. Ленинград ; Москва : Государственное изд-во литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1959. 356 с.
8. Bruce D.A., Juan I. Drilled and grouted micropiles state of practice review. Springfield, VA, USA, 1997. V. 1–4. NTIS. 115 p.
9. Катцын П.А., Сибир В.В. Проектирование и расчет опор и фундаментов автодорожных мостов. Томск, 1991. 134 с.
10. Почтман Ю.М., Колесниченко А.П. Методы математической оптимизации в механике грунтов. Киев ; Донецк : Головное изд-во издательского объединения «Вища школа», 1977. 102 с.
11. Палкин Ф.П., Нижневясов В.В. Расчет фундаментов мостовых опор. Новосибирск, 1967. 71 с.
12. Гольдштейн М.Н., Царьков А.А., Черкасов И.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. Москва : Трансиздат, 1981. 316 с.
13. Глотов Н.М., Луга А.А., Силин К.С., Завриев К.С. Свайные фундаменты. Москва : Транспорт, 1975. 422 с.
14. Силин К.С., Глотов Н.М., Карпинский В.Н. Фундаменты опор мостов из сборного железобетона. Москва : Транспорт, 1968. 317 с.
15. Солохин В.Ф., Дядькин С.Н., Овчинников И.Г., Раткин В.В., Мельников А.Б., Мариков Б.Д., Жаворонков Б.Г. Отечественное мостостроение на рубеже XX–XXI веков. Саратов, 2002. 127 с.
16. Маслов Н.Н. Прикладная механика грунтов. Москва : Изд-во Министерства строительства предприятий машиностроения, 1949. 327 с.
17. Дривинг А.Я. К определению числовых характеристик надежности конструкций сооружений с чисто экономической ответственностью // Проблемы надежности в строительной механике. Вильнюс : РИНТИП, 1968. 63 с.
18. Иванов Г.И., Носков И.В., Слободян А.Д., Госькова Г.С. Основания и фундаменты : справочник / под ред. Г.И. Швецова. Москва : Высшая школа, 1991. 383 с.
19. Design and construction of pile foundations. DIAN, 2004. 192 p.
20. Kenneth L.L. Buckling of partially embedded piles in sand // Journal of the Soil Mechanics and Foundations Divisions. 1968. № 1. P. 23–26.

REFERENCES

1. Mangushev R.A., Ershov A.V., Osokin A.I. Modern pile technology. Moscow: ASV, 2010. 240 p. (In Russian)
2. GTS 2012. Analysis Manual. Part I Analysis Case, 2011. 243 p.
3. Rubtsov O.I., Bakalov A.Y., Kobetsky D.I. Sand pump technology in consolidation and stabilization of soft soils in the Imeretin Valley. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2014; (6): 148–156. (In Russian)

4. De Vos M. Innovative design methods in geotechnical engineering. GeoTechNet – European Geotechnical Thematic Network. Part 2. 2010. 13 p.
5. Rzhantsyn A.R. Economic safety and safety factor from economic viewpoint. In: Problems of safety and durability of building structures. Moscow: Stroyizdat, 1951. 112 p. (In Russian)
6. Haviland R. Engineering reliability and calculation of durability. Moscow; Leningrad: Energia, 1966. 232 p. (In Russian)
7. Florin V.A. Fundamentals of soil mechanics, vol. I. Leningrad; Moscow, 1959. 356 p. (In Russian)
8. Bruce D.A., Juan I. Drilled and grouted micropiles state of practice review, vol. 1–4. Virginia: Springfield, 1997. 115 p.
9. Kattsyn P.A., Sieber V.V. Design and analysis of supports and foundations of road bridges. Tomsk, 1991. 134 p. (In Russian)
10. Pochtman Y.M., Kolesnichenko A.P. Methods of mathematical optimization in soil mechanics. Kiev; Donetsk: Vyshcha Shkola, 1977. 102 p. (In Russian)
11. Palkin F.P., Nizhevyasov V.V. Foundations analysis of bridge supports. Novosibirsk, 1967, 71 p. (In Russian)
12. Goldstein M.N., Tsarkov A.A., Cherkasov I.I. Mechanics of soils, foundations and foundations. Moscow: Transizdat, 1981. 316 p. (In Russian)
13. Glotov N.M., Luga A.A., Silin K.S., Zavriev K.S. Pile foundations. Moscow: Transport, 1975. 422 p. (In Russian)
14. Silin K.S., Glotov N.M., Karpinskiy V.N. Foundations of bridge piers of prefabricated reinforced concrete. Moscow: Transport, 1968. 317 p. (In Russian)
15. Solokhin V.F., Dyadkin S.N., Ovchinnikov I.G., Ratkin V.V., Melnikov A.B., Zhavoronkov B.G. National bridge construction at the turn of 20th–21st centuries. Saratov, 2002. 127 p. (In Russian)
16. Maslov N.N. Applied mechanics of soils. Moscow, 1949. 327 p. (In Russian)
17. Dreving A.Y. Determination of numerical characteristics of reliability of structures with purely economic responsibility. In: Problems of Reliability in Structural Mechanics. Vilnius, 1968. 63 p. (In Russian)
18. Ivanov G.I., Noskov I.V., Slobodian A.D., Guskova G.S. Foundations. Handbook. G.I. Shvetsov ed., Moscow: Vysshaya Shkola, 1991. 383 p. (In Russian)
19. Design and construction of pile foundations. DIAN, 2004. 192 p.
20. Kenneth L.L. Buckling of partially embedded piles in sand. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Divisions*. 1968; (1): 23–26.

Сведения об авторах

Картопольцев Владимир Михайлович, докт. техн. наук, профессор, ООО «ДИАМОС», 634003, г. Томск, пер. Соляной, 24/1, diamos@mail.ru

Картопольцев Андрей Владимирович, канд. техн. наук, доцент, ООО «ДИАМОС», 634003, г. Томск, пер. Соляной, 24/1, diamos@mail.ru

Алексеев Александр Аверьянович, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная 2, alekseev10@yandex.ru

Authors Details

Vladimir M. Kartopoltsev, DSc, Professor, ООО “DIAMOS”, 24/1, Solyanoy Str., 634003, Tomsk, Russia, diamos@mail.ru

Audrey V. Kartopoltsev, PhD, A/Professor, ООО “DIAMOS”, 24/1, Solyanoy Str., 634003, Tomsk, Russia, diamos@mail.ru

Aleksandr A. Alekseev, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, alekseev10@yandex.ru

Вклад авторов

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

Authors contributions

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

Статья поступила в редакцию 20.03.2023
Одобрена после рецензирования 28.03.2023
Принята к публикации 29.03.2023

Submitted for publication 20.03.2023
Approved after review 28.03.2023
Accepted for publication 29.03.2023

РЕЦЕНЗИИ

PEER REVIEWS

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2023. Т. 25. № 2. С. 223–225.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2023; 25 (2): 223–225.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

РЕЦЕНЗИЯ

DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-223-225

РЕЦЕНЗИЯ НА МОНОГРАФИЮ

СКРИПНИКОВА Н.К., ВОЛОКИТИН Г.Г., ВОЛОКИТИН О.Г., ШЕХОВЦОВ В.В.
ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА.
ТОМСК: ИЗД-ВО ТОМ. ГОС. АРХИТ.-СТРОИТ. УН-ТА, 2019. 132 С. + 2 Л. ВКЛ.
ISBN 978-5-93057-885-0

Семен Суренович Каприелов

НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, г. Москва, Россия

Для цитирования: Каприелов С.С. Рецензия на монографию: Скрипникова Н.К., Волокитин Г.Г., Волокитин О.Г., Шеховцов В.В. Плазмохимический синтез цементного клинкера. Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2019. 132 с. + 2 л. вкл. ISBN 978-5-93057-885-0 // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 2. С. 223–225. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-223-225.

PEER REVIEW

MONOGRAPH REVIEW

PLASMA CHEMICAL SYNTHESIS OF CEMENT CLINKER

by SKRIPNIKOVA N.K., VOLOKITIN G.G., VOLOKITIN O.G., SHEKHOVTSOV V.V.
TOMSK, TSUAB, 2019. 132 p. ISBN 978-5-93057-885-0

Semen S. Kaprielov

*Gvozdev Research, Design and Technological Institute
of Concrete and Reinforced Concrete, Moscow, Russia*

For citation: Kaprielov S.S. Monograph review: “Plasma chemical synthesis of cement clinker” by Skripnikova N.K., Volokitin G.G., Volokitin O.G., Shekhovtsov V.V. Tomsk, TSUAB, 2019. 132 p. ISBN 978-5-93057-885-0. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2023; 25 (2): 223–225. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-223-225.

Данная монография посвящена плазмохимическому синтезу цементного клинкера, который может быть одним из технологических способов, позволяющих существенно повлиять на качество портландцемента и эффективность его производства. Синтез основан на использовании в качестве источника энергии низкотемпературной плазмы, которая позволяет обеспечить высокую концентрацию энергии в небольших объемах, создать эффект «термоудара», интенсифицировать процессы плавления сырьевой смеси и реакции клинкерообразования.

В настоящее время не в полной мере исследованы физико-химические процессы клинкерообразования, происходящие в условиях высококонцентрированных тепловых потоков, термодинамический анализ химических реакций при высоких температурах, физические основы формирования структуры клинкерных минералов при воздействии низкотемпературной плазмы на сырьевую смесь.

В связи с этим вопросы комплексных исследований плазмохимического способа производства цементного клинкера и физико-химических процессов, протекающих при этом, являются актуальными и требуют дальнейшего изучения.

Монография состоит из пяти глав, в каждой из которых сконцентрирована по темам информация, необходимая для понимания существа плазмо-химического синтеза портландцементного клинкера.

Первая глава посвящена анализу современных результатов исследований физико-химических процессов минералообразования, протекающих при высокотемпературном синтезе (1900–2000 °С). Здесь описываются особенности высокотемпературного воздействия на минеральное сырье, получение расплава и основные факторы, влияющие на синтез высокоактивного цемента на основе плавленного клинкера.

Во второй главе обоснован выбор сырьевых компонентов, приведены их характеристики, представлено описание методик физико-химических исследований, произведен расчет оптимального состава смеси с использованием методов математического планирования эксперимента.

В третьей главе представлены: термодинамический анализ процессов высокотемпературного синтеза клинкера; исследования плавкости сырьевых компонентов и смесей на их основе; технологические особенности и физико-химические исследования процессов плазмохимического синтеза цементного клинкера; физические основы структурообразования клинкерных минералов.

В четвертой главе приведены исследования строительно-технических свойств цемента на основе клинкеров, синтез которых осуществлялся в условиях НТП, и физико-химические исследования цементного камня.

В пятой главе представлено описание технологического решения, рекомендуемого для производственного применения плазмохимического реактора, экономическая эффективность плазмохимического синтеза цемента, рекомендации по практическому применению высокотемпературного синтеза цементного клинкера.

С полной уверенностью можно считать, что монография по ее актуальности, фундаментальности, новизне научного знания, перспективам инженер-

ного приложения разработок отвечает приоритетам развития строительного материаловедения и строительных технологий.

Монография может быть интересна и полезна научным, инженерно-техническим работникам, аспирантам, магистрантам, занимающимся вопросами современных строительных технологий, опирающихся на реализацию физических и физико-химических явлений создания и преобразования твердofазных состояний вещества.

Сведения об авторе

Каприелов Семен Суренович, докт. техн. наук, академик РААСН, зав. лабораторией, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, 109428, г. Москва, 2-я Институтская ул., д. 6, корп. 5.

Author Details

Semen S. Kaprielov, DSc, RAACS Academician, Head of Laboratory, Gvozdev Research, Design and Technological Institute of Concrete and Reinforced Concrete, 6, 2nd Institutskaya Str., 109428, Moscow, Russia.