

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Томский государственный
архитектурно-строительный университет

ВЕСТНИК

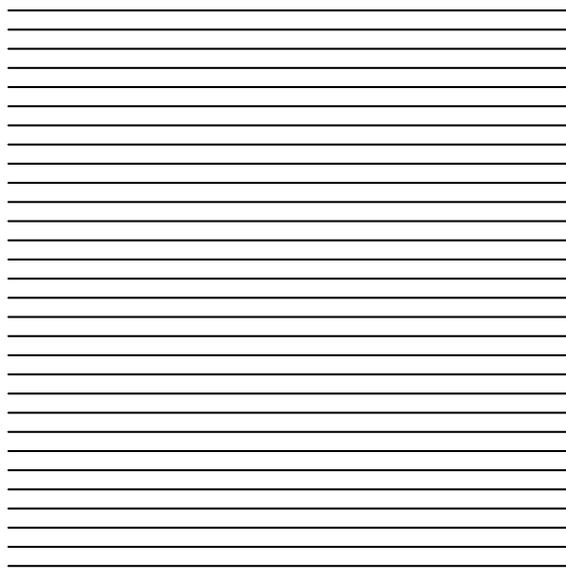
ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА

Том 23

№ 3 2021

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с апреля 1999 г.



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ляхович Л.С., докт. техн. наук, профессор, академик РААСН, зав. кафедрой строительной механики ТГАСУ; гл. редактор; lls@tsuab.ru; г. Томск
Акимов П.А., докт. техн. наук, профессор, академик РААСН, главный ученый секретарь РААСН; pavel.akimov@gmail.com; г. Москва
Белостоцкий А.М., докт. техн. наук, профессор, чл.-корр. РААСН, ген. директор научно-исследовательского центра СтаДиО; amb@stadyo.ru; г. Москва
Бондаренко И.А., докт. архитектуры, профессор, академик РААСН, директор НИИТИАГ, филиал ЦНИИП Минстроя России; niitag@yandex.ru; г. Москва
Власов В.А., докт. физ.-мат. наук, профессор, ректор ТГАСУ; rector@tsuab.ru; г. Томск
Волокитин Г.Г., докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой прикладной механики и материаловедения ТГАСУ; vgg-tomsk@mail.ru; г. Томск
Гныря А.И., докт. техн. наук, профессор, советник РААСН, зав. кафедрой технологии строительного производства ТГАСУ; tsp_tgasu@mail.ru; г. Томск
Дегтярев В.В., докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой гидротехнического строительства, безопасности и экологии НГАСУ (Сибстрин); ngasu_gts@mail.ru; г. Новосибирск
Дзюбо В.В., докт. техн. наук, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения ТГАСУ; dzv1956@mail.ru; г. Томск
Ефименко В.Н., докт. техн. наук, зав. кафедрой автомобильных дорог ТГАСУ; svefimenko_80@mail.ru; г. Томск
Ефименко С.В., докт. техн. наук, декан дорожно-строительного факультета ТГАСУ; svefimenko_80@mail.ru; г. Томск
Есаулов Г.В., докт. архитектуры, профессор, академик РААСН, проректор по научной работе МАРХИ; gvesaulov@raasn.ru; г. Москва
Жерардо М.Ч., докт. наук, профессор инженерного факультета Международного дистанционного университета UNINETTUNO; g.cennamo@uninettunouniversity.net; г. Рим, Италия
Ильичев В.А., докт. техн. наук, профессор, вице-президент РААСН, академик РААСН; ilyichev@raasn.ru; г. Москва
Инжутов И.С., докт. техн. наук, профессор, директор инженерно-строительного института СФУ; iinzhutov@sfu-kras.ru; г. Красноярск
Кнаиа Б.М., докт. техн. наук, профессор факультета проектирования зданий, сооружений и геотехники Политехнического университета Турина; bernardino.chiaia@polito.it; г. Турин, Италия
Ковлер К.Л., докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой строительных материалов и технологий Технион – Израильский технологический институт; cvrkost@technion.ac.il; г. Хайфа, Израиль
Копаница Н.О., докт. техн. наук, профессор кафедры строительных материалов и технологий ТГАСУ; kopanitsa@mail.ru; г. Томск
Кудяков А.И., докт. техн. наук, профессор кафедры строительных материалов и технологий ТГАСУ, советник РААСН; kudyakov@tsuab.ru; г. Томск
Кумяк О.Г., докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой железобетонных конструкций ТГАСУ, советник РААСН; kumpryak@yandex.ru; г. Томск
Лежава И.Г., докт. архитектуры, профессор, академик РААСН, вице-президент РААСН, профессор МАРХИ; lezhavailia@gmail.com; г. Москва
Морозов В.И., докт. техн. наук, профессор, чл.-корр. РААСН, зав. кафедрой строительных конструкций СПбГАСУ; torozov@spbgasu.ru; г. Санкт-Петербург
Овсянников С.Н., докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой архитектуры гражданских и промышленных зданий ТГАСУ; ovssn@tsuab.ru; г. Томск
Плачиди Л.Л., докт. наук, доцент инженерного факультета Международного дистанционного университета UNINETTUNO; luca.placidi@uninettunouniversity.net; г. Рим, Италия
Поляков Е.Н., докт. искусствоведения, канд. архитектуры, профессор кафедры теории и истории архитектуры ТГАСУ, член Союза архитекторов России; polyakov-en@ya.ru; г. Томск
Пустоветов Г.И., докт. архитектуры, профессор, чл.-корр. РААСН, советник ректората НГУАДИ; pustovetovgi@gmail.com; г. Новосибирск
Сколубович Ю.Л., докт. техн. наук, профессор, чл.-корр. РААСН, ректор НГАСУ (Сибстрин); sjl1964@mail.ru; г. Новосибирск
Травуш В.И., докт. техн. наук, профессор, академик РААСН, вице-президент РААСН; travush@mail.ru; г. Москва
Цветков Н.А., докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой теплогазоснабжения ТГАСУ; nac@tsuab.ru; г. Томск
Чернышов Е.М., докт. техн. наук, профессор, председатель президиума Центрального отделения РААСН, академик РААСН; chem@vgasu.vrn.ru; г. Воронеж
Шубин И.Л., докт. техн. наук, чл.-корр. РААСН, директор НИИСФ РААСН; niisf@niisf.ru; г. Москва
Яненко А.П., докт. техн. наук, профессор кафедры гидротехнического строительства, безопасности и экологии НГАСУ (Сибстрин); ngasu_gts@mail.ru; г. Новосибирск

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/>; «Томская областная универсальная научная библиотека имени А.С. Пушкина»: <https://www.lib.tomsk.ru>; «EBSCO»: <https://www.ebsco.com>; «КиберЛенинка»: <https://cyberleninka.ru>; «IPRbooks»: www.iprbookshop.ru, а также на сайте «Вестник ТГАСУ»: <https://vestnik.tsuab.ru>

Научное издание

ВЕСТНИК ТГАСУ № 3 – 2021

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)

ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

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

Редакторы Т.С. Володина, Г.Г. Семухина.
Переводчик М.В. Воробьева. Дизайн Е.И. Кардаш.
Технический редактор Н.В. Удлер.
Подписано в печать 23.06.2021. Формат 70×108/16. Гарнитура Таймс.
Уч.-изд. л. 13,12. Усл. печ. л. 15,58. Тираж 200 экз.
Зак. № 70.

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

© Томский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2021

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

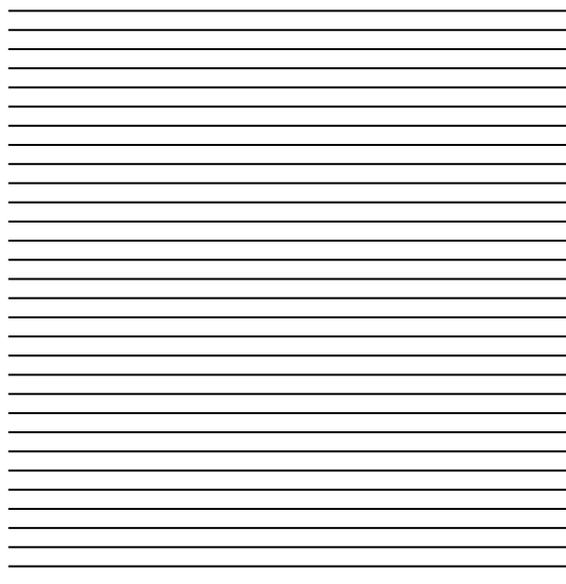
VESTNIK
TOMSKOGO GOSUDARSTVENNOGO
ARKHITEKTURNO-STROITEL'NOGO UNIVERSITETA

JOURNAL
OF CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Volume 23

№ 3 2021
SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

Published since April 1999



EDITORIAL STAFF

1. Lyakhovich L.S., DSc, Professor, RAACS Academician, Chief Editor, Head of Structural Mechanics Dept., TSUAB; lls@tsuab.ru, Tomsk, Russia
2. Akimov P.A., DSc, Professor, RAACS Academician, RAACS Chief Academic Secretary; pavelakimov@gmail.com, Moscow, Russia
3. Belostotskii A.M., DSc, Professor, RAACS Corresponding Member, Director General Research Center StaDiO; amb@stadyo.ru, Moscow, Russia
4. 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; nitag@yandex.ru, Moscow, Russia
5. Chernyshov E.M., DSc, Professor, RAACS Academician, Chairman of the Presidium of RAACS Central Regional Branch; chem@vgasu.vrn.ru, Voronezh, Russia
6. Chiaia B., PhD, Professor, Politecnico di Torino (Polytechnic University of Turin); bernardino.chiaia@polito.it, Turin, Italy
7. Degtyarev V.V., DSc, Professor, Head of Hydraulic Engineering, Safety and Ecology Dept., Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering; ngasu_gts@mail.ru, Novosibirsk, Russia
8. Dzyubo V.V., DSc, Professor, Department of Water Supply and Sewage Systems, TSUAB; dzv1956@mail.ru, Tomsk, Russia
9. Efimenko V. N., DSc, Professor, Dean of Road Engineering and Construction Faculty, Head of Automobile Roads Dept., TSUAB; svefimenko_80@mail.ru, Tomsk, Russia
10. Efimenko S.V., DSc, Dean of Road Engineering and Construction Faculty, TSUAB; svefimenko_80@mail.ru, Tomsk, Russia
11. Esaulov G.V., DSc, Professor, RAACS Academician, Vice-Rector for Research of Moscow Architectural Institute (State Academy); esaulovgy@raasn.ru, Moscow, Russia
12. Girardot M.C., DSc, Professor, Engineering Dept., International Telematic University UNINETTUNO; g.cennamo@uninettunouniversity.net, Roma, Italy
13. Gnyrya A.I., DSc, Professor, RAACS Adviser, Head of Construction Engineering Technology Dept., TSUAB; tsp_tgasu@mail.ru, Tomsk, Russia
14. Il'ichev V.A., DSc, Professor, RAACS Academician, RAACS Vice President; ilyichev@raasn.ru, Moscow, Russia
15. Inzhutov I.S., DSc, Professor, Director School of Engineering and Construction, SibFU; iinzhutov@sfu-kras.ru, Krasnoyarsk, Russia
16. Kopanitsa N.O., DSc, Professor, Building Materials and Technologies Dept., TSUAB; kopanitsa@mail.ru, Tomsk, Russia
17. Kovler K., A/Professor, Civil and Environmental Engineering, Head of Building Materials, Performance & Technology Dept., Technion Israel Institute of Technology; cvrkotr@technion.ac.il, Haifa, Israel
18. Kudyakov A.I., DSc, Professor; RAACS Adviser, Head of Construction Engineering Technology Dept., TSUAB (Tomsk, Russia); kudyakov@tsuab.ru
19. Kumpyak O.G., DSc, Professor; RAACS Adviser, Head of Reinforced Concrete and Masonry Structures Dept., TSUAB; kumpyak@yandex.ru, Tomsk, Russia
20. Lezhava I.G., DSc, Professor, RAACS Academician, RAACS Vice President, Moscow Architectural Institute (State Academy); lezhavailia@gmail.com, Moscow, Russia
21. Morozov V.I., DSc, Professor, RAACS Corresponding Member, Head of Engineering Constructions Dept., SPSUACE; morozov@sphgasu.ru, St-Petersburg, Russia
22. Ovsyannikov S.N., DSc, Professor, Head of Architecture of Civil and Industrial Buildings Dept., TSUAB; ovssn@tsuab.ru, Tomsk, Russia
23. Placidi L.L., DSc, A/Professor, Engineering Dept., International Telematic University UNINETTUNO; luca.placidi@uninettunouniversity.net, Roma, Italy
24. Polyakov E.N., DArts, Professor; Member of the Union of Architects of Russia; Theory and History of Architecture Dept., TSUAB; polyakov-en@ya.ru, Tomsk, Russia
25. Pustovetov G.I., DSc, Professor, RAACS Correspondent Member, Adviser Novosibirsk State University of Architecture, Design and Fine Arts; pustovetovgi@gmail.com, Novosibirsk, Russia
26. Skolubovich Yu.L., DSc, Professor, RAACS Correspondent Member, Rector Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering; sjl1964@mail.ru, Novosibirsk, Russia
27. Shubin I.L., DSc, RAACS Corresponding Member, Director Structural Physics Research Institute, RAACS; nisf@nisf.ru, Moscow, Russia
28. Tsvetkov N.A., DSc, Professor, Head of Heat and Gas Supply Dept., TSUAB; nac@tsuab.ru, Tomsk, Russia
29. Travush V.I., DSc, Professor, RAACS Vice President, RAACS Academician; travush@mail.ru, Moscow, Russia
30. Vlasov V.A., DSc, Professor, Rector, TSUAB; rector@tsuab.ru, Tomsk, Russia
31. Volokitin G.G., DSc, Professor, Head of Applied Mechanics and Materials Science Dept., TSUAB; vgg-tomsk@mail.ru, Tomsk, Russia
32. Yanenko A.P., DSc, Professor, Hydraulic Engineering, Safety and Ecology Dept., Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering; ngasu_gts@mail.ru, Novosibirsk, Russia

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.lib.tomsk.ru>; <https://www.ebsco.com>; <https://cyberleninka.ru>; www.iprbookshop.ru; <https://vestnik.tsuab.ru>

Scientific Edition

VESTNIK TOMSKOGO GOSUDARSTVENNOGO ARKHITEKTURNO-STROITEL'NOGO UNIVERSITETA
JOURNAL OF CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE № 3 – 2021

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.

Editors T.S. Volodina, G.G. Semukhina
Translator M.V. Vorob'eva. Design: E.I. Kardash
Technical editor N.V. Udler
Passed for printing: 23.06.2021. Paper size: 70×108/16. Typeface: Times New Roman
Published sheets: 13,12. Conventional printed sheets: 15,58. Print run: 200 copies
Order N 70.

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, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

Поляков Е.Н., Полякова О.П. Швейцарский период (1887–1917) в жизни и творчестве Шарля-Эдуара Жаннера-Гри (Ле Корбюзье) (ТГАСУ, г. Томск).....	9
Могилевская Я.В., Ситникова Е.В. Торговые здания товарищества «А.Ф. Второв и сыновья» конца XIX – начала XX века в городах Сибири (ТГАСУ, г. Томск).....	21
Скоблицкая Ю.А., Шерemet А.А. Архитектурно-планировочные особенности включения многофункциональных спортивных комплексов футбольных академий в структуру крупнейших городов (ЮФУ, г. Ростов-на-Дону).....	29
Ситникова Е.В., Рубанова М.И. Формирование архитектурного облика села Богородское Томской губернии (ТГАСУ, г. Томск).....	37
Киншт А.В., Малова Е.Д. Развитие системы общественного транспорта как один из факторов экологизации городской среды (НГУАДИ, г. Новосибирск).....	46
Сборщиков С.Б., Журавлев П.А. Организационные аспекты развития территорий и застройки (НИ МГСУ, г. Москва).....	58
Чугунов Е.В. Военные городки как основа формирования военно-стратегической функции городов Западной Сибири (Омска и Ново-Николаевска) в начале XX века (НГУАДИ, г. Новосибирск).....	71
Герасимов А.П., Корж М.И. Влияние классицизма на градостроительство городов Западной Сибири (ТГАСУ, г. Томск).....	81
Махортова А.С., Астахова Е.С. Особенности архитектурной организации системы велосипедных центров «Вело-Сити» в структуре города (ЮФУ, г. Ростов-на-Дону).....	98

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Однокопылов Г.И., Галютдинов З.Р., Максимов В.Б. Экспериментальные исследования железобетонных плит на податливых опорах при кратковременном динамическом нагружении (НИ ТПУ, ТГАСУ, г. Томск, УНИНЕТТУНО, Италия, г. Рим).....	109
Деордиев С.В., Беличенко М.Ю., Красиев М.А., Бутенко М.В. Экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния деревометаллического структурного покрытия и его узловых соединений при действии статической нагрузки (СФУ, г. Красноярск).....	118
Коянкин А.А., Митасов В.М. Напряженно-деформированное состояние сборно-монолитного элемента с учётом загрузки сборной части (СФУ, г. Красноярск, НГАСУ, г. Новосибирск).....	129

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ,
СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Белова Л.В., Вялкова Е.И., Глущенко Е.С., Осипова Е.Ю. Технология очистки производственных сточных вод гальванического цеха (ТИУ, г. Тюмень, ТГАСУ, г. Томск).....	143
---	-----

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Ющубе С.В., Подшивалов И.И. Моделирование напряженно-деформированного состояния кирпичного здания повышенной этажности на монолитной фундаментной плите с контурными железобетонными сваями (ТГАСУ, г. Томск).....	155
Соколов М.В., Простов С.М., Герасимов О.В. Прогноз сейсмостойкости сооружений по результатам численного моделирования деформационных свойств грунтовых оснований (КузГТУ, г. Кемерово)	167

C O N T E N T S

ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING

Polyakov E.N., Polyakova O.P. Life in Switzerland of Charles-Édouard Jeanneret known as Le Corbusier (Tomsk)	9
Mogilevskaya Ya.V., Sitnikova E.V. A.F. Vtorov & Sons retail buildings late in the 19th and early 20th centuries in Siberia (Tomsk).....	21
Skoblitskaya Yu.A., Sheremet A.A. Architecture and planning of sports centers of football academies in the largest cities (Rostov-on-Don)	29
Sitnikova E.V., Rubanova M.I. Architecture of Bogorodskoe village of the Tomsk province (Tomsk)	37
Kinsht A., Malova E. Development of public transport system as a factor in greening the urban environment (Novosibirsk).....	46
Sborshchikov S.B., Zhuravlev P.A. Organizational aspects of territory development (Moscow)	58
Chugunov E.V. Military towns for military-strategic function of Western Siberian towns (Omsk and Novo-Nikolaevsk) early in the 20th century (Novosibirsk)	71
Gerasimov A.P., Korzh M.I. The influence of classicism on urban planning in West Siberia (Tomsk)	81
Makhortova A.S., Astakhova E.S. Bicycle center infrastructure in a city (Rostov-on-Don).....	98

BUILDING AND CONSTRUCTION

Odnokopylov G.I., Galyautdinov Z.R., Maksimov V.B. Reinforced concrete slabs on yielding supports under dynamic load (Tomsk, Rome, Italy).....	109
Deordiev S.V., Belichenko M.Y., Krasiev M.A., Butenko M.V. Stress-strain state of sandwiched coating and its node connections under static load (Krasnoyarsk)	118
Koyankin A.A., Mitasov V.M. Stress-strain state of cast-in-place and precast structure with loaded cast-in-place element (Krasnoyarsk, Novosibirsk).....	129

WATER SUPPLY, SEWERAGE,
BUILDING SYSTEMS OF WATER RESOURCE PROTECTION

Belova L.V., Vyalkova E.I., Glushchenko E.S., Osipova E.Yu. Electroplating plant sewage technology (Tyumen, Tomsk).....	143
--	-----

BASES, FOUNDATIONS AND SUBSTRUCTURES

Yushchube S.V., Podshivalov I.I. Stress-strain state finite element modeling of concrete foundation along the concrete pile perimeter of a multistory brick building (Tomsk)	155
Sokolov M.V., Prostov S.M., Gerasimov O.V. Numerical simulation of subgrade soil deformation properties for prediction of earthquake resistance of structures (Kemerovo).....	167

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 72.036

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-9-20

*Е.Н. ПОЛЯКОВ, О.П. ПОЛЯКОВА,
Томский государственный архитектурно-строительный университет*

ШВЕЙЦАРСКИЙ ПЕРИОД (1887–1917) В ЖИЗНИ И ТВОРЧЕСТВЕ ШАРЛЯ-ЭДУАРА ЖАННЕРЕ-ГРИ (ЛЕ КОРБЮЗЬЕ)

Статья посвящена начальному этапу в проектной и общественной деятельности неординарного французского зодчего Ш.-Э. Жаннере-Гри (Ле Корбюзье) (1887–1965), который считается одним из создателей европейского функционализма.

Рассмотрены его первые проектные и живописные работы, отдельные сюжеты ознакомительных поездок по странам Западной Европы и Ближнего Востока.

Этот опыт помог начинающему архитектору создать его первые концептуальные версии и модели «современной» архитектуры. О них будет рассказано в наших дальнейших работах.

Ключевые слова: Швейцария; Ла Шо-де-Фон; Ш.-Э. Жаннере-Гри (Ле Корбюзье); виллы Фалле (Villa Fallet); Жаннере-Перре (Villa Jeanneret-Perret) и Швоб (Villa Schwob); концептуальная модель «Дом-Ино».

Для цитирования: Поляков Е.Н., Полякова О.П. Швейцарский период (1887–1917) в жизни и творчестве Шарля-Эдуара Жаннере-Гри (Ле Корбюзье) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 3. С. 9–20.

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-9-20

*E.N. POLYAKOV, O.P. POLYAKOVA,
Tomsk State University of Architecture and Building*

LIFE IN SWITZERLAND OF CHARLES-ÉDOUARD JEANNERET KNOWN AS LE CORBUSIER

The article is devoted to the early design and social activities of the extraordinary French architect Charles-Édouard Jeanneret known as Le Corbusier (1887–1965), who is considered to be one of the founders of European Functionalism. His first design and pictorial works are considered together with his trips to Western Europe and the Middle East. This experience helped the architect to create his first conceptual versions and models of the modern architecture, which will be described in our further works.

Keywords: Switzerland; La Chaux-de-Fonds; Charles-Édouard Jeanneret known as Le Corbusier; Villa Fallet; Villa Jeanneret-Perret; Villa Schwob; Dom-ino Project.

For citation: Polyakov E.N., Polyakova O.P. Shveysarskii period (1887–1917) v zhizni i tvorchestve Sharlya-Eduara Zhannere-Gri (Le Korbyuz'e) [Life in Switzerland of Charles-Édouard Jeanneret known as Le Corbusier]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2021. V. 23. No. 3. Pp. 9–20.
DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-9-20

Настоящая статья посвящена одному из самых известных и «нестандартных» архитекторов, который во многом определил общие стратегические направления в развитии современной архитектуры. Его прогрессивным идеям, неординарному характеру и поступкам посвящены «десятки книг и сотни статей», так О.А. Швидковский писал: «Ле Корбюзье оставил нам учение об архитектуре и градостроительстве, в котором находят свое решение насущные проблемы нашей эпохи... он построил в разных уголках нашей планеты здания, которые считаются образцовыми зданиями нашего времени...» [1]. Однако, по мнению Олега Александровича, «Корбюзье не был родоначальником новой архитектуры. Ее корни уходят вглубь XIX столетия, где мы встречаем имена Дж. Пекстона и А. Лабруста, О. Вагнера и Й. Гофмана, Г. Эйфеля и Л. Салливена. Предшественниками Ле Корбюзье в решении отдельных проблем были и его старшие современники О. Перре, П. Беренс, Т. Гарнье, Ф.Л. Райт. Ими и их единомышленниками были изобретены и впервые использованы многие архитектурные приемы, которые теперь часто связывают с именем Ле Корбюзье. Тони Гарнье проектировал дома с плоскими крышами, Райт впервые применил свободный план, Анатолий де Бодо – железобетонный каркас. До Корбюзье появляются также ленточные окна и открытые столбовые опоры на первом этаже...» [Там же]. Оригинальность творческих идей Ле Корбюзье в какой-то мере объясняется их «революционным демократизмом». «“До XX века архитекторов было не так уж и много, и работали они в основном с богачами. В XX столетии ситуация изменилась: из-за демографического взрыва возникла необходимость в архитектуре, которая может работать с простыми формами, прибегая к быстрым и менее затратным процессам. Ле Корбюзье – один из тех архитекторов, которые старались придумать новую архитектуру для всех...”, – объясняет Жиль Раго, один из знатоков творчества знаменитого архитектора...» [2].

Ле Корбюзье (Le Corbusier, настоящее имя Шарль-Эдуар Жаннере-Гри (фр. Charles-Edouard Jeanneret-Gris)) родился 6 октября 1887 г. в городке Ла Шо-де-Фон (франкоязычный кантон Нёвшатель на северо-западной границе Швейцарии, расположенный в предгорьях Юрского плато) (рис. 1).

В свое время этот городок посетили известные французские писатели романтического направления Жан-Жак Руссо и Альфонс де Ламартин. В одном из своих писем Руссо написал о нём следующее: «В молодости мне довелось увидеть... гору, на вершине которой расположены жилые дома, каждый из которых был размещен в центре ему принадлежащего участка... Крестьяне там жили счастливо и в достатке, они были освобождены от податей и налогов... Они с великим усердием обрабатывали землю, а в свободное от работы время занимались изготовлением тысяч разнообразных изделий... Я постоянно восхищался этими людьми, в которых удивительно сочетались, казалось

бы, несовместимые черты: тонкость вкуса и простота; подобного я не встречал нигде более...» [1]. Сейчас этот городок включен в Список Всемирного наследия ЮНЕСКО.

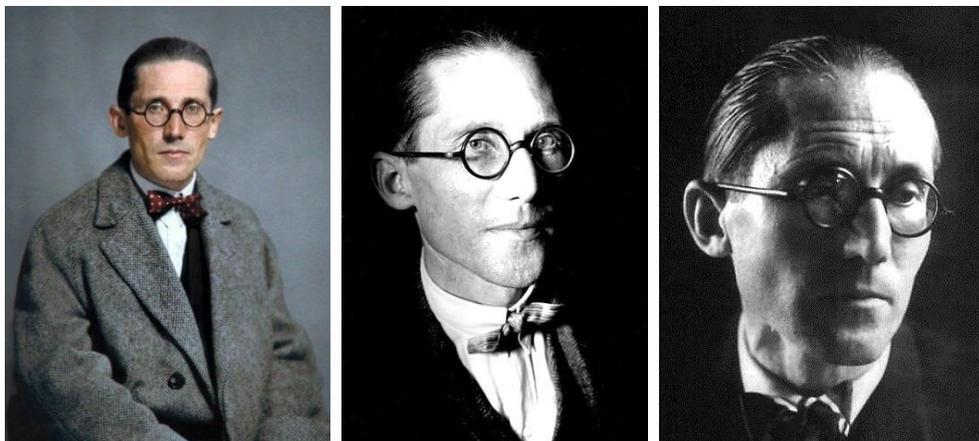


Рис. 1. Фотографии молодого Ле Корбюзье

В семье будущего зодчего все мужчины в свободное время занимались изготовлением знаменитых швейцарских часов, украшаемых разноцветной эмалью. Воспитатели детского сада, в который маленького Шарля отдали родители, ориентировались на методы Ф. Фребеля, поощрявшие творческий потенциал детей. Так что творческая фантазия и художественный вкус у одаренного ребенка формировались с самого раннего возраста. Следуя семейной традиции, с 1900 г. Шарль учился на мастера гравировки часов в Художественной школе Ла Шо-де-Фона: «Швейцарские часы всегда считались лучшими в мире, и легко понять, почему семейный бизнес не вызвал противодействия у Шарля...» [3]. На международной выставке, состоявшейся в Турине в 1902 г., изготовленные им часы были отмечены почетным дипломом.

В 1905 г. Шарль был зачислен в местную Школу искусств. Здесь он обучался основам рисования и декоративно-прикладного искусства у директора этой школы, преподавателя-новатора Шарля л'Эплатенье (Charles L'Eplat-tenier) (1874–1946). Тот во многом помог своему талантливому ученику в выборе будущей профессии. В программу обучения здесь входило ознакомление с творческими принципами художественного течения «Движение искусств и ремесел», основанного в конце XIX столетия Дж. Рёскиным (1819–1900), а также с популярным в то время стилем модерн (ар-нуво). В этот период юный Ле Корбюзье «изучает природу – формообразование скал, растения, корневые системы...» [1]. В свободное от учебы время он продолжал занятия ювелирным делом, украшая крышки часов эмалью и монограммами.

Творческая жизнь Ле Корбюзье включает пять периодов – «швейцарский» (1887–1917), «пуризм» (1917–1930), «интернациональный стиль, функционализм» (1917–1930), период 1940–1947 гг. и «брутализм» (1950–1965). Настоящая статья посвящена первому из этих периодов.

В «швейцарский» период начинающий архитектор реализовал три проекта в своем родном городе Ла Шо-де-Фоне – виллы Фалле (Villa Fallet, 1905–1907 гг.), Жаннере-Перре (Villa Jeanneret-Perret, 1912 г.) и Швоб (Турку) (Villa Schwob, 1916 г.). Рассмотрим эти первые творческие работы будущего зодчего по порядку.

Свой первый проект индивидуального жилого дома с внутренней отделкой Ле Корбюзье выполнил в 1905–1907 гг. Тогда ему еще не исполнилось 18 лет. Поэтому работа была осуществлена под руководством опытного архитектора René Charallaz. Заказчиком тут выступил известный гравер, член совета Школы искусств Луи Фалле (отсюда и произошло название усадьбы). Соавторы разработали не только фасады виллы, украшенные оригинальным орнаментом в виде стилизованных изображений хвойных деревьев, но и ее интерьеры: «Ле Корбюзье... создает первый проект жилого дома для своего учителя Леплатенье в совершенно традиционной манере, с обилием декоративных украшений и стилизованных деталей. Чувство нового придет к нему позже, после на редкость плодотворных путешествий по европейским странам, ставших подлинным университетом для будущего великого зодчего, после знакомства с работами передовых архитекторов его времени...» [1]. «Образ дома был решен в региональном стиле сосны (Style sapin) в духе ар-нуво...» [4]. В настоящее время вилла тщательно отреставрирована и является одной из историко-культурных достопримечательностей Ла Шо-де-Фона (рис. 2, 3). Однако отношение самого Ле Корбюзье к своему дебютному творению было резко негативным: «Он просто ужасен! Всегда обхожу его стороной...» [5].



Рис. 2. Вилла Фалле (Villa Fallet) (г. Ла Шо-де-Фон, Швейцария, 1905). Видовые точки

Когда строительство было завершено, юный Шарль на свои первые заработанные деньги совершил ознакомительную поездку в Австро-Венгрию. Около полугода он жил в Вене, где встречался с известными столичными художниками и архитекторами. В частности, в 1907 г. он поработал чертежником-стажером у очень популярного в то время австрийского архитектора Йо-

зефа Гофмана (1870–1956), который был лидером Венского Сецессиона¹ и одним из создателей европейского функционализма в архитектуре (рис. 5). Впервые увидев рисунки молодого Ле Корбюзье, Й. Гофман предложил ему переехать в Вену и поработать у него в мастерской. Шарль отказался, поскольку был убежден, что Сецессион (стиль модерн) «уже не отвечает современным задачам».



Рис. 3. Вилла Фалле (а) (URL: <https://i.pinimg.com/originals/96/d9/1f/96d91f85def7c75cec8f8aac8f03ec29.jpg>); декоративные мотивы (б) (URL: http://utzonphotos.com/assets/Le-Corbusier/Villa-Fallet-La-Chaux-de-fonds-1907/_resampled/RatioResizedWatermarkImage15001500-Villa-Fallet-2.jpg)

Первая творческая стажировка будущего архитектора завершилась в Париже. Здесь он жил с 1908 по 1910 г. Некоторое время Шарль поработал чертежником в архитектурном бюро братьев Перре: Огюста (1874–1954) (рис. 4) и Густава (1876–1952), которые активно использовали в своих работах железобетонные конструкции. Однако впоследствии они отказались называть Ле Корбюзье своим учеником, поскольку им были не по душе его «слишком крайние идеи».

В период работы в Париже Ле Корбюзье в совершенстве выучил немецкий язык, после чего посетил Германию. В 1910–1911 гг. он стажировался у Петера Беренса – известного немецкого архитектора и первого в мире промышленного дизайнера. Его вилла-мастерская размещалась в Нойбабельсберге (жилом поселке в Потсдаме). Напарниками Шарля Эдуара были тогда еще молодые Людвиг Мис ван дер Роэ и Вальтер Гропиус (рис. 5).

В целях самообразования и расширения профессионального кругозора в 1911 г. Ле Корбюзье совершил путешествия по Италии, Балканам и Малой Азии. «Здесь он получил возможность изучать древние античные памятники... и традиционное народное строительство стран Средиземноморья...» [6]. Еще один фрагмент на эту тему: «Шесть недель в Афинах и на Акрополе. Колонны северного фасада и архитрав Парфенона еще разбросаны по земле, что позволяет прочувствовать пластику и модуляцию деталей, если проводить по

¹ Выставочное и творческое объединение молодых австрийских художников, выступивших в эпоху Fin de siècle (ар-нуво) «против рутины академического искусства». Основано 3 апреля 1897 г.

ним пальцами. Ле Корбюзье открывает, что действительность не имеет ничего общего с тем, как это изложено в учебниках. Здесь каждая вещь – откровение, игра солнечного света... К этому времени относится его наиважнейший и непререкаемый совет: поверить можно лишь после того, как увидел, обмерил... и потрогал пальцами!...» [1].



Рис. 4. Огюст Перре (а); «железобетонный» интерьер Йенского дворца (Palais d'Iéna) в Париже (б) (URL: <https://ic.pics.livejournal.com/eltoledo/8027480/285856/2858562000.jpg>)

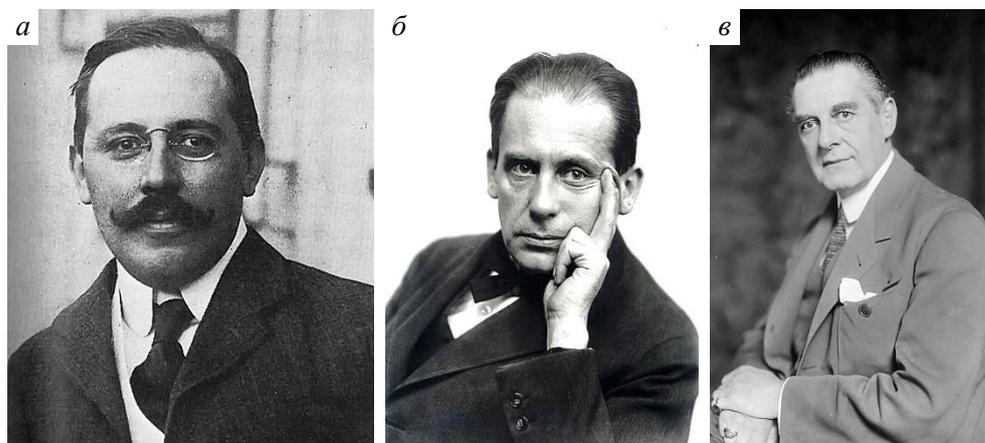


Рис. 5. Учителя и профессиональные коллеги Ле Корбюзье:
а – Йозеф Гофман; б – Вальтер Гропиус; в – Петер Беренс

По возвращении на родину молодой архитектор в 1912–1916 гг. занимался преподаванием в Школе искусств, в которой в свое время обучался сам. В этот период по его проектам было возведено несколько жилых домов, в том числе вилла Жаннере-Перре («Ле лак»), построенная им в 1912 г. (рис. 6, 7) «Вилла “Ле Лак” была возведена архитектором для собственных родителей...

Довольно простой дом, ставший основой для “новой архитектуры” Корбюзье, был завершен в 1923 году. Здесь были апробированы ленточное остекление, плоская крыша и свободная планировка...» [7].



Рис. 6. Вилла Жаннере-Перре (Villa Jeanneret-Perret) (г. Ла Шо-де-Фон, Швейцария, 1912). Видовые точки (URL: <https://d2jv9003bew7ag.cloudfront.net/uploads/Le-Corbusier-Jeanneret-Perret-House-1911-image-via-pinterest.jpg>)



Рис. 7. Вилла Жаннере-Перре (Villa Jeanneret-Perret) (г. Ла Шо-де-Фон, Швейцария, 1912) (URL: <https://d2jv9003bew7ag.cloudfront.net/uploads/Le-Corbusier-Jeanneret-Perret-House-1911-image-via-pinterest.jpg>)

«В этот период он спроектировал резиденцию Villa Jeanneret-Perret, которая обладала необычным и выразительным видом. При этом внутреннее убранство апартаментов отличалось минималистским и простым исполнением...» [8].

В 1914 г. Ле Корбюзье, наконец-то, открыл свою собственную мастерскую. Основным направлением его творчества стал поиск принципиально новых методов строительства современных городов и жилищ. Именно тогда совместно с инженером Максом Дюбуа он создал и запатентовал принципиальную модель «Дома-Ино» (рис. 8).

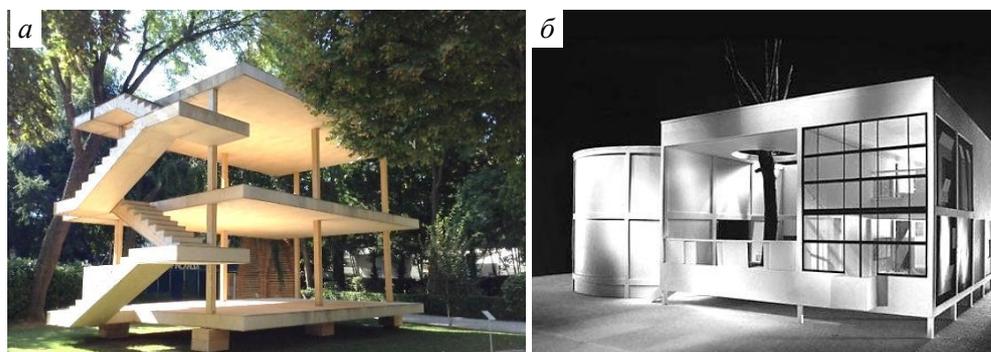


Рис. 8. Концептуальная ячейка «Дом-Ино» (а); макет павильона «Эспри-Нуво» (Pavillon de L'Esprit Nouveau) (г. Париж, 1924 г., не сохранился) (б) [9]

Его пространственная конструкция включает два этажа, монолитные перекрытия которых опираются на сетку из тонких колонн. «В то время создание такого дома было неожиданным изобретением. Здесь угаданы возможности железобетона и строительство из типовых элементов, найден человеческий масштаб... Это было слишком ново!..» [1]. «На плане такие постройки выглядели костяшками домино, сложенными в цепочки, как это бывает при игре, а колонны – точками на них. В сущности, это был самый первый проект дома каркасного типа для серийного строительства...» [9]. В дальнейшем эту концепцию Корбюзье реализовал во многих своих проектах, например в павильоне «Эспри-Нуво» в Париже (1924 г.) (рис. 8). Именно эта модель позднее легла в основу пяти «основных принципов современной архитектуры» Ле Корбюзье, о которых будет сказано в нашей следующей статье.

В 1916 г. местный часовой фабрикант Анатолий Швоб сделал ему очередной заказ. Это был проект усадебного дома, названного позднее Виллой Швоб (Villa Anatole Schwob). Сам Ле Корбюзье называл ее Виллой Турку (Турецкой виллой). Очень похоже, что, проектируя ее, зодчий вдохновлялся впечатлениями от своего недавнего путешествия по Балканским странам.

В Турции ему довелось увидеть, как античные традиции были возрождены в современной архитектуре Ближнего Востока. Видимо, эту историческую метаморфозу ему захотелось передать в своем проекте. Данная вилла (рис. 9) стала «первым проектом, в котором он почувствовал себя архитектором в полной мере...» [10].

Довольно неожиданно решено внутреннее пространство виллы, особенно ее гостиная комната с огромными окнами. Любопытно, что между помещениями разной высоты и объема нет ни одной перегородки. Здесь был реализован так называемый принцип свободной планировки (функционального

«перетекания» одного помещения в другое). Такая планировка считается одним из важнейших достижений модернизма. Получается, что столь необычные решения появились у Ле Корбюзье в самых ранних его проектах (рис. 10).



Рис. 9. Турецкая вилла (Вилла Швоб, Турку) (г. Ла Шо-де-Фон, Швейцария, 1916–1917 гг.). Видовые точки [10]

Это была последняя постройка Ле Корбюзье в его родном городке Ла Шо-де-Фоне. Удивительно, но амбициозный мастер и этот проект не посчитал «достойным» и не включил его в список своих лучших произведений. Судя по всему, для него «настоящее» творчество началось с его первых парижских проектов, выполненных в «конструктивистском» стиле (ателье Озанфана, вилла Ла Роша и др.).

Во многих публикациях, посвященных Ле Корбюзье, говорится о том, что он никогда не скрывал неприязни к своему родному городу. Поэтому

в конце 1916 г. подающий большие надежды молодой зодчий переехал в Париж, чтобы навсегда обосноваться там. Здесь Корбюзье проявил себя не только в роли архитектора, но и как талантливый скульптор и график.

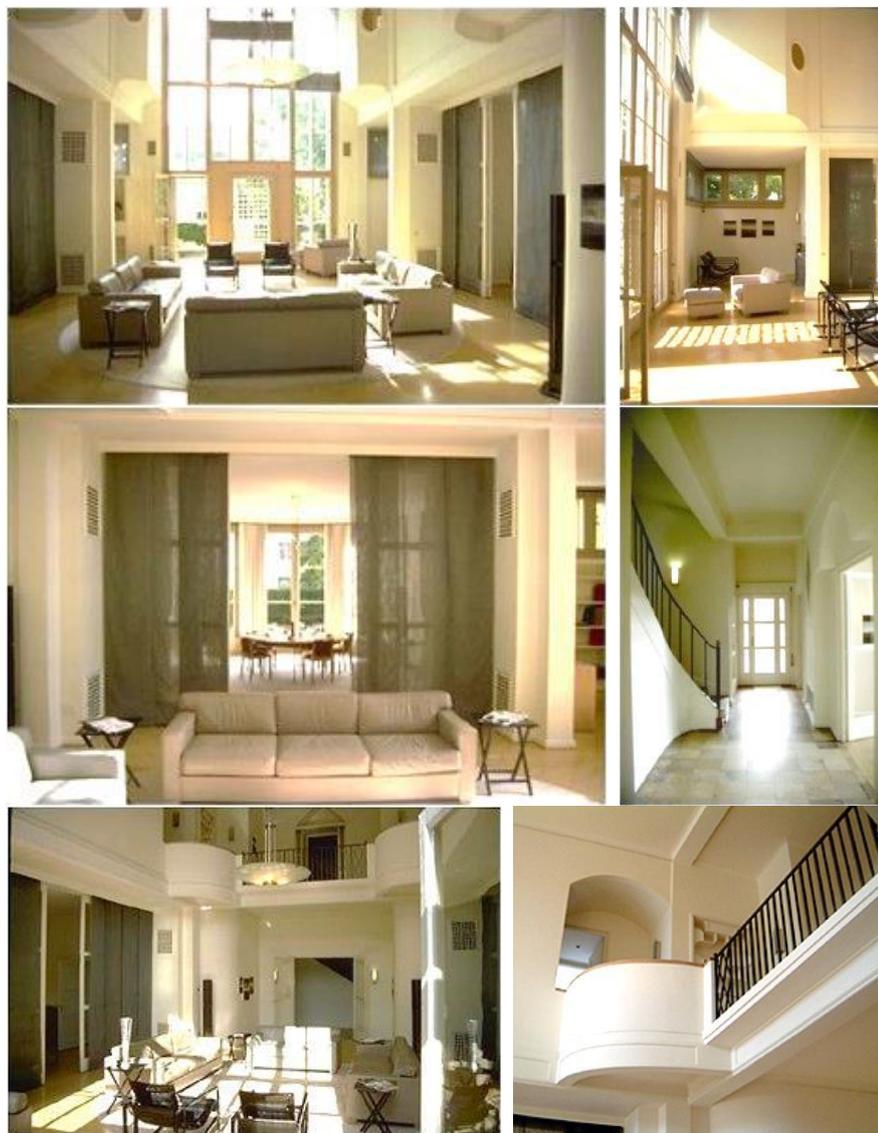


Рис. 10. Интерьеры виллы Швоб (Турку) (г. Ла Шо-де-Фон, Швейцария, 1917) [10]

Живописью он всерьез занялся в 1918 г. Она стала его любимым занятием на протяжении всей дальнейшей жизни. В шутку он говаривал: «Архитектура – это моя жена, а живопись – любовница!» Довольно необычны и его работы в графике, выполненные в последние годы жизни. Он сам оформил обложки некоторых своих книг. Мотивы живописных работ и скульптур мастера угадываются в силуэтах и декоративных элементах многих его постро-

ек. На некоторых его зданиях можно увидеть оригинальные авторские барельефы, выполненные в бетоне, а в их интерьерах – ковры, вытканые по его же эскизам. Однако чрезмерное увлечение живописью в ночное время привело к очень тяжелой травме – отслоению сетчатки. «Примерно с 1918 года Ле Корбюзье был почти слеп на один глаз...» [11].

Завершая наше исследование, можно сделать ряд предварительных выводов о начальном этапе творческого пути выдающегося мастера.

1. Мы принципиально не согласны с утверждениями многих авторов о том, что Шарль Эдуар «ненавидел» свой родной город. Этот небольшой городок, расположенный в живописной горной местности, всегда оставался для него образцом гармоничного единства жилого поселения и уникального альпийского ландшафта. В дальнейшем этот органичный синтез стал одним из пяти важнейших принципов современной архитектуры, которые он пропагандировал во многих своих проектах и научных публикациях.

2. Именно здесь, у себя на родине, Шарль обучился основам композиционного моделирования сначала в часовой мастерской отца, затем у своих школьных учителей и, наконец, у местных архитекторов-практиков. Под их руководством он выполнил свои первые архитектурные проекты и смог совершить ознакомительные поездки по многим странам Европы и Ближнего Востока. В Ла Шо-де-Фоне он также научился профессиональному общению со своими первыми заказчиками – односельчанами и коллегами по гравировальному ремеслу. И наконец, в этом швейцарском городке жили его родители, которым он, уже став достаточно опытным архитектором, в 1912 г. построил Виллу Жаннере-Перре.

3. Переезд Ле Корбюзье в Париж можно объяснить его духовным и физическим возмужанием, возросшими профессиональными и творческими амбициями. Встретившись во время своих путешествий со многими выдающимися зодчими Западной Европы, поработав в их мастерских и ознакомившись со многими архитектурными стилями той поры (минимализм, модерн, конструктивизм и др.), он пришел к логичному заключению, что настоящих профессиональных высот он сможет достичь, лишь постоянно вращаясь в этой творческой среде, создав свою собственную мастерскую и выполняя заказы не только во Франции, но и за ее пределами.

4. Работая во многих странах Западной Европы, в СССР, Алжире, Бразилии, США, Индии и иных странах, он был вынужден учитывать их культурные, этнические и религиозные традиции, апробируя не только местные строительные конструкции и материалы, но и новейшие достижения строительной техники (в том числе железобетонные конструкции). Это позволило ему работать в самых различных архитектурных стилях (конструктивизм, пурризм, функционализм, брутализм и т. д.). Все эти этапы его творческой биографии будут проанализированы в наших дальнейших публикациях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ле Корбюзье*. Творческий путь. URL: <https://elima.ru/articles/?id=800>
2. *Ле Корбюзье*: За кулисами восьми зданий модернизма. URL: <https://www.houzz.ru/statyi/le-korbuzye-za-kulisami-vosymi-zdaniy-modernizma-stsetivw-vs~80200389>

3. *Ле Корбюзье – Жизнь и творчество*. URL: <https://delovoy-kvartal.ru/le-korbyuze-zhizn-i-tvorchestvo/>
4. *Вилла Фалле*, Ла-Шо-де-Фон, Швейцария. URL: https://artifex.ru/wp-content/uploads/2017/07/Архитектура_Ле-Корбюзье_Вилла-Фалле-Ла-Шо-де-Фон-Швейцария.jpg
5. *Великий и неподражаемый Ле Корбюзье*. URL: <https://artifex.ru/архитектура/ле-корбюзье/>
6. *Биография Ле Корбюзье*. URL: https://vuzlit.ru/516827/biografiya_korbyuze
7. *Самые известные строения Ле Корбюзье*. URL: <https://www.rmnt.ru/story/realty/samye-izvestnye-stroeniya-le-korbjuze.1528408/>
8. *Le Corbusier*. Ле Корбюзье. Архитектор и дизайнер. Основатель функционализма. URL: <https://museum-design.ru/le-corbusier>
9. *Ле Корбюзье*. URL: <http://www.archandarch.ru/архитекторы/ле-корбюзье/>
10. *Виллы Корбюзье*. URL: <https://corbusier.livejournal.com/21976.html>
11. *20 малоизвестных фактов о Ле Корбюзье*. URL: https://thearchitect.pro/ru/news/5987-20_maloizvestnyh_faktov_o_Le_Corbuzie

REFERENCES

1. *Shvidkovskii O.A. Le Korbyuz'e. Tvorcheskii put'* [Le Corbusier. The creative way]. Available: <https://elima.ru/articles/?id=800> (rus)
2. *Le Korbyuz'e: Za kulisami vos'mi zdaniy modernizma* [Le Corbusier: Behind the scenes of eight Art Nouveau Buildings]. Available: www.houzz.ru/statyi/le-korbyuzye-za-kulisami-vosymi-zdaniy-modernizma-stsetivw-vs~80200389 (rus)
3. *Le Korbyuz'e – Zhizn' i tvorchestvo* [Le Corbusier: Life and creativity]. Available: <https://delovoy-kvartal.ru/le-korbyuze-zhizn-i-tvorchestvo/> (rus)
4. *La Chaix-de-Fonds, Villa Fallet, Switzerland*. Available: https://artifex.ru/wp-content/uploads/2017/07/Архитектура_Ле-Корбюзье_Вилла-Фалле-Ла-Шо-де-Фон-Швейцария.jpg (rus)
5. *Velikii i nepodrazhaemyi Le Korbyuz'e* [The great and inimitable Le Corbusier]. Available: <https://artifex.ru/архитектура/ле-корбюзье> (rus)
6. *Biografiya Le Korbyuz'e* [Le Corbusier biography]. Available: https://vuzlit.ru/516827/biografiya_korbyuze (rus)
7. *Samye izvestnye stroeniya Le Korbyuz'e* [Le Corbusier's most famous buildings]. Available: www.rmnt.ru/story/realty/samye-izvestnye-stroeniya-le-korbjuze.1528408/ (rus)
8. *Le Korbyuz'e. Arkhitektor i dizainer. Osnovatel' funktsionalizma* [Le Corbusier. Le Corbusier. Architect and designer. Founder of Functionalism]. Available: <https://museum-design.ru/le-corbusier> (rus)
9. *Le Corbusier*. Available: www.archandarch.ru/архитекторы/ле-корбюзье/ (rus)
10. *Villas Le Corbusier*. Available: <https://corbusier.livejournal.com/21976.html>
11. *20 maloizvestnykh faktov o Le Korbyuz'e* [20 little-known facts about Le Corbusier]. Available: https://thearchitect.pro/ru/news/5987-20_maloizvestnyh_faktov_o_Le_Corbuzie (rus)

Сведения об авторах

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

Полякова Ольга Павловна, канд. экон. наук, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.

Authors Details

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

Olga P. Polyakova, PhD, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia

УДК 725.2

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-21-28

*Я.В. МОГИЛЕВСКАЯ, Е.В. СИТНИКОВА,**Томский государственный архитектурно-строительный университет*

ТОРГОВЫЕ ЗДАНИЯ ТОВАРИЩЕСТВА «А.Ф. ВТОРОВ И СЫНОВЬЯ» КОНЦА XIX – НАЧАЛА XX ВЕКА В ГОРОДАХ СИБИРИ*

Исследование посвящено изучению торговых зданий товарищества «А.Ф. Второв и сыновья», возведенных в городах Сибири в конце XIX – начале XX в. и являющихся яркими представителями своего времени. Рассмотрены градостроительные, архитектурно-художественные, объемно-пространственные и стилевые характеристики зданий. Выполнен анализ по сохранности и использованию выявленных объектов в настоящее время.

Определено значение торговых зданий Второвых в сохранении историко-архитектурного облика сибирских городов. Актуальность исследования обусловлена малой изученностью торговых зданий Второвых, одних из ярких представителей сибирского купечества.

В работе применялись научные методы: критический анализ использованной литературы и привлеченных источников, сравнительный архитектуроведческий анализ и системно-структурный анализ информации, творческий синтез при формировании полученных выводов. Практическая значимость исследования заключается в возможности использования полученных результатов при подготовке лекций, докладов и сообщений по истории архитектуры Сибири.

Научная новизна работы заключается в изучении архитектурного наследия конкретного купеческого рода – Второвых, открывших торговые заведения в тринадцати сибирских городах. Основой исследования являются теоретические труды ученых историков и архитекторов, касающиеся данного вопроса и приведенные в библиографическом списке, а также материалы натурного исследования, проведенные авторами статьи в 2018–2020 гг.

Ключевые слова: историко-культурное наследие Сибири; сибирское купечество; торговая застройка; магазин; пассаж; Второвы; Томск; архитектура; модерн.

Для цитирования: Могилевская Я.В., Ситникова Е.В. Торговые здания товарищества «А.Ф. Второв и сыновья» конца XIX – начала XX века в городах Сибири // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 3. С. 21–28.
DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-21-28

*Ya. V. MOGILEVSKAYA, E.V. SITNIKOVA,**Tomsk State University of Architecture and Building*

A.F. VTOROV & SONS RETAIL BUILDINGS LATE IN THE 19th AND EARLY 20th CENTURIES IN SIBERIA

Purpose: The paper studies A.F. Vtorov & Sons retail buildings constructed in Siberia at the end of the 19th and beginning of the 20th centuries. The town-planning, architectural, spatial and style characteristics of buildings are considered. The safety and use of these buildings are analyzed. The importance of A.F. Vtorov & Sons retail buildings is determined for preservation of the history and architecture of Siberian cities. The low level of study of retail buildings of the Siberian merchants determines the relevance of this paper. **Research methods:** The critical analysis of the literature and the comparative architectural analysis. Theoretical scien-

* Статья написана в рамках работы над грантом РФФИ проект № 19-49-700003 «Формирование архитектурного облика сибирских городов и местное купечество в XVII – начале XX в.».

tific works concerning the history and architecture and the field study conducted by the authors in 2018–2020. **Practical implication:** The obtained results can be used in lectures, reports and messages on the history of the Siberian architecture. **Originality/value:** The architectural heritage of A.F. Vtorov, who opened retail buildings in thirteen Siberian cities.

Keywords: historical and cultural heritage of Siberia; Siberian merchants; retail buildings; shop; the Vtorovs; Tomsk; architecture; modern.

For citation: Mogilevskaya Ya.V., Sitnikova E.V. Torgovye zdaniya tovarishchestva A.F. Vtorov i synov'ya kontsa XIX – nachala XX veka v gorodakh Sibiri [A.F. Vtorov & Sons retail buildings late in the 19th and early 20th centuries in Siberia]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2021. V. 23. No. 3. Pp. 21–28. DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-21-28

Торговые здания купцов Второвых, возведенные в городах Сибири в конце XIX – начале XX в., являются уникальным архитектурным наследием, но до настоящего времени остаются малоизученными. Грандиозный масштаб и важное месторасположение в градостроительной структуре городов позволяют отнести их к одним из самых значимых объектов, формирующих главные площади и улицы сибирских городов [4].

Отдельные объекты, построенные по заказу товарищества «А.Ф. Второв и сыновья», рассмотрены в работе М.А. Целищевой «Магазин Второвых в г. Барнауле» [6], в статье Я.В. Могилевской «Здание пассажа А.Ф. Второва в Томске» [3]. Статья Е.В. Ситниковой «Второвские пассажи в застройке сибирских городов в конце XIX – начале XX в.» [5] посвящена изучению архитектуры второвских пассажей в городах Сибири.

Актуальность настоящего исследования заключается в более подробном изучении и систематизации информации о торговых зданиях товарищества «А.Ф. Второв и сыновья», являющихся значимыми в истории архитектуры и жизни сибирских городов.

До XVIII в. в Российской империи активно развивалась внутренняя торговля, а обмен товаром с другими странами был минимальным. Россия в глазах европейских купцов была отдаленной колонией, но они понимали, что здесь сосредоточено изобилие природных ресурсов, имеющих спрос во всем мире. В начале XVIII в. в ходе развития как внутренней торговли и ее расширения, в плане развития сельскохозяйственной деятельности, так и внешней российские товары стали конкурентоспособными на мировом рынке.

В Сибири торговля имела иерархичный характер, основанный на ярмарочной торговле. Здесь самым популярным товаром была пушнина. Во главе стояли «оптовики», которые закупали большой объем товаров и развозили их по крупнейшим сибирским городам. На всем протяжении XIX в. число купцов-оптовиков росло, но все же в каждом регионе имелись свои крупнейшие фирмы, такой и являлась фирма «А.Ф. Второв и сыновья», основанная главой семьи Александром Федоровичем Второвым. На смену ярмарочной торговле пришла мануфактурная.

А.Ф. Второв начал свою торговую деятельность в г. Иркутске, затем он стал возить товары из Китая, что и повлекло за собой огромные прибыли и продвижение торговли в Сибири и к западу России. Для постройки торговых зданий фирма нанимала известных, в том числе столичных архитекторов.

Например, здание пассажа Второвых в г. Чите построено по проекту русского и советского архитектора И.С. Кузнецова, с которым Н.А. Второв много сотрудничал, переехав в Москву. Однако авторство большинства зданий не установлено. Все торговые здания Второвых являлись значимыми в градостроительной структуре городов, часто располагались на пересечении главных улиц (здания в Чите, Новониколаевске, Томске, Иркутске, Бийске). Расположенные в рядовой застройке улиц, торговые постройки Второвых также выделялись среди остальных зданий новомодной стилистикой или обилием архитектурных элементов (здания в Верхнеудинске, Екатеринбурге, Барнауле).

Развитие строительства крупных торговых зданий во второй половине XIX – начале XX в. было вызвано применением новых конструкций, которые позволили проектировать помещения с большими пролетами и без опор. Это повлекло за собой масштабное строительство в Российской империи магазинов торгового типа – пассажей, им предшествовали ярмарки и торговые ряды, ушедшие на второй план. Такие здания отличались ярусным расположением магазинов по сторонам широкого прохода галерейного типа друг над другом, с остекленным перекрытием, которое явно указывало на западное направление архитектуры, где климат был более мягким.

Крупные торговые дома Второвых в сибирских городах носили новомодное на тот период название – пассаж, хотя по сути таковыми не являлись. Однако эти здания выделялись из окружающей застройки не только звучным европейским названием, но и огромными размерами, занимая большую часть застройки квартала и размещаясь на главных магистралях или площадях города [1].

Рассмотрим градостроительные характеристики выявленных объектов. Торговые здания Второвых располагаются на главных улицах городов, например торговое здание в Улан-удэ на ул. Б. Новониколаевской (совр. ул. Ленина), где в начале XX в. проходили ярмарки, располагались гостинные ряды и складские помещения. В Чите пассаж Второвых занимает целый квартал, располагаясь на пересечении ул. Амурской и ул. Анохина, такое же угловое расположение имеют постройки в Бийске, Томске, Новосибирске. Это оказывало положительное влияние на торговую деятельность, выделяясь на фоне рядовой застройки и привлекая внимание потенциальных покупателей.

Все здания также объединяет значимая архитектурно-художественная ценность, большинство построек выполнено в стиле модерн. Одной из крупнейших построек в этом стиле был пассаж в г. Томске. Здание пассажа трехэтажное, традиционно угловое расположение здания не только акцентирует угол квартала, но и формирует Базарную площадь (совр. пл. Ленина) – главную площадь города. Оформление фасадов лаконичное, что свойственно модерну. Срезанный угол пассажа венчает картуш с грифонами и эмблемой фирмы. В замысловатый орнамент кованой решетки ограждения балкона кабинета Н.А. Второва вплетена монограмма главы фирмы «АФВ» (рис. 1). Изящный растительный орнамент лепного декора и стилизованный ионический ордер придают огромному зданию изящество. Двухсветный холл пассажа с парадной трёхмаршевой лестницей и балконом с кованым ограждением настраивает на торжественный прием посетителей. Коридоры третьего этажа

здания освещаются естественным светом с помощью световых колодцев – фонарей. В верхних этажах пассажа размещалась лучшая в городе гостиница «Европа» с электрическим лифтом, зимним садом и рестораном [5].



Рис. 1. Пассаж Второвых в Томске (а); монограмма А.В. Второва на ограждении балкона из бывшего кабинета Н. Второва (б). Фото Е.В. Ситниковой, 2018 г.

Монограммы Александра Федоровича присутствуют и на постройке в г. Чите. Пассаж Второвых в Чите также имеет угловое расположение и на цилиндрическом угловом объеме, но уже на самом фасаде выполнена в виде лепного декора монограмма «А.Ф.». Здание в Чите выполнено в стилистике модерна, плоские фасады расчленяются простыми пилястрами с большим количеством крупных оконных проемов. Композиционными акцентами здания являются скругленные углы, завершающиеся цилиндрическими объемами с лепниной в виде растительного орнамента и венчающимися купольными завершениями со шпилями. По периметру здание дополнено фигурным парапетом с пилястрами, продолжающимися с основного фасадного объема, а также аттиками с арочными современными оконными проемами (рис. 2).

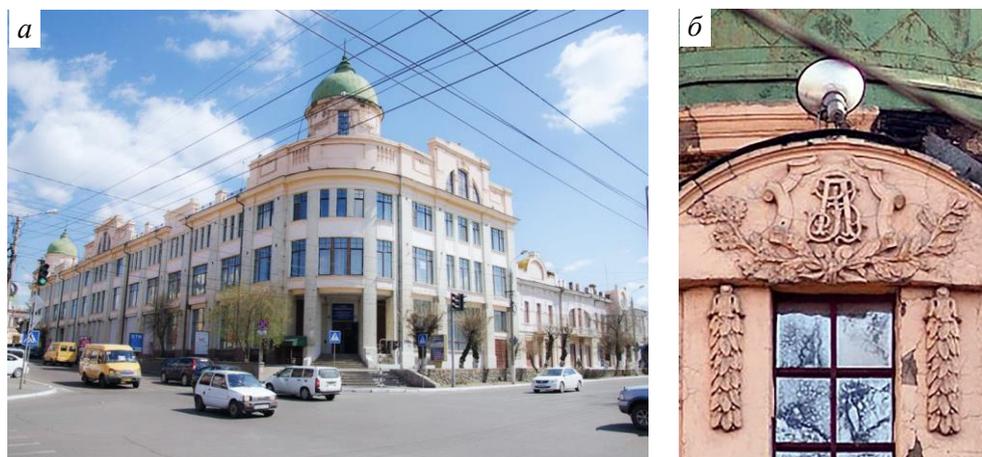


Рис. 2. Здание бывшего пассажа Второвых в г. Чите (а); фрагмент фасада с монограммой А.Ф. Второва (б) (URL: <https://lookmytrips.com/57d2e05bff936737b9064100/passazh-kuptsa-vtorova-ff9367>)

Пассаж Второвых в г. Бийске характеризуется смешением стилевых направлений, здание обильно украшено барочным декором в верхней части, плоскости стен разбиты классическими пилястрами с волютообразными завершениями. На углу располагается кованый подвес, раньше на него прикрепляли фонарь, освещающий перекресток, и поэтому здание прозвали «дом с фонарем». Здание построено в два этажа и имеет угловое расположение. Также можно выделить купольное завершение со шпилем, украшенное шахматным рисунком (рис. 3).

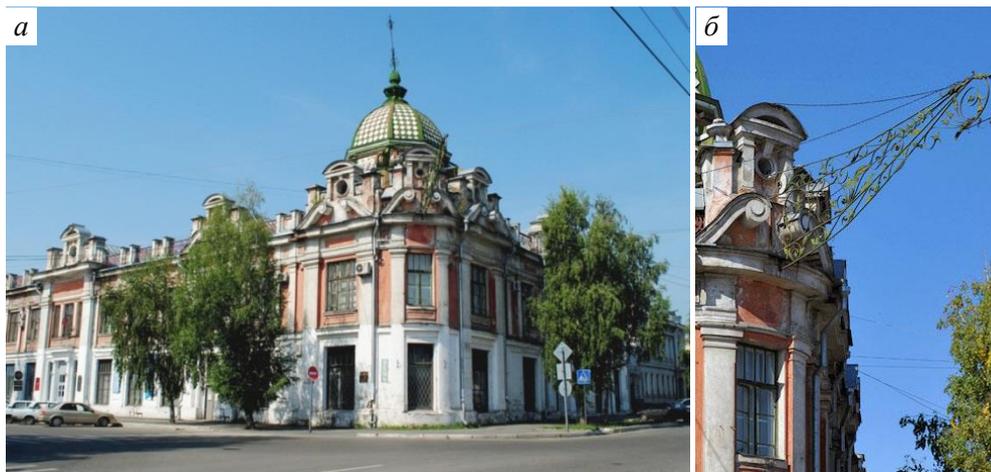


Рис. 3. Пассаж Второвых в г. Бийске (а); фрагмент здания с кронштейном для фонаря (б). Фото Е.В. Ситниковой, 2012 г.

У купцов Второвых не всегда было время на постройку зданий, и поэтому в исключительных случаях они арендовали или приобретали в собственность уже готовые постройки. Например, в г. Барнауле товарищество «А.Ф. Второв и сыновья» сначала арендовало у потомственного дворянина И.К. Платонова помещения в доме по ул. Л. Толстого, 32, под оптоворозничный и мануфактурно-галантерейный магазин, а затем все здание было приобретено в собственность [6]. Данная постройка двухэтажная, выполнена в стиле эклектика, является рядовой в застройке улицы. Постройка имеет большие витринные окна на первом этаже и спаренные – на втором. Аттики сложной треугольной формы акцентируют входы в торговые залы магазинов (рис. 4). Также в г. Новосибирске Второвы арендовали помещения в здании Русско-Азиатского банка [2, с. 424]. Это двухэтажное кирпичное здание со скошенным углом Г-образной формы, с большими окнами первого этажа, окнами лучкового завершения на втором этаже, плоскости стен рустованы, обрамлены пилястрами, профилированные карнизы из лекального кирпича, украшены зубчиками (рис. 5).

Торговые здания в г. Верхнеудинске (совр. Улан-Удэ) и г. Екатеринбурге имеют схожие фасадные решения в стилистике модерна, но разные по этажности: в Верхнеудинске – одноэтажная постройка (рис. 6), а в Екатеринбурге – двухэтажная (рис. 7). В архитектурном решении зданий выделяется входная

группа в три оси с главным входом по центру, акцентированная полукруглым высоким аттиком, обрамленным по бокам возвышающимися пилястрами. Здания являются элементами рядовой застройки, однако крупными витринными окнами заметно выделяются из окружающей архитектурной среды.



Рис. 4. Торговое здание Второвых в г. Барнауле (URL: <https://2gis.ru/barnaul/geo/563585608582484>)



Рис. 5. Магазин Второвых в Новониколаевске. Фото начала XX в.



Рис. 6. Магазин Второвых в г. Верхнеудинске (совр. Улан-Удэ). Фото начала XX в.



Рис. 7. Магазин Второвых в г. Екатеринбурге. Фото начала XX в.

В ходе исследования было установлено, что не все постройки сохранились до настоящего времени в полном объеме. Здание в Екатеринбурге в советский период сильно пострадало во время пожара, затем было перестроено под кинотеатр, сейчас оно функционирует как торговый центр. Архитектурный облик постройки изменен до неузнаваемости. Бывший розничный магазин Второвых в Улан-Удэ в целом сохранил первоначальные объемно-пространственные характеристики, в настоящее время используется под книжный магазин, в соседних помещениях размещается библиотека и другие общественные заведения.

Здание Второвского пассажа в Иркутске, одного из первых торговых домов фирмы, полностью утрачено еще в годы Гражданской войны 1918 г., и на его месте было возведено административное здание [5].

Одноэтажные, но достаточно протяженные торговые здания товарищества «А.Ф. Второв и сыновья» сохранились до настоящего времени в малых

Забайкальских городах Кяхте и Сретенске. Бывший магазин Второвых в Сретенске ориентирован главным фасадом на набережную р. Шилки. Главный вход расположен со стороны срезанного угла, акцентированного высоким фигурным аттиком (рис. 8). Ступенчатый карниз здания украшен зубчиками. Широкие витринные окна и наличие входов с главного фасада располагают к использованию постройки под общественные нужды. В настоящее время здесь размещены пенсионный фонд и культурный центр. Здание бывшего магазина Второвых в Кяхте (ранее Троицкосавск) расположено недалеко от гостиницы двора. Выполненная в эклектичной манере постройка выделяется крупными оконными проемами и входами с главного фасада, по планировочной структуре соответствует торговому зданию (рис. 9).



Рис. 8. Здание бывшего магазина торговой фирмы «А.Ф. Второв и сыновья» в г. Сретенске (URL: <https://www.chita.ru/news/58984/>)



Рис. 9. Здание бывшего магазина «А.Ф. Второв и сыновья» в г. Кяхте. Фото О.Г. Литвиновой, 2020 г.

В результате проведенного исследования установлено, что выявленные сохранившиеся торговые здания Второвых в Чите, Улан-Удэ, Бийске, Барнауле, Томске, Кяхте остаются работоспособными и в настоящее время, причем большинство из них используются по своему первоначальному функциональному назначению. В г. Томске здание сдается в аренду под торговые места, а в главном зале проводятся временные приезжающие ярмарки. В г. Улан-Удэ также сохранилась торговая функция, здесь находится магазин канцелярии. В г. Чите располагается управление Росреестра по Забайкальскому краю, в г. Бийске – управление культуры и образования г. Бийска. Выявленные объекты исследования сохранились в хорошем состоянии с минимальными малоценными наслоениями и сохранением исторических конструкций.

Большинство рассмотренных зданий являются памятниками архитектуры, обладают исторической, архитектурной, градостроительной ценностью и используются под важные для городов функции. Бывшие торговые здания Второвых в большинстве своём остаются доминантами либо яркими архитектурными акцентами в городской застройке, они придают своеобразие многим сибирским городам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андрющенко Б.К. Из истории торгового товарищества Второвых // Вестник Томского государственного университета. 2003. № 276. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iz-istorii-torgovogo-tovarischestva-vtorovyh> (дата обращения: 07.03.2020).

2. *Архитектура городов Томской губернии и сибирское купечество* (XVII – начало XX века). Томск, Бийск, Барнаул, Кузнецк, Колывань, Камень-на-Оби, Нарым, Мариинск, Новониколаевск / под ред. В.П. Бойко. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2011. 480 с.
3. *Могилевская Я.В.* Здание пассажи А.Ф. Второва в г. Томске // Избранные доклады 66-й Университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых. Томск, 2020. С. 344–348.
4. *Ситникова Е.В.* Застройка Томска второй половины XIX – начала XX в., возведенная на средства купечества : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры. Новосибирск, 2004. 325 с.
5. *Ситникова Е.В.* Второвские пассажи в застройке сибирских городов в конце XIX – начале XX в. // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2012. № 2. С. 28–36.
6. *Целищева М.А.* «Магазин Второва» в Барнауле – памятник архитектуры конца XIX – начала XX в.: история и современное использование // Баландинские чтения. 2018. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/magazin-vtorova-v-barnaulepamyatnik-arhitektury-kontsa-hih-nachala-hh-veka-istoriya-i-sovremennoe-ispolzovanie> (дата обращения: 20.04.2020).

REFERENCES

1. *Andryushchenko B.K.* Iz istorii torgovogo tovarishchestva Vtorovykh [The history of Vtorov's trading partnership]. *Vestnik of Tomsk State University*. 2003. No. 276. (rus)
2. *Boiko V.P. (Ed.)* Arkhitektura gorodov Tomskoj gubernii i sibirskoe kupechestvo (XVII – nachalo XX veka). Tomsk, Bijsk, Barnaul, Kuzneczk, Kolyvan`, Kamen-na-Obi, Narym, Mariinsk, Novonikolaevsk [Urban architecture of the Tomsk province and Siberian merchants (17-20th centuries). Tomsk, Biysk, Barnaul, Kuznetsk, Kolyvan, Kamen-on-Obi, Narym, Mariinsk, Novonikolaevsk]. Tomsk: TSUAB, 2011. 480 p. (rus)
3. *Mogilevskaya Ya.V.* Zdaniye passazha A.F. Vtorova v g. Tomске [A.F. Vtorov's building in Tomsk]. In: Izbrannye doklady 66-i Universitetskoj nauchno-tekhnicheckoj konferentsii studentov i molodykh uchenykh (*Proc. 66th Univ. Sci. Conf. of Students and Young Scientists*). Tomsk, 2020. Pp. 344–348. (rus)
4. *Sitnikova E.V.* Zastrojka Tomсka vtoroj poloviny XIX – nachala XX v., vozvedyonnaya na sredstva kupechestva [Tomsk housing in 19–20th centuries performed by merchants. PhD Thesis]. Novosibirsk, 2004. 325 p. (rus)
5. *Sitnikova E.V.* Vtorovskiye passazhi v zastroyke sibirskikh gorodov v kontse XIX – nachale XX v. [Vtorov's buildings in the Siberian cities late in the 19th and early 20th centuries]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2012. No. 2. Pp. 28–36. (rus)
6. *Tselischeva M.A.* Magazin Vtorova v Barnaule – pamyatnik arkhitektury kontsa 19 – nachala 20 v.: istoriya i sovremennoye ispol'zovaniye [Architectural monument of Vtorov's shop in Barnaul in the 19–20th centuries: history and present time]. In: Balandinskie chteniya: sbornik statej nauchnykh chtenii pamyati S.N. Balandina (*Coll. Papers in memory of S.N. Balandin 'Balandin Readings'*). 2018. No. 1. (rus)

Сведения об авторах

Могилевская Яна Вячеславовна, магистрант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, Mogilevsckaja.yana@yandex.ru

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

Authors Details

Yana V. Mogilevskaya, Graduate Student, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, Mogilevsckaja.yana@yandex.ru

Elena V. Sitnikova, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, elensi@vtomske.ru

УДК 725.85

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-29-36

*Ю.А. СКОБЛИЦКАЯ, А.А. ШЕРЕМЕТ,**Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета*

АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВКЛЮЧЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СПОРТИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ ФУТБОЛЬНЫХ АКАДЕМИЙ В СТРУКТУРУ КРУПНЕЙШИХ ГОРОДОВ

В статье описаны принципы территориального размещения детско-юношеских футбольных академий в структуре крупнейших городов, особенности архитектурно-планировочной организации футбольных академий, являющихся важнейшей составляющей профессиональной подготовки футболистов для действующих футбольных клубов. Отмечены особенности формирования структуры академии как многофункционального центра с широким спектром возможностей развития и полного погружения обучающихся в учебный процесс. Рассмотрена актуальность и потребность появления таких футбольных академий в крупнейших городах России.

Выявлена специфика включения футбольных академий в структуру крупнейших городов, определены основные типы обучения на основе анализа подобных объектов в России, странах Европы и Южной Америки. Определено, что наиболее приемлемым является размещение детско-юношеских футбольных академий на периферии города.

Ключевые слова: футбольная академия; детско-юношеская футбольная академия; футбольная школа; крупнейший город; архитектурно-планировочная организация; инфраструктура; интернат.

Для цитирования: Скоблицкая Ю.А., Шеремет А.А. Архитектурно-планировочные особенности включения многофункциональных спортивных комплексов футбольных академий в структуру крупнейших городов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 2. С. 29–36.

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-29-36

*Y.A. SKOBLITSKAYA, A.A. SHEREMET,**South Federal University*

ARCHITECTURE AND PLANNING OF SPORTS CENTERS OF FOOTBALL ACADEMIES IN THE LARGEST CITIES

Purpose: The article describes the principles of territorial placement of children's and youth football academies in the largest cities. **Design/methodology/approach:** The architectural and planning organization of football academies, which are the most important component of the professional training of football players in football clubs. The principles of the academy formation as a multifunctional center with a full immersion of students in the educational process. The relevance and need for the appearance of such football academies in the largest cities of Russia. **Research findings:** The inclusion of football academies in the largest cities is identified, the main types of training are determined, based on the analysis of such facilities in Russia, Europe and South America. **Practical implications:** The youth football academies can be arranged on the city periphery.

Keywords: football academy; football school; large city; architectural and planning organization; infrastructure; boarding school.

For citation: Skoblitskaya Yu.A., Sheremet A.A. Arkhitekturno-planirovochnye osobennosti vklyucheniya mnogofunktional'nykh sportivnykh kompleksov futbol'nykh akademii v strukturu krupneishikh gorodov [Architecture and planning of sports centers of football academies in the largest cities]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2021. V. 23. No. 3. Pp. 29–36.
DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-29-36

Футбол является одним из наиболее популярных видов спорта в мире. В последние годы появляется всё больше желающих серьезно заниматься футболом с раннего возраста. Футбольные академии являются важнейшей частью технологии профессиональной подготовки спортсменов [1]. Ведущие мировые клубы, обладающие мощной финансовой базой, рассматривают программы развития детско-юношеского футбола как залог своего долгосрочного и успешного существования [2].

В настоящее время в России активно строятся футбольные академии, выделяются инвестиции на развитие детско-юношеского футбола [3]. Однако актуальной проблемой остается количественный дефицит специализированных школ, представляющих собой многофункциональный спортивный комплекс с развитым набором функций. Также в России отсутствует нормативная база в сфере архитектурно-планировочной организации детско-юношеских футбольных школ при профессиональных футбольных клубах.

Перед Российской футбольной федерацией стоит задача войти в число лидирующих футбольных держав, что обеспечивается как поддержкой государства, так и частными инвестициями [4]. Например, разработанная Министерством спорта стратегия развития футбола в Российской Федерации [5] одним из основных приоритетов своей реализации определяет именно развитие детско-юношеского футбола. Многие ведущие клубы страны открывают собственные футбольные академии, соответствующие современным стандартам. По данным детской футбольной лиги [6], в настоящее время в России существует около 130 футбольных школ, из них лишь 12 обладают современной многофункциональной инфраструктурой и имеют сеть региональных филиалов.

Если обратиться к примерам стран, в которых уже сформировались эффективные системы подготовки профессиональных футболистов с самого раннего возраста, то можно отметить наличие селекционной сети.

Детско-юношеские команды являются учебно-спортивным подразделением профессионального клуба; большинство зарубежных футбольных академий работают с тремя-четырьмя возрастными категориями [1]. Многолетняя подготовка включает в себя: предварительную и начальную специализацию (6–12 лет); углубленную специализацию (13–15 лет); спортивное совершенствование (16–18 лет). В общую организационную структуру входят помимо центральной футбольной академии ее филиалы – футбольные школы, которые находятся в разных районах города и даже в других населенных пунктах. Как правило, к 10–11 годам воспитанников формируется состав, проживающий непосредственно на территории основной школы.

В соответствии с данными European Club Association (ECA) и анализом футбольных академий мира, можно выделить следующие показатели: средняя

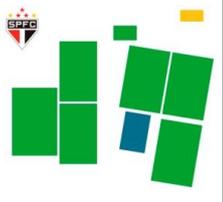
вместимость академий – 200–300 обучающихся 7–18 лет, разделенных на 8–14 команд по возрастным категориям; большинство футбольных академий тесно сотрудничают со школами и университетами, обеспечивая образование своих воспитанников [7–9]. На базе стационарных школ работают летние футбольные лагеря, которые обеспечивают круглогодичное функционирование школ и привлекают дополнительные доходы [10].

В футбольных академиях зарубежных стран существуют разные формы обучения – с проживанием и без проживания воспитанников. Большинство академий обеспечивают возможность проживания и обучения внутри академии по принципу интерната. Комнаты для проживания воспитанников, учебные аудитории, конференц-залы, офисы, специализированные библиотеки обычно расположены в образовательно-административном корпусе. В зарубежной практике есть примеры, где предоставляется возможность временного пребывания родителей в специальном гостевом корпусе.

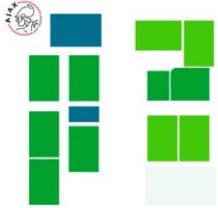
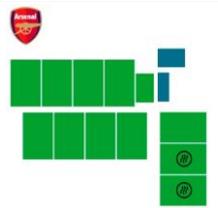
Функционально-планировочная структура футбольной академии включает в себя обязательное наличие развитого медико-реабилитационного центра. Отличительной особенностью является многофункциональный спортивный комплекс, объединяющий залы различного назначения, а также плавательный бассейн [11].

Наиболее распространены следующие объемно-планировочные решения: рациональное объединение функциональных блоков в единый комплекс с целью экономии площади участка или отдельное расположение зданий комплекса в подчинении живописному ландшафту, использование исторической застройки под жилую функцию. В большинстве случаев архитектурно-художественным решением является функциональный минимализм, геометричность форм; использование в оформлении фасадных плоскостей и интерьерных пространств эмблем клубов-кураторов, командных цветов (таблица).

Сравнительный анализ ведущих футбольных академий мира

Название футбольной академии	Количество учащихся, возрастной диапазон/ возможность проживания	Номенклатура полноразмерных тренировочных полей/наличие стадиона на территории/ площадь участка	Принципиальная планировочная схема территории академии	Фото комплекса академии
San Paulo Futebol Clube Academy (Бразилия)	280 чел., от 6 до 18 лет/ есть, с 14 лет	6 футбольных полей с натуральным покрытием/ нет/ S = 11 га		

Окончание таблицы

Название футбольной академии	Количество учащихся, возрастной диапазон/ возможность проживания	Номенклатура полноразмерных тренировочных полей/наличие стадиона на территории/ площадь участка	Принципиальная планировочная схема территории академии	Фото комплекса академии
Amsterdamsche Football Club Ajax Academy (Нидерланды)	200 чел., от 7 до 18 лет/ нет	5 футбольных полей с натуральным покрытием, 4 – с искусственным/ есть/ $S = 25$ га		
Sporting Clube de Portugal Academy (Португалия)	180 чел., от 7 до 18 лет/ есть, с 10 лет	4 футбольных поля с натуральным покрытием, 3 – с искусственным/ нет/ $S = 28$ га		
Real Madrid Club de Fútbol Academy (Испания)	300 чел., от 7 до 17–18 лет/ есть, с 14 лет ограниченное (40 уч.) с 10 лет	8 футбольных полей с натуральным покрытием, 4 – с искусственным/ есть/ $S = 120$ га		
The Arsenal Football Club Academy (Англия)	420 чел., от 9 до 21 года/ нет	9 футбольных полей с натуральным покрытием, 2 – с подогревом/ нет/ $S = 58$ га		
FC Bayern München Academy (Германия)	220 чел., от 7 до 17 лет/ есть	5 футбольных полей с натуральным покрытием (из них 2 с подогревом), 2 – с искусственным покрытием/ есть/ $S = 15$ га		

Объекты футбольной академии могут размещаться в различных частях городской структуры: центральной, срединной, а также на периферии [12] (рис. 1).

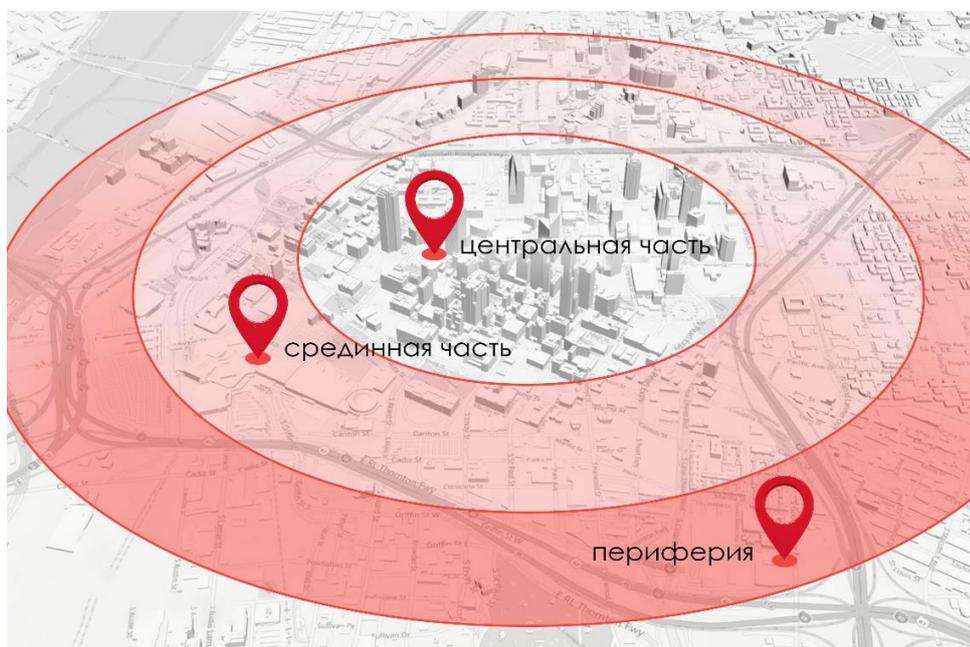


Рис. 1. Градостроительное размещение футбольных академий

В крупнейших городах центр считается наиболее застроенной, ценной и дорогостоящей территорией, характеризующейся дефицитом свободных земельных участков. Срединная часть города, как правило, является деловым центром, стоимость земли здесь значительно ниже, чем в центре города, но при этом также практически отсутствуют свободные территории. Площадь территории футбольной академии, расположенной в центральной и срединной частях города, обычно не превышает 2–8 га.

В мировой практике преобладает вынесение объектов футбольной академии на периферию крупного города или даже в пригород, что связано с функциональной потребностью в открытой территории значительной площади для размещения требуемой инфраструктуры (рис. 2). В среднем площадь такой территории составляет 25–30 га. При отсутствии собственного стадиона (вместимостью 2500–3000 чел.) футбольные академии стремятся размещать в непосредственной близости от клубного [13].

Для качественной подготовки будущих футболистов большое значение имеет непрерывность процесса, т. е. круглогодичные тренировки в одинаковых или максимально схожих условиях [14, 15]. Таким образом, климатические особенности местности влияют на планировочную структуру школы, наличие крытых полей (манежей), тренировочных полей с искусственным покрытием, а также полей, оснащенных климат-контролем [16].

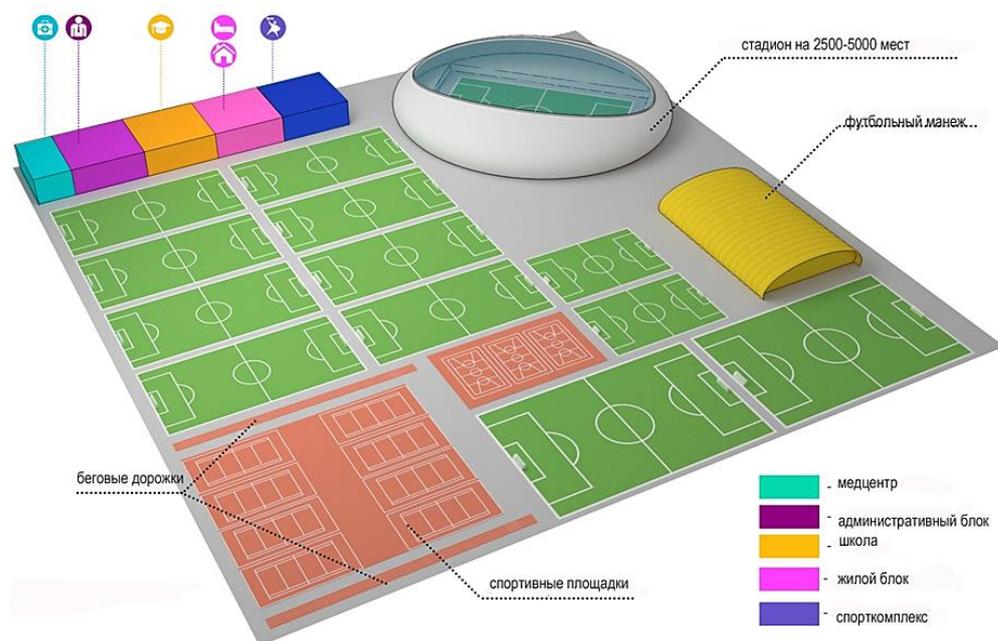


Рис. 2. Планировочная организация территории футбольной академии, расположенной на периферии города

Детско-юношеские футбольные академии оснащаются тренировочными полями различных видов: помимо полноценных футбольных полей по стандартам FIFA, в состав инфраструктуры входят уменьшенные поля для игры в сокращенном составе и совершенствования технико-тактических взаимодействий, а также специальные тренировочные поля для вратарей [17].

В качестве примера отечественной ДЮФШ, соответствующей всем современным требованиям, можно выделить Академию ФК «Краснодар», которая функционирует с 2010 г. [18]. Вместимость – 340 учащихся. Планировочное решение территории организовано следующим образом: главный корпус объединяет две функциональные группы помещений (образовательная и спортивная); проживание воспитанников – в отдельных корпусах, учитывающих командно-возрастную градацию; в отдельном четырехэтажном здании размещается столовая. Инфраструктура академии позволяет обеспечить полноценное круглогодичное функционирование детско-юношеской футбольной подготовки.

Таким образом, проведенное исследование архитектурно-планировочной и образовательной деятельности ведущих футбольных академий мира позволяет сделать вывод, что оптимальной моделью детско-юношеской футбольной академии является интернат, расположенный на периферии города, что дает максимальную погруженность в процесс подготовки юных футболистов.

Потребности современного футбольного обучения требуют формирования актуальной модели полифункционального комплекса, важной особенностью которого является наличие технически оснащенной инфраструктуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колесов И.В. Анализ опыта работы международных профессиональных спортивных академий для эффективной реализации проектов создания и развития спортивных академий в России // Вестник университета. 2018. № 6. С. 165–170.
2. Иванов А.В., Мыленко В.А., Франков А.В. Лучшие футбольные клубы Европы. Харьков : Фактор, 2010. 192 с.
3. Узнародов Д.И. Развитие футбола в постсоветской России: актуальные проблемы и пути их решения, журнал // Академический вестник Ростовского филиала Российской таможенной академии. 2016. № 3 (24). С. 100–106.
4. Макаров Д.С. Тенденции развития современного футбола в России // Молодой ученый. 2015. № 21. С. 531–535.
5. Стратегия развития футбола в Российской Федерации (Стратегия «Футбол 2020») // Российский футбольный союз. URL: www.prlib.ru/item/682644 (дата обращения: 15.11.2020).
6. Футбольные школы России // Детская футбольная лига. URL: www.dfl.org.ru/dfl/schools/ (дата обращения: 23.11.2020).
7. Youth Academy. URL: english.ajax.nl/youth-academy.htm (дата обращения: 24.11.2020).
8. FC Bayern – Campus. URL: fcbayern.com/de/teams/fc-bayern-campus (дата обращения: 07.12.2020).
9. Barca Academy. URL: barcaacademy.ru/ (дата обращения: 07.12.2020).
10. Hudec M., Rollová L. Sports Facilities – Analyses and New Trends // Advanced Engineering Forum. 2014. № 12. P. 44–47. URL: www.scientific.net/AEF.12.44.pdf (дата обращения: 12.11.2020).
11. Geraint J., Campbell K. Handbook of sports and recreational building design. V. 1: Outdoor sports. United Kingdom : Architectural Press, 2003. 281 p.
12. Scoblickaya Y., Sheremet A. Features of the Architectural and Planning Organization of Children and Youthful Football Schools in the Largest Cities // International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET). 2018. V. 9. P. 1810–1818. URL: www.iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJCIET/VOLUME_9_ISSUE_10/IJCIET_09_10_180.pdf
13. Rosenblum Ch., Hill D. Broncos and Steelers open new football-only stadiums // HNTB Sports Architecture. 2001. V. 10. P. 189–193.
14. Post E., Thein-Nissenbaum J., Stiffler M., Brooks A. High school Sport Specialization Patterns of Current Division I Athletes // Sports Health. 2016. V. 9. P. 148–153.
15. Губа В.П., Кваишук П.В., Краснощеков В.В., Ежов П.Ф. Футбол: примерная программа для детско-юношеских спортивных школ, специализированных детско-юношеских школ олимпийского резерва. Москва : Советский спорт, 2010. 128 с.
16. Бурлаков И.Р. Специализированные сооружения для игровых видов спорта. Москва : СпортАкадемПресс, 2001. 116 с.
17. Chen X.J. Sports Venues and Outdoor Landscape Design // Advanced Materials Research. 2013. V. 726–731. P. 3600–3603.
18. Академия // ФК «Краснодар» : официальный сайт. URL: fckrasnodar.ru/academy/ (дата обращения: 24.12.2020).

REFERENCES

1. Kolesov I.V. Analiz opyta raboty mezhdunarodnykh professional'nykh sportivnykh akademii dlya effektivnoi realizatsii proektov sozdaniya i razvitiya sportivnykh akademii v Rossii [Analysis of the experience of international professional sports academies to effectively establish and develop sports academies in Russia]. *Vestnik universiteta*. 2018. No. 6. Pp. 165–170. (rus)
2. Ivanov A.V., Mylenko V.A., Frankov A.V. Luchshie futbol'nye kluby Evropy [Europe's best football clubs]. Kharkiv: Faktor, 2010. 192 p. (rus)
3. Uzнародov D.I. Razvitie futbola v postsovetskoi Rossii: aktual'nye problemy i puti ikh resheniya [Football development in post-Soviet Russia: Current problems and solutions]. *Akademicheskii vestnik Rostovskogo filiala Rossiiskoi tamozhennoi akademii*. 2016. No. 3 (24). Pp. 100–106. (rus)

4. *Makarov D.S.* Tendentsii razvitiya sovremennogo futbola v Rossii [Trends in modern football in Russia]. *Molodoi uchenyi*. 2015. No. 21. Pp. 531–535. (rus)
5. Strategiya razvitiya futbola v Rossiiskoi Federatsii (Strategiya “Futbol 2020”) [Strategy for football development in the Russian Federation (Football Strategy 2020)]. Available: www.prlib.ru/item/682644 (accessed November 15, 2020). (rus)
6. Futbol'nye shkoly Rossii. Detskaya futbol'naya liga [Football schools in Russia. Children's Football League]. Available: www.dfl.org.ru/dfl/schools/ (accessed November 15, 2020).
7. Youth Academy. Available: english.ajax.nl/youth-academy.htm (accessed November 15, 2020).
8. FC Bayern – Campus. Available: fcbayern.com/de/teams/fc-bayern-campus (accessed December 07, 2020).
9. Barca Academy. Available: barcaacademy.ru/ (accessed December 07, 2020). (rus)
10. *Hudec M., Rollová L.* Sports Facilities – Analyses and New Trends. *Advanced Engineering Forum*. 2014. No. 12. Pp. 44–47. Available: www.scientific.net/AEF.12.44.pdf (accessed November 12, 2020).
11. *Geraint J., Campbell K.* Handbook of sports and recreational building design. Vol. 1: Outdoor sports. United Kingdom: Architectural Press, 2003. 281 p.
12. *Scoblickaya Y., Sheremet A.* Features of the architectural and planning organization of children and youthful football schools in the largest cities. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2018. V. 9. Pp. 1810–1818. Available: www.iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJCIET/VOLUME_9_ISSUE_10/IJCIET_09_10_180.pdf
13. *Rosenblum Ch., Hill D.* Broncos and Steelers open new football-only stadiums. *HNTB Sports Architecture*. 2001. V. 10. Pp. 189–193.
14. *Post E., Thein-Nissenbaum J., Stiffler M., Brooks A.* High school sport specialization patterns of Current Division I Athletes. *Sports Health*. 2016. V. 9. Pp. 148–153.
15. *Guba V.P., Kvashuk P.V., Krasnoshchekov V.V., Ezhov P.F.* Futbol: Primernaya programma dlya detsko-yunosheskikh sportivnykh shkol, spetsializirovannykh detsko-yunosheskikh shkol olimpiiskogo rezerva [Football: model program for children and youth sports schools, specialized children and youth Olympic reserve schools]. Moscow: Sovetskii sport, 2010. 128 p. (rus)
16. *Burlakov I.R.* Spetsializirovannye sooruzheniya dlya igrovyykh vidov sporta [Specialized facilities for play sports]. Moscow: SportAkademPress, 2001. 116 p. (rus)
17. *Chen X.J.* Sports venues and outdoor landscape design. *Advanced Materials Research*. 2013. V. 726–731. Pp. 3600–3603.
18. Akademiya. FK “Krasnodar” [Football club “Krasnodar”]. Available: fckrasnodar.ru/academy/ (accessed December 24, 2020). (rus)

Сведения об авторах

Скоблицкая Юлия Александровна, канд. архитектуры, Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета, 344002, г. Ростов-на-Дону, пр. Буденновский, 39, yskoblickaya@sfedu.ru

Шеремет Анастасия Анатольевна, преподаватель, Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета, 344002, г. Ростов-на-Дону, пр. Буденновский, 39, aash_cher@inbox.ru

Authors Details

Yulia A. Skoblickaya, PhD, Southern Federal University, 39, Budennovskii Ave., 344082, Rostov-on-Don, Russia, yskoblickaya@sfedu.ru

Anastasia A. Sheremet, Lecturer, Southern Federal University, 39, Budennovskii Ave., 344082, Rostov-on-Don, Russia, aash_cher@inbox.ru

УДК 72.035

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-37-45

*Е.В. СИТНИКОВА, М.И. РУБАНОВА,**Томский государственный архитектурно-строительный университет*

ФОРМИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНОГО ОБЛИКА СЕЛА БОГОРОДСКОЕ ТОМСКОЙ ГУБЕРНИИ*

Статья посвящена формированию застройки с. Богородское Среднего Приобья. Изучены причины возникновения села, его планировочные особенности и архитектура отдельных объектов. Актуальность исследования обусловлена малой изученностью историко-культурного наследия сел Томской области и проблемами сохранения исторических поселений на уровне отдельных регионов страны.

В процессе работы применялись научные методы: критического анализа использованной литературы и привлеченных источников, сравнительного архитектуроведческого анализа и системно-структурного анализа информации, творческого синтеза при формировании полученных выводов. Практическая значимость исследования заключается в возможности использования полученных результатов при подготовке лекций, докладов и сообщений по истории архитектуры Сибири.

Научная новизна исследования заключается в изучении историко-культурного наследия некогда значимого населенного пункта Томской губернии, ранее не изученного и не опубликованного. Методологической и теоретической основой исследования являются теоретические труды историков и архитекторов, касающиеся данного вопроса и приведенные в библиографическом списке, а также материалы натурного исследования, проведенного авторами статьи в 2021 г. в рамках работы над грантом.

В результате исследования установлено, что бывшее с. Богородское имеет богатую историю, обладает значимым историко-культурным наследием и богатым природным потенциалом, поэтому необходимо обратить внимание на сохранение и развитие этого исторического поселения, основанного еще в начале XVIII в.

Ключевые слова: сельская архитектура; с. Богородское; Томская область; сохранение наследия; историко-культурный потенциал.

Для цитирования: Ситникова Е.В., Рубанова М.И. Формирование архитектурного облика села Богородское Томской губернии // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 3. С. 37–45.
DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-37-45

*E.V. SITNIKOVA, M.I. RUBANOVA,**Tomsk State University of Architecture and Building*

ARCHITECTURE OF BOGORODSKOE VILLAGE OF THE TOMSK PROVINCE

Purpose: Description of the building architecture in the village of Bogorodskoye in the middle Ob region. The emergence of the village, its planning and architecture of individual objects are studied. The low level of study of the historical and cultural heritage of the Tomsk region villages as well as the problem of preservation of historical settlements determines the relevance of this paper. **Research methods:** The critical analysis of the literature and the com-

* Исследование проведено в рамках работы над грантом РФФИ проект № 19-49-700003 «Формирование архитектурного облика сибирских городов и местное купечество в XVII – начале XX в.».

parative architectural analysis. **Practical implication:** The obtained results can be used in lectures, reports and messages on the history of the Siberian architecture. Theoretical works of scientists, historians and architects concerning the architecture in the village of Bogorodskoye, and field research conducted by the authors in 2021. **Originality/value:** The historical and cultural heritage of the Tomsk province settlement is not previously studied and published. It is shown that Bogorodskoe village has a rich history and great historical, cultural and natural potential. In this connection, it is necessary to pay attention to preservation and development of this historical settlement founded at the beginning of the 18th century.

Keywords: rural architecture; Bogorodskoe village; Tomsk region; heritage preservation; historical and cultural potential.

For citation: Sitnikova E.V., Rubanova M.I. Formirovanie arkhitekturnogo oblika sela Bogorodskoe Tomskoi gubernii [Architecture of Bogorodskoe village of the Tomsk province]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2021. V. 23. No. 3. Pp. 37–45. DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-37-45

Настоящая статья является частью комплексной работы по изучению историко-культурного наследия Сибирского региона. Наряду с изучением архитектурного наследия крупных сибирских городов, таких как Тобольск, Тюмень, Омск, Томск, Барнаул, а также малых городов – Бийск, Колывань, Мариинск, Нарым и др., представляющим большой интерес как в вопросах становления, формировании и функционировании этих городов, так и со стороны социокультурного облика населения, оказавшего непосредственное влияние на эти процессы [1, 2, 5, 7], авторы статьи хотят обратить внимание на формирование сельских исторических поселений, являющихся важной частью русского градостроительства.

В настоящее время в связи с реальной угрозой полного исчезновения отдельных сельских населённых пунктов, таких как с. Кетское Томской области, все более актуальным становится изучение архитектурного наследия ещё сохранившихся исторических сельских поселений на уровне отдельных регионов страны [6].

Объектом исследования стало с. Богородское (в настоящее время Старая Шегарка), которое на рубеже XVIII–XIX вв. являлось крупным церковным и административным центром Шегарского Приобья. Богородская волость занимала территорию нынешних Шегарского и частично Кожевниковского, Томского и Кривошеинского районов.

Село Богородское расположено в месте впадения небольшой реки Старая Обь в главную реку Западной Сибири – основное русло Оби. Годом основания с. Богородское принято считать 1671 г. (по некоторым источникам – 1726 г.), когда, согласно купчей из документов архива ГАТО, подводной есаул Тигильдеева городка И. Тонгулин продал за два рубля томскому конному казаку Ивану Остафьеву сыну Сваровского свой луг под сенные покосы (рис. 1) [3].

Свое название с. Богородское получило во имя иконы Божией матери. Согласно дошедшим до нас свидетельствам, первую икону, написанную на бумаге, привёз из Томска отец основателя – Астафий Сваровский. Первопоселенцы Богородского – Иван, брат его Иоанн (Исанн) и Илларион-населенник срубили для неё небольшую часовню. В 1702 г. для богородцев в Тобольске была написана новая икона Смоленской Божьей матери Одигитрии (Путево-

дательницы), автором которой, предполагают, был знаменитый мастеровой иконописец о. Василий.

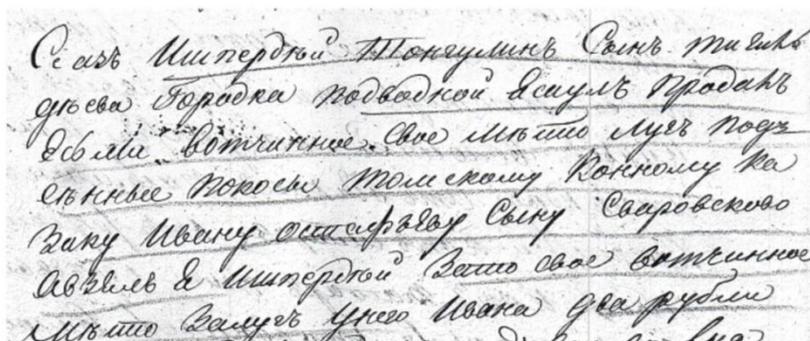


Рис. 1. Фрагмент купчей крепости о продаже луга Ивану Сваровскому. ГАТО Ф. 1. Оп. 1. Д. 2

Формирование села на месте пересечения сухопутных и речных путей сообщения, связывающих север и юг, восток и запад этого сибирского региона, обусловлено в первую очередь экономической целесообразностью. Здесь по Оби пролегал путь из плодородных районов юга Западной Сибири, главным образом из Колывани и Камня-на-Оби, в болотистые и малопригодные для земледелия земли Нарымского края (рис. 2).

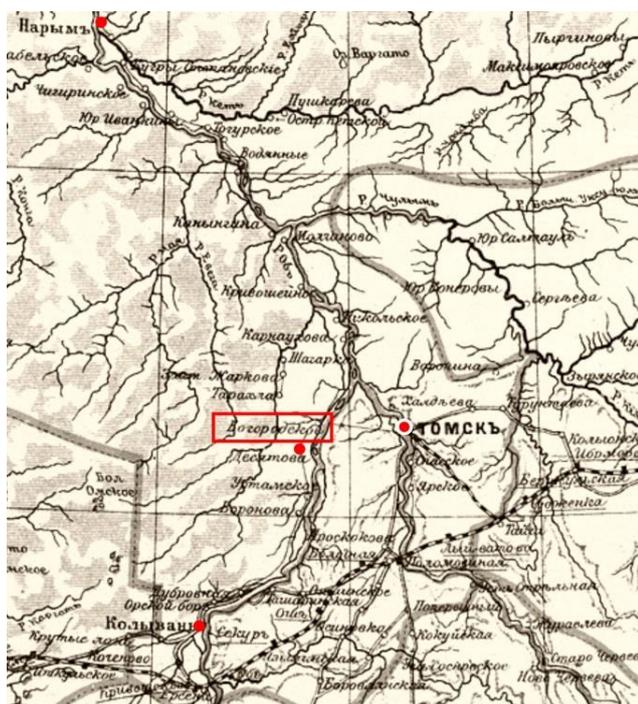


Рис. 2. Фрагмент карты Томской губернии на начало XX в. Участок Колывань – Томск – Нарым. Выделено с. Богородское

На этом маршруте возникла необходимость в перевалочном пункте для загрузки продовольствия, посадки и высадки пассажиров, отдыха или смены экипажей судов. Так здесь образовался причал и небольшой порт одновременно. За Старой Обью находилась небольшая верфь, где строили барки, лодки, дощаники и паузки (павозки) для перевозки разных грузов. Росту села также способствовало близкое его расположение к губернскому городу Томску, куда везли природные дары Приобья (рыбу, ягоду, кедровый орех), ремесленные изделия из дерева (телеги, сани, дуги) и из кожи (выделанные кожи, конскую сбрую, простую обувь), дрова.

Близость с. Богородское к Томску определяла не только его экономическое, но и административно-культурное значение. После строительства в деревне часовни, а потом деревянного и каменного храма этот населенный пункт стал селом в полном значении этого слова, и сюда перенесли волостное правление. Волость представляла собой крупную административную единицу, объединявшую территорию нынешних Шегарского и Кожевниковского районов, где наряду с вновь основанными деревнями продолжали существовать и исторические поселения – юрты аборигенов (селькупов, обских тюрок, чулымцев).

Однако широкую известность с. Богородское получило благодаря находившейся здесь особо почитаемой чудотворной иконе Пресвятой Богородицы «Смоленская-Одигитрия» (рис. 3), с которой ежегодно (с 19 мая по 24 июня) устраивали крестный ход в Томск для поклонения. Для этой ценной реликвии жители села в 1709 г. построили первую деревянную церковь. Однако через некоторое время она была смыта водой во время весеннего разлива Оби. Для второй церкви сложили кирпичный фундамент в начале XIX в., и она простояла довольно долго, хотя к середине века обветшала и пришла в негодность. Новую каменную церковь начали возводить в 1801 г., завершилось строительство храма в 1860 г. Церковь была трехпрестольная: главный престол – во имя Божьей матери Одигитрии, правый – во имя св. Архистратига Михаила, левый – во имя усекновения главы Первозкрестителя Иоанна Предтечи. Это была величественная пятиглавая церковь, выполненная в стилистике сибирского барокко и напоминавшая по очертаниям лучшие образцы культового зодчества крупных городов Сибири – Воскресенскую и Духовскую церкви в Томске, Захарие-Елизаветинскую церковь в Тобольске, Троицкую церковь в Енисейске и др.

В объемно-планировочной структуре церкви выделяются два вертикальных композиционных акцента – объем храма и четырехъярусная колокольня со шпилем (рис. 4). Высокий двухсветный четверик храма завершался куполом, окруженным восемью фигурными аттиками с барочными волютами, и венчался пятиглавием. Также небольшие главки на высоких барабанах акцентировали алтарные части основного объема храма и приделов. На колокольне размещалось семь колоколов, самый большой из которых весил 180 пудов. Звон богородских колоколов достигал соседних деревень, расположенных в 10–12 верстах. На наружных стенах церкви были написаны образы Божьей Матери, Архистратига Михаила, Иоанна Предтечи и Георгия Победоносца. Во внутреннем убранстве храма также присутствовали росписи, и был сооружен большой и богатый иконостас.



Рис. 3. Чудотворная икона Богоматери Одигитрии из с. Богородское. Фото с литографии П.М. Кошарова, 1885 г. Фонд редких книг НБ ТГУ



Рис. 4. Церковь иконы Божией Матери Одигитрии (1801–1860), с. Богородское. Фото начала XX в.

К середине XIX в. с. Богородское считалось одним из крупнейших сельских поселений Томского округа, в нем насчитывалось 176 дворов с населением около 1100 чел. Также и волость, как отмечает известный публицист Н.И. Виноградский в «Томских губернских ведомостях» от 18 июля 1858 г. (публикующийся под псевдонимом «За Ангарский Сибирякъ»), «Богородская волость была одной из самых заселенных в Томском округе: здесь насчитывалось в 1858 году 13653 душ обоего пола, в то время как в других волостях в 2–3 раза меньше».

В планировочной структуре с. Богородское на начало XX в. прослеживаются принципы регулярной планировки, появившиеся, по-видимому, в период строительства каменной церкви, а также следы дорегулярной сетки улиц, подчиненной естественному рельефу местности.

Главная улица села под названием Большая (совр. ул. Пролетарская) проходит параллельно р. Оби и ориентирована на церковь. По обе стороны главной улицы располагались наиболее значимые объекты – волостное правление (в советское время Народный дом), сборная (дом для мирских сходок), школа. В непосредственной близости от церкви находился поповский дом на 18 комнат, дом псаломщика и церковный дом. Перпендикулярно Большой улице шли короткие переулки, один из которых был назван Школьным, т. к. на нем, на пересечении с Большой улицей, располагалась школа. Сейчас это ул. Тракторная.

К улицам дорегулярной планировки можно отнести повторяющуюся изгиб р. Оби ул. Гривку, в конце которой в устье р. Старая Обь располагалось кладбище, а также уже не сохранившуюся ул. Змеинку, названную так за извилистую хаотичную планировку.

Застройка села представляла собой одноэтажные, но достаточно просторные дома, рубленные из круглого бревна «в обло» в 3–5 окон по улично-

му фасаду. Срубы выполнялись по традиционным конструктивным схемам: пятистенок, крестовый дом, реже дом со связью. Нередко дома имели резные наличники с треугольными навершиями или с барочными волютами, а также украшенные резьбой карнизы и крыльца (рис. 5, 6).



Рис. 5. Жилой дом на ул. Пролетарской, 35, в с. Старая Шегарка (бывшее Богородское). Фото Е.В. Ситниковой, 2021 г.



Рис. 6. Дом на ул. Гривка в с. Старая Шегарка (бывшее Богородское). Профессор В.П. Бойко около исторического дома в родном селе. Фото Е.В. Ситниковой, 2021 г.

Оформление наличников домов, принадлежащих иностранным переселенцам, как например латышам Янсонам, отличалось нетрадиционным для сибирских сел декором (рис. 7).

Из объектов общественного назначения в с. Богородское на начало XX в. находились: бесплатная народная библиотека-читальня, почтово-телеграфное

отделение, сельское гражданское училище (до него – церковно-приходская школа), крестьянская богадельня, парходная пристань, паромная переправа, хлебный магазин (государственное зернохранилище).



Рис. 7. Дом по ул. Тракторной (бывший пер. Школьный). Принадлежал латышам Янсонам. Фото Е.В. Ситниковой, 2021 г.

В сентябре 1937 г. с. Богородское было переименовано в Шегарское. В связи с частыми подтоплениями территории Обью было принято решение о переносе районного центра на более возвышенное место – в новый пос. Шегарка, который в настоящее время входит в состав с. Мельниково, а бывшее с. Богородское стало называться Старая Шегарка. В середине XX в. на территории кладбища построили нефтебазу.

С переносом административного центра, а также закрытием и полным разрушением сердца села – Богородской церкви жители стали активно переселяться на новое место и перевозить туда свои дома. Например, на ул. Московской, при въезде в с. Мельниково, расположен целый ряд домов, перевезенных в 1940-е гг. из бывшего с. Богородское. Так некогда крупное село пришло в запустение.

В настоящее время с. Старая Шегарка (бывшее с. Богородское) больше похоже на дачный поселок, куда приезжают отдохнуть от городской жизни и половить рыбы. В советское время прилегающие к селу сельскохозяйственные земли были розданы под «мичуринские участки» с минимальными наделами земли и крошечными домиками, напоминающими скворечники. Сейчас эти участки в основном заброшены и представляют собой депрессивную территорию, как и территория нефтебазы.

Возможность восстановления села видится в качестве дачного городка, отличного от принятых в советское время постулатов, в виде возрождения традиций загородного отдыха, получившего широкое распространение в России с 1860-х гг. Тогда в XIX – начале XX в. в окрестностях крупных городов европейской части России и Сибири были построены уникальные архитектурно-художественные дачные ансамбли, включающие в себя целые комплексы различных построек. Располагаясь в красивейших природных ландшафтах

на берегах рек или озёр, загородные дачи купцов имели ещё и уникальное благоустройство, выполненное в лучших садово-парковых традициях того времени. Многие купеческие дачи дали названия поселениям, которые формировались вокруг заимок [4].

В результате проведенного исследования можно отметить, что бывшее с. Богородское имеет богатую историю, обладает значимым историко-культурным наследием и богатым природным потенциалом. Поэтому необходимо обратить внимание на сохранение и развитие этого исторического поселения, основанного еще в начале XVIII в.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Архитектура городов Томской губернии и сибирское купечество* (XVII – начало XX века). Томск, Бийск, Барнаул, Кузнецк, Кольвань, Камень-на-Оби, Нарым, Мариинск, Новониколаевск / под ред. В.П. Бойко. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2011. 480 с.
2. *Бойко В.П., Ситникова Е.В.* Сибирское купечество и формирование архитектурного облика г. Томска в XIX – начале XX в. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2008. 180 с.
3. *Киселева И.В.* Путиами Домны Блаженной: (путиами духовного очищения). Томск : [б. и.], 1993. 77 с.
4. *Сергеева К.Е.* Купеческие дачи XIX – начала XX века в городах России и Сибири // Избранные доклады 64-й Университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых. 2018. С. 565–574.
5. *Ситникова Е.В.* Архитектурный облик старинного сибирского города Тобольска // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2013. № 4 (41). С. 100–114.
6. *Ситникова Е.В.* Становление и развитие архитектуры сел бывшей Кетской волости // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 1. С. 9–28.
7. *Бойко В.П., Ситникова Е.В., Богданова О.В., Шагов Н.В.* Формирование архитектурного облика городов Западной Сибири в XVII – начале XX в. и местное купечество (Тобольск, Тюмень, Томск, Тара, Омск, Каинск). Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2017. 324 с.

REFERENCES

1. *Boiko V.P. (Ed.)* Arkhitektura gorodov Tomskoj gubernii i sibirskoe kupechestvo (XVII – nachalo XX veka). Tomsk, Bijsk, Barnaul, Kuzneczk, Kolyvan`, Kamen-na-Obi, Narym, Mariinsk, Novonikolaevsk [Urban architecture of the Tomsk province and Siberian merchants (17–20th centuries). Tomsk, Biysk, Barnaul, Kuznetsk, Kolyvan, Kamen-on-Obi, Narym, Mariinsk, Novonikolaevsk]. Tomsk: TSUAB, 2011. 480 p. (rus)
2. *Boiko V.P., Sitnikova E.V.* Sibirskoye kupechestvo i formirovaniye arkhitekturnogo oblika g. Tomska v XIX – nachale XX v. [Siberian merchants and architecture of Tomsk in the 19th and early 20th centuries]. Tomsk: TSUAB, 2008. 180 p. (rus)
3. *Kiseleva I.V.* Putyami Domny Blazhennoy: (putyami dukhovnogo ochishcheniya) [Blissful Domna: Ways of spiritual purification]. Tomsk, 1993. 77 p. (rus)
4. *Sergeeva K.E.* Kupecheskiye dachi 19 – nachala 20 veka v gorodakh Rossii i Sibiri [Merchant dachas in the 19th and early 20th centuries in Russia and Siberia]. In: Izbrannye doklady 64-i Universitetskoj nauchno-tekhnikeskoj konferentsii studentov i molodykh uchenykh (*Proc. 64th Univ. Sci. Conf. of Students and Young Scientists*). 2018. Pp. 565–574. (rus)
5. *Sitnikova E.V.* Arkhitekturnyy oblik starinnogo sibirskogo goroda Tobol'ska [Architectural style of Tobolsk, the ancient Siberian city]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2013. No. 4 (41). Pp. 100–114. (rus)

6. *Sitnikova E.V.* Stanovlenie i razvitie arkhitektury sel byvshei Ketskoi volosti [Formation and development of rural architecture in the former Ketskaya volost]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2020. V. 22. No. 2. Pp. 9–28. (rus)
7. *Boyko V.P., Sitnikova E.V., Bogdanova O.V., Shagov N.V.* Formirovaniye arkhitekturnogo oblika gorodov Zapadnoy Sibiri v XVII – nachale XX v. i mestnoye kupechestvo (Tobol'sk, Tyumen', Tomsk, Tara, Omsk, Kainsk) [Architectural style of cities in Western Siberia in the 17th and early 20th centuries and local merchants (Tobolsk, Tyumen, Tomsk, Tara, Omsk, Kainsk)]. Tomsk: TSUAB, 2017. 324 p. (rus)

Сведения об авторах

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

Рубанова Мария Игоревна, студентка, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, mariaruban@vtomske.ru

Authors Details

Elena V. Sitnikova, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, elensi@vtomske.ru

Maria I. Rubanova, Student, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, mariaruban@vtomske.ru

УДК 05.23.22

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-46-57

*А.В. КИНШТ, Е.Д. МАЛОВА,
Новосибирский государственный университет
архитектуры, дизайна и искусств имени А.Д. Крячкова*

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Общественный транспорт является не только связующим элементом городской структуры, обеспечивающим территориальную целостность, но и фактором, существенно влияющим на качество городской среды. Совершенствование системы общественного транспорта и оптимизация соотношения его видов позволяют перестроить городское пространство, освободив территории под общественные, рекреационные и иные необходимые городу функции. Рассмотрение транспортной инфраструктуры в условиях городской среды в отрыве от этих функций приводит к негативным последствиям.

Целью исследования является выявление передовых тенденций в организации инфраструктуры городского общественного транспорта на примере городов с высоким уровнем комфорта городской среды.

Результатом стало подтверждение гипотезы о том, что отдельно, без взаимодействия с внешними и внутренними компонентами городских и транспортных систем, инфраструктуру устройства общественного транспорта рассматривать невозможно, т. к. транспорт становится прямым конкурентом за земельные ресурсы для таких необходимых и значимых факторов городской среды, как пешеходная, велосипедная инфраструктуры и озеленение. На примере рассматриваемых городов было выявлено, что оптимизация транспортной системы должна идти в сторону выравнивания степени доступности городских территорий в любое время суток, расширения пешеходных и озелененных зон, уменьшения негативного воздействия на городскую среду.

Ключевые слова: комфортная городская среда; общественный транспорт; пешеходная среда; городское озеленение; велосипедная инфраструктура; пешеходизация; экологизация.

Для цитирования: Киншт А.В., Малова Е.Д. Развитие системы общественного транспорта как один из факторов экологизации городской среды // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 3. С. 46–57.

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-46-57

*A. KINSHT, E. MALOVA,
Novosibirsk State University of Architecture,
Design and Arts Named after A.D. Kryachkov*

DEVELOPMENT OF PUBLIC TRANSPORT SYSTEM AS A FACTOR IN GREENING THE URBAN ENVIRONMENT

Public transport is not only an element of a city ensuring the territorial integrity, but also a factor that significantly affects the quality of the urban environment. Improvement of the public transport system and optimization its types make it possible to rebuild the urban space, providing territories for public, recreational and other functions of the city. The transport infrastructure in the urban environment without these functions results in negative consequences.

The aim of the work is to identify the advanced trends in the organization of the public transport system based on the experience of cities with a high level of urban comfort.

It is shown that without the interaction with external and internal components of the urban and transport systems, the infrastructure of public transport cannot be considered, since transport becomes a competitor for land resources for pedestrian, cycling infrastructure and landscaping. It is found that the optimization of the transport system must be oriented towards the accessibility of urban areas at any time, expanding pedestrian and green areas and reducing the negative impact on the urban environment.

Keywords: comfortable urban environment; public transport; pedestrian environment; urban landscaping; cycling infrastructure; ecology.

For citation: Kinsht A., Malova E. Razvitie sistemy obshchestvennogo transporta kak odin iz faktorov ekologizatsii gorodskoi sredy [Development of public transport system as a factor in greening the urban environment]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2021. V. 23. No. 3. Pp. 46–57.

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-46-57

Введение

Городской общественный транспорт является одним из элементов городской структуры, обеспечивающих ее территориальную целостность. На сегодняшний день общественный транспорт является не только связующим механизмом городской структуры, но и активным участником формирования комфортной городской среды. Развитие общественного транспорта и рациональное соотношение его видов позволяют перестроить городское пространство, освободив территории под общественные, рекреационные и иные необходимые городу функции.

Целью исследования является выявление передовых тенденций в организации инфраструктуры городского общественного транспорта на примере городов с высоким уровнем комфорта городской среды. Для достижения поставленной цели были определены аспекты городской среды, подверженные влиянию общественного транспорта, также был составлен алгоритм структурирования информации.

Объектом исследования являются города Скандинавского полуострова: Копенгаген, Стокгольм и Хельсинки, изучаемые на предмет устройства системы городского общественного транспорта. При этом затрагиваются проблемы экологизации, в том числе пешеходизации городского пространства, тесно связанные с улучшением системы общественного транспорта.

Методы и инструменты

В работе использовались следующие методы: анализ научной литературы по теме, изучение официальных сайтов организаций, предоставляющих услуги по перевозке пассажиров в черте рассматриваемого города и агломерации.

Для раскрытия особенностей организации системы общественного транспорта был составлен алгоритм систематизации получаемой информации. В первую очередь формулировалась краткая характеристика каждого города, она включила такие показатели, как площадь территории, количество жителей и средняя плотность населения. Далее выявлялись реализуемые виды обще-

ственного транспорта. Последовательно рассматривались железнодорожный транспорт (метро, городская и пригородная железные дороги, трамвай), безрельсовый наземный общественный транспорт (автобусы, троллейбусы, электробусы) и водный транспорт. Затем формулировались характеристики пешеходного и велосипедного движения. В итоге были выявлены особенности организации системы городского общественного транспорта.

Обоснование выбора рассматриваемых городов, выявление аспектов, подверженных влиянию общественного транспорта

Для изучения были выбраны города, которые обладают одними из наиболее продуманных и качественно организованных систем общественного транспорта [1]. Копенгаген (столица Дании), Стокгольм (столица Швеции) и Хельсинки (столица Финляндии) являются одними из самых комфортных для проживания городов [5, 6]. По версии влиятельного английского журнала «Экономист» Копенгаген девять лет подряд входит в десятку лучших для проживания городов, Хельсинки прошел в эту десятку в 2017 г., Стокгольм стабильно занимает двадцатую позицию. По версии международного журнала «Монокль» Хельсинки возглавил рейтинг наиболее комфортных для жизни городов в 2011 г., а в 2014 г. этот же рейтинг возглавил Копенгаген. Среди основных требований, предъявляемых к городам, стало активное развитие транспортной инфраструктуры, в том числе общественного транспорта.

Эти города относятся к категории крупнейших, население которых, включая пригородные территории, варьируется в пределах от 1 до 2,5 млн чел., только исторических частей городов – от 600 до 900 тыс. чел. (табл. 1) [2–4]. Средняя плотность населения рассматриваемых городов также варьируется от 1 до 7 тыс. чел./км². Из-за крупных размеров Копенгаген, Стокгольм и Хельсинки обладают схожими чертами больших и развивающихся городов. Они стремятся улучшить транспортную городскую инфраструктуру и приблизиться к решению транспортных проблем крупных городов – возникновение пробок на дорогах, конфликт пешеходов с другими участниками дорожного движения, недостаточная обеспеченность территории общественным транспортом, а также проблема низкого уровня благоустройства городского пространства в целом.

Модернизация общественного транспорта позволила этим городам воплотить принципы пешеходизации городской среды, тем самым улучшив пешеходную инфраструктуру города. К принципам пешеходизации относятся: функциональное разнообразие и наполненность городской структуры, продуманность пешеходных связей, безопасность передвижения без использования личного транспорта, комфортность среды, включая благоустройство уличного пространства, информационная и событийная насыщенность, активное развитие пешеходной и велосипедной инфраструктур.

Развитие пешеходной среды и велосипедного движения, в свою очередь, является частью экологизации городского пространства, к принципам которой относятся: взаимосвязь и взаимовлияние городских систем, сохранение равновесия между природными и антропогенными составляющими го-

родской среды, сведение пагубного влияния на природную составляющую к минимуму [7].

Система общественного транспорта в Копенгагене

Копенгаген является сравнительно небольшим столичным городом, площадь его территорий составляет 86,4 км², численность населения – чуть более 600 тыс. чел., однако плотность населения достигает 6944 чел./км² и более. Агломерация, называемая «Большим Копенгагеном», включает территории площадью 2923 км² с населением 1,3 млн чел. (таблица) [2].

Показатели численности населения и площади для исследуемых городов и их агломераций

Показатель	Город		
	Копенгаген	Стокгольм	Хельсинки
Численность городского населения, тыс. чел.	616	962	650
Площадь города, км ²	86,4	188	715
Численность населения агломерации, млн чел.	1,3	2,4	1,3
Площадь агломерации, км ²	2 923	6 524	7 360

Несмотря на небольшие по меркам столичных городов размеры, на сегодняшний день Копенгаген является одним из самых развивающихся и перспективных городов [5, 6]. На протяжении многих лет он демонстрирует удачное сочетание хорошо развитой пешеходной среды и общественного транспорта. Более того, столице Дании удалось ввести в градостроительное проектирование новый термин – копенгагенизация, определивший модель городской улично-дорожной сети с яркой социальной направленностью.

На примере организации копенгагенской системы общественного транспорта, состоящей из метрополитена, пригородно-городского железнодорожного сообщения, автобусов и паромов, можно проследить влияние качества этой системы на популяризацию пешеходного движения и велосипедного сообщения, что, в свою очередь, стало одним из способов снижения гиподинамии жителей, которая характерна для многих городов с сохраняющимся машиноцентричным развитием.

Метро в датской столице является одним из самых молодых метрополитенов мира, при этом оно неоднократно признавалось самым лучшим в мире [8, 9]. Метро в Копенгагене появилось в 2002 г., на данный момент оно состоит из 4 линий общей протяженностью 35,9 км, количество станций – 37. Поезда ходят круглосуточно с интервалом от 2 до 6 мин в дневное время и от 10 до 20 мин в ночное время суток [8]. Поезда Копенгагенского метрополитена полностью автоматизированы, имеют сквозную конфигурацию, а также оборудованы специальными площадками для установки инвалидных колясок и провоза велосипедов. Такое строение позволяет без труда провезти велоси-

пед и использовать его для передвижения не только на коротких расстояниях, но и по всей зоне обслуживания метрополитена.

Существующая неравномерность распределения станций метро обусловлена различной концентрацией населения и различной плотностью застройки городских территорий. Для обеспечения отдаленных и менее населенных районов данная неравномерность компенсируется за счет развитой системы пригородно-городских поездов (S-tog). Эта сеть имеет протяженность более 170 км и включает в себя 85 станций [10]. Она дополняет метрополитен Копенгагена, объединяя и тесно связывая окраины города и пригород с его центральной частью.

Следующим звеном в системе общественного транспорта Копенгагена является автобусное сообщение, реализуемое на наиболее экологичном газом топливе. Автобусы Копенгагена подразделяются на несколько категорий, зависящих от дальности маршрута автобуса и плотности заселения районов, по которым этот маршрут проходит. Городские автобусы имеют большое количество остановок, интервал движения – от 3 до 4 мин в часы пик. Автобусы, предназначенные для перевозки пассажиров по городу и пригородным территориям, обладают меньшим количеством остановок. Экспресс-автобусы, передвигающиеся по всей агломерации, имеют наименьшее количество остановок. С помощью системы разделения автобусных маршрутов удалось выровнять показатели времени, необходимого для проезда из отдаленных районов в город, со временем, затрачиваемым на передвижение по городу в среднем. Для того чтобы обеспечить город общественным транспортом в ночное время суток, было принято решение не только о круглосуточной работе метро, но и о создании ночных автобусных рейсов, обеспечивающих проезд от конечных станций метро к удаленным жилым районам. Выравнивание транспортной доступности всех городских территорий с помощью удобного общественного транспорта резко снизило необходимость использования личного автомобиля и уменьшило дорожный трафик.

Так как Копенгаген является приморским городом, а его центр пересекает Копенгагенская гавань, он обладает развитой сетью морского общественного транспорта. Гавань и водные каналы соединяют исторические и центральные районы города с современными жилыми районами. Специфика расположения города делает водные автобусы популярным видом транспорта, часто сокращающим протяженность необходимого пути в сравнении с наземными видами транспорта и тем самым экономящим время.

Благодаря развитию общественного транспорта Копенгаген смог минимизировать необходимость личного транспорта и направить высвобожденные ресурсы на социализацию городского пространства. Так, в Копенгагене создана обширная сеть пешеходных маршрутов. А две крупнейшие пешеходные улицы – Строгет и Кобмагергаде, обладающие данным статусом с 1962 г., фактически убрали автомобильное движение из центра города. Наряду с пешеходными зонами особое внимание на улицах Копенгагена уделяется велосипедному движению. Единая сеть городских велодорожек имеет общую протяженность 1457 км [16]. Город связан с пригородными территориями велосипедными магистралями протяженностью несколько десятков километров.

Велосипед в Копенгагене перестает играть развлекательную роль и становится полноценным средством передвижения, дополняющим общественный транспорт. Согласно официальной статистике Дании, более 50 % населения Копенгагена ежедневно использует велосипед для передвижения по городу [11]. Более того, в Копенгагене существуют целые жилые районы, улично-дорожная сеть которых представлена только велодорожками и полосой для общественного транспорта. К данным районам можно отнести район Норребро, территория которого обслуживается сетью велодорожек, автобусной линией, двумя станциями метро и станцией системы пригородно-городских поездов. Такое решение позволило освободить территории жилого района от лишних дорог и парковок в пользу размещения домов, элементов социальной инфраструктуры и благоустройства, при этом район сохранил обеспеченность транспортной инфраструктурой [12].

Система общественного транспорта в Стокгольме

Следующим скандинавским городом, активно социализирующим транспортную систему с упором на общественный транспорт, является Стокгольм. Столица Швеции обладает большей площадью территории – 188 км², численностью городского населения – 961 609 чел., а также площадью и численностью населения агломерации «Большой Стокгольм» – 6524 км² и 2,4 млн чел., чем Копенгаген и его агломерация соответственно (см. таблицу) [3]. Крупные размеры города увеличивали транспортную нагрузку на его центр. Тогда были выбраны два пути его разгрузки. С одной стороны, город пошел на решительные меры: в 2007 г. въезд в его центр стал платным, а многие улицы стали пешеходными. Однако это не могло решить проблему, если бы не реформа общественного транспорта.

На сегодняшний день особое место в транспортной системе Стокгольма занимает обширная сеть железнодорожного сообщения, состоящая из Стокгольмского метрополитена, городской железной дороги, пригородной железной дороги и трамваев. Метрополитен в Стокгольме появился на 52 года раньше, чем в Копенгагене, и насчитывает 100 станций на трех направлениях, при этом к 2025 г. планируется строительство четвертой ветки [13]. Направления имеют ответвления, общая длина метрополитена составляет 105,7 км, что соответствует 11-му месту в рейтинге самых протяженных метрополитенов Европы. Обширная сеть метрополитена перемещает функцию транспортного обслуживания города под землю, освобождает наземные городские территории, снижает уровень загрязнения воздуха и шумовую нагрузку на окружающую среду. Также она позволяет сократить время, затрачиваемое на передвижение, и обеспечить равную доступность как центральных, так и отдаленных районов. Благодаря сложной конфигурации веток Стокгольмское метро более равномерно охватывает большую часть города, чем метро Копенгагена. Незатронутые метрополитеном городские территории обслуживаются городской железной дорогой под названием Локалтог [14]. Пригородные территории обслуживаются Пендальтогом – пригородной железной дорогой Стокгольма, ведущей к самым отдаленным районам агломерации [Там же]. Каждый из видов местного железнодорожного сообщения подключается

к Стокгольмскому метрополитену на крупных станциях, являющихся транспортно-пересадочными узлами. Таким образом, каждая система не обособлена, а планировочно взаимосвязана с остальными.

Стокгольмский метрополитен, городская и пригородная железные дороги формируют единую систему, обслуживающую всю территорию Стокгольма и его агломерацию. Эта система обеспечивает равную доступность всех районов города, обладает высокой скоростью передвижения за счёт минимизации количества перекрестков и снимает нагрузку с других видов общественного транспорта, освобождая территорию для пешехода, велосипеда и озеленения. Эта система не загрязняет городской воздух и снижает необходимость использования личного автомобиля. Именно метро и железная дорога являются основным и самым развитым видом общественного транспорта в городе и за его пределами.

Особенностью Стокгольма, резко отличающий его от Копенгагена, является наличие трамвая. Трамвайное сообщение некогда было самым популярным общественным транспортом в городе, однако постепенно, совместно с развитием метрополитена, линии сокращались или полностью закрывались, снижая нагрузку на открытые поверхности. На сегодняшний день трамвайное сообщение в Стокгольме представлено тремя линиями. Одна из них считается исторической. Она была закрыта в 1967 г., однако позже была восстановлена. Данная линия используется в качестве общественного транспорта, а также как туристическая достопримечательность [14, 15]. Две другие линии – это современные линии скоростных трамваев. Основным отличием скоростных трамваев является увеличение скорости передвижения за счет отделения трамвайных путей от автомобильной проезжей части и минимизации их пересечения с другими видами транспорта, пешеходными и велосипедными направлениями. Скоростной трамвай, маршруты которого пересекают городские окраины, позволяет увеличить среднюю скорость передвижения по городу с помощью общественного транспорта и выровнять транспортную доступность между центром и периферией. Всего протяженность линий составляет 27,4 км [14].

Автобус является вторым по популярности видом транспорта после железнодорожного в Стокгольме. Автобусы в столице Швеции имеют меньшее разнообразие, чем автобусы Копенгагена, однако они также обладают ночными маршрутами [Там же]. Автобусное сообщение в Стокгольме, как и в Копенгагене, разделяется на несколько видов исходя из дальности маршрутов: городские автобусы имеют небольшие маршруты с частыми остановками, скоростные автобусы обладают протяженными маршрутами, часто выходящими за пределы города. Это обеспечивает равнозначные временные затраты на передвижение в черте городского центра и поездки из центра в пригород.

Особое место в системе общественного транспорта Стокгольма занимает городское паромное сообщение. Стокгольм расположен на 14 островах и неразрывно связан с морской навигацией. Первая регулярная паромная линия города была открыта в 1818 г., после чего длина маршрутов водного транспорта лишь увеличивалась, а его популярность возрастала [Там же]. Зимой паромное сообщение уменьшается, но не прерывается.

Ввиду разнообразия общественного транспорта Стокгольм разработал для своих жителей и гостей города систему Storstockholms Lokaltrafik [14]. Этот ресурс позволяет в реальном времени отслеживать дорожно-транспортную ситуацию, узнавать новости, связанные с городской транспортной инфраструктурой, однако основной функцией является автоматический подбор оптимального маршрута для поездки. Таким образом, город совершенствует не только общественный транспорт, но и методы взаимодействия населения с этой инфраструктурой.

Благодаря такому подходу, обеспечивающему надежность перевозок с точки зрения соблюдения расписания и наличия актуальной информации, городу удалось популяризировать общественный транспорт, развить пешеходную и велодорожную сеть. При этом велосипед в Стокгольме, как и в Копенгагене, стал полноправным видом транспорта и охватил густой сетью велодорожек (протяженностью более 1584 км) как центральную часть города, так и отдаленные районы [16].

Стокгольм – один из наиболее быстро развивающихся европейских городов, в котором систематично реализуются принципы экологизации. Они закладываются особым образом в программах, направленных на улучшение экологического состояния. В 2010 г. столица Швеции официально получила звание «Зеленой» столицы Европы [18]. Стокгольм реализует комплексную многолетнюю экологическую программу, одним из разделов в которой является экологизация транспорта. Согласно данной программе, администрация города стремится сократить количество личного транспорта для уменьшения выбросов вредных веществ в атмосферу и увеличения свободных городских территорий для благоустройства и озеленения. Общественный транспорт, в свою очередь, работает только на этаноле или биогазе, а энергия для электрифицированных видов общественного транспорта поступает исключительно из «зеленых» источников энергетики.

Система общественного транспорта в Хельсинки

Столицей Финляндии является крупный город Хельсинки с наибольшей площадью городских территорий (715 км²) и территорий агломерации (7360 км²) среди рассматриваемых городов (см. таблицу) [4]. Несмотря на некогда машиноцентричное развитие, с начала 1990-х гг. Хельсинки наряду с Копенгагеном и Стокгольмом стремится к пешеходизации городского пространства [1] путем улучшения системы общественного транспорта.

Хельсинки, так же как и Стокгольм, разделен на зоны в зависимости от удаленности территории от центральной части города. Кроме того, Хельсинки разделен на две части: восточную – более современную часть города и западную – историческую часть. Они соединяются между собой Хельсинкским метрополитеном, имеющим всего 25 станций на 1 линии протяженностью 35 км. Метро соединяет спальные районы Хельсинки с центром города, а также с западными районами Эспо (Espoo) и Кирконуми (Kirkkonumi) [17].

Таким образом, Хельсинкский метрополитен имеет небольшую протяженность, он занимает 15-е место в рейтинге самых коротких метрополитенов Европы и не способен обслужить весь город. Поэтому для передвижения

в отдаленные районы и пригород используется железнодорожная система пригородных поездов Хельсинки, включающая четыре ответвления общей длиной в 235 км. Сеть пригородных поездов расширилась за счет новой кольцевой линии Кехарата, строительство которой было завершено в 2015 г. [17]. Эта система обладает высокой скоростью передвижения и позволяет обеспечить общественным транспортом самые отдаленные городские территории.

Также город обладает развитой системой автобусных и трамвайных маршрутов. Город и пригород буквально окутаны сетью автобусных маршрутов. При этом они, аналогично предыдущим, варьируются в зависимости от городских районов, которые охватывают. В отличие от автобусов Копенгагена и Стокгольма, активно реализующих ночное движение, в Хельсинки такая практика лишь начинает развиваться. Большинство автобусов в Хельсинки начинают свое движение с 5 ч утра и заканчивают к полуночи [Там же]. В совокупности метрополитен, пригородные поезда и автобусы обеспечивают равномерное транспортное обслуживание для всех жилых районов и общественных пространств.

Особую роль в системе общественного транспорта Хельсинки занимает трамвайное движение, открытое в 1891 г. и являющееся одним из самых старых электрифицированных (с 1900 г.) трамвайных сетей в мире [Там же]. Трамвайная сеть состоит из 13 маршрутов общей протяженностью более 100 км, а трамвай является самым популярным и востребованным видом транспорта в столице. Он обладает максимально возможной провозной способностью среди уличного транспорта, является наиболее безопасным и экологичным видом, т. к. трамвайный парк представлен современными бесшумными вагонами. Таким образом, в Хельсинки происходит постепенный переход от автомобилизации к пешеходизации и, соответственно, экологизации города, в том числе путем модернизации трамвайной сети.

Хельсинки, как и ранее рассмотренные города, является приморским городом. Он расположен на берегу Финского залива и с трех сторон окружен водой. Поэтому в городе активно реализуется движение водного транспорта, представленного паромными линиями, которые соединяют несколько городских достопримечательностей с центральной площадью города. Более того, паромное сообщение является единственным видом транспорта, связывающим полностью островной район Хельсинки Суоменлинна (крепость Свеаборг) с остальной частью города [Там же].

Несмотря на то что Хельсинки сравнительно недавно стал реализовывать принципы социализации транспортной политики, ему удалось развить и организовать систему общественного транспорта таким образом, что на сегодняшний день она является одной из самых пунктуальных и слаженных систем общественного транспорта, работающей с точностью до минуты.

В своей современной концепции Финляндия отказывается от магистралей и активно реорганизовывает улицы под общественный транспорт и пешеходов. Постепенно все парковки, включая места вдоль улиц, становятся платными, а преимущество на дороге переходит общественному транспорту и велосипедному движению. При этом общая протяженность велодорожек в Хельсинки составляет 2286 км [16]. Интересно, что этот показатель превы-

шает показатель Копенгагена, который считается велосипедной столицей мира. Известно, что такой статус столица Дании получила не только за общую протяженность сети велодорожек, но и за развитие соответствующей обслуживающей и социальной инфраструктур. Однако, учитывая темпы социализации транспортной инфраструктуры в Хельсинки, можно сказать, что в ближайшем будущем он может оспорить статус Копенгагена как велосипедной столицы Европы.

Выводы

Организация транспортной инфраструктуры является одним из факторов, определяющих качество городской среды. Оптимизация и тесная взаимосвязь всех видов общественного транспорта дает возможность выровнять степень доступности большинства городских территорий в любое время суток, что, в свою очередь, позволяет постепенно сократить потоки личного транспорта. Это приводит к снижению шумового, химического и иного негативного воздействия на городскую среду, улучшая при этом показатели ее доступности.

Несмотря на несколько различные подходы к улучшению состояния транспортной городской инфраструктуры и различное сочетание видов общественного транспорта, рассмотренные города преследовали решение одной и той же задачи. В городских условиях транспорт является прямым конкурентом за земельные ресурсы для таких необходимых и значимых факторов городской среды, как пешеходная, велосипедная инфраструктуры и озеленение. В рассмотренных городах эта задача была решена путем оптимизации передвижения жителей по городу и переосмысления функционального наполнения существующих транспортных коридоров, что дало возможность расширить пешеходные, зеленые зоны и создать единую систему велодорожек. Тенденция к увеличению лишь транспортных потоков, которая наблюдается в городах с машиноцентричным развитием, снижает возможность развития пешеходного, велосипедного движения и благоустройства городских территорий, в то время как общественный транспорт эту возможность способен повысить.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колонтай А.Н. Скандинавский опыт градостроительства // Лекция из цикла «На пути к идеальному городу». Москва, 2018. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=jRs2NaauUP> (дата обращения: 12.11.2019).
2. Датская правительственная статистическая организация при Министерстве экономики и внутренних дел Дании. URL: <https://www.dst.dk/en> (дата обращения: 01.03.2020).
3. Статистическое управление Швеции. URL: <https://www.scb.se/EN> (дата обращения: 01.03.2020).
4. Статистическое управление Финляндии. URL: http://www.stat.fi/index_en.html (дата обращения: 01.03.2020).
5. *Monocle*, UK : официальный сайт. URL: <https://monocle.com> (дата обращения: 02.03.2020).
6. *The Economist* : официальный сайт. URL: <https://www.economist.com> (дата обращения: 02.03.2020).
7. Котлярова Е.В., Смехота Л.А., Кожевникова Е.М. Анализ экологических принципов развития урбанизированных территорий // Инженерный вестник Дона. 2019. № 4 (55).
8. *Копенгагенский метрополитен* : официальный сайт. URL: <https://intl.m.dk/#/> (дата обращения: 03.03.2020).

9. Мохан Д. Метрополитен и городской транспорт будущего // Экономический и политический еженедельник. 2008. № 43. С. 41–53.
10. S-tog (пригородно-городские поезда г. Копенгагена) : официальный сайт. URL: <http://www.dsb.dk/stog/> (дата обращения: 02.03.2020).
11. Дания : официальный сайт. URL: <https://denmark.dk> (дата обращения: 02.03.2020).
12. Ассоциация и архив истории Норребро : официальный сайт. URL: <https://www.noerrebro-lokalhistorie.dk/historie.php> (дата обращения: 03.03.2020).
13. Стокгольмский метрополитен : официальный сайт URL: <https://sl.se/reseplanering/att-resa-med-sl/aka-tunnelbana/> (дата обращения: 02.03.2020).
14. Муниципальная транспортная компания г. Стокгольм : официальный сайт. URL: <https://sl.se> (дата обращения: 04.03.2020).
15. Историческая трамвайная линия «The Djurgården line» г. Стокгольм : официальный сайт. URL: <https://www.djurgardslinjen.se/en> (дата обращения: 04.04.2020).
16. Гершман А., Герасимов Д. Сколько в Москве велодорожек на самом деле // Инфраструктура. 2018.
17. Хельсинки : официальный сайт. URL: <https://www.hel.fi/hkl/en> (дата обращения: 08.06.2020).
18. Европейская премия зеленой столицы : официальный сайт. URL: https://ec.europa.eu/info/index_en (дата обращения 10.09.2020).

REFERENCES

1. Kolontay A.N. Skandinavskiy opyt gradostroitelstva [Scandinavian experience in urban development]. Available: www.youtube.com/watch?v=jRs2NaauUII (accessed November 12, 2019). (rus)
2. Datskaya pravitelstvennaya statisticheskaya organizatsiya pri ministerstve ekonomiki i vnutrennikh del Danii [Danish Government Statistical Organization under the Danish Ministry of Economic and Home Affairs]. Available: www.dst.dk/en (accessed March 1, 2020). (rus)
3. Statisticheskoye upravleniye Shvetsii [Sweden Statistical Organization]. Available: www.scb.se/En (accessed March 1, 2020). (rus)
4. Statisticheskoye upravleniye Finlyandii [Finland Statistical Organization]. Available: www.stat.fi/index_en.html (accessed March 1, 2020). (rus)
5. Monocle, UK. Available: <https://monocle.com> (accessed March 2, 2020). (rus)
6. The Economist. Available: www.economist.com (accessed March 2, 2020). (rus)
7. Kotlyarova E.V., Smekhota L.A., Kozhevnikova E.M. Analiz ekologicheskikh printsipov razvitiya urbanizirovannykh territorii [Ecological development of urbanized territories]. *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2019. No. 4 (55).
8. Kopenhagenskii metropoliten [Copenhagen Metro]. Available: <https://intl.m.dk/#/> (accessed March 3, 2020).
9. Mohan D. Metropolitен i gorodskoi transport budushchego [Mythologies, metro rail systems and future urban transport]. *Ekonomicheskii i politicheskii ezhenedel'nik*. 2008. No. 43. Pp. 41–53. (rus)
10. S-tog (prigorodno-gorodskie poezda g. Kopenhagena) [Copenhagen commuter trains]. Available: www.dsb.dk/stog/ (accessed March 3, 2020).
11. Daniya. Available: <https://denmark.dk> (accessed March 2, 2020).
12. Assotsiatsiya i arkhiv istorii Norrebro [Norrebro History Association and Archive]. Available: www.noerrebro-lokalhistorie.dk/historie.php (accessed March 3, 2020).
13. Stokgol'mskii metropoliten [Stockholm metro]. Available: <https://sl.se/reseplanering/att-resa-med-sl/aka-tunnelbana/> (accessed March 2, 2020).
14. Munitsipal'naya transportnaya kompaniya g. Stokgol'm [Municipal transport company in Stockholm]. Available: <https://sl.se> (accessed March 4, 2020).
15. Istoricheskaya tramvainaya liniya "The Djurgården line" g. Stokgol'm [The Djurgården Line in Stockholm]. Available: www.djurgardslinjen.se/en (accessed March 4, 2020).
16. Gershman A., Gerasimov D. Skol'ko v Moskve velodorozhek na samom dele [How many bike paths in Moscow]. *Infrastruktura*. 2018. (rus)
17. Helsinki. Available: www.hel.fi/hkl/en (accessed June 8, 2020).

18. Evropeiskaya premiya zelenoi stolitsy [European Green Capital Award]. Available: <https://ec.europa.eu/> (accessed September 10, 2020).

Сведения об авторах

Киншт Александр Владимирович, докт. с.-х. наук, профессор, Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств, 630099, г. Новосибирск, Красный проспект, 38, ale-kinsht@yandex.ru

Малова Екатерина Денисовна, студентка, Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств, 630099, г. Новосибирск, Красный проспект, 38, e.malova22@mail.ru

Authors Details

Aleksandr V. Kinsht, DSc, Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts Named after A.D. Kryachkov, 38, Krasnyi Ave., 630099, Novosibirsk, Russia, ale-kinsht@yandex.ru

Ekaterina D. Malova, Student, Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts Named after A.D. Kryachkov, 38, Krasnyi Ave., 630099, Novosibirsk, Russia, e.malova22@mail.ru

УДК 711:725

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-58-70

*С.Б. СБОРЩИКОВ, П.А. ЖУРАВЛЕВ,
Московский государственный строительный университет*

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ И ЗАСТРОЙКИ

Настоящее развитие общества характеризуется сменой технологического уклада, что влечет за собой необходимость преобразования уже существующих технических решений, затрагивающих все сферы национальной экономики в целом и строительной отрасли в частности. В то же время сформировавшийся запрос со стороны потребителей в повышенных требованиях комфортности, безопасности и экономичности среды жизнедеятельности также указывает на целесообразность трансформации существующих градостроительных решений. В этой связи в статье исследуются организационные аспекты развития территории и застройки, при этом особо уделяется внимание таким видам деятельности, как инжиниринг и реинжиниринг.

Предполагается на основе ретроспективного анализа определить предметную область инжиниринга, выполнить классификацию услуг и работ в его рамках. Акцентируется внимание на организационных аспектах инжиниринга, его проявлении на этапах жизненного цикла градостроительного решения. В качестве гипотезы установлено, что наиболее эффективным откликом на запросы общества в обеспечении комфортности и безопасности существующей застройки является реинжиниринг, основанный на синтезе концепций устойчивого развития и риск-ориентированного подхода.

Определена предметная область инжиниринга в строительстве, установлен состав реинжиниринга градостроительных решений, а также показана возможность синтеза концепций устойчивого развития и риск-ориентированного подхода в его рамках.

Динамика изменения параметров частных решений отдельных элементов может не совпадать с характером изменений общего градостроительного решения, что влечет за собой появление зон (участков) опасного и дискомфортного пребывания людей. Следствием этого является необходимость модернизации технических решений либо восстановление их материально-вещественной формы, что составляет предмет реинжиниринга, мероприятия которого могут быть распределены по всей временной шкале жизненного цикла градостроительного решения и отнесены к земельному участку и его застройке.

Ключевые слова: пространственное развитие; инжиниринг в строительстве; реинжиниринг градостроительных решений; реинжиниринг территории и застройки; комфортная и безопасная среда жизнедеятельности; концепция устойчивого развития; риск-ориентированный подход; жизненный цикл технического решения.

Для цитирования: Сборщиков С.Б., Журавлев П.А. Организационные аспекты развития территорий и застройки // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 3. С. 58–70.
DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-58-70

*S.B. SBORSHCHIKOV, P.A. ZHURAVLEV,
The National Research Moscow State University of Civil Engineering*

ORGANIZATIONAL ASPECTS OF TERRITORY DEVELOPMENT

Purpose: The society development is characterized by changes in the technological structure, that make necessary to revise the existing solutions that affect all areas of the national

economy in general, and the construction industry, in particular. Due to the increased requirements for comfort, safety and economy of the living environment, it is expedient to transform the urban planning solutions. In this regard, the aim of this paper is to study the organizational aspects of the territory development, paying special attention engineering and reengineering.

Materials and methods: A retrospective analysis is used to perform the classification of services and works. Special attention is paid to the organizational aspects of engineering and the life cycle of urban planning solutions. As a hypothesis, it is assumed that the most effective solution of the society problems of comfort and safety of buildings, is reengineering based on the synthesis of the sustainable development and risk-based approach. **Research implications:** Engineering in construction is defined. Reengineering of urban planning solutions is shown as well as the possibility of synthesizing the concepts of sustainable development and risk-based approach. The dynamics of changes in the parameters of individual elements may not coincide with the nature of changes in the overall urban planning decision, which provides the emergence of areas of dangerous and uncomfortable living environment. This requires modernization of technical solutions or restoration of their material form, which is the subject of reengineering, which can be distributed over the life cycle of the urban planning solution and attributed to the land development.

Keywords: spatial development; engineering in construction; reengineering; urban planning solutions; territory; comfortable and safe living environment; sustainable development; risk-based approach; life cycle.

For citation: Sborshchikov S.B., Zhuravlev P.A. Organizatsionnye aspekty razvitiya territorii i zastroyki [Organizational aspects of territory development]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2021. V. 23. No. 3. Pp. 58–70.

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-58-70

Введение

Развитие общества во многом характеризуется технологическим укладом, который, в свою очередь, связан с уровнем технических (инженерных) решений, принимаемых во всех сферах деятельности, в том числе и инвестиционно-строительной. Таким образом, развитие общества в ретроспективе можно рассматривать как смену технологических укладов, которая, с одной стороны, приводит к появлению новых технических решений, а с другой – к необходимости качественного преобразования существующих или их утилизации (в терминологии строительства – демонтажа, сноса, ликвидации здания, сооружения, конструктивного элемента, узла и т. д.). Далее в исследовании будем рассматривать обе стороны смены технологического уклада применительно к строительной отрасли.

Очевидно, что для каждого технического решения необходима параметрическая схема [1, 2], а для его реализации – ресурсы и метод их преобразования в полезный эффект. Охват указанных аспектов формирует предметную область инженерного дела. В соответствии с национальным подходом к организации инженерного дела в строительстве в его состав включают:

- прикладные научно-исследовательские работы;
- опытно-конструкторские работы;
- изыскания;
- проектирование;
- организацию строительства;
- опытное производство.

В международной практике указанные виды работ относят к предметной сфере отдельной и специфической деятельности – инжинирингу [3]. В этой связи необходимо указать на существующие различия в терминологии, организации и развитии инженерного дела в нашей стране и за рубежом, однако эти различия постепенно нивелируются глобализацией и участием России в международной научной интеграции.

В зарубежной практике также нет единого определения инжинирингу, под которым понимается деятельность:

- основанная на научных знаниях;
- служащая для целей проектирования, строительства, эксплуатации оборудования, установок, машин;
- связанная с созданием и эксплуатацией предприятий и объектов инфраструктуры;
- направленная на трансфер научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок в производственную сферу.

На этом основании принято выделять отличительные специфические особенности инжиниринга:

- результат инжиниринга воплощается не в материально-вещественной форме, а в полезном эффекте;
- предмет инжиниринга – оказание услуг на коммерческой основе;
- стоимость инжиниринга определяется затратами времени и квалификацией.

Появление инжиниринга как отдельного вида деятельности связано с началом XX в., когда в Великобритании стали оказывать инженерно-консультационные услуги в гражданском строительстве. Затем подобные услуги стали востребованы в промышленном строительстве, а инженеры-консультанты начали объединяться в специализированные инженерные фирмы. Это способствовало расширению спектра инженерно-консультационных услуг.

Дальнейшее развитие инжиниринг получил в 50–60-е гг. XX в. в США при активизации строительства инфраструктурных объектов, а также при послевоенном восстановлении Западной Европы и Японии, что в свою очередь способствовало международной экспансии американского подхода к инжинирингу. Это повлияло на создание профильных международных организаций и привело к расширению инжиниринговых услуг за счет управления строительством промышленных объектов «под ключ» и обучения персонала этих объектов, что стимулировало создание и трансфер американских технологических и продуктовых новаций.

В 70–80-е гг. XX в. сформировалась потребность в систематизации и унификации в рамках инжиниринга. В этот период были разработаны руководства и регламенты в области инжиниринга. Участие в данном процессе финансовых структур позволило расширить сферу инжиниринга за счет услуг по обоснованию инвестиций, а также разработки самих инвестиционных решений на основе инженерных проработок с учетом экологических и социальных факторов. Указанный временной интервал стал переходным к постиндустриальному развитию общества и ознаменовал смену технологического уклада в экономически развитых странах Запада. Как уже отмеча-

лось в начале статьи, подобные причины обуславливают необходимость качественного преобразования существующих инженерных решений. Такая трансформация первоначально только бизнес-процессов получила наименование – реинжиниринг, его теоретические и методологические основы были заложены в трудах М. Хаммера и Дж. Чампи. В настоящем данная концепция распространена на технические решения во всех сферах деятельности и рассматривается уже не как составляющая инжиниринга, а скорее как его логическое продолжение [4–7].

Материалы и методы

Приведенный выше краткий ретроспективный анализ делает возможным очертить предметную область инжиниринга в строительстве и провести классификацию услуг и работ в её рамках (рис. 1). В этой связи можно установить следующие основные группы услуг в сфере инжиниринга:

1. Консультирование по инженерным вопросам.
2. Услуги по управлению.

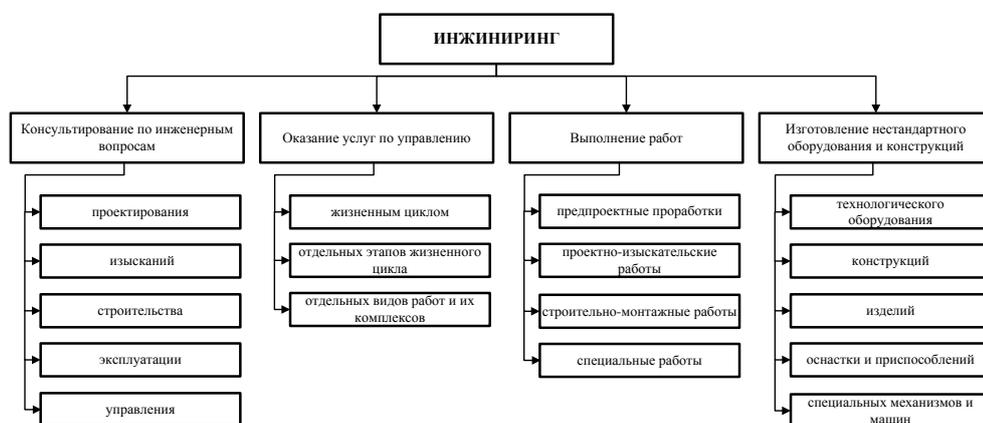


Рис. 1. Предметная область инжиниринга в строительстве

Первая группа связана с такими видами инженерной деятельности, как изыскания, проектирование, строительство, эксплуатация, управление.

Даже рассматривая управление как предмет услуг инжиниринга, следует указать, что в данном аспекте принимается во внимание только его техническая сторона, такая как оснащение, информатизация, взаимодействие с антропотехническими системами и только как следствие этого принятие эффективных управленческих решений.

Вторая группа связана с комплексным решением как управленческих, так и технических проблем:

- жизненного цикла объекта капитального строительства (ОКС);
- отдельных этапов жизненного цикла ОКС;
- отдельных видов работ и их комплексов.

3. Расширение предметной области инжиниринга связано с выполнением следующих работ:

- предпроектные проработки;
- проектно-изыскательские работы;
- строительно-монтажные работы;
- специальные работы.

4. Изготовление нестандартного оборудования и конструкций, а именно:

- технологического оборудования;
- конструкций;
- изделий;
- оснастки и приспособлений;
- специальных механизмов и машин.

Необходимо отметить, что между приведенными выше секторами предметной области инжиниринга (3-м и 4-м) существует неразрывная связь. Как правило, изготовление нестандартных конструкций, оборудования и оснастки связано с их монтажом, наладкой, апробированием, обучением эксплуатирующего персонала, применением в производстве, а их исполнителем (подрядчиком) является одно лицо (в зависимости от сложности и масштаба – физическое или юридическое) – инжиниринговая компания. В данном случае речь может идти о шефмонтаже нестандартного оборудования, выполнении специальных видов работ (технически сложных и связанных с использованием инновационных технологий, новой оснастки, машин и оборудования).

Таким образом, выделение инжиниринга как самостоятельной деятельности приводит к перераспределению функций в рамках взаимодействий (внешних, внутренних) между участниками созидательного процесса. Подобный отклик инвестиционно-строительной деятельности обусловил некоторые видоизменения способов её организации. В нашей стране законодательно установлено два способа организации строительства: хозяйственный и подрядный (рис. 2).

Хозяйственный способ организации строительства предполагает возведение здания, сооружения собственными силами застройщика. Хотя для некоторых видов работ, а также проектирования и изысканий могут привлекаться сторонние исполнители.

Подрядный способ организации строительства основан на делегировании производственных функций (проектирование, изыскания, строительство) сторонним исполнителям (подрядчикам). Исторически сложилось так, что из всего списка подрядчиков выделяют того, кто выполняет большую часть работ и согласен нести полную ответственность за весь их комплекс. На этапе проектирования и изысканий таким исполнителем становится генеральный проектировщик (генпроектировщик), который для выполнения отдельных разделов или работ нанимает на договорной основе субпроектировщиков. На этапе строительства выделяют генерального подрядчика (генподрядчика), который, в свою очередь, привлекает субподрядчиков. На этапе эксплуатации пользователь ОКС (эксплуатирующая или управляющая компания) для реализации реинжиниринговых мероприятий может нанимать подрядные организации, которые при этом должны руководствоваться проектной документацией, специально разработанной для этих целей. Приведенная выше схема носит название генподрядной.

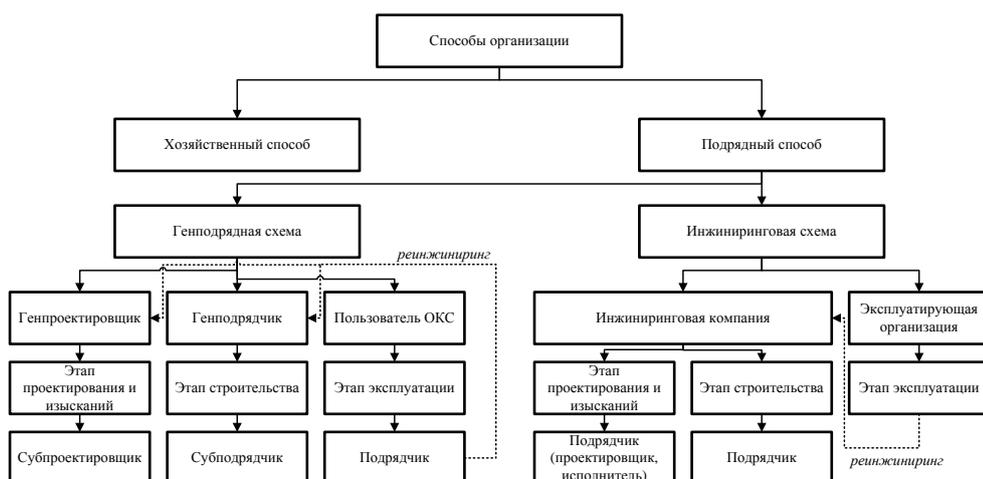


Рис. 2. Способы организации инвестиционно-строительной деятельности

Широкое применение в строительстве информатизации, новых материалов, технологий, прогрессивных практик управления обусловило появление в рамках подрядного способа инжиниринговой схемы, которая предполагает отделение от производственных организационных и управленческих функций и их интеграцию у одного исполнителя на протяжении инвестиционного периода (этапы проектирования, изысканий и строительства). Таким исполнителем становится инжиниринговая компания, которая по мере надобности привлекает подрядчиков (изыскателей, проектировщиков, строителей и т. д.). На этапе эксплуатации ОКС по договору с его владельцем инжиниринговая компания может полностью взять на себя подготовку и реализацию качественного преобразования здания, сооружения, которое может предполагать реконструкцию, техническое перевооружение, перепрофилирование. Как отмечалось выше, подобное качественное преобразование ОКС – это реинжиниринг.

Даже приведенное выше обобщенное представление инжиниринговой схемы управления даёт возможность определить её преимущества относительно генподрядной схемы:

- 1) сокращение количества участников инвестиционно-строительной деятельности;
- 2) увеличение скорости взаимодействия и отклика на возмущения внешней и внутренней среды;
- 3) комплексное решение управленческих и технических задач;
- 4) формирование единого центра ответственности и компетенций;
- 5) сокращение продолжительности и стоимости строительства.

Легитимизация инжиниринга и нормативное закрепление его методологических основ должно способствовать интенсификации строительства ОКС и их дальнейшей эффективной эксплуатации. В этой связи были разработаны и введены в действие отечественные регламентирующие эту сферу деятельности документы:

1. ГОСТ Р 54869–2011. Проектный менеджмент. Требования к управлению проектом.

2. ГОСТ Р 57306–2016. Инжиниринг. Терминология и основные понятия в области инжиниринга.

3. ГОСТ Р 58179–2018. Инжиниринг в строительстве. Термины и определения.

Очевидно, что в дальнейшем нормотворчество в сфере инжиниринга будет продолжено и процедуры регулирования будут развиваться и совершенствоваться [8], и, как следствие, они должны затронуть также и сферу реинжиниринга.

Далее для понимания процессов инжиниринга и реинжиниринга необходимо установить следующие отправные точки. Во-первых, объектом воздействия являются технические решения. Во-вторых, каждое техническое решение имеет свой жизненный цикл (рис. 3). В этой связи можно определить характерные особенности жизненного цикла технического решения и развития процессов инжиниринга и реинжиниринга в его рамках.



Рис. 3. Жизненный цикл технического решения

Жизненный цикл технического решения в строительстве по своему составу принципиально не отличается от других отраслей и проходит следующие этапы:

- формирование цели;
- концепция и предпроектные проработки;
- проектирование и конструирование;
- воплощение в материально-вещественной форме (изготовление, строительство);
- эксплуатация;
- ликвидация (демонтаж, снос, утилизация).

Однако необходимо различать технические решения:

- 1) объекта капитального строительства;
- 2) обеспечения возведения и эксплуатации здания, сооружения.

К первой группе целесообразно отнести решения по планировке, конструктивных элементов, узлов, инженерно-технического обеспечения, производственно-технологического оснащения объекта капитального строительства, а также планировочные решения территории, конструктивные решения инженерной защиты [9].

Вторую группу формируют решения технического оснащения как производственных, так и управленческих процессов строительства, к ним можно

отнести технологическую оснастку, такелажное оборудование, инструмент, а также информационное и программное обеспечение проектирования, управления, эксплуатации и т. д.

Технические решения первой и второй группы, проходя одни и те же этапы жизненного цикла, будут отличаться продолжительностью и скоростью физического и морального устаревания. Также в обоих случаях конфигурация сопряжения инжиниринговых и реинжиниринговых мероприятий будет одинакова. Необходимо отметить, что сопряжение инжиниринговых мероприятий будет иметь прямолинейный характер на протяжении почти всего жизненного цикла технического решения и только на завершающем этапе эксплуатации появляется вариативность:

- 1) либо ликвидировать материально-вещественную форму технического решения;
- 2) либо качественно трансформировать (модернизировать) техническое решение и его материально-вещественную форму.

Второй вариант означает реализацию реинжиниринговых мероприятий, которые имеют явно выраженный циклический характер, предполагающих проектирование (конструирование) и преобразование материально-вещественной формы существующих технических решений. Причем подобный цикл может быть реализован не один раз.

В этой связи особый интерес представляют градостроительные решения и их реинжиниринг (рис. 4).

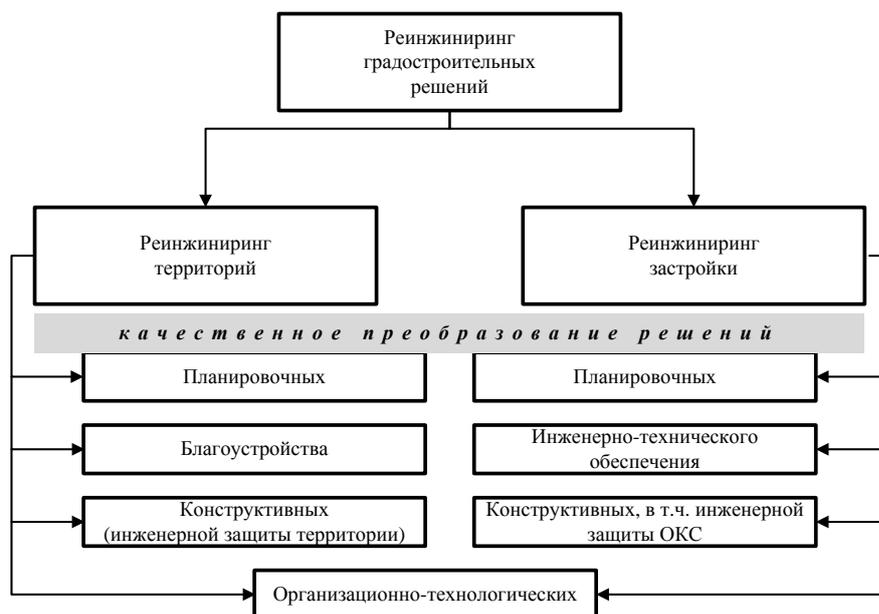


Рис. 4. Состав реинжиниринга градостроительных решений

В рассматриваемом контексте градостроительные решения определяются характеристиками зданий, сооружений, их взаимным расположением, а также

особенностями земельных участков, на которых размещены объекты капитального строительства. Исходя из этого, можно утверждать, что реинжиниринг градостроительных решений имеет комплексный характер и включает в себя реинжиниринг застройки и реинжиниринг территории.

В этой связи терминологически следует определить данные понятия.

Территория – это поверхность участка земли, который имеет правовой статус, топографо-геодезические характеристики, элементы благоустройства и инженерной защиты.

Застройка – это совокупность взаимосвязанных объектов капитального строительства, расположенных на отдельном земельном участке.

Отталкиваясь от указанных определений, можно установить следующее.

Реинжиниринг территории представляет собой качественное преобразование планировочных решений земельного участка, решений по благоустройству, конструктивных решений инженерной защиты территории [10], а также организационно-технологических решений в части производства земляных работ, работ по реновации защитных сооружений территории и т. д.

Реинжиниринг застройки – качественное преобразование решений генплана, инженерно-технического обеспечения, инженерной защиты объектов капитального строительства, а также организационно-технологических решений реконструкции и реновации застройки.

Принимая во внимание исторически сложившийся порядок вещей в инвестиционно-строительной сфере, а также её нормативно-техническое регулирование, можно установить следующие виды реинжиниринговых мероприятий.

В отношении застройки нормативно определены такие мероприятия реинжиниринга:

- 1) реновация;
- 2) реконструкция, которая может быть реализована как:
 - регенерация;
 - активное преобразование;
 - ограниченное преобразование.

А реинжиниринг территории включает в себя:

- 1) рекультивацию;
- 2) реновацию.

В обоих случаях, так или иначе, реинжиниринг – это комплексный вид деятельности, затрагивающий как технические, так и управленческие решения (бизнес-процессы). Современное территориально-пространственное развитие, в том числе относительно населенных пунктов, базируется на концепции устойчивого развития, а в основе принятия решений, как управленческих, так и технических, лежит риск-ориентированный подход. Несмотря на разную направленность указанных выше концепций, они все-таки имеют определенное наложение предметных областей (например, связаны с человеком, его деятельностью и экологией) и общую основополагающую категорию – риск (рис. 5).

Рассматривая риск как вероятность наступления неблагоприятного последствия в результате принятого решения, наступившего явления или проведенного мероприятия, следует отметить разные его уровни применительно к концепции устойчивого развития и риск-ориентированному подходу.

Так уровень риска – появление отрицательного эффекта, который не требует дополнительных воздействий по его снижению, определяется как допустимый и является генезисом концепции устойчивого развития. Иными словами, жизнедеятельность человека, принимаемые решения в настоящем не должны усугублять состояние окружающей среды в будущем.

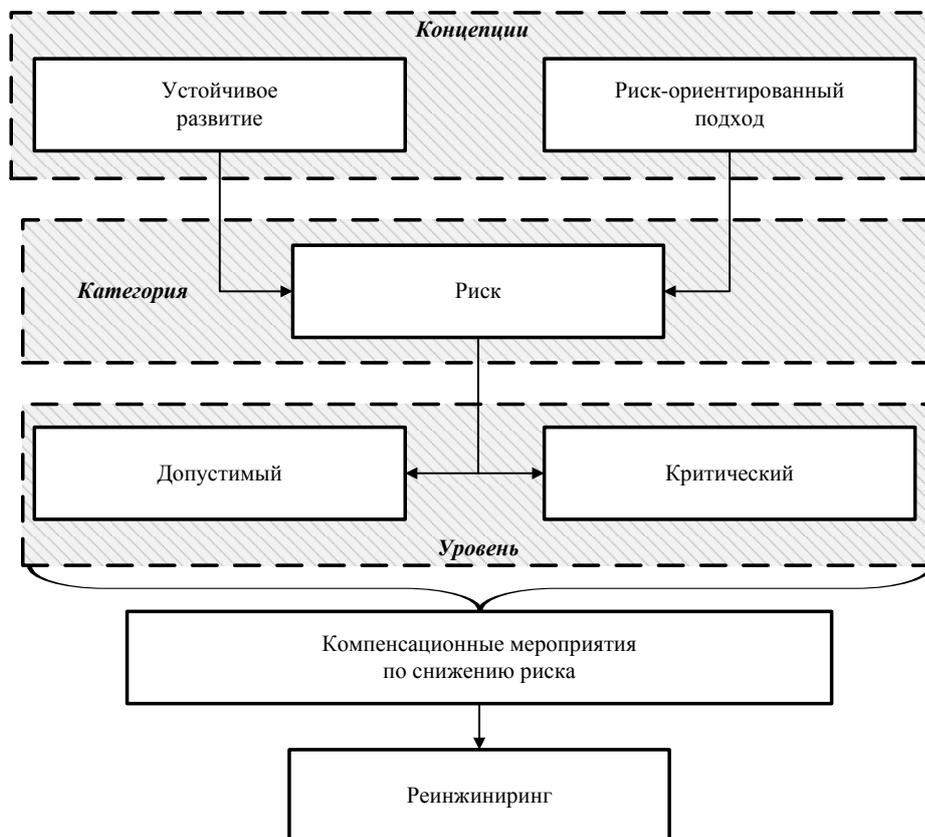


Рис. 5. Синтез концепций устойчивого развития и риск-ориентированного подхода в рамках реинжиниринга

Критический риск характеризует уровень затрат, который превышает положительный эффект от реализации какого-либо мероприятия или проекта. Он является основной категорией риск-ориентированного подхода.

Однако для того чтобы не фиксировать существующее положение дел, а обеспечить сбалансированное развитие, в контексте исследования территории и застройки, необходимы компенсационные мероприятия по снижению риска. Таким образом, данные мероприятия должны нивелировать противоречие между фактическим состоянием территории, её застройки и запросами потребителей относительно комфортности, безопасности и экономичности [11–15]. Подобные компенсационные мероприятия определяют содержание реинжиниринга градостроительных решений и составляют основу комфортной и безопасной среды жизнедеятельности (рис. 6).

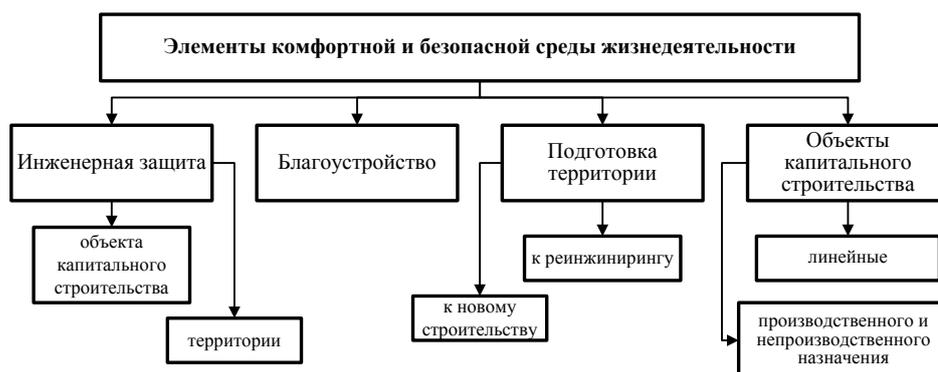


Рис. 6. Элементы комфортной и безопасной среды жизнедеятельности

Исходя из логики рассуждений и цели исследования, комфортную и безопасную среду жизнедеятельности будут формировать:

- 1) объекты капитального строительства, которые можно разделить:
 - на производственного и непроизводственного назначения;
 - линейные.
- 2) инженерная защита:
 - объектов капитального строительства;
 - территории.
- 3) благоустройство;
- 4) подготовка территории:
 - к новому строительству;
 - реинжинирингу.

Выводы

Каждый из приведенных элементов обладает своим функциональным назначением и определенной долей в формировании общего градостроительного решения в границах отдельного земельного участка. Также данные элементы имеют отличные подходы к обоснованию, проектированию, реализации, эксплуатации, разную структуру стоимости, состав участников и их распределение по этапам жизненного цикла.

Таким образом, динамика изменения параметров частных решений отдельных элементов может не совпадать с характером изменений общего градостроительного решения, что влечет за собой появление зон (участков) опасного и дискомфортного пребывания людей. Следствием этого является необходимость модернизации технических решений либо восстановление их материально-вещественной формы, что составляет предмет реинжиниринга, мероприятия которого могут быть распределены по всей временной шкале жизненного цикла градостроительного решения и отнесены к земельному участку и его застройке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гоголкина О.В. Особенности формирования конструкций в параметрической архитектуре // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2018. № 1 (42). С. 355–363.

2. Чурбанов А.Е., Шамара Ю.А. Влияние технологии информационного моделирования на развитие инвестиционно-строительного процесса // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 7 (118). С. 824–835.
3. Грибова Е.В., Чернецкова А.М., Борисов А.В. Международный инжиниринг: внедрение зарубежного опыта в России // Экономика и менеджмент инновационных технологий. 2016. № 11. URL: <http://ekonomika.snauka.ru/2016/11/12887> (дата обращения: 01.02.2021).
4. Сборщиков С.Б., Маслова Л.А. Реинжиниринг объектов капитального строительства и реинжиниринг технологических процессов // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 10. С. 1321–1330.
5. Шинкарева Г.Н. Model of engineering scheme for the organisation of construction life cycle contracts // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 9. С. 1204–1210.
6. Сборщиков С.Б., Маслова Л.А. Элементы информационно-аналитического обеспечения реинжиниринга объектов капитального строительства // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 7. С. 912–921.
7. Сборщиков С.Б., Лазарева Н.Б., Маслова Л.А. Параметры реинжиниринга технологических процессов // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 4. С. 28–33.
8. Кесаев С.А. Методические аспекты по совершенствованию процесса регулирования инжиниринговой деятельности в России // Вестник Евразийской науки. 2018. № 1. <https://esj.today/PDF/13ECVN118.pdf> (доступ свободный).
9. Журавлев П.А., Марукян А.М. Инженерная защита зданий, сооружений и территорий как фактор инновационного развития территориального планирования // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. Вып. 10. С. 1440–1449.
10. Журавлев П.А., Сборщиков С.Б. Организационные особенности формирования технических решений инженерной защиты территории на этапах жизненного цикла и их реинжиниринг (часть 1) // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2020. № 4. С. 63–72.
11. Дайнеко Д.В. Институциональные проблемы градостроительства и современные методы реконструкции сибирских городов // Вестник ИрГТУ. 2013. № 8 (79). С. 75–81.
12. Драгицкая О.Р. Основные проблемы управления градостроительным развитием территорий поселений // Управленческие науки. 2015. № 2. С. 20–29.
13. Корнев В.И., Бурлуцкий А.А., Гусева У.Ю. Градостроительные аспекты формирования транспортной схемы в историческом центре г. Томска // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. Т. 20. № 1. С. 128–139.
14. Кустикова Ю.О., Матушкина А.С. Приемы реконструкции сохраняемого жилого фонда // Вестник МГСУ. Т. 12. Вып. 10 (109). С. 1090–1097.
15. Картова Н.В. Основы территориально-пространственного развития современного города // Экономика и экология территориальных образований. 2016. № 3. С. 32–38.

REFERENCES

1. Gogolkina O. Osobennosti formirovaniya konstruksii v parametricheskoi arkhitekture [Concept formation in parametric architecture]. *Architecture and Modern Information Technologies*. 2018. No. 1 (42). Pp. 355–363. (rus)
2. Churbanov A.E., Shamara Yu.A. Vliyanie tekhnologii informatsionnogo modelirovaniya na razvitie investitsionno-stroitel'nogo protsesssa [Information modeling technology and development of investment construction process]. *Vestnik MGSU*. 2018. V. 13. No. 7 (118). Pp. 824–835. (rus).
3. Gribova E.V., Cherneckova A.M., Borisov A.V. Mezhdunarodnyj inzhiniring: vnedrenie zarubezhnogo opyta v Rossii [International engineering: implementation of foreign experience in Russia]. *Ekonomika i menedzhment innovacionnyh tekhnologij*. 2016. No. 11. (rus)
4. Sborshikov S.B., Maslova L.A. Reinzhiniring ob'ektov kapital'nogo stroitel'stva i reinzhiniring tekhnologicheskikh protsessov [Reengineering of capital construction objects and reengineering of technological processes]. *Vestnik MGSU*. 2019. No. 14 (10). Pp. 1321–1330. (rus)
5. Shinkareva G.N. Model of engineering scheme for the organisation of construction life cycle contracts. *Vestnik MGSU*. 2018. No. 13 (10). Pp. 1204–1210. (rus)

6. *Sborshikov S.B., Maslova L.A.* Elementy informatsionno-analiticheskogo obespecheniya reinzhiniringa ob'ektov kapital'nogo stroitel'stva [Elements of information and analytical support for reengineering of capital construction objects]. *Vestnik MGSU*. 2019. No. 14 (7). Pp. 912–921. (rus)
7. *Sborshchikov S.B., Lazareva N.B., Maslova L.A.* Parametry reinzhiniringa tekhnologicheskikh processov [Parameters of reengineering of technological processes]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2020. No. 4. Pp. 28–33. (rus)
8. *Kesaev S.A.* Metodicheskie aspekty po sovershenstvovaniyu protsessa regulirovaniya inzhiniringovoi deyatel'nosti v Rossii [Methodological aspects of improving engineering activities in Russia]. *Vestnik Evraziiskoi nauki*. 2018. No. 1 (10). Available: <https://esj.today/PDF/13ECVN118.pdf>. (rus)
9. *Zhuravlev P.A., Marukyan A.M.* Inzhenernaya zashchita zdaniy, sooruzheniy i territorii kak faktor innovatsionnogo razvitiya territorial'nogo planirovaniya [Engineering protection of buildings, structures and territories as a factor of innovative development of spatial planning]. *Vestnik MGSU*. 2020. No. 15 (10). Pp. 1440–1449. (rus)
10. *Zhuravlev P.A., Sborshikov S.B.* Organizatsionnye osobennosti formirovaniya tekhnicheskikh resheniy inzhenernoi zashchity territorii na etapakh zhiznennogo tsikla i ikh reinzhiniring (chast' 1) [The formation of technical solutions of engineering protection of territory during life cycle and their reengineering (Part 1)]. *Biosfernaya sovместimost': chelovek, region, tekhnologii*. 2020. No. 4. Pp. 63–72. (rus)
11. *Dajneko D.V.* Institutstional'nye problemy gradostroitel'stva i sovremennye metody rekonstruktsii Sibirskikh gorodov [Institutional problems of urban planning and modern methods of reconstruction of Siberian cities]. *Vestnik IrGTU*. 2013. No. 8 (79). Pp. 75–81. (rus)
12. *Dragickaya O.R.* Osnovnye problemy upravleniya gradostroitel'nym razvitiem territorij poseleniy [The main problems of management of urban development of settlements]. *Upravlencheskie nauki*. 2015. No. 2. Pp. 20–29. (rus)
13. *Korenev V.I., Burluskii A.A., Guseva U.Yu.* Gradostroitel'nye aspekty formirovaniya transportnoi skhemy v istoricheskom tsentre g. Tomsk [City planning aspects of traffic arrangement in historical part of Tomsk]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2018. V. 20. No. 1. Pp. 128–139. (rus)
14. *Kustikova Yu.O., Matushkina A.S.* Priemy rekonstruktsii sokhranyaemogo zhilogo fonda [Reconstruction techniques of preserved housing stock]. *Vestnik MGSU*. 2017. V. 12. No. 10 (109). Pp. 1090–1097. (rus)
15. *Karpova N.V.* Osnovy territorial'no-prostranstvennogo razvitiya sovremennogo goroda [Fundamentals of territorial and spatial development of a modern city]. *Ekonomika i ekologiya territorial'nykh obrazovaniy*. 2016. No. 3. Pp. 32–38. (rus)

Сведения об авторах

Сборщиков Сергей Борисович, докт. экон. наук, доцент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, sbs@mgsu.ru

Журавлев Павел Анатольевич, канд. техн. наук, доцент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, tous2004@mail.ru

Authors Details

Sergey B. Sborshikov, DSc, A/Professor, The National Research Moscow State University of Civil Engineering, 26, Yaroslavl'skoe Road, 129337, Moscow, Russia, sbs@mgsu.ru

Pavel A. Zhuravlev, PhD, A/Professor, The National Research Moscow State University of Civil Engineering, 26, Yaroslavl'skoe Road, 129337, Moscow, Russia, tous2004@mail.ru

УДК 72.036

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-71-80

*Е.В. ЧУГУНОВ,
Новосибирский государственный университет
архитектуры, дизайна и искусств*

ВОЕННЫЕ ГОРОДКИ КАК ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ ВОЕННО-СТРАТЕГИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ГОРОДОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (ОМСКА И НОВО-НИКОЛАЕВСКА) В НАЧАЛЕ XX ВЕКА

Рассматриваются военные городки как одна из составляющих военно-стратегических функций городов Омска и Ново-Николаевска конца XIX – начала XX в. Описан военно-стратегический аспект строительства и выявлены особенности размещения казарменных комплексов в городской застройке. Исследование показывает историю развития строительства комплекса военных построек 41, 43 и 44-го Сибирских стрелковых полков, входивших в состав Омского военного округа (Сибирский военный округ с 1899 по 1906 г.), дислоцированных в Омске и Ново-Николаевске. Данное исследование показало, что комплексы зданий военного ведомства, построенные в городской черте, являлись достаточно автономными в структуре сибирских городов и их сооружения соответствовали всем функциональным назначениям с продуманной взаимосвязью всех территориальных образований военных городков.

Ключевые слова: Западная Сибирь; Ново-Николаевск; Омск; военный городок; казармы; Великий Сибирский путь; Омская крепость; дореволюционная архитектура; конец XIX в.; XX в.

Для цитирования: Чугунов Е.В. Военные городки как основа формирования военно-стратегической функции городов Западной Сибири (Омска и Ново-Николаевска) в начале XX века // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 3. С. 71–80.
DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-71-80

*E.V. CHUGUNOV,
Novosibirsk State University of Architecture, Design and Fine Arts*

MILITARY TOWNS FOR MILITARY-STRATEGIC FUNCTION OF WESTERN SIBERIAN TOWNS (OMSK AND NOVO-NIKOLAEVSK) EARLY IN THE 20th CENTURY

Purpose: Exploration of military towns as one of the components of military strategy of the cities of Omsk and Novo-Nikolaevsk in the 19–20th centuries. **Design/methodology/approach:** Archival and literary sources, buildings of the military department, quite autonomous in Siberian cities corresponding to all functional purposes. **Research findings:** The influence of the military-strategic plans of the Russian Empire on the spatial development of military-strategic aspect of construction of barrack complexes in urban development. **Practical implications:** The research results can be applied in further study of military towns in Omsk and Novo-Nikolayevsk. **Originality/value:** Research results show the history of construction and architecture of military buildings of the 41st, 43rd, 44th Siberian Rifle Regiments, which were part of the Omsk Military District (Siberian Military District from 1899 to 1906) and stationed in Omsk and Novo-Nikolaevsk.

Keywords: Western Siberia; Novo-Nikolaevsk; Omsk; Great Siberian Railway; military town; barracks; Omsk fortress; pre-revolutionary architecture; 19th century; 20th century.

For citation: Chugunov E.V. Voennye gorodki kak osnova formirovaniya voenno-strategicheskoi funktsii gorodov Zapadnoi Sibiri (Omska i Novo-Nikolaevska) v nachale XX veka [Military towns for military-strategic function of Western Siberian towns (Omsk and Novo-Nikolaevsk) early in the 20th century]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2021. V. 23. No. 3. Pp. 71–80. DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-71-80

В настоящей статье рассматривается история строительства и архитектура комплекса военных зданий 41, 43 и 44-го Сибирских стрелковых полков, входивших в Омский военный округ (Сибирский военный округ с 1899 по 1906 г.) и расквартированных в Омске и Ново-Николаевске. Для изучения военной застройки было проведено натурное обследование комплексов и отдельных сооружений, изучены планы г. Ново-Николаевска (совр. Новосибирск) и Омска конца XIX – начала XX в., использованы не опубликованные ранее документы из фондов Российского государственного военно-исторического архива (РГВИА), Государственного архива Новосибирской области (ГАО), бюджетного учреждения Омской области «Исторический архив Омской области», а также научные источники XX, XXI вв., связанные с данной тематикой. Исследование истории Сибирских стрелковых полков проводили сибирские историки И.В. Ладыгин, Ю.А. Фабрика. Изучением архитектуры военных городков в Ново-Николаевске занимались архитекторы Е.А. Кузнецова, С.М. Новокшенов. Историко-культурные аспекты развития 16-го военного городка в г. Омске изучены С.С. Наумовым и Д.И. Петиним [1, с. 120–138]. Однако история возникновения и архитектура казарменных комплексов и отдельных сооружений военного ведомства в г. Омске в аспекте военно-стратегического строительства рассматривается впервые. В научный оборот вводятся авторские схемы, архивные планы территорий, на которых располагались изучаемые объекты. В результате исследования определены состав и роль военных городков, выявлена специфика размещения комплексов зданий в структуре Ново-Николаевска и Омска.

Строительство Великого Сибирского пути способствовало реализации ряда важных политических, экономических и социальных задач Российской империи, в том числе военно-стратегических, что кардинально изменило стратегию государственной обороны, выведя ее на качественно новый уровень и наполнив тыл страны глубоко эшелонированными военно-стратегическими пунктами, в том числе и в Сибирском регионе с его богатейшим фондом стратегического сырья, запасов продуктов питания, развитых транспортных комплексов, сочетавших в себе железнодорожный и водный транспорт. Всё это явилось благоприятными условиями для обучения и мобилизационного пополнения воинского контингента. Сибирские города, непосредственно расположенные на железнодорожной магистрали, с их сложившейся транспортной инфраструктурой, наличием свободных территорий, располагали к созданию в них значительных военно-стратегических комплексов, отда-

лённых от предполагаемых театров военных действий и в то же время надёжно связанных с ними современной транспортной сетью.

В начале XX столетия в Омске был образован штаб военного округа. Омский военный округ приобретает военно-стратегическое значение, особенно в условиях обострения отношений с Японией. Уже в конце XIX – начале XX в. количество воинского контингента в сибирских городах стремительно возросло ввиду перевода округа на военное положение. В ходе Русско-японской войны и определилась дальнейшая перспектива развития Омского военного округа – особого тылового округа, сыгравшего в дальнейшем значительную роль в обеспечении действий российской армии на фронтах Первой мировой войны. Крупнейшие стратегические центры Западной Сибири – Омск и Ново-Николаевск, расположенные на Великом Сибирском пути, являлись центрами сбора, переработки и отправки на фронт военных грузов, продуктов, реквизированных лошадей и фуража, сырья для технических нужд и контингента для воинского подкрепления. Сам регион Западной Сибири обладал сравнительно большими людскими ресурсами – более четырёх миллионов человек. Такая масса новобранцев могла быть достаточно быстро мобилизована, сосредоточена для обучения и отправлена из военно-стратегических центров Омска и Ново-Николаевска с их развитой военной структурой в районы боевых действий. Так в июле – августе 1914 г. в армию было призвано порядка 250 тыс. сибиряков [2, с. 27].

После окончания Русско-японской войны в гарнизонах сибирских городов расположились запасные пехотные батальоны, которые в военное время разворачивали по полному штату полка. В Омске – традиционном военном центре Западной Сибири – были сформированы два кадровых стрелковых полка: из 10-го резервного батальона – 43-й Сибирский стрелковый полк, а из 12-го резервного, переведённого из Барнаула, и 11-го резервного, прибывшего из Семипалатинска, – 44-й Сибирский стрелковый полк. Рост значения г. Ново-Николаевска в регионе как нового военно-стратегического центра, а также увеличение численности его населения отразились на решении Военного ведомства о размещении в городе двух полков – 5-го Сибирского пехотного Иркутского и 6-го Сибирского Енисейского и артиллерийского дивизиона [3, с. 12–13]. В связи с тем, что специализированных военно-стратегических комплексов на территории Омска и Ново-Николаевска, способных уместить в своих стенах такое количество прибывающего воинского контингента в 1900-е гг. ещё не существовало, полкам были назначены для размещения обывательские квартиры.

Накануне Первой мировой войны, в августе 1914 г. Омск и Ново-Николаевск представляли собой крупнейшие в Сибири промышленные, торговые и транспортные центры с большим стратегическим потенциалом. В Ново-Николаевске было размещено 15 690 мобилизованных солдат (в 10 раз больше, чем в 1904–1905 гг.) Городская дума 27 июля 1915 г. отметила: «Город Ново-Николаевск переполнен войсками и военнопленными как ни один другой город округа. Ничего подобного не знает ни Томск, ни даже Омск» [2, с. 79].

С момента введения всеобщей воинской повинности Русская императорская армия в Сибири фактически не имела достаточного количества казарменных помещений, необходимых для такого резко возросшего количества

воинского контингента. А ввиду того, что вопрос строительства очень озадачил царское правительство, был принят ряд решений о «неотлагательной потребности» строительства качественно новых казарменных строений, объединённых в военно-стратегические комплексы типа «военные городки». Земства и городские самоуправления в Сибири также были заинтересованы в скорейшем размещении войск по казармам, чтобы избавиться от квартирной повинности перед армией [4, с. 6–7].

Новая военная доктрина, успешно реализованная, в том числе и в Омске, и Ново-Николаевске, предъявляла особые требования к архитектурно-планировочным характеристикам военно-стратегических образований нового типа в Западной Сибири. Главным инженерным управлением Военного министерства Российской империи были составлены положения для руководства при проектировании казарменных зданий [5]. В них, главным образом, были изложены условия в отношении рода и размеров внутренних помещений с учетом специфики каждого рода войск. Все проекты были одобрены военным министром Российской империи. Органы местного самоуправления в сибирских городах получили некоторое право выбора не только в размещении войск, в связи с местными условиями, обстоятельствами и средствами, но и право приспособлять уже существующие постройки к тому или иному виду казарм, при этом допускались необходимые отступления от чертежей, при соблюдении условий удобного расположения для войск, относительно сохранения необходимых показателей по площадям и квадратуре помещений, разделённых впоследствии по роду занятия людей [Там же, с. 14–15].

Военно-стратегическая функция на территории Ново-Николаевска реализовалась в виде двух крупных военных образований: Военно-остановочного пункта, расположенного в непосредственной близости от железнодорожного узла, и Военного городка № 17, расположенного в Закаменской части города (рис. 1).

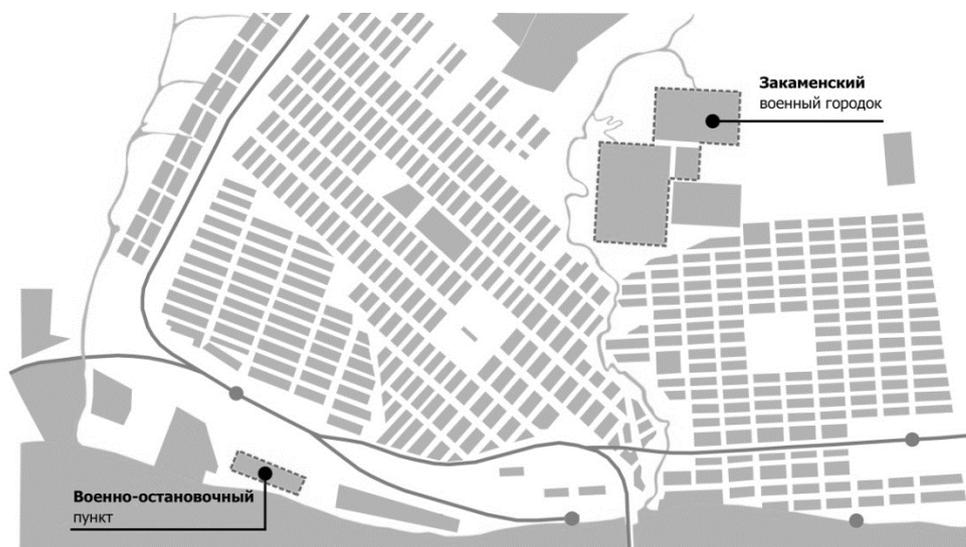


Рис. 1. Схема расположения военных образований в Ново-Николаевске на 1910–1917 гг.
Схема автора

Объекты Ново-Николаевского военно-остановочного пункта (рис. 2) можно поделить на 5 функциональных типов: жилые, хозяйственные (вспомогательные), общественно-административные, больничные и сооружения для питания воинского контингента, а также 1 пространственная функциональная зона: воинские платформы, вплотную примыкающие к сооружениям комплекса [7, с. 79].

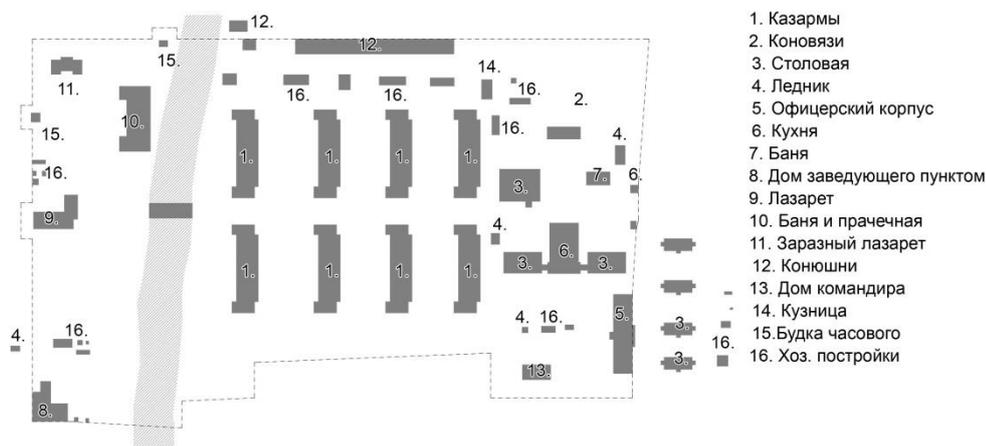


Рис. 2. Схема расположения сооружений Ново-Николаевского военно-остановочного пункта на 1910–1917 гг. Схема автора

На территории Ново-Николаевского военного городка (рис. 3) существовал автономный комплекс военных построек, состоящий из 39 зданий. Объекты, расположенные на территории Закаменского военного городка в Ново-Николаевске, имели различное функциональное назначение, но среди них можно выделить 6 основных функциональных типов сооружений: жилые (казармы для низших чинов, общежития и квартиры для офицерского состава), культовые, больничные, хозяйственные (вспомогательные), общественно-административные и сооружения для питания воинского контингента, а также 4 пространственные функциональные зоны: складская интендантская зона, плацы для строевых занятий, летний лагерь (полигон) и соседствующие с военным городком концентрационные лагеря для военнопленных, возникшие в годы Первой мировой войны.

На момент начала Первой мировой войны реализацию военной функции в Омске, являвшемся центром Омского военного округа, следует рассмотреть в виде 12 военных образований (не считая отдельно расположенных в городской структуре военно-административных сооружений): окружные артиллерийские склады в Кадышевском форштадте, местная артиллерийская команда с пороховыми погребами [8], казармы на территории бывшей Омской крепости [8], военный лазарет в Бутырском районе [9], учебный кадетский корпус в Казачьем районе, казармы и управление артиллерийской бригады в Казачьем районе, здание цирка, переоборудованное под помещение для военнопленных, в Казачьем районе [10, с. 407], военный городок с казармами, примыкающим

к нему продовольственным пунктом в Казачьем районе города, два концентрационных лагеря для военнопленных Первой мировой войны, расположенные на окраине города летние лагеря (рис. 4) (предназначенные для Сибирских полков и Омского кадетского корпуса), а также полигон со стрельбищем.

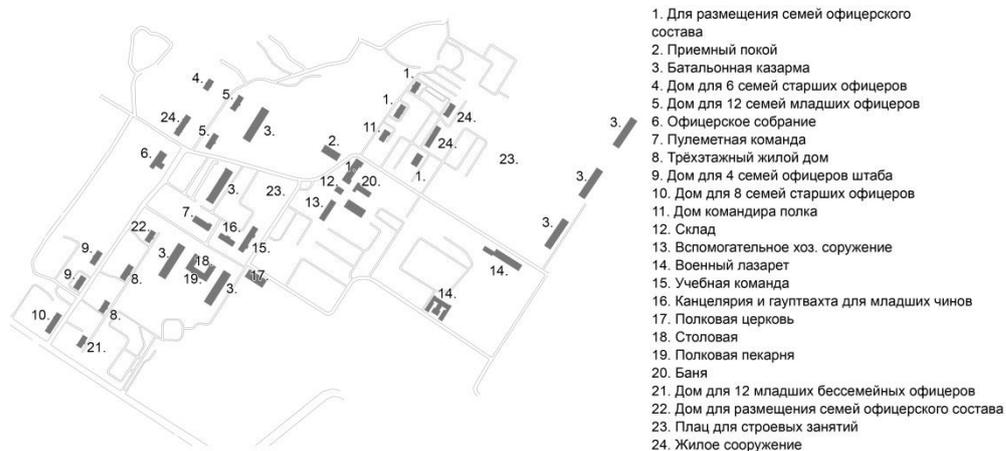


Рис. 3. Схема расположения 39 сооружений комплекса Ново-Николаевского Закаменского военного городка на 1910–1917 гг., объекты наложены на улично-дорожную сеть Новосибирска 2018 г. Схема автора



Рис. 4. Летний лагерь Сибирского кадетского корпуса. Фото 1910 г.

Казачьи части и поселения напротив расположились за границей города, но были тесно связаны с ним посредством развитой сети дорог [6, с. 3, 7]. Омск на протяжении всей своей истории имел мощную военную составляющую, а в начале XX в. приобрёл её новое структурное и качественное наполнение (рис. 5). Это было связано, прежде всего, с изменившейся транспортной составляющей Омска, а именно с функционированием Великого Сибирского пути. В целом на территории военных комплексов Омска можно выделить 10 функциональных типов сооружений, в которых реализуется военно-стратегическая функция города: жилые, лечебные, учебные, складские, религиозные, больничные, хозяйственные (вспомогательные), общественно-административные и сооружения питания для личного состава.



Рис. 5. Схема расположения военных образований на территории г. Омска на 1917 г. Схема автора

Среди всех военных комплексов на территории Омска можно выделить два крупнейших военных образования, которые имеют признаки, присущие полноценным военным городкам, – это Омская крепость (рис. 6) и 16-й Военный городок. Омская крепость расположена в исторической части города, в свою очередь, в годы Первой мировой войны часть личного состава и воинского имущества были расположены в более старых сооружениях Омской крепости.

В дальнейшем, ввиду постоянного роста количества воинских подразделений, были возведены новые казармы и сооружения. На территории Омской крепости можно выделить 5 функциональных типов сооружений, в которых реализуется военно-стратегическая функция города, среди них: жилые, складские, религиозные, хозяйственные (вспомогательные), общественно-административные, специализированных сооружений для питания воинского контингента в ходе анализа выявлено не было (рис. 7).



Рис. 6. Смотр войсковой части на плацу Омской крепости, на заднем плане – строения XIX в. Фото 1910 г.



Рис. 7. Схема расположения сооружений на территории крепости города Омска на 1917 г. Схема автора

Омский 16-й Военный городок строился на пустыре за чертой города в непосредственной близости от железнодорожного вокзала и представлял собой сосредоточение всевозможных летних лагерей (рис. 8). В дальнейшем территория обросла капитальными строениями различного назначения, и данное место стало основной площадкой дислокации войск Омского гарнизона круглогодичного использования. Земля, отданная под строительство военных сооружений, именовалась «военным городком под Омском». Территория городка имела, по сравнению с Закаменским военным городком в Ново-Николаевске, удобное положение для строительства, т. к. находилась в непосредственной близости от же-

лезной дороги. В летнее время, в течение всего периода использования данной территории, вблизи капитальных сооружений располагались лагеря для учений сибирских полков, кадетов, а также инженерных и артиллерийских войск Омского гарнизона. Военно-стратегическая функция на территории Омского 16-го Военного городка, так же как и в Закаменском военном городке в Ново-Николаевске, реализуется в различных типах сооружений: жилые, складские, религиозные, больничные, хозяйственные (вспомогательные), общественно-административные и сооружения общественного питания (для военных).

1. Лагеря Сибирского кадетского корпуса
2. Лагеря Омского резервного батальона
3. Санитарная станция
4. Религиозные сооружения

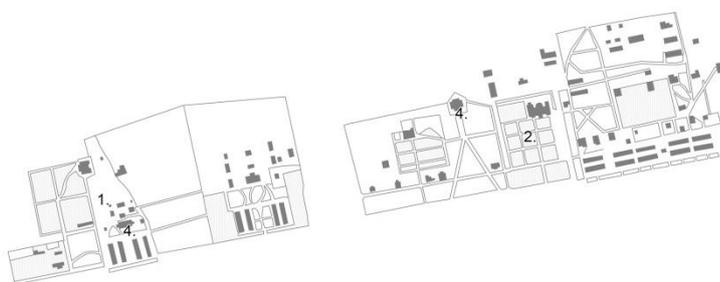
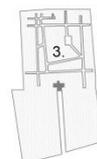


Рис. 8. Схема расположения сооружений летних лагерей на территории будущего 16-го Военного городка в Омске на 1904 г. Схема автора

Так же как и Ново-Николаевский, Омский военный городок полностью автономный и имеет в своем составе сооружения с уникальной архитектурой. Полный список сооружений с их функциональным назначением на момент написания статьи выявить не удалось.

Выводы

Военная функция автономных военных образований реализовалась в Омске и Ново-Николаевске в начале XX в. в виде крупных военных образований, которые в течение своей эксплуатации в последующие периоды истории продемонстрировали эффективность принятых планировочных, архитектурных и проектных решений в целом.

При проектировании военных городков в Омске и Ново-Николаевске был применён и успешно реализован принцип функционального зонирования их территории, продумана взаимосвязь всех территориальных образований военных городков, что роднит их с дальнейшей методологией градостроительного проектирования XX в. в плане четкого зонирования городских территорий и разделения их по функциональным зонам.

Важным отличием Омска от Ново-Николаевска являлось наличие в структуре военно-стратегического комплекса Омска уже сложившихся тради-

ционных военных учреждений, учебных корпусов, Окружной военной администрации и сопутствующих ей структур, лечебных заведений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Наумов С.С., Петин Д.И.* Из истории 16-го Военного городка в Омске // Вестник Омского университета. Серия: Исторические науки. 2019. № 4 (24). С. 120–138.
2. *Шиловский М.В.* Первая мировая война 1914–1918 годов и Сибирь / отв. ред. В.П. Зиновьев; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Институт истории. – Новосибирск: Автограф, 2015. 330 с.
3. *Ладыгин И.В.* Ново-Николаевск в военном мундире, 1904–1920 гг. Новосибирск, 2013. 151 с.
4. *Военный городок в Ново-Николаевске.* Первые годы истории / сост. Е.А. Кузнецова. Новосибирск, 2013. 87 с.
5. *Пояснительная записка* к проектам казарменных строений для помещения одного армейского пехотного полка // БУ ИСА (Бюджетное учреждение Омской области «Исторический архив Омской области»). Ф. 198. Оп. 1. Д. 838. 16 с.
6. *Карта Сибирского казачьего войска* // БУ ИСА (Бюджетное учреждение Омской области «Исторический архив Омской области»). Ф. 198. Оп. 1. Д. 480. 10 с.
7. *Альбом планов расположения путей* на станциях Сибирской железной дороги // ГАНО (Государственный архив Новосибирской области). Ф. 1917. Оп. 1. Д. 507.
8. *Генеральный план части упразднённой Омской крепости* // РГВИА (Российский государственный военно-исторический архив). Ф. 349. Оп. 27. Д. 1791.
9. *Генеральный план Омского военного госпиталя* // РГВИА (Российский государственный военно-исторический архив). Ф. 349. Оп. 27. Д. 1773.
10. *Переписка о расквартировании казарменном городом нижних воинских чинов* // БУ ИСА (Бюджетное учреждение Омской области «Исторический архив Омской области»). Ф. 172. Оп. 1. Д. 243.

REFERENCES

1. *Naumov S.S., Petin D.I.* Iz istorii 16-go Voennogo gorodka v Omske [From the history of the 16th Military town in Omsk]. *Vestnik Omskogo universiteta. Seriya Istoricheskie nauki*. 2019. V. 24. No. 4. Pp. 120–138. (rus)
2. *Zinov'yev V.P. (Ed.), Shilovskiy M.V.* Pervaya mirovaya voyna 1914–1918 godov i Sibir' [World War I 1914–1918 and Siberia]. Novosibirsk: Avtograf, 2015. 330 p. (rus)
3. *Ladygin I.V.* Novo-Nikolaevsk v voennom mundire, 1904–1920 gg. [Novo-Nikolaevsk in military uniform, 1904–1920]. Novosibirsk, 2013. 151 p. (rus)
4. *Kuznetsova E.A.* Voennyi gorodok v Novo-Nikolaevske. Pervye gody istorii. [Military town in Novo-Nikolaevsk. First historical years]. Novosibirsk, 2013. 87 p. (rus)
5. Historical Archive of the Omsk Region, Form 198. List 1. Proc. 838. 16 p.(rus)
6. Historical Archive of the Omsk Region, Form 198. List 1. Proc. 480. 10 p.(rus)
7. State Archive of the Novosibirsk Region. Form 1917. List 1. Proc. 507. (rus)
8. Russian State Military Historical Archive. Form 349. List 27. Proc. 1791. (rus)
9. Russian State Military Historical Archive. Form 349. List 27. Proc. 1773 (rus)
10. Historical Archive of the Omsk Region, Form 172. List 1. Proc. 243.(rus)

Сведения об авторе

Чугунов Евгений Валерьевич, аспирант, Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств, 630099, г. Новосибирск, Красный пр., 38, e.v.chugunov.arch@gmail.com

Author Details

Evgeny V. Chugunov, Research Assistant, Novosibirsk State University of Architecture, Design and Fine Arts, 38, Krasnyi Ave., 630099, Novosibirsk, Russia, e.v.chugunov.arch@gmail.com

УДК 72.035

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-81-97

*А.П. ГЕРАСИМОВ, М.И. КОРЖ,**Томский государственный архитектурно-строительный университет*

ВЛИЯНИЕ КЛАССИЦИЗМА НА ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО ГОРОДОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В архитектуре и искусствоведении большое значение имеет терминология направлений и стилей. Иногда кажущиеся одинаковыми названия могут иметь совершенно иной смысл. Классицизм как одно из основных мировых направлений в архитектуре и искусстве в настоящее время довольно свободно интерпретируется авторами, в результате чего возникают неточности в определении стиля архитектурного объекта, временные параметры его строительства. Все это создает определенные трудности не только при его изучении как исторического здания, но и при его реставрации или реконструкции.

В статье поднимаются несколько вопросов, связанных с данным стилевым направлением. В первом – рассматриваются истоки стиля, охватившего всю Европу и Россию начиная с середины XVII в. и продолжающегося до настоящего времени. Несмотря на то что данный вопрос далеко не новый, термин «классицизм» (как само название, так и его архитектурные особенности) требует некоторых уточнений и определенного осмысления. Второй вопрос связан непосредственно с архитектурой классицизма сибирских городов, его появлением и развитием. Третий вопрос раскрывает влияние классицизма на градостроительство в городах Западной Сибири.

Ключевые слова: архитектура Западной Сибири; история архитектурных стилей; классицизм; типовое строительство в России XVIII–XIX вв.

Для цитирования: Герасимов А.П., Корж М.И. Влияние классицизма на градостроительство городов Западной Сибири // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 3. С. 81–97.

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-81-97

*A.P. GERASIMOV, M.I. KORZH,**Tomsk State University of Architecture and Building*

THE INFLUENCE OF CLASSICISM ON URBAN PLANNING IN WEST SIBERIA

The of direction and style terms are of great importance in architecture and art history. The same names may have sometimes a completely different meaning. Classicism as one of the main trends in world architecture and art is now quite freely interpreted by different authors, which results in inaccurate definitions of architectural style of an object and the time of its construction. All this creates certain difficulties in studying not only historical buildings, but also their restoration or reconstruction.

The article raises several questions related to the direction style. The first is the origins of the style that spread throughout Europe and Russia since the mid of the 17th century and continues today. Both classicism and its architectural styles require clarification and understanding. The second issue concerns the architecture and development of Siberian cities. The third question describes the influence of classicism on urban planning in West Siberia.

Keywords: West Siberia; architectural styles; classicism; construction in Russia; urban planning.

For citation: Gerasimov A.P., Korzh M.I. Vliyanie klassitsizma na gradostroitel'stvo gorodov Zapadnoi Sibiri [The influence of classicism on urban planning in

West Siberia]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2021. V. 23. No. 3. Pp. 81–97. DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-81-97

Рассматривая процесс влияния классицизма на архитектуру городов Западной Сибири, необходимо обратиться к истокам его появления, развитию и упадку. О классицизме и его влиянии на архитектуру русских городов написано достаточно много. Обращаясь к некоторым источникам западно-европейской и русской истории архитектуры, проведем некоторый анализ его развития. Известная книга Вильфрида Коха «Энциклопедия архитектурных стилей» дает наиболее четкое и ясное представление о развитии стилеобразования в архитектуре стран Западной Европы и таком понятии, как «классицизм». Указанные в ней временные рамки данного стиля приведем в своей статье в той же последовательности: Италия: 1780–1830 гг.; Франция: 1770–1830 гг. (Людовик XVI: 1760–1830 гг., директория: 1795–1799 гг., ампир: 1804–1830 гг.); Испания: 1780–1830 гг.; Германия: 1755–1830 гг.; Англия: 1790–1830 гг. (палладианство: 1620–1820 гг.) [1]. Этот же автор указывает, что «классицизм появляется в России в это же время» [Там же, с. 269]. Выводы советских исследователей по русской архитектуре: «...к 1760 году русский классицизм уже сформировался» [2]. В.И. Пилявский в «Истории русской архитектуры» делит эпоху классицизма на следующие периоды: архитектура раннего классицизма – 1760–1780 гг., архитектура строгого классицизма – 1780–1800 гг., архитектура высокого классицизма – 1800–1830 гг. [3]. Из данной хронологии не трудно сделать вывод, в какой стране впервые родился классицизм и как он развивался впоследствии.

В искусствоведении и архитектуре большое значение имеет терминология стилей и направлений. Иногда кажущаяся схожесть названия может иметь совершенно иные понятия, значения и временные рамки. Такие слова, как «классика», «классицистический», «классический», «неоклассический», имеют свои определения и хронологию [4]. В истории искусств под термином «классика» подразумевается период между архаическим периодом и эллинизмом Древней Греции. «Более рационалистический подход, имеющий эмоционально-трансцендентальный “общий характер”, характерен более “позднейшей эпохе искусства”, и поэтому такие искусства называются *классицистическими*» [1, с. 265]. «Классицистические тенденции после Ренессанса получают в разных европейских странах разные названия.

1. Дальнейшее продолжение принципов *Ренессанса и барокко* в Западной и Северной Европе называется:

- в Германии: барочный классицизм;
- во Франции: *architecture classique* (классика);
- в Англии: *classical architecture* (классический стиль);
- в международном употреблении: классический стиль.

2. Стиль, следующий за барокко и рококо в период 1770 и 1830 гг., называется:

- в Германии: классицизм;
- в остальной Европе: *neoclassicism* (неоклассицизм).

3. Движение, которое в XX в. примыкает к классицизму, называется в Германии *неоклассицизм*» [1, с. 266].

Следует сравнить ход развития стиля в Западной Европе и России. «Русское барокко», или, правильнее назвать, «нарышкинский стиль», начинается с последней четверти XVII в. В.И. Пилявский делит архитектуру русского барокко на периоды:

- архитектура Петербурга и его пригородов первой трети XVIII в., т. е. период правления Петра I;
- архитектура первой трети XVIII в. в Москве и других городах;
- архитектура барокко середины XVIII в.

Стиль, следующий за барокко в России между 1760 и 1830 (1840) гг., – *классицизм* (рококо не получил развития, за исключением некоторых зданий дворцово-паркового ансамбля в Ораниенбауме). Первое десятилетие начала XX столетия – *неоклассицизм*.

Исходя из данной последовательности периодики классицизма, будем рассматривать его развитие в городах Западной Сибири. Основное внимание в статье уделяется общественным казенным зданиям.

В первой половине XVIII в. поднимается вопрос планирования и застройки российских городов, и в первую очередь губернских. Одновременно разрабатываются серии фасадов общественных и культовых зданий, начинается процесс типового и повторного строительства: «В 1760-х годах перепланировке подвергались, главным образом, крупные города. Каждый из них получал свою “серию” типовых фасадов для массового частного строительства. Первая такая серия была создана в 1763 г. для Твери и послужила образцом при проектировании “серий” проектов для других городов. Этими “фасадами примерными против протчих вновь строящихся городов” были снабжены, по крайней мере, 200 городов...» [5].

«Развитие классицизма в Сибири, прежде всего, связано с правлением Екатерины II (1762–1796), реформы которой послужили причиной и основанием для развития нового направления в архитектуре Санкт-Петербурга и Москвы. В 1775 году ею были изданы “Учреждения для управления губерний”, где случайное разделение их на губернии было упорядочено количественным составом населения и вместо прежних 20 губерний в России до 1795 г. было образовано 50» [6].

Эти преобразования коснулись и Западной Сибири. С 1771 г. Барнаул становится городом и одновременно центром Колыванской области, в которую входят 12 уездов: Барнаульский, Колыванский, Томский, Нарымский, Красноярский, Канский, Енисейский, Туруханский, Семипалатинский, Чарышский, Бийский, Сузунский.

В 1779 г. была учреждена Колыванская область с разделением ее на четыре округа: Барнаульский, Томский, Кузнецкий и Бурлинский. «Царство Сибирское» было упразднено, а Тобольское наместничество в течение двух лет, с 1780 по 1782 г., существовало в составе двух областей – Тобольской и Томской, вошедших в состав Тобольского и Пермского генерал-губернаторства. В 1783 г. Колыванская область была переименована в разделенную на пять уездов губернию: Колыванский, Бийский, Кузнецкий, Семипалатинский и Красно-

ярский, с назначением губернского города в Бердском остроге, переименованном в Колывань [7, с. 190–194].

К концу XVIII в. определились основные центры Сибири: Тобольск, Колывань, Иркутск. В 1796 г. взошедший на российский престол Павел I упразднил наместничества, оставив губернии. Указом от 12 декабря 1796 года «с переименованием наместничеств в губернии и с сокращением общего числа их, 26 января 1822 года вся Сибирь была поделена на Западную и Восточную, с присоединением к каждой из них части Колыванского наместничества, которое вместе с тем упразднено» [Там же, с. 206].

В 1804 г. Тобольская губерния была разделена на Тобольскую и Томскую [8], что способствовало с начала XIX в. формированию городов, из которых впоследствии получили наибольшее развитие Томск, Омск, Тюмень, Барнаул и Красноярск. Градостроительство шло, прежде всего, в этих городах. «Поставленные под главное управление каждая особого генерал-губернатора, с назначением местопребывания первому в Тобольске (впоследствии административный центр был перенесен в Омск), а второму – в Иркутске». В этом же году была учреждена Омская область с областным городом в Омске [10].

На 1825 г. в городах Западной Сибири каменных домов насчитывалось: в Тобольске – 32, в Томске – 17, в Тюмени – 7, в Кузнецке – 3, в Ялуторовске – 1, в Кургане – 1. В городах Омске, Барнауле, Бийске каменных домов еще не существовало [7, с. 221].

Классицизм, как один из первых стилей в Западной Сибири, в большей степени коснулся общественных зданий Тобольска и Томска.

Классицизм, сформировавшийся к 1760 г., в 30–40-е гг. XIX в. начинает приходить в упадок, в городах Сибири – наоборот, получает развитие. «Значительную роль в распространении классицизма сыграло формирование в Северо-Западной Сибири профессионального архитектурного корпуса: в Тобольске С.А. Гучев, Ф. Уткин, Г. Дранишников, М.С. Малышев, П.И. Парман, в Томске Л.В. Раевский, А.П. Деев, в Омске С.Е. Татаринев, С.А. Булыгин, А.А. Лещев. Первым губернским архитектором в Сибири стал С.А. Гучев, прибывший в Тобольск по указу Сената» [9].

Одним из первых зданий общественного назначения, построенных в Тобольске, стал трехэтажный архиерейский дом (1773–1775), восстановленный после пожара 1788 г. архитектором С.А. Гучевым (рис. 1). Первая каменная постройка имела в плане 47×15 м и отмечалась В.И. Кочедамовым как «сочетание мотивов русского и итальянского зодчества» с использованием руста, который как украшение фасадов зданий использовался в эпоху Ренессанса. Классицизм как стиль только сформировался в Санкт-Петербурге, но здесь мы видим все признаки переходного периода от древнерусского времени (палат) через барокко к новому стилю. Характерными чертами зданий являлись: нечетное членение оконных проемов, где центральная ось главного фасада проходит через центральный ризалит и вход в здание, рустованный первый этаж, способ обработки, присущий классицизму.

В это время появляются и « типовые повторные проекты жилых домов на погребах». Как указывает С.С. Ожегов, «в указе от 18 сентября 1736 г. “О назначении меры ширины улиц в некоторых местах Санкт-Петербурга

и о правилах построения зданий” есть предписание о строительстве домов на Адмиралтейском углу, по Морской улице и по Мойке по прилагаемому рисунку № 1» [5, с. 45–46].



Рис. 1. Архиерейский дом. Tobolsk. Архитектор С.А. Гучев. 1773–1775 гг. (URL: https://www.tourister.ru/responses/id_12662)

Одно- и двухэтажными домами такого типа повсеместно застраивались все города Сибири: «Одним из основных документов для изучения массовой застройки середины XVIII века может служить перспективный план Петербурга, составленный математиком П. Сент-Илером, гравером М.И. Соколовым и архитектурским помощником А. Горихвостовым в 60-х годах XVIII века, в котором содержались изображения жилых домов, построенных в 30–40-х гг. XVIII в. по типовым проектам» [Там же, с. 47]. Приведенный графический материал в книге С.С. Ожегова 1760-х гг. говорит нам о том, что внешнее оформление частных жилых домов достаточно часто переносилось на общественные здания в провинциях. «Автором выявлено три основные группы одноэтажных домов... Дома всех трех групп имеют общую стилевую характеристику и отличаются друг от друга деталями решения фасадов...» [Там же]. Местные архитекторы часто находили свои варианты. Ко второй и одновременно к третьей группе относится Tobolskoe мужское духовное училище. Это двухэтажное здание на погребях, в котором центральный ризалит завершается треугольным фронтоном, а боковые ризалиты венчаются прямоугольными фронтонами. Перестроенное в 1884–1887 гг., училище в большей степени относится к раннему периоду классицизма (рис. 2).

По проекту петербургского архитектора Д. Висконти в 1828–1831 гг. в Tobolske были построены присутственные места. Старое здание – Дворец наместника, строительство которого велось с 1780 по 1782 г. Дворец возведен

на месте приказной палаты, построенной еще С.У. Ремезовым в 1704–1706 гг. Пожар 1788 г. оставил одни стены, и только в 1831 г. весь этот комплекс был восстановлен в новом варианте Д. Висконти – представителем позднего классицизма в Санкт-Петербурге. Он включал и фрагменты дворца, сгоревшего в 1788 г., и дворца, построенного в 1802 г.



Рис. 2. Мужское духовное училище. Тобольск. 1884–1887 гг. (URL: http://temples.ru/show_picture.php?PictureID=162904)

В это же время губернский архитектор Александр Гучев активно использует типовые проекты для восстановления после пожара жилых домов знатных горожан в Тобольске, например дом Смородинникова-Дранишников, который явился переходным этапом от барокко к классицизму. К классическому стилю относится и возведенный в 1788 г. дом Северюкова, перестроенный в 1820-е гг. Дом губернатора (первоначально дом Куклина, который сгорел при большом пожаре 1788 г.) представляет собой небольшое строение на цокольном этаже с пятью оконными проемами, имеющими простые наличники, завершающиеся прямоугольными сандриками и рустованными угловыми пилястрами, построен по типовому проекту из «Собрания фасадов» третьего альбома 1812 г. В первой половине XIX в. в стиле «безордерной классики» в Тобольске строится Мариинская женская гимназия. Элементы классического ордера находили применение в общественных зданиях Тобольска вплоть до конца XIX в. (Губернская классическая гимназия, 1884–1887 гг.) (рис. 3).

Одновременно с Тобольском развивается Тюмень. Со второй половины XVIII в. в городе началось каменное строительство. В 1825 г. самыми населенными городами Сибири были: Тобольск с 16 994 жителями, Иркутск с 14 411 жителями, Томск с 10 867 жителями и Тюмень с 10 771 жителями. За

ним следует Омск с 8496 жителями и др. Каменные дома из 46 городских поселений Сибири были только в 18. Как правило, в городах Сибири строились сначала культовые сооружения и общественные здания. В Тюмени это здание городской думы, которое представляет собой двухэтажное здание с портиком и колоннами коринфского ордера, построенное по типовому проекту первой половины XIX в. «Собрания фасадов, его Императорским Величеством высочайше апробированных для частных строений в городах Российской империи», первого альбома, приведенные к одному масштабу 1809 г.



Рис. 3. Губернская классическая гимназия. Тобольск. Архитектор П.П. Наранович. 1886 г. (URL: <https://www.etoretro.ru/pic230900.htm>)

Одним из первых зданий, построенных в Тюмени в конце XVIII – начале XIX в. и сохранившихся до настоящего времени, является Дом градоначальника. Прямоугольное в плане двухэтажное здание – представитель так называемой «безордерной классицики». В архитектурном плане оно менее интересно, чем здание городской думы, которое отличается не только лаконичностью исполнения, но и отличительным классическим ордерам.

Градостроительная политика юга Западной Сибири была связана с развитием округа Колыванско-Воскресенских рудных заводов. В 1779 г. была учреждена Колыванская область в составе четырех округов: Барнаульского, Томского, Кузнецкого и Бурлинского [7, с. 190]. В 1783 г. изданы «Узаконения и распоряжения», где высочайше утвержден штат Колыванского наместничества, в который вошли Семипалатинск, Бийск, Красноярск, Кузнецк [Там же, с. 194–195]. В 1796 г., в силу указа от 12 декабря о новом административном делении империи с переименованием наместничеств в губернии и с сокращением числа их, вся Сибирь была разделена на две губер-

нии – Тобольскую и Иркутскую, с присоединением к каждой из них части упраздненного уже Колыванского наместничества. Канцелярия Колывано-Воскресенских заводов находилась в Барнауле, поэтому такого развития, как Барнаул, Колывань, не получила.

В 1738 г. заводчиком А.Н. Демидовым около Колыванского завода была основана деревня, в 1739 г. здесь был учрежден плавильный завод, названный тогда же Барнаульским и пущенный в ход из-за отсутствия леса около первого Колыванского завода только в 1744 г. Оба эти завода вместе с третьим, устроенным Демидовым на р. Шульбе, впадающей в Иртыш, были названы сначала Колыванскими, а потом от церкви Воскресения – Колывано-Воскресенскими. В 1771 г., как было сказано выше, «Барнаул назначен городом и сделан главным местом управления горными заводами». С этого времени начинается застройка города. Для обеспечения специалистами горнодобывающего производства, «для специального образования людей, сведущих в горном искусстве», в 1789 г. в Барнауле была основана горная школа [7, с. 200].

Барнаул интересен, прежде всего, как первый промышленный город. В 1779 г. он получает статус горного города, после чего здесь идет интенсивная, по тем временам, застройка (рис. 4). Началом строительства в 1818 г. послужила деятельность начальника заводов Петра Козьмича Фролова. В первую очередь строились заводские корпуса, другие промышленные здания (бумажная фабрика – 1822–1823 гг., типография – 1824 г.). «К строительству Первой плавильной фабрики Барнаульского сереброплавильного завода, – как отмечает В.А. Скубневский, – приступили в 1809 году» [10].

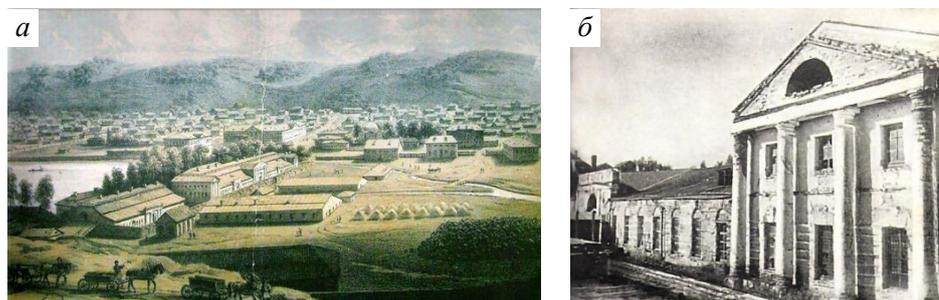


Рис. 4. Барнаул:

a – общий вид. Художник П.М. Кошаров. Рисунок второй половины 1850-х гг. (URL: <http://barnaul.giddom.com/rus/foto/18527.html>); *б* – Первая плавильная фабрика (URL: https://vk.com/@poedem_na_altay-barnaulskii-serebroplavilnyi-zavod)

Мы вправе считать, что в альбомах «Собрания фасадов» не были представлены заводские и фабричные фасады. Но каждый архитектор мог принять их за основу, творчески перерабатывая, включать свои какие-то новые элементы. На чертеже главного фасада Первой плавильной фабрики Барнаульского сереброплавильного завода, представленной во многих исследовательских изданиях, хорошо видно, что его центральная ось делит здание на две части. Главный фасад состоит из одноэтажного объема с центральным входом и восьмиколонным портиком дорического ордера, завершающимся

прямоугольным аттиком. Вытянутый в длину главный фасад фланкируется двухэтажными зданиями с треугольными фронтонами. Можно сравнить композицию Первой сереброплавильной фабрики с архитектурой русского классицизма первой половины XIX в., с принципами построения Адмиралтейства в Санкт-Петербурге гениального русского архитектора А.Д. Захарова (рис. 4). В художественном образе этого здания нашел полное воплощение стиль эпохи, который отразился и на провинциальной архитектуре. Как отмечает В.А. Скубневский, «неординарным был архитектурный облик города. Планировка завода, центральных улиц, площадей, архитектура зданий решены в традициях классицизма... Комплекс построек Барнаульского сереброплавильного завода является за Уралом наиболее ценным объектом промышленного зодчества». «Строительство каменных заводских корпусов на месте деревянных началось в 1809-м. Здания Первой и Второй плавильных фабрик были уникальны не только по техническим характеристикам, но и по выразительности...» [10]. В 1838–1839 гг. Вторая сереброплавильная фабрика перестраивалась в том же стиле (рис. 5).



Рис. 5. Барнаул. Горный госпиталь. 1819–1845 гг. (URL: <https://staslandia.ru/demidovskaya-ploshchad-1>)

С 1822 г. Барнаул получил статус окружного города Томской губернии. Уже с 1810 г. начинается застройка Демидовской площади, а к 1861 г., когда закончилось строительство Горного училища, город получает городской ансамбль с доминантой в центре – обелиском в честь 100-летия горного производства на Алтае (1825–1839). Архитектура классицизма в Барнауле, связанная с застройкой Демидовской площади, хорошо изучена. Над ансамблем, состоя-

щим из трех зданий и исполненным в классическом стиле, работали архитекторы А.И. Молчанов, Л.И. Иванов, Я.Н. Попов и И.М. Злобин. Первыми зданиями на площади были Заводская богадельня, которая строилась около десяти лет (1830–1840), и Горный госпиталь (1810–1845). Двухэтажное здание реального училища, позднее названное училищем имени Императора Николая II, явилось украшением Демидовской площади. Как Горное училище первоначально его проектировал архитектор Л.И. Иванов. Начало закладки фундамента относится к 1828 г. Несколько раз перепланированный и доработанный архитектором Яковом Поповым проект здания был реализован академиком И.Н. Шрейбером только в 1861 г. [11].

В классическом стиле строятся и служебные здания горного завода, например Важня – контора для приемки руды, построенная по типовому проекту 1770 г. [7].

Дом начальника Алтайского горного округа архитектор Я.Н. Попов построил в 1827 г. (?), где позднее жил металлург, изобретатель и одновременно губернатор П.П. Аносов.

Здание канцелярии Колывано-Воскресенских заводов построено в 1762–1766 гг., а затем перестроено в 1830-е гг. архитектором Я.Н. Поповым. Проект главной химической лаборатории, составленный подполковником Евреиновым в 1844 г. и «улучшенный» архитектором Я.Н. Поповым, имел уже более «эkleктичный» характер.

Один из городов Западной Сибири – Омск, первоначально казачий стан, позднее превратился в город-форпост и крепость. Как отметил И.В. Щеглов, в 1825 г. каменных зданий в Омске еще не было, но уже к концу XVIII в. были построены так называемые казенные дома: это здание гауптвахты (1781–1786), штаб Омской крепости (1791 г. – нач. XIX в.), денежная кладовая (1793), Никольский Казачий собор (1769–1848) [Там же]. Двухэтажное здание гауптвахты имеет еще черты барокко в формах наличников оконных проемов второго этажа. Однако черты классицизма уже прослеживаются в планировочной структуре здания, в нечетном числе оконных проемов, в выступающем крыльце и портике, завершающемся треугольным фронтоном.

На территории крепости с 1791 г. строятся одноэтажные воинские казармы. В 1850 г. достраивается четырехколонный портик с треугольным фронтоном дорического ордера, и бывшие казармы переоборудуются под штаб Омской крепости. Сравнительный анализ показал, что в Омске в конце XVIII в., как и в других городах Сибири, использовались типовые проекты 1770-х гг., разработанные для Твери, включая каменные сооружения складов, лавок и других нежилых каменных построек. Аналогичные сооружения: в Омске – денежная палата (1793), в Барнауле – контора для приема руды, в Томске – первые каменные торговые лавки на Базарной площади, достроенные в середине XIX в.

В 1813 г. в Омске учреждается войсковое училище Сибирского линейного казачьего войска, впоследствии преобразованного в Сибирский кадетский корпус. Для него в 1826 г. строится здание в классическом стиле. Фасад двухэтажного здания с угловыми ризалитами и центральным портиком оформлены колоннами ионического ордера (рис. 6).



Рис. 6. Омск. Кадетский корпус (URL: <https://mil-history.livejournal.com/1639385.html>)

Более строгое здание построено для присутственных мест (1833–1836). Здесь гладкая поверхность главного фасада оформлена надоконными сандриками центрального ризалита. В это же время был возведен Омский архитектурный корпус (авторы проекта – С.Е. Татаринов, С.А. Булыгин, А.А. Лещев). В середине XIX в. активно использует классический ордер архитектор Ф.Ф. Вагнер. Его постройки: генерал-губернаторский дворец (1859–1862), здание военного собрания (1859–1861). Эти здания олицетворяют переходный этап от классицизма к периоду эклектики в Омске.

Для удобства управления и укрепления местной власти в Сибири Тобольская губерния в 1804 г. была разделена на две части. В результате этой реформы появилась Томская губерния. С этого времени начинается каменное строительство общественных зданий и градостроительное планирование города как губернского центра. Первые каменные здания – в основном культовые сооружения – появились в Томске во второй половине XVIII в. Немалое влияние на градостроительство Томска оказало и развитие промышленности, которая до первой половины XIX в. имела кустарно-ремесленный характер, свойственный любому феодальному городу. Это кузнечные и столярные мастерские, обслуживающие извозный промысел. Самая развитая отрасль – винокуренное производство.

С 1822 по 1863 г. «Томский гражданский губернатор являлся одновременно и главным начальником алтайских заводов, а Горная канцелярия находилась в Томске... Учреждение “Округа Кольвано-Воскресенских заводов”, переименованного в 1831 году в Алтайский горный округ, занималось добычей и переработкой серебра (до 96 % добываемого в стране), свинца (80 %), меди, золота и железа. В 1847 г. начальником Горного округа и томским гражданским губернатором был назначен П.П. Аносов – блестящий горный инженер и исследователь» [7].

Русский классицизм, с «высочайшего повеления» императрицы Екатерины II, получил свое дальнейшее воплощение в губернских сибирских городах, в том числе и в Томске.

Первыми каменными сооружениями, наряду с культовыми сооружениями, стали административные и общественные здания. В 1802 г. началось строительство здания городского магистрата (1802–1813) [12].

Со времен Петра I магистратом называлось выборное городское управление, ведающее судебными-административными и податными делами города. Здание было построено по одному из типовых проектов, изданных в начале XIX в. Это видно по общему облику здания, которое в большей степени соответствует типовым проектам 1809–1813 гг. Строительство по проектам из «Собрания фасадов», как отмечает С.С. Ожегов, было «широко распространенным явлением». Это связано, прежде всего, с тем, что классицизм как архитектурный стиль уже утвердился в Санкт-Петербурге и некоторых других городах Российской империи. Вторая причина – война с Наполеоном, разорение Москвы и ее восстановление с использованием типовых проектов. Третьим фактором стала хозяйственная реорганизация губерний России. Она во многом стимулировала разработку для провинциальных городов простых и рациональных градостроительных идей.

Томск размещался на Сибирской торговой магистрали, связывающей центр России с ее восточными губерниями. Поэтому торговый тракт необходимо было обустроить заезжими домами, харчевнями, кузницами и т. д. В конце XVIII в. возникла необходимость в торговых и складских помещениях. К этому времени Томская крепость утратила свое исходное предназначение. В 1772 г., по свидетельству писателя А.В. Адрианова, она еще существовала и была также зафиксирована исследователем Сибири И. Фальком в его отчете [13].

В XVIII в. стал формироваться второй центр города – Торговая площадь. Тут были построены деревянные торговые ряды и лавки, биржевой корпус. В тенденциях классического стиля, кроме городской управы, в начале XIX столетия были построены полицейская управа, заново отстроен биржевой корпус, каменные торговые ряды с гостиным двором. В 1810–1820 гг. встал вопрос о переносе центра города на Юрточную гору и о создании там административного центра. Уточнения продолжались до 1830 г. В этом же году градостроительный план Томска, доработанный архитектором В. Гесте, был утвержден императором Николаем I. С получением статуса губернского города сюда назначаются губернские архитекторы. «Первым губернским архитектором стал А.П. Малышев, а с 1809 года – П.В. Раевский» [12].

Около 1830 г. происходит упадок классицизма в Санкт-Петербурге и Москве, архитекторы переходят на свободный выбор предшествующих стилей. Это был новый этап в развитии архитектуры России – период эклектики, или «историзма». Однако в провинции, наряду с новыми веяниями, продолжается строительство зданий, украшенных античными ордерами.

Одновременно с разработкой градостроительных планов в Томске начинается усовершенствование и строительство новых общественных и торговых зданий на Торговой площади и Почтамтской улице.

В 1807 г. был издан указ о строительстве в Томске аптеки, которая была построена на ул. Воскресенской [7, с. 227].

В 1831 г. в Томск были доставлены ссыльные польские повстанцы. Для них в 1833 г. архитектор К.Г. Турский строит римско-католический костел в классическом стиле.

В 1838–1842 гг. архитектор А.П. Деев возводит на Почтамтской улице особняк золотопромышленника И.Д. Асташева. За основу был взят типовой проект из альбома 1803 г., составленного русским архитектором эпохи позднего классицизма А.Д. Захаровым (1761–1811). Необходимо отметить, что А.А. Деев взял типовой проект здания, предназначенного для гражданского губернатора. Сам томский губернатор подобного дома в то время не имел. Это говорит о финансовой состоятельности и амбициях заказчика. Одновременно с особняком И.Д. Асташева архитектор возводит здание «присутственных мест» на площади, названной позднее Новособорной. Это был третий по счету центр города, составленный по плану В.И. Гесте. А.А. Деев применяет самые различные вариации классических ордеров. В особняке Асташева он использует коринфский ордер, а в здании присутственных мест – более ранний и строгий – ионический.

В 1851 г. архитектор А.А. Арефьев, используя дорический ордер, начинает строительство нового каменного биржевого корпуса (рис. 7).



Рис. 7. Томск. Биржевой корпус. Архитектор А.А. Арефьев. 1854 г. Фото А.П. Герасимова

С 1860-х гг. по проекту Я.М. Набалова начинается строительство гостиного двора на Торговой площади. Здесь архитектором используется типовой проект из «Собрания фасадов» четвертого альбома 1812 г. Этот альбом включал проекты «казенных домов, зданий присутственных мест, складов, тюрем и т. д.» [5] (рис. 8).

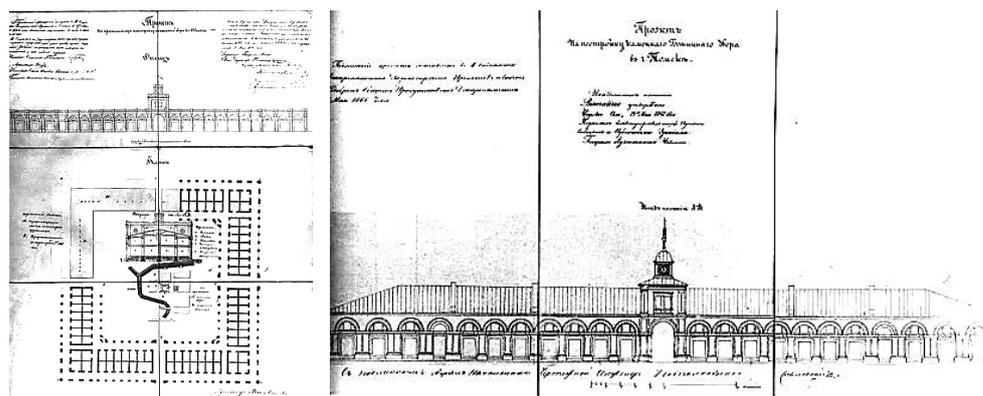


Рис. 8. Проект гостиного двора. Архитектор Я.М. Набалов. 1860 г. РГИА. Ф. 218. Оп. 4. Д. 915

Вторая половина XIX в. – время интенсивного развития Томска. Одной из причин стал указ императора Александра III от 16 мая 1878 г. об учреждении в Томске Императорского Сибирского университета с четырьмя факультетами: историко-филологическим, физико-математическим, юридическим и медицинским. «Из представленных трех работ был выбран проект академика А.К. Бруни, выполненный в традициях классического стиля» [12, с. 56–58]. По мнению членов конкурсной комиссии, это был самый дешевый и приемлемый для Сибири вариант. Строительство главного корпуса университета продолжалось с 1880 по 1885 г. Здания университета строили, сменяя друг друга, гражданские инженеры М.Г. Арнольд, П.П. Наранович, Ф.Ф. Гут, А.Д. Крячков, Ф.А. Черноморченко, Я.Я. Родюков [Там же, с. 60]. Томск с этого времени становится просветительским центром (рис. 9).



Рис. 9. Томск. Томский государственный университет. Репродукция с открытки нач. XX в.

В своем проекте А.К. Бруни использовал достаточно простые приемы композиционного решения главного корпуса – ступенчатое построение объемов с выступающим вперед ризалитом главного входа исполнено в виде арочного перекрытия. Второй этаж, оформленный колоннами ионического ордера, завершается треугольным фронтоном. «Академическая классика архитектуры фасадов и интерьеров применена здесь в рафинированном виде, – пишет А.И. Попов, – и все же отдельные особенности здания свидетельствовали о профессиональной культуре автора, о правильном понимании масштабности элементов. Оценивая в целом архитектуру главного корпуса, следует признать полную оправданность его замысла, отвечавшего всем требованиям своего времени...» [14].

Главный корпус университета, выполненный в традициях «ранней русской классики», гармонично вписался в ансамбль Томского государственного университета имени императора Николая II. В этом сказался огромный практический опыт академика А.К. Бруни, выпускника Академии художеств. По его проектам был возведен целый ряд зданий в Нижнем Новгороде, серия построек городка Ф.К. Сан-Галли на Петровском острове в Санкт-Петербурге, несколько дач в Шувалове, около восемнадцати доходных домов, особняков и других зданий в Санкт-Петербурге, что говорит о несомненном таланте архитектора [Там же, с. 36]. Состоящий из множества зданий и корпусов, университет включает здания всех стилей, начиная с классицизма и заканчивая модерном начала XX столетия (рис. 9).

Развитие классицизма коснулось и малых городов Сибири, где из камня строились в основном культовые здания. В этой статье авторы не касаются темы влияния классицизма на строительство частных каменных и деревянных построек.

Исходя из данного материала, можно сделать следующие выводы:

1. С ростом губернских и окружных городов возникла необходимость строительства общественных, торговых и прочих зданий. Повсеместно строились магистраты, ратуши, городские думы, полицейские учреждения и военные казармы.

2. Размноженные в сотнях экземпляров типовые проекты общественных и частных строений активно участвовали в формировании русского классицизма в городах Западной Сибири начиная с последней четверти XVIII в.

3. Влияние классицизма в Сибири, как и в центральных районах России, сказалось в большей степени на каменном строительстве общественных зданий, которые строились на центральных площадях.

4. К 40-м гг. XIX в. классицизм как стиль в центральных городах России стал приходить в упадок, кроме провинциальных городов, где строительство общественных зданий в классических формах продолжалось вплоть до конца XIX столетия и нашло свое отражение в период модерна, но уже в новом качестве – неоклассицизме.

Несмотря на то, что классицизм как стиль в искусстве периодически привлекает внимание исследователей, он недостаточно изучен. Открытым остается вопрос влияния стиля на культовую архитектуру, влияния типовых проектов на строительство частных домов в городах Сибири, установления их хронологических рамок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кох В.* Энциклопедия архитектурных стилей. Москва : ЗАО БММ, 2008. 538 с.
2. *Лисовский В.Г.* Особенности русской архитектуры конца XIX – начала XX в. Ленинград, 1979. 39 с.
3. *Пилявский В.И., Тиц А.А., Ушаков Ю.С.* История русской архитектуры. Москва : Архитектура-С, 2003. 511 с.
4. *Герасимов А.П.* Исторические концепции художественных стилей в искусстве // Сборник научных трудов по материалам X Всероссийской научно-практической конференции (25 апреля 2014 г.). Томск : В-Спектр, 2014. С. 191.
5. *Ожегов С.С.* Типовое и повторное строительство в России в XVIII–XIX веках. Москва : Стройиздат, 1987. С. 51.
6. *Трехсотлетие дома Романовых. 1613–1913.* Москва : Современник, 1999. С. 238.
7. *Щеглов И.В.* Хронологический перечень важнейших данных из истории Сибири. 1032–1882 гг. Сургут : Акционерный информационно-издательский концерн «Северный дом», 1993. 463 с.
8. *Сибирская Советская энциклопедия.* Т. 1. Новосибирск, 1929. 524 с.
9. *Баландин С.Н.* К истории начального формирования «архитектурного комплекса» в городах Сибири (конец XVII – первая половина XIX в.) // Проблемы истории местного управления Сибири XVII–XX веков : материалы Региональной научной конференции. Вып. II. Новосибирск, 1997. С. 5.
10. *Скубневский В.А.* Барнаул // Сибирская старина 1993. № 4. С. 8–10.
11. *Степанская Т.М.* Архитектура Алтая XVIII–XX веков. Барнаул, 2006. 300 с.
12. *Залесов В.Г.* Архитекторы Томска (XIX – начало XX века). Томск, 2004. 170 с.
13. *Адрианов А.В.* Томская старина. Томск, 1912, С. 7.
14. *Попов О.А.* Томск. Москва : Госстройиздат, 1959. 135 с.

REFERENCES

1. *Koh V.* Enciklopediya arhitekturnyh stilej [Encyclopedia of architecture]. Moscow, 2008. 538 p. (rus)
2. *Lisovskij V.G.* Osobennosti russkoj arhitektury konca XIX – nachala XX v. [Russian architecture late in the 19th and early 20th centuries]. Leningrad, 1979. 39 p. (rus)
3. *Pilyavskij V.I., Tic A.A., Ushakov Yu.S.* Istoriya russkoj arhitektury [History of Russian architecture]. Moscow: Arhitektura-S, 2003. 511 p. (rus)
4. *Gerasimov A.P.* Istoricheskie koncepcii hudozhestvennyh stilej v iskusstve [Historical concepts of architectural styles]. In: Sbornik nauchnyh trudov po materialam X Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii (Proc. 10th All-Russ. Sci. Conf.). Tomsk: V-Spekt, 2014. 191 p. (rus)
5. *Ozhegov S.S.* Tipovoe i povtornoe stroitel'stvo v Rossii v XVIII–XIX vekah [Standard construction and re-construction in Russia in the 18–19th centuries]. Moscow: Stroiizdat, 1987. 51 p. (rus)
6. *Trekhstotletie doma Romanovyh. 1613–1913* [Tercentenary of the House of Romanov 1613–1913]. Moscow: Sovremennik, 1999. 238 p. (rus)
7. *Shcheglov I.V.* Hronologicheskij perechen' vazhnejshih dannyh iz istorii Sibiri [A chronological list of the most important data from the history of Siberia, 1032–1882]. Surgut: Severnyj dom, 1993. 463 p. (rus)
8. *Sibirskaya Sovetskaya enciklopediya.* [Siberian Soviet Encyclopedia], vol. 1, Novosibirsk, 1929. 524 p. (rus)
9. *Balandin S.N.* K istorii nachal'nogo formirovaniya arhitekturnogo kompleksa v gorodah Sibiri (konec XVII – pervaya polovina XIX v.) [History of architecture formation in Siberian cities (late 17th and 19th centuries)]. In: Problemy istorii mestnogo upravleniya Sibiri XVII–XX vekov. Materialy Regional'noj nauchnoj konferencii (Proc. Sci. Conf. 'The History of Local Government in Siberia in the 17–20th centuries'). Novosibirsk, 1997. P. 5. (rus)
10. *Skubnevskij V.A.* Barnaul. *Sibirskaya starina.* 1993. No. 4. Pp. 8–10. (rus)

11. *Stepanskaya T.M.* Arhitektura Altaya XVIII–XX vekov [Altai architecture in the 18–20th centuries]. Barnaul, 2006. 300 p. (rus)
12. *Zalesov V.G.* Arhitektory Tomska (XIX – nachalo XX veka) [Architects of Tomsk (19–20th centuries)]. Tomsk: TSUAB, 2004. 170 p. (rus)
13. *Adrianov A.V.* Tomskaya starina [Old Tomsk]. Tomsk, 1912. P. 7. (rus)
14. *Popov O.A.* Tomsk. Moscow: Gosstroizdat, 1959. 135 p. (rus)

Сведения об авторах

Герасимов Александр Петрович, канд. искусствоведения, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, gap11@sibmail.com

Корж Михаил Иванович, студент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, colia.tomsk@yandex.ru

Authors Details

Aleksandr P. Gerasimov, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, gap11@sibmail.com

Mikhail I. Korzh, Student, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, colia.tomsk@yandex.ru

УДК 725.85

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-98-108

*А.С. МАХОРТОВА, Е.С. АСТАХОВА,**Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета*

ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ВЕЛОСИПЕДНЫХ ЦЕНТРОВ «ВЕЛО-СИТИ» В СТРУКТУРЕ ГОРОДА

Статья посвящена теме велоинфраструктуры города, которая с каждым годом набирает свою популярность, но до сих пор является малоизученной. Развитию пространства для двухколёсного транспорта уделено мало времени и бюджета, поэтому есть масса проблем и вопросов, которые требуют анализа и решения.

Основной целью исследования является определение необходимых типов велосипедных центров в структуре города: от основных, центральных, до районных и периферийных, объединенных в единую сеть, связывающих все городские районы. Передвигаясь по единой сети велодорожек «от дома до крупного велосипедного центра и обратно», неразрывно охватывающей весь город, можно тренироваться и общаться в велосипедных центрах. Периферийные центры, обладающие меньшим функциональным составом, предоставляют услуги ремонта, аренды велосипедов и небольшой отдых. В качестве примера взят г. Ростов-на-Дону.

В данной работе определены: оптимальные расстояния между велосипедными центрами разных типов, их необходимое функциональное наполнение, расположение велочентров в структуре города. В дальнейшем возможно расположение таких центров в любом городе, благодаря их унифицированности.

Результатом исследования являются: модель велосети для г. Ростова-на-Дону с велосипедными центрами разной величины и многофункционального назначения в каждом районе, которые будут являться точкой притяжения для людей; модели велосипедных центров разной величины, от центральных до районных и периферийных.

Основной велосипедный центр городского значения будет включать спортивно-зрелищные, учебно-тренировочные и физкультурно-оздоровительные пространства, имеющие спортивные площадки, велотрек, скалолазки, скейтпарк, тренажёрные залы, большой зал для прыжков с трамплина и другие спортивные помещения. На территории комплексов могут разместиться открытые площадки: крышные велотрассы, амфитеатр с уличной сценой, арт-пространства, картинг.

Ключевые слова: велосипед; велоинфраструктура; сеть велосипедных центров; велодорожки; архитектура; спортивный комплекс; физкультурно-оздоровительный комплекс; велотрек; городская среда.

Для цитирования: Махортова А.С., Астахова Е.С. Особенности архитектурной организации системы велосипедных центров «Вело-Сити» в структуре города // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 3. С. 98–108.

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-98-108

*A.S. MAKHORTOVA, E.S. ASTAKHOVA,**Southern Federal University*

BICYCLE CENTER INFRASTRUCTURE IN A CITY

The paper deals with the bicycle center infrastructure in a city, which becomes popular every year, but is not yet studied properly. Little attention is devoted to the spatial development for two-wheeled vehicles, so there are many problems to be discussed and solved.

The purpose of this paper is to determine the types of bicycle centers in the structure of a city, from the main and central to regional and peripheral that connect all urban areas. Moving along the bicycle paths from home to a large bicycle center and back to home, one can communicate in bicycle centers. Less functional peripheral centers provide repair services, bicycle rental and small recreation. The city of Rostov-on-Don is taken as an example.

The following parameters are determined: optimum distance between bicycle centers of different types, their functional content, bicycle center location in the city. In the future, it is possible to arrange such centers in any city due to their unification.

The model of the bicycle center network is proposed for the city of Rostov-on-Don, that are characterized by different area and multifunctional purposes for each district to attract people. The main bicycle center includes sports grounds, bicycle track, rock climbers, skate park, gyms, ski jumping hall and other sports facilities. Roof-top bike trails, amphitheater with a street stage, art spaces, go-karting can be arranged on the territory of these centers.

Keywords: bicycle; cycling infrastructure; bicycle center network; bicycle path; architecture; fitness center; cycle track; urban environment.

For citation: Makhortova A.S., Astakhova E.S. Osobennosti arkhitekturnoi organizatsii sistemy velosipednykh tsentrov Velo-Siti v strukture goroda [Bicycle center infrastructure in a city]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2021. V. 23. No. 3. Pp. 98–108.

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-98-108

Введение

Развитие и рост городов в наше время стремительно набирает темп, что приводит к осмыслению вопросов, как улучшить качество жизни, реорганизовать новую комфортную городскую среду [1]. В настоящее время города столкнулись с проблемами транспортных пробок, нехватки мест для парковок, ухудшения экологической обстановки, маломобильности населения, а также постоянного ремонта дорог из-за интенсивного движения [2].

В городах начинает развиваться велосипедная инфраструктура, которая включает в себя не только велоспорт, но и другой колёсный транспорт, такой как ролики, скейтборды, самокаты, гироскутеры, скутеры и другие средства передвижения, со скоростью не более 40 км/ч. Но для них нет специально выделенных трасс в структуре города, используются либо пешеходные дорожки, либо полосы автомобильных дорог.

Чтобы предотвратить данные проблемы, необходимо развивать политику как общественного транспорта, повышая при этом качество обслуживания и комфорт, так и внутри города создать современную систему с велодорожками, веломостоми и велоцентрами. Эффективность инвестиций в инфраструктуру велосипедного транспорта гораздо выше, чем у автомобилей. Можно разграничить велосипеды, автомобили и пешеходов, по крайней мере, на широких участках по всему городу по уровням, которые образуют соединяющиеся между собой мосты [3].

Чем длиннее путь из пункта А в пункт Б, тем меньше вероятность, что человек решит проехать данный путь на велосипеде. Города-мегаполисы делятся на окраины, так называемые спальные районы, и деловые центры, которые не способствуют популярности велоиндустрии. Жить в городе, где за любой мелочью ехать больше 30 мин, неудобно никому, будь то автомобилист

или велосипедист. Поэтому возникают концепции вроде «пятнадцатиминутного города», которую в настоящий момент активно продвигают в Париже. Всё необходимое для жизни: работа, учёба, магазины, медицинские и развлекательные учреждения – находятся в 15 мин от дома.

Нидерланды – самая велосипедная и пешеходная страна в мире. Здесь люди преодолевают огромные расстояния на велосипеде по пути на работу. Работает связка велосипед – железная дорога. Огромные привокзальные велопарковки, система велопроката специально для пассажиров местных железных дорог и удобство самих вокзалов способствуют популярности этой комбинации, предлагая людям достойную альтернативу автомобилю [4].

Развитие данной велосистемы в России уже положило своё начало. Рядом с магазинами всё чаще ставят парковку для велосипедов, при строительстве новых жилых комплексов выделяют места для велосипедистов, на парковке торговых центров предусматриваются места для велосипедов. Курьеры также чаще передвигаются на велосипеде, дабы избежать пробок и вовремя доставить заказ.

Нормативная база

При определении параметров велосипедных дорожек должна быть предусмотрена возможность езды спортсменов рядом, что предполагает как минимум 90 см ширины дорожки для каждого велосипедиста. Этот параметр учитывает необходимую дистанцию до краёв дороги и пространство для обгона. Минимальные расстояния до бордюров, стен, заборов и т. п. определены в 25 см для низких бордюров и 62,5 см для стен [5].

Ширина велосипедной дорожки в 2 м позволяет осуществлять обгон при интенсивности движения не более 150 велосипедистов в час. Для более интенсивного потока с частыми обгонами рекомендуется увеличить ширину до 4 м. На велодорожке с двухсторонним движением минимальная ширина, обеспечивающая возможность частых обгонов, составляет 2,5 м [Там же].

Международный опыт проектирования

Идея наземных и крытых велодорожек давно существует в умах человечества и постепенно реализуется. Самые «велосипедные» города мира: Берлин, Амстердам, Копенгаген, Париж, Монреаль, Москва и др.

По мнению ряда экспертов, основным тормозящим фактором развития велосипедной культуры, в частности в России, является не климат и дефицит велодорожек, а отсутствие мест хранения велосипедов. При соответствующем решении проблемы число велосипедистов на улицах вырастет на порядок. В этом отношении можно обратить внимание на Токио, где на сотню жителей приходится 74 велосипеда, причем не прокатных, а в личной собственности [6].

В качестве примера развития безопасных велосипедных маршрутов можно привести систему SkyCycle (арх. Foster + Partners и Space Syntax). Сеть SkyCycle представляет собой более 220 км маршрутов без автомобилей, которые могут быть доступны более чем в 200 точках входа. Каждый маршрут может вместить 12 000 велосипедистов в час, а время в пути от жилой зоны к работе составит 10 мин. Также она оборудована периферийными центрами,

где люди могут передохнуть, отремонтировать велосипед или оставить его и продолжить свой путь пешком, и лестнично-лифтовыми узлами, чтобы переходить с одного яруса на другой [7].

Описание концептуальной идеи

Для исследования был взят г. Ростов-на-Дону. Главным объектом исследования и проектирования стала архитектура спортивных сооружений, включающая в себя велосипедные, досуговые центры, велотреки и систему велодорожек, а также всё, что связано с экстремальными видами спорта на колёсах. Велосипедный спорт имеет массу достоинств, благодаря которым человек может бюджетно, удобно, экологично и активно передвигаться в течение дня по городу в различные пункты назначения.

Существенным остаётся вопрос, как организовать движение любителей экологического транспорта. Существующая система дорог не позволяет велосипедистам передвигаться по проезжей части безопасно, без риска для жизни, поэтому единая сеть велодорожек «от крупного центра до дома», неразрывно опутывающая весь город, будет наилучшим решением. Она будет связывать все городские районы с помощью основных и периферийных велосипедных центров. При организации сети нужно учитывать, что физкультурно-спортивные центры жилых районов по современным нормам имеют минимальный радиус обслуживания 1500 м и что затраты времени на передвижение от мест проживания до мест назначения не должны превышать 45 мин.

Исследование оптимальных путей движения в городе позволило выявить, что они имеют основные направления на отдых, работу, в учебное заведение, в торговый центр, в тренировочный центр (рис. 1).

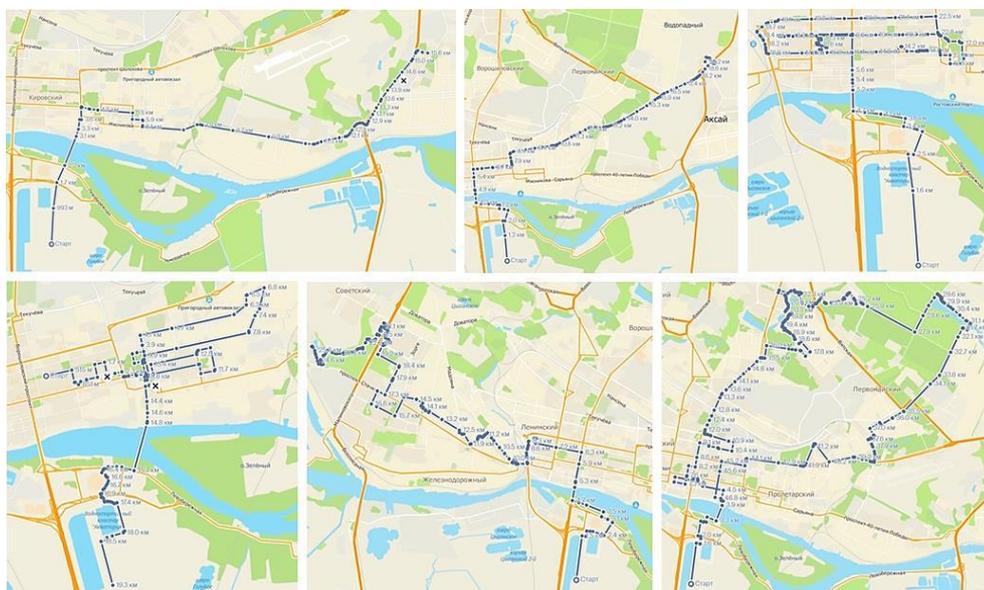


Рис. 1. Предлагаемые велосипедные маршруты в системе г. Ростова-на-Дону. Движение начинается от «центрального» велосипедного центра на левом берегу Дона

Проектирование сети велосипедных центров подразумевает под собой размещение велоцентров в любом городе. Данная система универсальна, и её можно внедрить в любой населенный пункт, мегаполис (рис. 2).

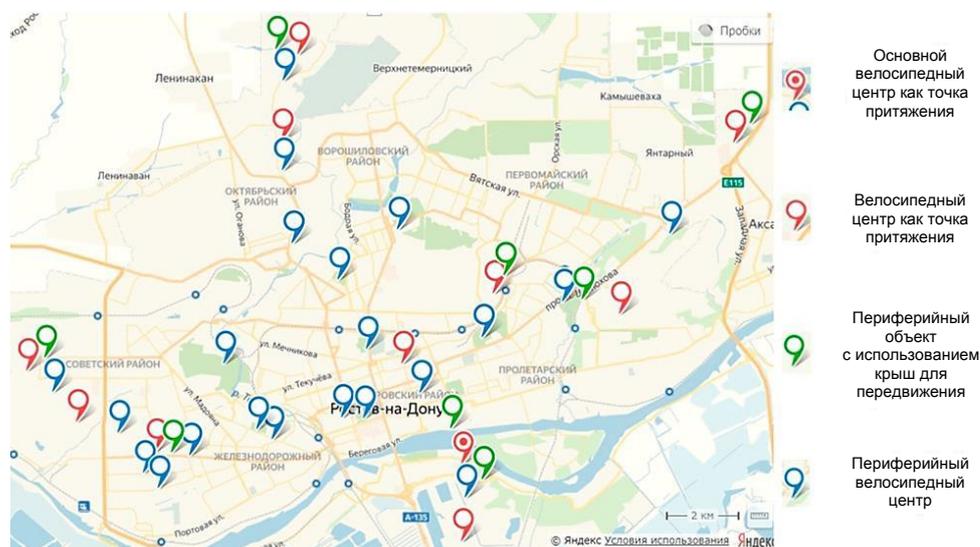


Рис. 2. Расположение сети велоцентров в структуре г. Ростова-на-Дону

Если исходить из посещаемости мест отдыха, то проектирование велодрожек будет сосредоточено в районе парка, набережной, в сквере, на пешеходной улице, в районе площадей, вдоль водоёмов, рек, озёр и др. Следовательно, данные места требуют внедрения периферийных центров. Что касается крупных велоцентров, им необходимо учитывать местоположение и городские связи (остановки, дороги).

Чтобы выбрать необходимые комбинации велосистемы относительно структуры города, необходимо знать его масштаб, площадь территории, характер расселения, места притяжения, развитость общественного транспорта, бюджет, а также существующие спортивные сооружения, часть из которых можно включить в систему велоцентров.

Велоцентр – это общественное пространство, включающее в себя функции отдыха, питания, проката, ремонта или монтажа, торговли продукцией, с/у, тренировочные пространства (если это крупный центр) и другие функции, как коммерческие, так и бесплатные, для комфортного времяпрепровождения. Велоцентр включает в себя велотрек для тренировок и соревнований по велосипедному спорту или велодром – велотрек с трибунами и вспомогательными помещениями [8].

Требования к покрытию трека специфические – это деревянное или бетонное покрытие длиной от 133 до 500 м. Чемпионаты мира и Олимпийские игры проводятся на треках длиной 250 м. Для удобства велогонщиков трек имеет наклон 42° на поворотах и $12,5^\circ$ на прямых участках. Ширина трека должна быть не менее 5 м (7 м – для проведения крупных соревнований) и быть на всех участках одинаковой. Разметка, наносимая на трек, должна

иметь контрастную расцветку. Движение по велотреку всегда осуществляется против часовой стрелки [9].

На основе проведенных исследований было предложено 3 основных типа велоцентров: центральный, районные и периферийные.

Основные виды велоцентров

Центральный объект – один на город, городского значения, является самым большим, масштабным и многофункциональным. Площадь застройки – от 50 000 м², вместимость – от 3000 чел., находится на отдельно предназначенной территории (в проекте – это левый берег Дона), с благоустроенной территорией, парковкой для любого вида транспорта. Посещать его могут люди разных возрастов и различного класса, т. к. в нём сочетаются и коммерческая деятельность, и бесплатная для общего пользования. От остальных данный центр отличается тем, что до него нужно будет добираться транспортом. Для этого необходимо организовать транспортное движение (автобусы), велодвижение по отдельно размеченным полосам, отдельно выделенным дорогам (мостам).

Этот центр будет больше похож на спортивный кластер, помимо спортивных функций: велотрек, боулинг, картинг, спортивные площадки, аэротруба, скейтпарк с трамплинами и скалолазкой, – он включит в себя магазины, ремонтные мастерские, административный блок, камеру хранения, медпункт, пресс-центр, спа-пространства. На территории могут быть отдельно стоящие павильоны для различных массовых мероприятий, арт-пространства (стены или кубы на территории для уличных художников), уличный открытый амфитеатр для кино или театральных постановок. Территория будет благоустроена дорожками, искусственными водоемами. В дальнейшем около данного центра можно запроектировать гостиницы, центр зимних видов спорта: лыжи, сноуборд, каток и др. Так как территория большая, её можно полностью занять спортивно-развлекательно-досуговой функцией (рис. 3).

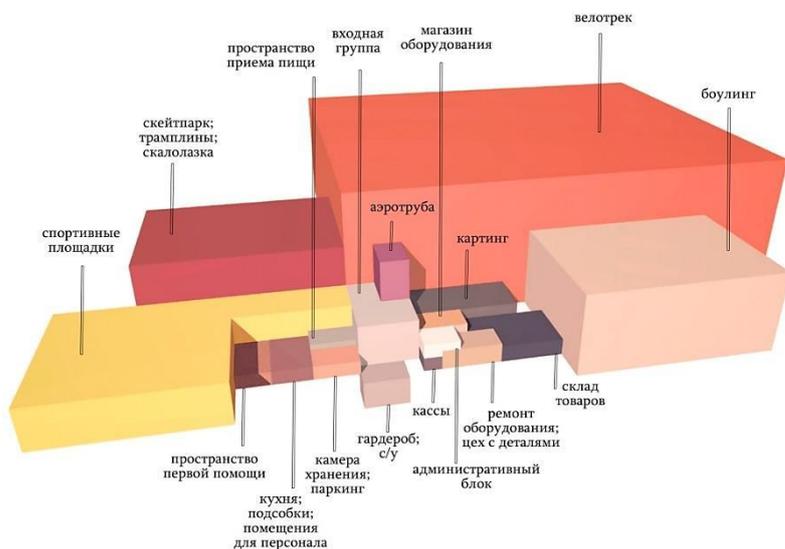


Рис. 3. Функциональная модель центрального объекта

Районные объекты рассредоточены по всему городу с радиусом от 10 км по принципу один центр на один район. Объект средний по вместимости (от 500 чел.), с площадью застройки от 5000 м². Посещать и заниматься в нем могут дети от 7 лет и взрослые. Добраться до центра можно любым способом, как на велосипеде, так и общественным и личным транспортом. Данный центр будет включать в себя такие функции, как аренда велосипедов, велопространство для мастер-классов и обучению езде на велосипеде и другом легком колесном транспорте, картинг, ремонт-мастерская-цех, скейтпарк, внутреннее арт-пространство, спортивные площадки, аэротруба, а также медпункт, магазины, склад, административный блок, кафе. Обязательно благоустройство территории и парковки (велосипедная и автомобильная). Это достаточно удобный центр, т. к. в нём сосредоточены необходимые функции для занятий спортом и детей, и взрослых. Время в пути на велосипеде от одного районного объекта до другого – до 40 мин, от районного до центрального – от 40 до 60 мин (рис. 4).

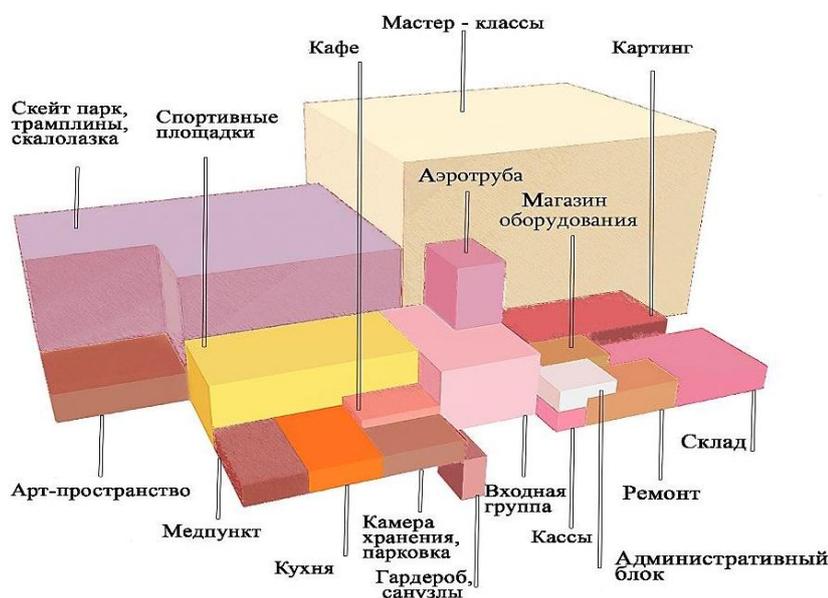


Рис. 4. Функциональные модели районных объектов

Периферийные велообъекты рассредоточены по всему городу с радиусом до 1 км. Объект небольшой, с площадью застройки от 100 м², вместимостью от 50 чел. Территориально в одном районе располагается около 8–10 таких объектов. В основном они встроены в окружающую застройку либо находятся на первых этажах зданий. Посещать их могут люди старше 14 лет. Центры включают в себя самые необходимые функции: прокат, кафе, санузлы, место хранения, ремонт, небольшой медицинский пункт с аптекой. Время в пути на велосипеде: от одного периферийного центра до другого – до 10 мин; от периферийного центра до районного объекта – до 20 мин; до центрального велосипедного центра – до 45 мин (рис. 5–7).



Рис. 5. Центричная функциональная модель городских периферийных велоцентров с эксплуатируемой кровлей

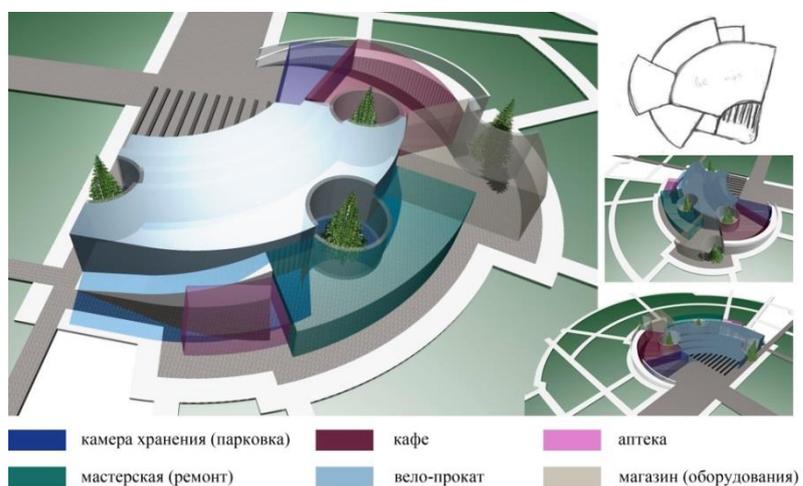


Рис. 6. Сферическая функциональная модель городских периферийных велоцентров с эксплуатируемой кровлей



Рис. 7. Линейная функциональная модель периферийных велоцентров, находящихся за городом

Возможные комбинации велоцентров в единой сети

Любые комбинации зависят от города, в котором будут проектироваться велоцентры, т. к. данный показатель зависит от масштаба города, его населения, развитости, необходимости в данной велоинфраструктуре:

- центральный + периферийные;
- районные + периферийные;
- центральный + районные;
- центральный + районные + периферийные.

Периферийные объекты – самые важные и нужные, т. к. их в городе будет много и каждый будут посещать люди в случае необходимости: взять напрокат оборудование или сдать его, сходить в туалет или перекусить.

Районные объекты также необходимы, т. к. они по функции будут похожи на центральные. Людям, как взрослым, так и детям, живущим в определённых районах города, будет удобней посещать их благодаря близости и наличию тренировочных пространств.

Центральный объект – довольно масштабный и многофункциональный, он включает в себя не только велосипедную функцию, но и функции тренировок, отдыха, соревнований, масштабных конференций, мастер-классов, фестивалей, открытого кино, пространства арт-объектов современных художников, прогулочных дорожек с озеленением (спортивный парк), искусственные озёра (летом выполняющие функцию под вейкборд и греблю). В дальнейшем на территории можно запроектировать гостиницы и другие объекты со спортивной функцией.

Заключение

Стоит отметить, что все велоцентры будут круглогодичного использования, в том числе и велосипедные дорожки. Если это надземная дорожка-мост, то в некоторых местах она будет закрываться козырьком, защищая от атмосферных осадков или слепящего солнца. В каждом объекте будет доступ для маломобильных групп населения. В дальнейшем проектируемую велосипедную сеть можно развить в соседние поселения и города: Аксай, Азов, Таганрог, Батайск, Новочеркасск. Такую велосеть возможно внедрить в любом городе, несмотря на различные климатические условия, рельеф, площадь территории.

В настоящий момент в мире существует огромная транспортная проблема, которую можно решить переходом людей с автомобилей на двухколёсный транспорт. Это обеспечит значительную экономию городского бюджета и позволит направить средства на благоустройство города. Благодаря данной системе будет меньше затрат на топливо для автомобилей, реже надо будет его обслуживать, также это улучшит качество городской среды и здоровье граждан.

Выводы

Отношение к велосипеду будет меняться по мере того, как городские власти начнут развивать велотранспорт, прежде всего – строить велодорожки. Появление безопасной инфраструктуры будет способствовать росту числа поездок.

Так как местом проектирования является г. Ростов-на-Дону, возможно запроектировать все 3 вида велосипедных центров: периферийные, районные, центральный. Центральный объект следует проектировать на левом берегу Дона, т. к. это место притяжения позволяет связать с помощью транспортной магистрали соседние населенные пункты: Батайск, Азов, Аксай, Чалтырь, Грушевская (до аэропорта) и привязаться к существующему спортивному кластеру. Модели проектирования могут быть различными, а функции различаются относительно места расположения.

Проектируя маршруты движения, необходимо отделить велосипедные дорожки от автомобильных дорог, оградив барьерами и велосипедными мостами. Использование энергоэффективных технологий, например возобновляемых источников энергии: воды, ветра, биомассы, солнца, позволит сэкономить расходы и ресурсы, снизить загрязнение атмосферы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Цокур А.В., Денисенко Е.В. Принципы поэтапного внедрения велосипедной инфраструктуры в городскую среду // Известия КазГАСУ. 2017. № 4 (42). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/printsiyu-poetapnogo-vnedreniya-velosipednoy-infrastruktury-v-gorodskuyu-sredu/> (дата обращения: 17.04.2021).
2. Сагинова О.В. Международный опыт развития мобильности в мегаполисе // ЭТАП. 2019. № 1. С. 70–74.
3. Fleming S. 10 Points of a Bicycling Architecture // ArchDaily. URL: <https://www.archdaily.com/576098/10-points-of-a-bicycling-architecture> ISSN 0719-8884/ (дата обращения: 17.04.2021).
4. Ромашкевич А. Почему люди не ездят на велосипедах // Наука & Жизнь. URL: <https://velonation.bike/2020/03/23/whynot-2/>(дата обращения: 17.04.2021).
5. Alex_Maisky. Какой ширины должны быть велодорожки в России // Livejournal : интернет-журнал. URL: https://alex-maisky.livejournal.com/22557.html?utm_source=embed_post/ (дата обращения: 17.04.2021).
6. Азумава Ф. Велосипед не развлечение, а средство передвижения! // Парламентская газета. URL: <https://www.pnp.ru/social/velosiped-ne-razvlechenie-a-sredstvo-peredvizheniya.html/> (дата обращения: 15.04.2021).
7. Silverstein Yo. SkyCycle // Foster + Partners. URL: <https://www.fosterandpartners.com/projects/skycycle/>(дата обращения: 17.04.2021).
8. Lynch P. City of Utrecht Opens Largest Bicycle Parking Lot In The World // ArchDaily. URL: <https://www.archdaily.com/879465/city-of-utrecht-opens-largest-bicycle-parking-lot-in-the-world> ISSN 0719-8884/ (дата обращения: 17.04.2021).
9. Winston A. Santiago Calatrava plans Zurich office block with 1000 bicycle parking spaces // dezeen. URL: <https://www.dezeen.com/2016/09/26/santiago-calatrava-axa-zurich-office-block-1000-bicycle-parking-spaces-grass-roof-switzerland/>(дата обращения: 15.04.2021).

REFERENCES

1. Tsokur A.V., Denisenko E.V. Printsipy poetapnogo vnedreniya velosipednoi infrastruktury v gorodskuyu sredu [Principles of gradual introduction of cycling infrastructure into the urban environment]. *Izvestiya KazGASU*. 2017. No. 4 (42). Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/printsiyu-poetapnogo-vnedreniya-velosipednoy-infrastruktury-v-gorodskuyu-sredu/> (accessed April 17, 2021). (rus)
2. Saginova O.V. Mezhdunarodnyi opyt razvitiya mobil'nosti v megapolise [International experience in the mobility development in big urban center]. *ETAP*. 2019. No. 1. (rus)
3. Fleming S. 10 points of a bicycling architecture. ArchDaily. Available: www.archdaily.com/576098/10-points-of-a-bicycling-architecture/ (accessed April 17, 2021).

4. *Romashkevich A.* Pochemu lyudi ne ezdyat na velosipedakh [Why people don't ride bicycles]. Nauka & Zhizn' Available: <https://velonation.bike/2020/03/23/whynot-2/> (accessed April 17, 2021). (rus)
5. *Maisky A.* Kakoi shiriny dolzhny byt' velodorozhki v Rossii [What width should be bike paths in Russia]. Available: https://alex-maisky.livejournal.com/22557.html?utm_source=embed_post/ (accessed April 17, 2021). (rus)
6. *Agumava F.* Velosiped ne razvlechenie, a sredstvo peredvizheniya! [Bicycle is not entertainment, but a means of transportation!]. Available: www.pnp.ru/social/velosiped-ne-razvlechenie-a-sredstvo-peredvizheniya.html/ (accessed April 17, 2021).
7. *Silverstein Yo.* SkyCycle. Foster + Partners. London, Great Britain, 2013. Available: www.fosterandpartners.com/projects/skycycle/ (accessed April 17, 2021).
8. *Lynch P.* City of Utrecht opens largest bicycle parking lot in the world. ArchDaily Available: www.archdaily.com/879465/city-of-utrecht-opens-largest-bicycle-parking-lot-in-the-world ISSN 0719-8884/ (accessed April 17, 2021).
9. *Winston A.* Santiago Calatrava plans Zurich office block with 1000 bicycle parking spaces. Available: www.dezeen.com/2016/09/26/santiago-calatrava-axa-zurich-office-block-1000-bicycle-parking-spaces-grass-roof-switzerland/ (accessed April 17, 2021).

Сведения об авторах

Махортова Алина Сергеевна, магистрант, Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Буденновский, 39, alinnett@mail.ru

Астахова Елена Степановна, канд. архитектуры, доцент, Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Буденновский, 39, esastahova@sfedu.ru

Authors Details

Alina S. Makhortova, Graduate Student, Southern Federal University, 39, Budennovskii Ave., 344082, Rostov-on-Don, Russia, alinnett@mail.ru

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

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

УДК 624.012.042.8.001.2

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-109-117

Г.И. ОДНОКОПЫЛОВ¹, З.Р. ГАЛЯУТДИНОВ², В.Б. МАКСИМОВ³,

¹Национальный исследовательский

Томский политехнический университет,

²Томский государственный архитектурно-строительный университет,

³Международный телематический университет УНИНЕТТУНО

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ НА ПОДАТЛИВЫХ ОПОРАХ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ ДИНАМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Представлены результаты экспериментальных исследований прочности и деформативности железобетонных плит, опертых по контуру на податливых опорах при кратковременном динамическом нагружении. В качестве податливых опор рассмотрены сминаемые вставки кольцевого сечения, деформирующиеся в упругой стадии, пластической и стадии отвердения.

Выполнена оценка изменения перемещений, скоростей и ускорений в зависимости от стадии деформирования податливых опор.

По результатам выполненных исследований железобетонных плит показана высокая эффективность применения податливых опор рассматриваемого типа. Применение податливых опор привело к значительному снижению перемещений конструкции и, соответственно, усилий и напряжений.

Ключевые слова: железобетонные плиты; опертые по контуру; кратковременная динамическая нагрузка; податливая опора; упругая стадия; упругопластическая стадия; стадия отвердения; перемещение; скорость; ускорение; испытания.

Для цитирования: Однокопылов Г.И., Галяутдинов З.Р., Максимов В.Б. Экспериментальные исследования железобетонных плит на податливых опорах при кратковременном динамическом нагружении // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 3. С. 109–117.

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-109-117

G.I. ODNOKOPYLOV¹, Z.R. GALYAUDINOV², V.B. MAKSIMOV³,

¹National Research Tomsk Polytechnic University,

²Tomsk State University of Architecture and Building,

³International Telematic University UNINETTUNO

REINFORCED CONCRETE SLABS ON YIELDING SUPPORTS UNDER DYNAMIC LOAD

The paper presents the experimental results of strength and deformability of reinforced concrete slabs on yielding supports arranged along the perimeter under the dynamic loading. Crushable ring-shaped inserts deforming at the elastic, plastic and curing stages are considered as yielding supports. The displacement, velocity and acceleration are evaluated depending on the deformation stage of yielding supports. The high efficiency is shown for the use of yielding supports, which leads to a significant reduction in the structure displacement, strain, and stress.

Keywords: reinforced concrete slabs; dynamic load; yielding support; elastic stage; elastoplastic stage; hardening; moving; speed; acceleration; testing.

For citation: Odnokopylov G.I., Galyautdinov Z.R., Maksimov V.B. Eksperimental'nye issledovaniya zhelezobetonnykh plit na podatlivykh oporakh pri kratkovremennom dinamicheskom nagruzhении [Reinforced concrete slabs on yielding supports under dynamic load]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2021. V. 23. No. 3. Pp. 109–117.

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-109-117

Кратковременные динамические нагрузки, возникающие при взрывных воздействиях различного рода (детонация газо-, паро-, пылевоздушных смесей, воздействие средств поражения), могут приводить к разрушению несущих конструкций, крупному материальному ущербу и гибели людей. Вследствие высокой интенсивности указанных нагрузок применение традиционных методов проектирования конструкций, основанных на принципе полного восприятия динамического воздействия, приводит к значительным материальным и трудовым затратам. В настоящее время все большее развитие получают активные способы защиты конструкций, обеспечивающие снижение интенсивности динамической нагрузки. Исследования железобетонных балок [1–7] показывают, что степень уменьшения амплитуды динамической нагрузки зависит от стадии деформирования податливой опоры. Наибольшее снижение происходит при деформировании податливой опоры в пластической стадии. Для оценки влияния вертикальной податливости опор на усилия и перемещения опертых по контуру железобетонных плит проведены их экспериментальные исследования, результаты которых приведены в настоящей статье.

Экспериментальные исследования выполнены на моделях плит из бетона класса В20 размерами в плане 1500×1000 мм и толщиной 40 мм. Опытные образцы армированы плоской сеткой из арматуры Ø4 класса Вр500 с размерами ячейки 100×100 мм. Жесткое опирание плиты реализовывалось при помощи роликовых и шаровых опор. В качестве податливых опор использованы трубы наружным диаметром 42,8 мм и толщиной стенки 3,2 мм. Жесткость опор и, соответственно, стадия их деформирования регулировались длиной вставки кольцевого сечения [8].

Для регистрации показаний деформаций бетона и арматуры, перемещений и ускорений на опытные образцы установлен комплекс измерительных приборов. Фиксация и обработка регистрационных данных осуществлялись с использованием информационно-вычислительных комплексов МІС300М и МІС400D [9].

Измерения показаний тензорезисторов, датчиков перемещений и сило-измерительных датчиков обеспечивалось ИВК МІС400D по 64 каналам с частотами 80...7000 Гц. Измерения фиксировались с разрешением 16 двоичных разрядов ($2^{16} = 65\,536$ уровней измерений). ИВК МІС400D позволяет использовать четвертьмостовую, полумостовую и мостовую схемы измерений с номиналом 100...5000 Ом. Измерение показаний акселерометров обеспечивалось ИВК МІС300М по 16 каналам с частотой 64 000 Гц.

Синхронизация процесса измерений при динамических испытаниях обеспечивалась за счет последовательного включения ИВК МІС400D и МІС300М с последующим сбрасыванием испытательного груза (рис. 1). Первоначальные данные, полученные в процессе динамического нагружения, фиксировались информационно-вычислительными комплексами и впоследствии обрабатывались в программах Winpos, Excel и др.

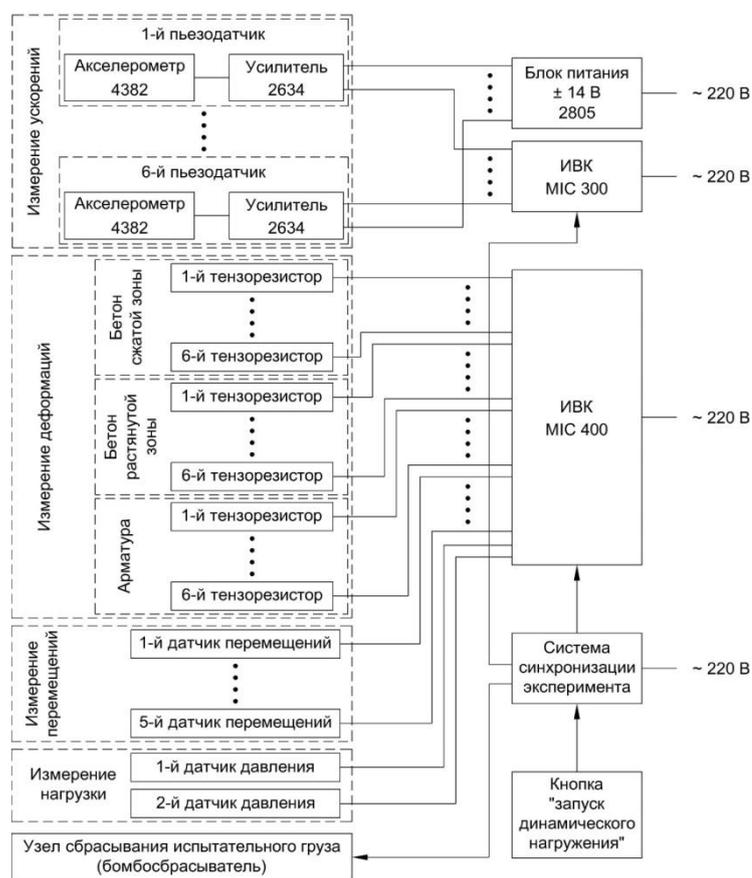


Рис. 1. Схема подключения испытательного оборудования при динамическом нагружении

Реакция системы определяется по показаниям датчиков давления и представляет собой обобщенную характеристику сопротивления конструкции внешнему динамическому воздействию. Схема распределения опорной реакции во времени представлена на рис. 2.

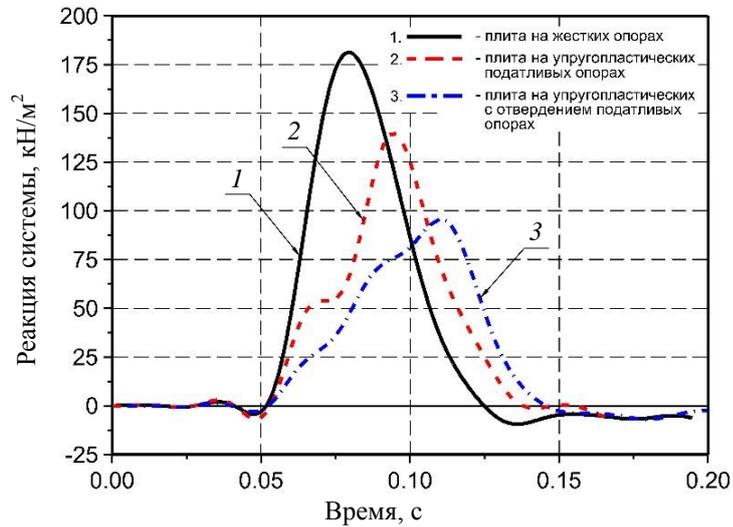


Рис. 2. Изменение реакции системы во времени для плит на жестких (1) и податливых опорах, сработавших в пластической стадии (2) и стадии отверждения (3)

Анализ опытных зависимостей показывает, что применение податливых опор приводит к снижению реакции системы на 22,5 и 47,4 % соответственно для плит, опоры которых сработали в упругопластической и упругопластической с отверждением стадиях, и увеличению времени динамического сопротивления конструкции на 11,4 и 29,8 % (рис. 2).

Для анализа перемещений плит рассмотрим пять сечений, проходящих через датчики перемещений и ускорений (рис. 3). Перемещения центральной зоны плиты принимаются по показаниям прогибомеров ДП-1...ДП-4. Помимо показаний прогибомеров, дополнительно, для определения перемещений, использованы показания датчиков ускорений ДУ-3 и ДУ-6. Перемещения в данном случае определены путем двойного интегрирования ускорений, измеренных в процессе испытаний.

Анализ перемещений плит на жестких и упругих податливых опорах показывает, что использование податливых опор, деформирующихся в упругой стадии, приводит к незначительному увеличению прогибов плит в средних сечениях 1–1 и 3–3 (рис. 4). В остальных сечениях перемещения незначительно ниже либо практически равны. Применение податливых опор, деформирующихся в упругопластической стадии и стадии отверждения, приводит к значительному снижению прогибов конструкции (рис. 5). Из представленных графиков видно, что в центральной части плит суммарные перемещения с учетом деформаций опор практически соизмеримы с перемещениями плит на жестких опорах. Однако действительные прогибы конструкции (за выче-

том деформаций опор) значительно меньше прогибов плит на жестких опорах во всех рассматриваемых сечениях. При этом основная часть прогибов обусловлена перемещениями плиты как жесткого тела.

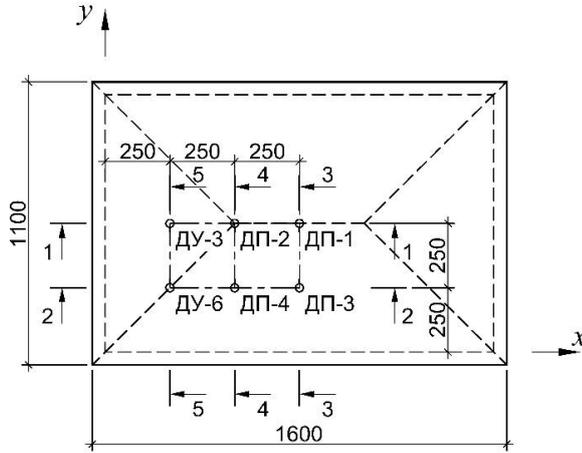


Рис. 3. Схема расстановки датчиков ускорений и перемещений

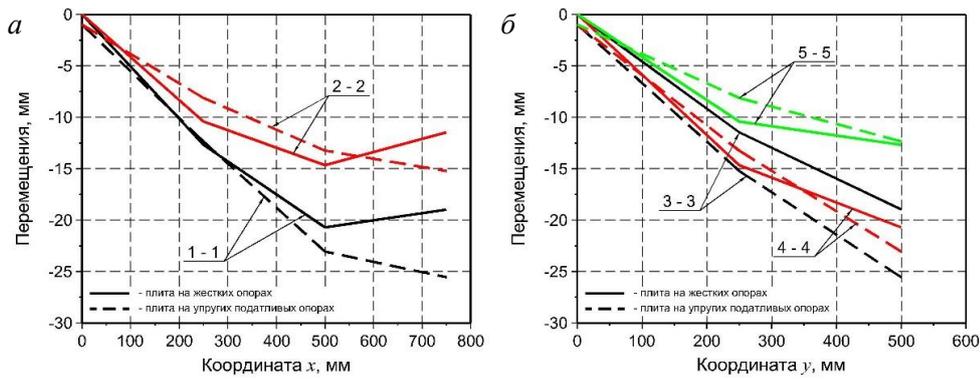


Рис. 4. Перемещения плит на жестких (а) и упругих податливых (б) опорах

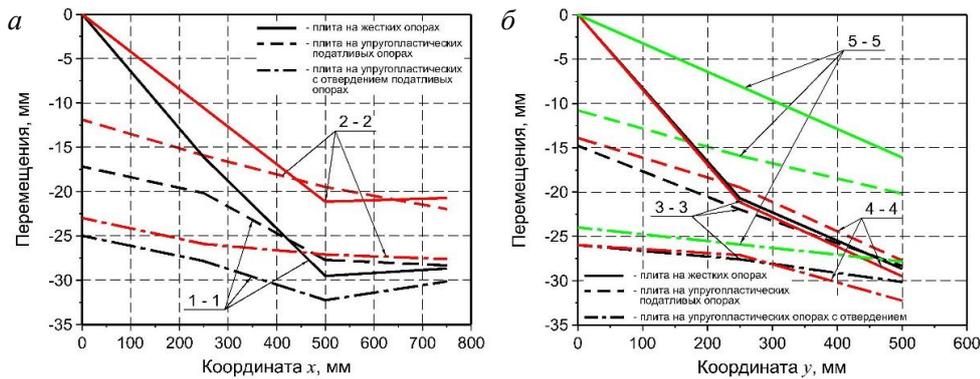


Рис. 5. Перемещения плит на жестких и податливых опорах, сработавших в упругопластической стадии (а) и стадии отверждения (б)

Также можно отметить, что действительные перемещения плит уменьшаются с увеличением величины деформаций опор в пластической стадии (рис. 5). Так, в сечении 1–1 при пластических деформациях опоры ~ 16 мм максимальный прогиб в центре плиты составляет ~ 8 мм. В то же время при пластической деформации опоры на 23 мм прогиб плиты составляет всего 2,3 мм.

Значения ускорений плит на жестких и упругих податливых опорах представлены на рис. 6. Из графиков видно, что в плитах на жестких опорах при однократном динамическом нагружении происходит один период колебаний с максимальной амплитудой, после чего наблюдается резкое затухание ускорений. Для плит на упругих податливых опорах колебательный процесс с максимальными амплитудами протекает более длительное время, которое составляет 2,5 периода, после чего начинается процесс затухания. Величина ускорений в плитах на упругих податливых опорах ниже на 25...40 %, при этом период колебаний незначительно выше.

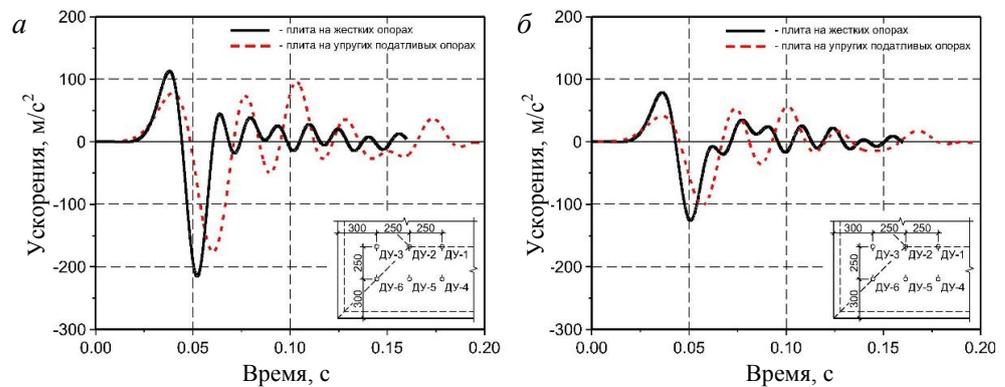


Рис. 6. Ускорения плит на жестких и упругих податливых опорах:
а – по показаниям акселерометра ДУ-1; б – по показаниям акселерометра ДУ-4

Изменение ускорений во времени для плит на податливых опорах, деформирующихся в упругопластической стадии и стадии отверждения, аналогично характеру изменения ускорений плит на жестких опорах. При этом амплитуда ускорений плит на податливых опорах больше амплитуды ускорений плит на жестких опорах на 24 % в центре плиты и на 17 и 33 % по месту установки датчика ускорений ДУ-4 (рис. 7). Более высокий уровень ускорений плит на податливых опорах связан с низким сопротивлением внешнему динамическому воздействию на опорном контуре при деформировании опор в пластической стадии. Рост ускорений плит на податливых опорах приводит к увеличению сил инерции, оказывающих сопротивление движению плиты, что, соответственно, ведет к снижению перемещений и деформаций конструкции.

Таким образом, выполненные экспериментальные исследования позволили подтвердить полученные ранее теоретические результаты [10, 11], свидетельствующие, что применение податливых опор, работающих только в упругой стадии, в опертых по контуру плитах при кратковременном динамическом нагружении, оказывает отрицательное влияние на деформирование

конструкции, выражающееся в росте перемещений и деформаций бетона и арматуры по сравнению с плитами на жестких опорах.

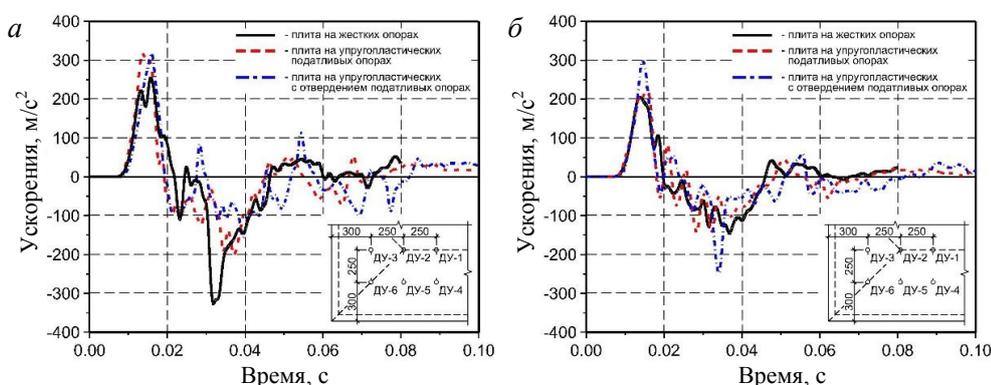


Рис. 7. Ускорения плит на жестких и податливых опорах, сработавших в упругопластической стадии и стадии отверждения:

a – по показаниям акселерометра ДУ-1; *б* – по показаниям акселерометра ДУ-4

Также экспериментально подтверждены результаты, показывающие, что применение податливых опор, деформирующихся в упругопластической стадии и стадии отверждения в опертых по контуру плитах, позволяет значительно снизить реакцию системы и перемещения конструкции. Последовательный переход податливых опор в стадию отверждения не приводит к резкому увеличению прогибов. Несмотря на незначительные локальные всплески перемещений и ускорений, обусловленные наступлением стадии отверждения опор, в целом перемещения значительно ниже аналогичных величин для плит на жестких опорах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кумляк О.Г., Кокорин Д.Н. Экспериментальные исследования железобетонных балок по наклонным сечениям при кратковременном динамическом нагружении // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2011. № 1. С. 116–129.
2. Кумляк О.Г., Малиновский А.П., Педиков А.В. Экспериментально-теоретическое исследование сжатых железобетонных балок на податливых опорах при кратковременном динамическом нагружении // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2006. № 2. С. 110–114.
3. Kumryak O.G., Galyautdinov Z.R., Galyautdinov D.R. Experimental study of beams on yielding supports with thrust // MATEC Web of Conferences. 2018. 143. 01016. DOI: 10.1051/1.4973016
4. Кумляк О.Г., Галютдинов З.Р., Кокорин Д.Н. Прочность и деформативность железобетонных конструкций на податливых опорах при кратковременном динамическом нагружении. Томск : Изд-во ТГАСУ, 2016. 270 с.
5. Галютдинов З.Р., Кумляк О.Г. Расчет железобетонных балок на податливых опорах при кратковременном динамическом нагружении // Строительная механика и расчет сооружений. 2019. № 4. С. 63–70.
6. Расторгуев Б.С. Прочность железобетонных конструкций зданий взрывоопасных производств и специальных сооружений, подверженных кратковременным динамическим воздействиям : автореферат на соискание ученой степени доктора технических наук. Москва, 1987. 37 с.

7. Саид А.-Р.А. Повышение несущей способности железобетонных конструкций при взрывных воздействиях : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, 1995. 207 с.
8. Кумпяк О.Г., Галяутдинов З.Р., Максимов В.Б. Расчет длины податливой опоры // Лолейтовские чтения-150. Современные методы расчета железобетонных и каменных конструкций по предельным состояниям : сборник докладов Международной научно-практической конференции, Москва : МГСУ, 2018. С. 201–204.
9. Кумпяк О.Г., Однокопылов Г.И. Автоматизация испытаний железобетонных конструкций // Научные труды Общества железобетонщиков Сибири и Урала. Вып. 8. Новосибирск : НГАСУ, 2004. С. 122–125.
10. Galyautdinov Z. Calculation of reinforced concrete slabs on yielding supports under short-term dynamic loading // XXVI Conference on Numerical Methods for Solving Problems in the Theory of Elasticity and Plasticity (EPPS-2019). 2019. V. 221. P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1051/epjconf/201922101009>
11. Кумпяк О.Г., Галяутдинов З.Р. Расчет железобетонных плит на податливых опорах при кратковременном динамическом нагружении // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2012. № 2. С. 107–111.

REFERENCES

1. Kumpjak O.G., Kokorin D.N. Eksperimental'nye issledovaniya zhelezobetonnyh balok po naklonnym sechenijam pri kratkovremennom dinamicheskom nagruzenii [Experimental investigation of reinforced concrete beams in inclined cross-sections under dynamic load]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2011. No. 1. Pp. 116–129. (rus)
2. Kumpjak O.G., Malinovskij A.P., Pedikov A.V. Eksperimental'no-teoreticheskoe issledovanie szhatyh zhelezobetonnyh balok na podatlivyh oporah pri kratkovremennom dinamicheskom nagruzenii [Compressed reinforced concrete beams on yielding supports under dynamic load]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2006. No. 2. Pp. 110–114. (rus)
3. Kumpyak O.G., Galyautdinov Z.R., Galyautdinov D.R. Experimental study of beams on yielding supports with thrust. *MATEC Web of Conferences*. 2018. V. 143. 01016. DOI: 10.1051/1.4973016
4. Kumpyak O.G., Galyautdinov Z.R., Kokorin D.N. Prochnost' i deformativnost' zhelezobetonnyh konstrukcij na podatlivyh oporah pri kratkovremennom dinamicheskom nagruzenii [Strength and deformability of reinforced concrete structures on yielding supports under dynamic load]. Tomsk: TSUAB, 2016. 270 p. (rus)
5. Galyautdinov Z.R., Kumpyak O.G. Raschet zhelezobetonny`x balok na podatlivykh oporax pri kratkovremennom dinamicheskom nagruzenii. [Strength analysis of reinforced concrete beams on yielding supports under dynamic load]. *Stroitel'naya mexanika i raschet sooruzhenij*. 2019. No. 4. Pp. 63–70. (rus)
6. Rastorguev B.S. Prochnost' zhelezobetonnyh konstrukcij zdanzj vzryvoopasnyh proizvodstv i special'nyh sooruzhenij, podverzhennyh kratkovremennym dinamicheskim vozdeystvijam: Avtoref. diss. dokt. tehn. nauk [Strength of reinforced concrete structures of buildings of hazardous industries under dynamic load. DSc Abstract]. 1987. 37 p. (rus)
7. Said A.-R.A. Povyshenie nesushhej sposobnosti zhelezobetonnyh konstrukcij pri vzryvnyh vozdeystvijah. Diss. kand. tehn. nauk [Improvement of load-bearing capacity of reinforced concrete structures in explosion conditions. PhD Thesis]. 1995. 207 p. (rus)
8. Kumpyak O.G., Galyautdinov Z.R., Maksimov V.B. Raschet dliny podatlivoj opory [Length analysis of yielding support]. In: Lolejtovskie chteniya-150 Sovremennye metody rascheta zhelezobetonnyh i kamennyh konstrukcij po pre-del'nyh sostoyaniyam. Sbornik докладов Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (*Proc. Sci. Conf. 'Modern Methods of Limit Design of Reinforced Concrete and Masonry Structures', Loleitov Readings-150*). Pp. 201–204. (rus)
9. Kumpyak O.G., Odnokopylov G.I. Avtomatizaciya ispytanij zhelezobetonny`x konstrukcij [Automated testing of reinforced concrete structures]. Novosibirsk: NGASU, 2004. Pp. 122–125. (rus)
10. Galyautdinov Z. Calculation of reinforced concrete slabs on yielding supports under short-term dynamic loading. In: *Proc. 26th Conf. on Numerical Methods for Solving Problems in the*

Theory of Elasticity and Plasticity. 2019. V. 221. Pp. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1051/ejconf/201922101009>

11. *Kumryak O.G., Galyautdinov Z.R.* Raschet zhelezobetonykh plit na podatlivykh oporakh pri kratkovremennom dinamicheskom nagruzhении [Strength analysis of reinforced concrete slabs on yielding supports under dynamic load]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2012. No. 2. Pp. 107–111. (rus)

Сведения об авторах

Однокопылов Георгий Иванович, докт. техн. наук, профессор, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, ogiz@yandex.ru

Галяутдинов Заур Рашидович, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, gazr@yandex.ru

Максимов Валерий Борисович, аспирант, Международный телематический университет УНИНЕТТУНО, Италия, г. Рим, пр. Витторио Эмануэля II, 39, Maximov.valeriy@gmail.com

Authors Details

Georgii I. Odnokopylov, DSc, Professor, National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Ave., 634050, Tomsk, Russia, ogiz@yandex.ru

Zaur R. Galyautdinov, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, gazr@yandex.ru

Valeriy B. Maksimov, Research Assistant, International Telematic University UNINETTUNO, Corso Vittorio Emanuele II, 39, 00186, Rome, Italy, Maximov.valeriy@gmail.com

УДК 624.042.62

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-118-128

*С.В. ДЕОРДИЕВ, М.Ю. БЕЛИЧЕНКО, М.А. КРАСИЕВ, М.В. БУТЕНКО,
Сибирский федеральный университет*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕРЕВОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО СТРУКТУРНОГО ПОКРЫТИЯ И ЕГО УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

В настоящие дни интерес к конструкциям и сооружениям из древесины начинает возрастать, главным образом потому, что древесина – экологически чистый материал. В конце XX и начале XXI в. разработано достаточно новых конструктивных решений и материалов на основе древесины. Вместе с этим совершенствовались способы соединения деревянных элементов и стыки узлов конструкций.

В статье приведены результаты экспериментальных исследований структурного покрытия, состоящего из двух блок-ферм и его узловых соединений при действии статической нагрузки, соответствующей максимальной расчетной нагрузке. По результатам испытаний выявлен характер распределения напряжений в структурном покрытии, а также на поверхности узловых соединений. Были определены прочностные и деформационные характеристики узловых соединений и элементов структурного покрытия.

Ключевые слова: блок-ферма; структурное покрытие; узловое соединение; статическая нагрузка; податливость; метод корреляции цифровых изображений; относительные деформации; напряжения; модуль упругости; экспериментальные исследования.

Для цитирования: Деордиев С.В., Беличенко М.Ю., Красиев М.А., Бутенко М.В. Экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния деревометаллического структурного покрытия и его узловых соединений при действии статической нагрузки // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 3. С. 118–128.
DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-118-128

*S.V. DEORDIEV, M.Y. BELICHENKO, M.A. KRASIEV, M.V. BUTENKO,
Siberian Federal University*

STRESS-STRAIN STATE OF SANDWICHED COATING AND ITS NODE CONNECTIONS UNDER STATIC LOAD

Today, the interest in wooden structures is being increased mainly because wood is an environmentally friendly material. In this regard, quite new wooden materials are developed between the 20th and 21st centuries. Improved are the methods for joining wooden elements and joints of structures. The paper presents the experimental studies of the sandwiched coating consisting of two frame work blocks, and nodal connections under the static load. It is shown that the stress distributes in the coating and on the surface of the nodal connections. The stress-strain curves are suggested for the nodal connections and structural elements of the coating.

Keywords: frame work blocks; sandwiched coating; nodal connection; static load; deformation capacity; digital image correlation; strain; stress; elastic modulus; experimental studies.

For citation: Deordiev S.V., Belichenko M.Y., Krasiev M.A., Butenko M.V. Eksperimental'noe issledovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya derevometallichesкого структурного покрытия i ego uzlovykh soedinenii pri deistvii staticheskoi nagruzki [Stress-strain state of sandwiched coating and its node connections under static load]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2021. V. 23. No. 3. Pp. 118–128.
DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-118-128

Введение

Как известно, при расчетах конструкций оперируют идеализированными расчетными схемами, которые часто не отражают действительных условий опирания, соединения узлов и схемы приложения нагрузок.

Соединения конструкций элементов принимаются либо абсолютно жесткими, либо шарнирными, что в действительности не совсем верно, т. к. соединения в конструкциях из дерева (кроме клеевых) являются податливыми и не всегда могут быть аппроксимированы идеальными. Для древесины, обладающей пониженным сопротивлением смятию и относительно низким модулем упругости, деформативностью, т. е. податливостью узлов, пренебрегать нельзя [1–7, 9].

Изучение поведения конструкций из древесины и их узловых соединений при действии нагрузки позволит оценить их работу и спрогнозировать поведение элементов конструкции при последующих нагружениях [10]. В настоящей статье приводятся результаты экспериментального исследования натурального образца деревометаллического структурного покрытия и его узловых соединений при действии расчетной нагрузки.

Методы

Структура состоит из двух деревометаллических блок-ферм и характеризуется следующими показателями: пролет составляет 18 м, ширина – 6 м, строительная высота в середине пролета – 2,293 м, перекрываемая за один подъем площадь – 108 м². Исследуемые узлы находятся в коньке и четверти пролета верхнего пояса структурного покрытия, выполненного из клееных сосновых балок с поперечным сечением 250×140 мм [8, 11]. Влажность древесины (сосна первого сорта) на момент испытания составляла 12 %, испытания проходили в нормальных условиях. Общий вид структурного покрытия представлен на рис. 1.

Целью проведения испытаний было выявление несущей способности и особенностей напряженно-деформированного состояния структурного покрытия марки ТБФД-18.6 при действии статической нагрузки. Также целью исследования является экспериментальное определение прочностных и деформационных характеристик узловых соединений [12].

Испытания деревометаллического структурного покрытия на действие статической нагрузки проводились в лаборатории испытания строительных материалов и конструкций кафедры «Строительные конструкции и управляемые системы» Инженерно-строительного института Сибирского федерального университета.



Рис. 1. Общий вид исследуемого структурного покрытия

Перед испытаниями конструкции были проведены визуальные и инструментальные обследования испытуемого образца. Фактические пороки древесины в элементах были сопоставлены с допустимыми. Кроме этого, проверяли качество исполнения конструкций (точность приторцовки, качество сварки стальных деталей и т. п.).

Конструкция подвергалась испытаниям статической кратковременной равномерно распределенной нагрузкой интенсивностью $q = 2,44 \text{ кН/м}^2$, которая равна расчетной и включает в себя сумму нагрузок от покрытия и снеговой нагрузки в г. Красноярске. Структурный блок покрытия нагружали в 4 этапа с помощью бетонных блоков весом $0,60 \text{ кН}$ и балок со средним весом $0,54 \text{ кН}$. Для распределения давления грузов равномерно по длине поперечных ребер верхнего пояса использовали прокладки из досок (рис. 2).



Рис. 2. Структурное покрытие под действием статической нагрузки

Измерения напряжений в элементах структурного покрытия регистрировали на каждом этапе нагружения тензорезисторами с базой 50 мм при помощи тензометрической системы ММТС-64.01. Для регистрации перемеще-

ний характерных точек покрытия использовались прогибомеры Аистова с ценой деления 0,01 мм.

Параллельно определению напряженно-деформированного состояния и прогибов элементов структурного покрытия проводилось определение абсолютных и относительных деформаций, возникающих в элементах узловых соединений при действии статической нагрузки. Общий вид узловых соединений представлен на рис. 3.

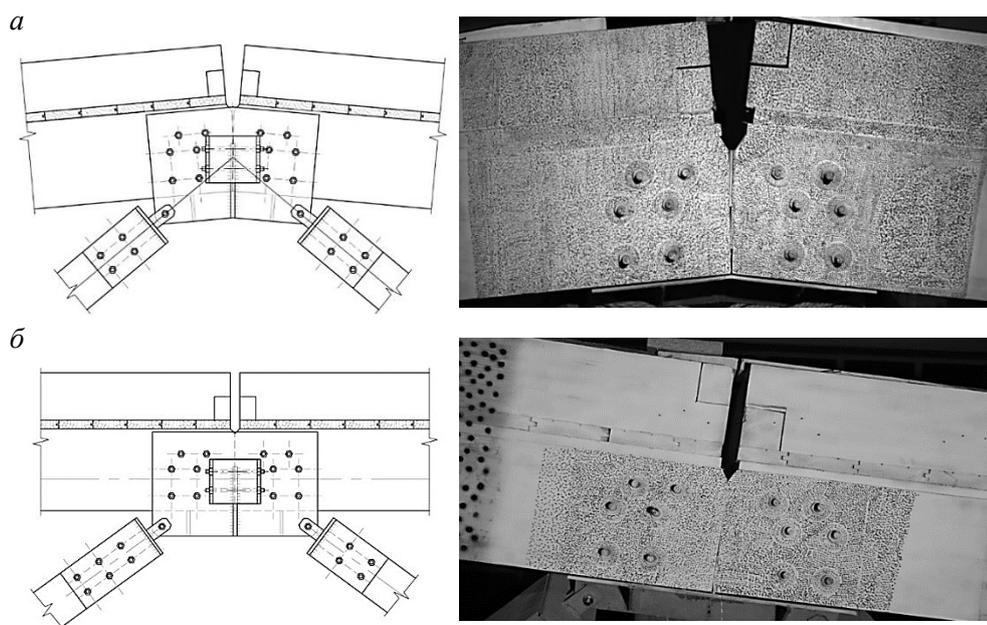


Рис. 3. Общий вид узлов в коньке (а) и в четверти пролета (б)

Узлы стыка балок в коньке и четверти пролета представляют собой лобовые упоры. Для предотвращения выхода из плоскости балок верхнего пояса предусматривается устройство металлических накладок из стали. Для проведения эксперимента и возможности отслеживания деформаций в зоне контакта балок (лобового упора) наружные металлические накладки были демонтированы.

В процессе эксперимента проводилась фиксация поверхностных перемещений (податливость) и относительных деформаций на каждом этапе нагружения при помощи цифровой оптической системы Vic-3D, в которой реализован метод корреляции цифровых изображений. Для проведения эксперимента поверхности узловых соединений были подготовлены следующим образом: на поверхности узлов наносилась контрастная мелкодисперсная окраска с помощью белой и черной матовой аэрозольной краски. Для этого на поверхность узлов сначала наносится белая матовая основа, затем – совокупность черных точек.

Кроме того, были установлены два комплекта цифровых черно-белых камер на жесткую раму так, чтобы исключить движения одной камеры отно-

сительно другой. В качестве источника освещения использовались лампы дневного света, производилась настройка резкости камер. Схема проведения испытания представлена на рис. 4.

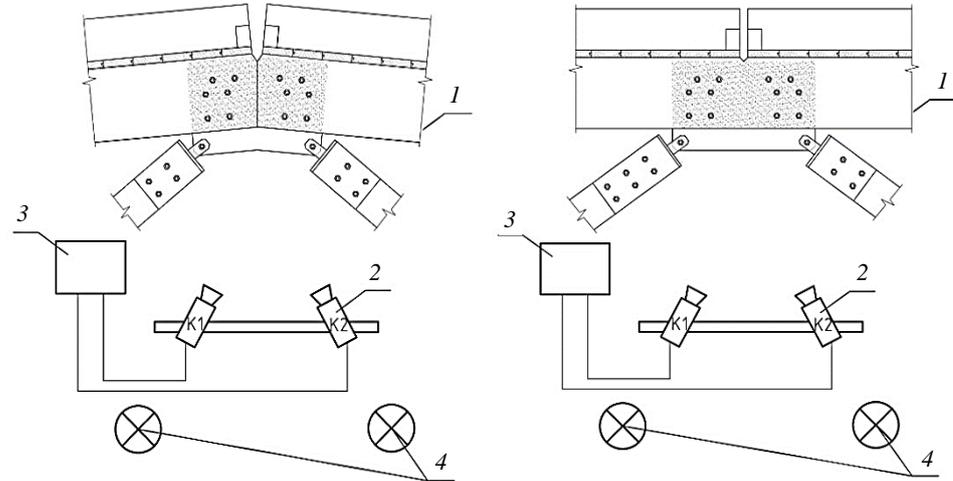


Рис. 4. Схема регистрации изображений исследуемых областей поверхности узлов:
1 – исследуемый узел; 2 – цифровые камеры К1 и К2; 3 – ПК, с которого производится управление видеосистемой; 4 – система освещения

Результаты

При испытании структурного покрытия при статическом нагружении, соответствующем максимальной расчетной нагрузке, определены:

– максимальное напряжение в сжатой зоне верхнего пояса структуры, которое составило 3,328 МПа, в растянутой зоне верхнего пояса – соответственно 2,06 МПа. Максимальное напряжение в деревянных раскосах – 0,48 МПа. Максимальное напряжение в нижнем поясе – 157,49 МПа. Максимальное напряжение в диафрагмах жесткости – 6,57 МПа;

– максимальные прогибы структурного блока, которые составили: в крайнем поясе в $1/4$ пролета – 43,1 мм; в среднем сдвоенном поясе в $1/4$ пролета – 41,88 мм; в коньке крайнего пояса – 36,17 мм; в коньке среднего сдвоенного пояса – 34,76 мм;

– с помощью оптического комплекса Vic-3D были получены значения абсолютных деформаций (табл. 1) и значения относительных деформаций по оси X (ϵ_x) (вдоль волокон) на торцах в коньковом узле и в узле в четверти пролета (рис. 5–7, табл. 2 и 3).

Согласно ГОСТ 16483.24–73 было проведено испытание по определению модуля упругости древесины, из которой собрано структурное покрытие. Модуль упругости $E = 15820$ МПа, далее определялись напряжения, которые возникали на торцах узловых соединений в коньке и четверти пролета по формуле

$$\sigma = E \cdot \epsilon, \quad (1)$$

где E – модуль упругости; ϵ – относительные деформации.

Таблица 1

**Абсолютная деформация древесины (величина податливости)
в торцах конькового узла и узла в четверти пролета
при максимальной расчетной нагрузке**

№ экстензометра	Деформации (величина податливости) вдоль оси X, мм
Коньковый узел	
T1	0,08744
T2	0,09794
T3	0,1107
T4	0,12023
T5	0,13965
¼ пролета	
T6	0,0514
T7	0,04463
T8	0,04178
T9	0
T10	0

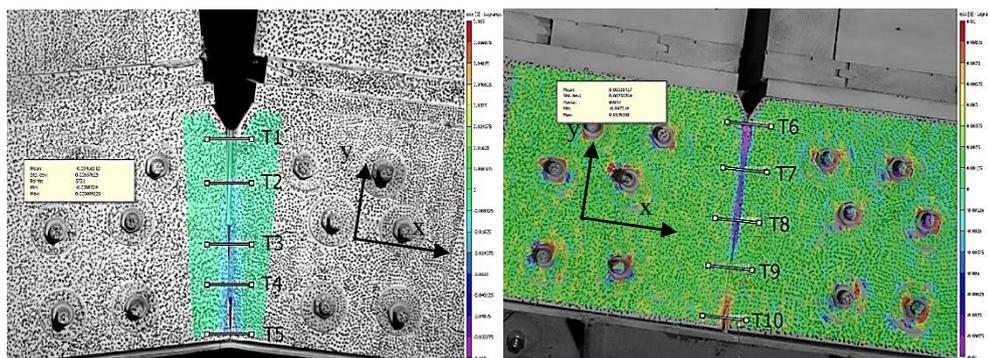


Рис. 5. Поля относительных деформаций в коньковом узле и в узле в четверти пролета вдоль оси X (ϵ_x)

Таблица 2

Этапы нагружения и относительные деформации в коньковом узле по оси X

№ ступени	Нагрузка N, Па	Относительные деформации $\epsilon_x \cdot 10^{-3}$				
		T1	T2	T3	T4	T5
1	1000	-0,801	-0,824	-0,94	-1,07	-1,63
2	1500	-0,827	-1,07	-1,36	-1,63	-1,81
3	2000	-1,06	-1,59	-1,79	-2,03	-2,13
4	2440	-1,68	-1,88	-2,13	-2,31	-2,68

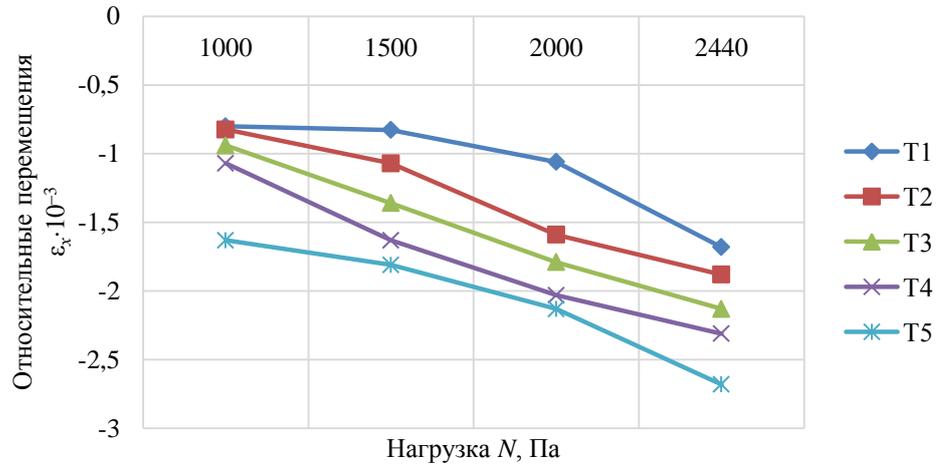


Рис. 6. Относительные деформации в коньковом узле по оси X $\epsilon_x \cdot 10^{-3}$ при изменении N от 1000 до 2440 Па

Таблица 3

Этапы загрузки и относительные деформации в узле в четверти пролета по оси X

№ ступени	Нагрузка N, Па	Относительные деформации $\epsilon_x \cdot 10^{-3}$				
		T6	T7	T8	T9	T10
1	1000	-0,532	-0,30	0,116	0,116	0,874
2	1500	-0,877	-0,699	-0,376	0,15	0,854
3	2000	-0,965	-0,765	-0,715	0,179	0,947
4	2440	-0,988	-0,858	-0,804	0,225	0,952

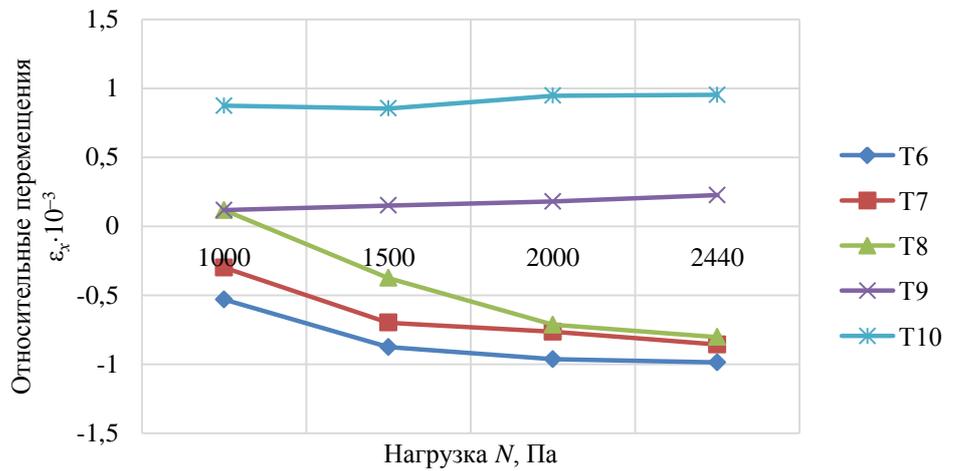


Рис. 7. Относительные деформации в узле в четверти пролета по оси X $\epsilon_x \cdot 10^{-3}$ при изменении N от 1000 до 2440 Па

Полученное максимальное экспериментальное среднее напряжение вдоль волокон (по оси X) в коньковом узле составляет 33,78 МПа, а в узле в четверти пролета – 8,38 МПа.

Дополнительно был произведен расчёт с помощью аналитического расчётного комплекса ANSYS (рис. 8). При этом геометрические и физические характеристики принимались следующими:

$$E_0 = 15\,820 \text{ МПа}, \quad E_{90} = 400 \text{ МПа}, \quad G = 500 \text{ МПа}, \quad \mu_{xy} = 0,45, \quad \mu_{yx} = 0,018.$$

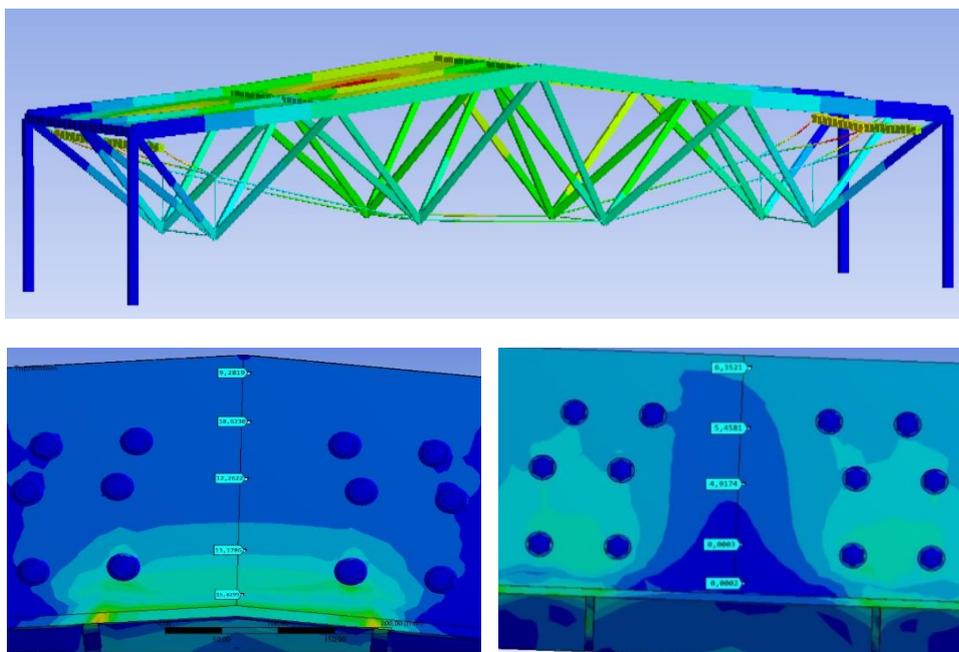


Рис. 8. Поля напряжений структурного покрытия (а), конькового узла (б) и узла в четверти пролета (в) при расчетной нагрузке в ПК ANSYS

По результатам исследований было проведено сравнение численных и экспериментальных исследований (табл. 4).

Таблица 4

Сравнение численных и экспериментальных исследований

Вид исследования	max прогиб конструкции, мм	max напряжение в конструкции, МПа	Напряжения и деформации при действии расчетной нагрузки			
			Коньковый узел		Узел в четверти пролета	
			$\sigma_{\text{ср}}$, МПа	f , мм	$\sigma_{\text{ср}}$, МПа	f , мм
Экспериментальное	43,1	157,49	33,78	0,139	8,38	0,052
Численное	45,81	161,79	32,77	0,1354	8,93	0,055

Данные расчета, проведенные в расчетном комплексе ANSYS, имеют хорошую сходимость с результатами экспериментального исследования (разница находится в диапазоне 2,73–6,54 %).

Заключение

По итогам проведения экспериментального исследования можно сделать следующие выводы:

1. При проведении испытаний натурального образца структурного покрытия при загрузке статической нагрузкой, соответствующей максимальной расчетной нагрузке, были обнаружены следующие изменения: максимальные напряжения появляются в нижнем металлическом поясе и составляют 157,49 МПа. Максимальный прогиб в элементах структурного покрытия составляет 43,1 мм. По результатам испытаний был сделан вывод о достаточной несущей способности при восприятии максимальной расчетной нагрузки.

2. Экспериментально подтверждено, что деформации в древесине лобовых упоров элементов верхних поясов распределяются неравномерно. Напряжения в нижней части сечений балок лобового упора в коньке значительно выше, чем в верхней части, и составляют 42,39 МПа. Напряжения лобового упора узла в четверти пролета возникают в верхней части сечения и составляют 15,62 МПа, в то время как в нижней части они малы. Все это характеризует правильную работу узловых сопряжений конструкции, кроме того, стоит отметить соответствие и высокую сходимость результатов расчетов, полученных в расчетном комплексе ANSYS.

3. При предельной нагрузке в 2,44 кПа:

– согласно ГОСТ 16483.24–73 максимальное среднее напряжение вдоль волокон возникло в коньковом узле и составляет 33,78 МПа;

– максимальная величина податливости в коньковом узле составила 0,139 мм. Это свидетельствует о том, что в узловых соединениях произошел процесс «обмятия» древесины, т. е. сечение элементов конструкции узла деформировалось, и при следующих этапах разгрузки-загрузки (например, таяние-выпадение снега) конструкции её напряженно-деформированное состояние будет изменяться. Данный факт приводит к обязательному учету податливости узловых соединений при проектировании деревянных конструкций.

В результате проведения статических испытаний можно сделать вывод, что структурное покрытие марки ТБФД-18.6 характеризуется малой деформативностью. В дальнейших исследованиях покрытия планируется установление влияния деформации и податливости в узловых соединениях на перераспределение усилий между элементами конструкции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Турков А.В. Взаимосвязь задач динамики и статики сплошных и составных деревянных конструкций : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Орел, 2008. 382 с.
2. Коробко В.И., Турков А.В. Динамические и статические исследования двухпролетных балок с упругоподатливым укрупнительным стыком над средней опорой // Строительная механика и расчет сооружений. 2007. № 4. С. 47–48.

3. Лоскутова Д.В. Частотно-временной анализ деревянной фермы с соединениями на МЗП // Актуальные проблемы современного строительства : сб. материалов 60-й Международной научно-технической конференции. Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2007. С. 114–118.
4. Вареник К.А. Расчет центрально-сжатых деревянных элементов с учетом ползучести : автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук. Великий Новгород, 2015. 20 с.
5. Пятикрестовский К.П. К вопросу о выборе модулей упругости при расчете деревянных конструкций на прочность, устойчивость и по деформациям // Строительная механика и расчет сооружений. 2002. № 6. С. 73–79.
6. Жаданов В.И. Экспериментально-теоретические исследования напряженно-деформированного состояния крупногабаритных клефанерных плит при поперечном изгибе // Известия вузов. Строительство. 2003. № 4. С. 108–112.
7. Турков А.В., Зульфикарова Т.В. Учет податливости соединений при расчете ребристо-кольцевого купола из древесины // Сборник научных трудов Таджикского ПИ. Душанбе : Ирфон, 1991. С. 35–37.
8. Deordiev S., Frolovskaia A., Krasiev M. Development and static testing of the 18x6 m SSU-TTMBF spatial structural unit // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2018. С. 012018.
9. Деордиев С.В., Копаница Д.Г., Тутатчиков Р.С., Красиев М.А. Влияние скорости одноосного сжатия на сопротивление «чистых» образцов древесины сосны // Строительство и реконструкция. 2017. № 1 (69). С. 11–18.
10. Деордиев С.В., Копаница Д.Г., Копаница Г.Д., Тутатчиков Р.С. Экспериментальные исследования клеодошчатых балок на поперечный изгиб при действии статической и кратковременной динамической нагрузки // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 3 (44). С. 96–111.
11. Инжутов И.С., Дмитриев П.А., Деордиев С.В., Захарюта В.В. Анализ существующих узлов сопряжения пространственных конструкций и разработка сборно-разборного узлового элемента // Вестник МГСУ. 2013. № 3. С. 61–71.
12. Инжутов И.С., Жаданов В.И., Никитин В.М. Исследование напряженно-деформированного состояния крупногабаритной ребристой плиты с обшивкой, приклеенной на части длины конструкции // Известия вузов. Строительство. 2008. № 7. С. 4–10.

REFERENCES

1. Turkov A.V. Vzaimosvyaz' zadach dinamiki i statiki sploshnykh i sostavnykh derevyannykh konstruksii [Correlation between dynamic and static problems for solid-web and composite wood structures. PhD Thesis]. Orel, 2008. 43 p. (rus)
2. Korobko V.I., Turkov A.V. Dinamicheskie i staticheskie issledovaniya dvukhproletnykh balok s uprugopodatlivym ukрупnitel'ny'm stykom nad srednei oporoi [Dynamic and static analysis of double-span beams with joint on site over centre support]. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii*. 2007. No 4. Pp. 47–48. (rus)
3. Loskutova D.V. Chastotno-vremennoi analiz derevyannoi fermy s soedineniyami na MZP [Time-frequency analysis analysis of wooden girder]. In: Aktual'nye problemy sovremennoho stroitel'stva: sb. materialov 60-i Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnikeskoi konferentsii (*Proc. 60th Int. Sci. Conf. 'Relevant Problems of Modern Construction*). Saint-Petersburg, 2007. Pp. 114–118. (rus)
4. Varenik A.S. Ustoychivost' szhatykh elementov derevyannykh konstruksiy. Avtoreferat [Stability of compressed elements of timber structures. PhD Abstract]. Saint-Petersburg, 1994. 22 p. (rus)
5. Piatikrestovskii K.P. K voprosu o vybore modulei uprugosti pri raschete derevyannykh konstruksii na prochnost', ustoichivost' i po deformatsiyam [Selection of Young modulus in strength, stability and deformation analysis of wood structures]. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii*. 2002. No. 6. Pp. 73–79. (rus)
6. Zhadanov V.I. Eksperimentalno-teoreticheskie issledovaniya napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya krupnorazmernykh kleefanernykh plit pri poperechnom izgibe [Stress-strain state of

- large laminated panel under transverse bending]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2003. No. 4. Pp. 108–112. (rus)
7. *Turkov A.V., Zulfikarova T.V.* Uchet podatlivosti soyedineniy pri raschete rebristo-kol'tseвого kupola iz drevesiny [Deformation capacity of joints in calculating wooden ribbed-circular dome]. In: *Sbornik nauchnykh trudov Tadzhijskogo PI. (Coll. Papers)*. Dushanbe, Irfon 1991. Pp. 35–37. (rus)
 8. *Deordiev S., Frolovskaia A., Krasiev M.* Development and static testing of the 18x6 m SSU-TTMBF spatial structural unit. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018. 012018.
 9. *Deordiev S.V., Kopanitsa D.G., Tutatchikov R.S., Krasiev M.A.* Vliyanie skorosti odnoosnogo szhatiya na soprotivleniye "chistykh" obratstov drevesiny sosny [Uniaxial compression effect on of "pure" pine wood resistance]. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2017. No. 1 (69). Pp. 11–18. (rus)
 10. *Deordiev S.V., Kopanitsa D.G., Kopanitsa G.D., Tutatchikov R.S.* Eksperimental'nyye issledovaniya kleyedoshchatykh balok na poperechnyy izgib pri deystvii staticheskoy i kratkovremennoy dinamicheskoy nagruzki [Transverse bending tests of laminated beams under static and dynamic loads]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2014. V. 44. No. 3. Pp. 96–111. (rus)
 11. *Inzhutov I.S., Dmitriev P.A., Deordiev S.V., Zakharyuta V.V.* Analiz su-shchestvuyushchikh uzlov sopryazheniya prostranstvennykh konstruksiy i razrabotka sborno-razbornogo uzlovogo elementa [Analysis of existing interfacing nodes of spatial structures and development of dismountable nodal element]. *Vestnik MGSU*. 2013. No. 3. Pp. 61–71. (rus)
 12. *Inzhutov I.S., Zhadanov V.I., Nikitin V.M.* Issledovaniye napryazhenodeformirovannogo sostoyaniya krupnorazmernoy rebristoy plity s obshivkoy, prikleyennoy na chasti dliny konstruksii [Stress-strain state of large dimensioned ribbed plate with sheathing glued on structure surface]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2008. No. 7. Pp. 4–10 (rus)

Сведения об авторах

Деордиев Сергей Владимирович, канд. техн. наук, доцент, Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79, deordievsv@yandex.ru

Беличенко Максим Юрьевич, аспирант, Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79, maksbelichenko@mail.ru

Красиев Михаил Александрович, ассистент, Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79, krasievma@gmail.com

Бутенко Максим Викторович, магистрант, Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79, maksimbutenko@mail.ru

Authors Details

Sergey V. Deordiev, PhD, A/Professor, Siberian Federal University, 79, Svobodnyi Ave., 660041, Krasnoyarsk, Russia, deordievsv@yandex.ru

Maxim Y. Belichenko, Research Assistant, Siberian Federal University, 79, Svobodnyi Ave., 660041, Krasnoyarsk, Russia, maksbelichenko@mail.ru

Mikhail A. Krasiev, Assistant, Siberian Federal University, 79, Svobodnyi Ave., 660041, Krasnoyarsk, Russia, krasievma@gmail.com

Maksim V. Butenko, Graduate Student, Siberian Federal University, 79, Svobodnyi Ave., 660041, Krasnoyarsk, Russia, maksimbutenko@mail.ru

УДК 69.07

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-129-142

*А.А. КОЯНКИН¹, В.М. МИТАСОВ²,**¹Сибирский федеральный университет,**²Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет*

НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ СБОРНО-МОНОЛИТНОГО ЭЛЕМЕНТА С УЧЁТОМ ЗАГРУЖЕНИЯ СБОРНОЙ ЧАСТИ

Методики расчёта сборно-монолитных конструкций, которые предложены в нормативных документах, требуют соответствующих уточнений.

Это связано с тем, что конструкции из сборно-монолитного железобетона обладают конструктивными особенностями, отличающими их от «классических» железобетонных конструкций. К таким особенностям относятся: разное время включения в процесс деформирования сборного и монолитного бетонов, различные величины предела прочности бетонов, отличающиеся физические свойства сборного и монолитного бетонов и др.

Рассмотрев конструктивные особенности формирования напряжённо-деформированного состояния сборно-монолитной конструкции, авторы статьи предложили методику расчёта таких элементов, учитывающую вышеобозначенные особенности.

Предложенная методика, основанная на принятии в качестве критерия исчерпания несущей способности достижения предельных деформаций бетонов и/или арматуры расчёта, позволяет учесть разное время вовлечения в процесс деформирования сборного и монолитного бетонов, а также учитывать разные прочностные и деформационные свойства бетонов.

Сопоставление результатов расчёта с данными экспериментальных исследований имеет удовлетворительную сходимость.

Ключевые слова: сборно-монолитные конструкции; напряжённо-деформированное состояние; изгиб, предельные деформации; теоретические исследования.

Для цитирования: 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.

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-129-142

*А.А. KOYANKIN¹, V.M. MITASOV²,**¹Siberian Federal University,**²Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering*

STRESS-STRAIN STATE OF CAST-IN-PLACE AND PRECAST STRUCTURE WITH LOADED CAST-IN-PLACE ELEMENT

The paper presents the strength analysis of cast-in-place and precast structures in accordance with regulatory documents, which require clarifications, since the properties of such structures distinguish them from conventional reinforced concrete structures. These properties include the beginning of the deformation process, ultimate strain, physical properties, and others. The strength analysis of cast-in-place and precast structure is conducted with regard to these properties.

The proposed analysis is based on the load-bearing capacity exhaustion of deformed concrete or reinforcement and allows considering the different time of involvement in the deformation process of cast-in-place and precast structures as well different stress and strain properties of concrete. The experimental data are in good agreement with theoretical calculations.

Keywords: cast-in-place and precast structures; stress-strain state; bending; ultimate strain; theoretical calculations.

For citation: Koyankin A.A., Mitasov V.M. Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie sborno-monolitnogo elementa s uchetom zagruzheniya sbornoj chasti [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. V. 23. No. 3. Pp. 129–142. DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-129-142

Введение

В практике российского и зарубежного строительства здания и сооружения из сборно-монолитных конструкций достаточно популярны [1–13, 15, 16]. При этом наличие одновременно двух бетонов разного возраста, а иногда и разной прочности, и разного вида неизбежно приводит к более сложному напряжённо-деформированному состоянию (НДС) таких элементов в сравнении с «монобетонными». Можно выделить следующие конструктивные особенности, свойственные данному виду строительства:

– более раннее вовлечение в процесс деформирования сборного элемента, что приводит к возникновению в нём начальных (до включения в работу монолитного бетона) напряжений и деформаций, которые могут иметь достаточно существенные значения;

– контактный шов сопряжения сборного и монолитного бетонов оказывается менее прочным на сдвиг, нежели цельная конструкция;

– увеличивается количество вариантов разрушения конструкции, т. к., помимо исчерпания несущей способности в результате достижения предела текучести в арматуре, возможно достижение предельной прочности как сборного, так и монолитного бетонов. При этом обеспечить одновременное исчерпание несущей способности бетонов, имеющих разные прочности и разные начальные деформации, достаточно сложно.

Отметим, что более раннее вовлечение в процесс деформирования сборной части имеет существенное положительное значение, выражающееся в большей итоговой несущей способности элемента в сравнении с единовременно деформируемой конструкцией. В частности, в процессе проведения экспериментальных исследований [19] авторы настоящей статьи наблюдали увеличение несущей способности до 18 %. Аналогичный эффект был обнаружен и при рассмотрении работы железобетонных изгибаемых элементов, усиливаемых под нагрузкой в процессе реконструкции [20, 21]. Повышение несущей способности, по всей видимости, объясняется большей долей восприятия нагрузки сборной частью в случае поэтапного вовлечения бетонов. Таким образом, разновременность вовлечения в процесс деформирования сборного и монолитного бетонов позволяет в полной мере использовать возможности железобетонной конструкции, что делает данные конструкции экономически более выгодными.

В итоге становится очевидно, что расчёт сборно-монолитных конструкций является более сложным процессом [1, 14, 17, 18]. При этом в СП 337.1325800.2017 «Конструкции железобетонные сборно-монолитные» совершенно справедливо указано, что «Расчёт выполняют с учётом начальных напряжений и деформаций, проявившихся в сборных элементах до приобретения бетоном омоноличивания заданной прочности».

На основании проведённого анализа авторы статьи пришли к выводу о необходимости разработки методики расчёта сборно-монолитных конструкций, учитывающей конструктивные особенности таких элементов.

Методы

НДС сборно-монолитной конструкции более сложное, нежели конструкции из одного вида бетона, в силу наличия в сборной части напряжений и деформаций к моменту вовлечения в процесс деформирования монолитного бетона. Причём до момента набора монолитным бетоном требуемой прочности нагрузку (собственный вес, вес монолитного бетона, вес опираемых конструктивных элементов и т. д.) воспринимает только сборная часть (назовём данный временной интервал «этап 1»), со «стандартным» НДС, которое было предложено А.А. Гвоздевым для изгибаемых элементов (рис. 1). После набора монолитным бетоном требуемой прочности и последующего загрузения (данный временной интервал назовём «этап 2») дальнейший процесс деформирования конструкции происходит при совместной работе сборной и монолитного бетонов. При этом нагрузкой 2-го этапа являются, к примеру, вес конструкции пола, несущих стен и перегородок, эксплуатационная нагрузка и т. д.

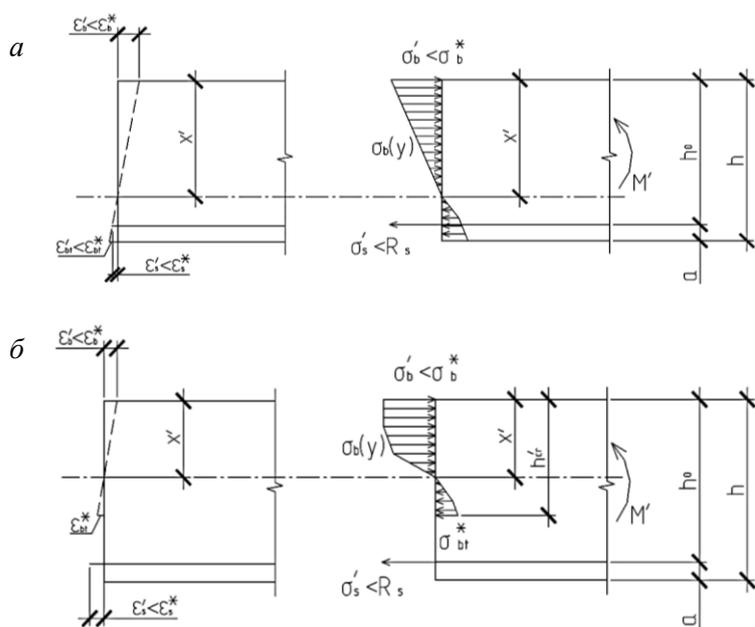


Рис. 1. НДС сборной части на 1-м этапе:
а – стадия 1; б – стадия 2

Для описания НДС сборной части (рис. 1, а) на 1-й стадии 1-го этапа требуется нахождение величин относительных деформаций в фибровых растянутых и сжатых волокнах бетона (ε'_{bt} и ε'_b соответственно), относительных деформаций продольной арматуры ε'_s и высоты сжатой зоны сборной части x , получаемых из системы уравнения

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\varepsilon'_b}{-x'} = \frac{\varepsilon'_s}{h_0 - x'}; \\ \frac{\varepsilon'_b}{-x'} = \frac{\varepsilon'_{bt}}{h - x'}; \\ -b \frac{x'}{\varepsilon'_b} \int_{\varepsilon'_b}^{\varepsilon'_{bt}} \sigma_b(\varepsilon) d\varepsilon + \sum_i \sigma_{si} A_{si} = 0; \\ b \left(\frac{x'}{\varepsilon'_b} \right)^2 \int_{\varepsilon'_b}^{\varepsilon'_{bt}} \sigma_b(\varepsilon) \varepsilon d\varepsilon + \sum_i \sigma_{si} A_{si} (h_{0i} - x') = M', \end{array} \right. \quad (1)$$

где M' – изгибающий момент на 1-м этапе; b – ширина сборной части; h и h_0 – соответственно высота и рабочая высота сечения сборной части; A_s – площадь сечения продольной арматуры.

Превышение предельной величины относительных деформаций растянутого бетона ε_{bt}^* указывает на образование трещин (рис. 1, б) и «переход» конструкции в стадию 2. Тогда неизвестными величинами становятся ε'_b , ε'_s , x и h_{cr} (высота целой части сечения), которые определяются из системы уравнений

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\varepsilon'_b}{-x'} = \frac{\varepsilon'_s}{h_0 - x'}; \\ \frac{\varepsilon'_b}{-x'} = \frac{\varepsilon_{bt}^*}{h'_{cr} - x'}; \\ -b \frac{x'}{\varepsilon'_b} \int_{\varepsilon'_b}^{\varepsilon_{bt}^*} \sigma_b(\varepsilon) d\varepsilon + \sum_i \sigma_{si} A_{si} = 0; \\ b \left(\frac{x'}{\varepsilon'_b} \right)^2 \int_{\varepsilon'_b}^{\varepsilon_{bt}^*} \sigma_b(\varepsilon) \varepsilon d\varepsilon + \sum_i \sigma_{si} A_{si} (h_{0i} - x') = M'. \end{array} \right. \quad (2)$$

С момента набора монолитным бетоном требуемой прочности дальнейшее деформирование конструкции уже будет работать как сборно-монолитный элемент, со свойственными ему ранее обозначенными особенностями. Причём по контактному шву из-за более раннего вовлечения в процесс восприятия нагрузки сборного бетона будет наблюдаться разница деформаций смежных граней сборного и монолитного бетонов.

Исходя из более раннего вовлечения в процесс деформирования сборной части, по смежным граням разновозрастных бетонов будет скачок деформаций (соответственно, и напряжений). При этом в сборном и монолитном

бетонах возможно как одновременное присутствие зон сжатия и растяжения, так и полное сжатие монолитной части.

«Старт» 2-го этапа произойдёт либо при отсутствии трещин в сборной части (стадия 1), либо при их наличии (стадия 2). В первом случае образование трещины рано или поздно произойдёт в сборной части, но уже деформируемой в составе полноценной сборно-монолитной конструкции.

Для описания НДС сборно-монолитной конструкции на стадии 1 необходимо найти следующие параметры: x , x_M , ε_b , ε_{bt} , ε_b^M , $\varepsilon_{b(bt)}^M$ и ε_s , где x , ε_b , ε_{bt} – соответственно высота сжатой зоны, относительные деформации бетона крайнего сжатого волокна и относительные деформации бетона крайнего растянутого волокна сборной части сечения на 2-м этапе загрузки; x_M , ε_b^M , $\varepsilon_{b(bt)}^M$ – соответственно высота сжатой зоны, относительные деформации бетона крайнего наиболее сжатого волокна и относительные деформации бетона крайнего наименее сжатого (растянутого) волокна монолитной части сечения на 2-м этапе загрузки; ε_s – относительные деформации растянутой арматуры на 2-м этапе загрузки.

Суммарные деформации 2-го этапа будут включать в себя деформации, возникшие на 1-м этапе, а также дополнительные деформации, образовавшиеся на 2-м этапе (рис. 2) после набора монолитным бетоном требуемой прочности. Для удобства назовём «подэтапом» период прироста дополнительных деформаций на 2-м этапе.

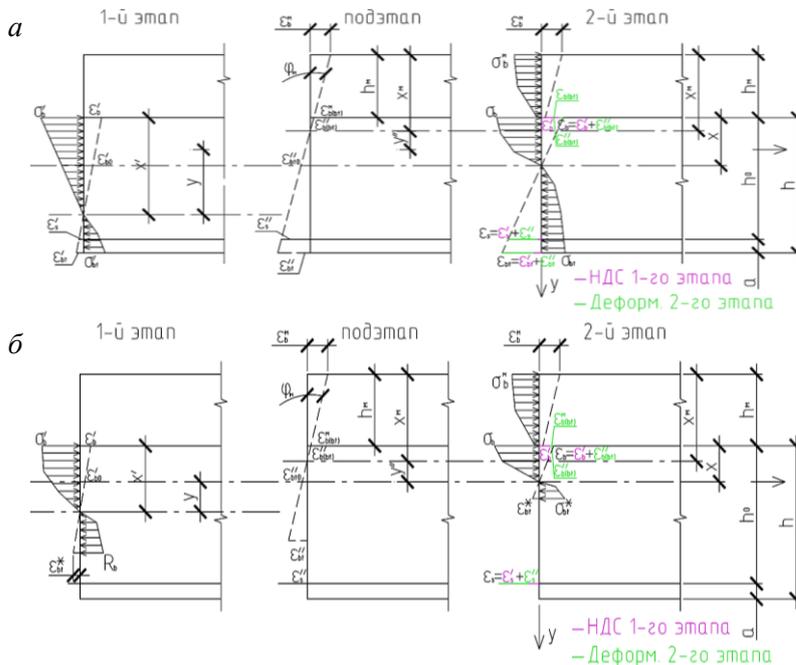


Рис. 2. НДС сборно-монолитного элемента на этапе 2:
а – стадия 1; б – стадия 2

В итоге получаем в арматуре, растянутом и сжатом бетонах сборной конструкции деформации ε'_s , ε'_{bt} и ε'_b на 1-м этапе и деформации ε''_s , ε''_{bt} и ε''_b , возникшие на подэтапе. Последующее их сложение приведёт к нахождению суммарных деформаций, возникших в рамках 2-го этапа¹.

В итоге на 1-й стадии НДС 2-го этапа сборно-монолитного элемента необходимо найти 9 неизвестных x , x_m , ε_b , ε_{bt} , ε_b^M , $\varepsilon_{b(bt)}^M$, ε_s , ε_s'' и ε_b'' , для чего потребуется система из 9 уравнений, получаемых:

– из сложения относительных деформаций на 1-м этапе и подэтапе

$$\varepsilon_b = \varepsilon'_b + \varepsilon''_b \text{ и } \varepsilon_s = \varepsilon'_s + \varepsilon''_s;$$

– кинематических соотношений, определённых исходя из гипотезы плоских сечений, рассматривая деформирование конструкции на подэтапе

$$\frac{\varepsilon_b^M}{-x_m} = \frac{\varepsilon_{b(bt)}^M}{-(x_m - h_m)}, \quad \frac{\varepsilon_b^M}{-x_m} = \frac{\varepsilon_s''}{h_0 + h_m - x_m};$$

– предположения о совместном деформировании сборного и монолитного бетонов по контактному шву $\varepsilon_{b(bt)}^M = \varepsilon_b''$;

– кинематических соотношений, определённых исходя из гипотезы плоских сечений, рассматривая деформирование конструкции на 2-м этапе

$$\frac{\varepsilon_b}{-x} = \frac{\varepsilon_{bt}}{h - x} \text{ и } \frac{\varepsilon_b}{-x} = \frac{\varepsilon_s}{h_0 - x};$$

– уравнения статического равновесия суммы продольных сил на горизонтальную ось $N_b + N_b^M + N_s = 0$, которое после несложных вычислений (рис. 2) значений продольных усилий, накопленных в сборном бетоне N_b , монолитном бетоне N_b^M и продольной арматуре N_s на стадии 1 (ширину элемента принимаем постоянной и равной b), примет вид

$$-b \frac{x}{\varepsilon_b} \int_{\varepsilon_b}^{\varepsilon_{bt}} \sigma_b(\varepsilon) d\varepsilon - b \frac{x_m}{\varepsilon_b^M} \int_{\varepsilon_b^M}^{\varepsilon_{b(bt)}^M} \sigma_b^M(\varepsilon) d\varepsilon + \sum_i \sigma_{si} A_{si} = 0;$$

– уравнения статического равенства моментов внутренних и внешних сил $M_b + M_b^M + M_s = M$, где изгибающие моменты, воспринимаемые сборно-монолитным сечением от усилий N_b , N_b^M и N_s в сборном бетоне M_b , монолитном бетоне M_b^M и растянутой арматуре M_s при текущем нагружении, приводят уравнение к виду

¹ Отметим, что сложение напряжений не рассматривается в силу нелинейности деформирования материалов.

$$b \left(\frac{x}{\varepsilon_b} \right)^2 \int_{\varepsilon_b}^{\varepsilon_{bt}} \sigma_b(\varepsilon) \varepsilon d\varepsilon + b \left(\frac{x_M}{\varepsilon_b^M} \right)^2 \int_{\varepsilon_b^M}^{\varepsilon_{bt}^M} \sigma_b^M(\varepsilon) \varepsilon d\varepsilon + b(h_M - x_M + x) \times \\ \times \frac{x_M}{\varepsilon_b^M} \int_{\varepsilon_b^M}^{\varepsilon_{bt}^M} \sigma_b^M(\varepsilon) d\varepsilon + \sum_i \sigma_{si} A_{si} (h_{0i} - x) = M.$$

В конечном итоге получим систему уравнений

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_b = \varepsilon'_b + \varepsilon''_b; \\ \varepsilon_s = \varepsilon'_s + \varepsilon''_s; \\ -b \frac{x}{\varepsilon_b} \int_{\varepsilon_b}^{\varepsilon_{bt}} \sigma_b(\varepsilon) d\varepsilon - b \frac{x_M}{\varepsilon_b^M} \int_{\varepsilon_b^M}^{\varepsilon_{bt}^M} \sigma_b^M(\varepsilon) d\varepsilon + \sum_i \sigma_{si} A_{si} = 0; \\ b \left(\frac{x}{\varepsilon_b} \right)^2 \int_{\varepsilon_b}^{\varepsilon_{bt}} \sigma_b(\varepsilon) \varepsilon d\varepsilon + b \left(\frac{x_M}{\varepsilon_b^M} \right)^2 \int_{\varepsilon_b^M}^{\varepsilon_{bt}^M} \sigma_b^M(\varepsilon) \varepsilon d\varepsilon + \\ + b(h_M - x_M + x) \frac{x_M}{\varepsilon_b^M} \int_{\varepsilon_b^M}^{\varepsilon_{bt}^M} \sigma_b^M(\varepsilon) d\varepsilon + \sum_i \sigma_{si} A_{si} (h_{0i} - x) = M; \\ \varepsilon_{bt}^M = \varepsilon''_b; \\ \frac{\varepsilon_b^M}{-x_M} = \frac{\varepsilon_{bt}^M}{-(x_M - h_M)}; \\ \frac{\varepsilon_b^M}{-x_M} = \frac{\varepsilon''_s}{h_0 + h_M - x_M}; \\ \frac{\varepsilon_b}{-x} = \frac{\varepsilon_{bt}}{h - x}; \\ \frac{\varepsilon_b}{-x} = \frac{\varepsilon_s}{h_0 - x}. \end{array} \right. \quad (3)$$

Полученное решение системы уравнений (3) позволяет оценить НДС сборно-монолитной конструкции с учётом начальных деформаций, возникших в сборной части до момента набора монолитным бетоном требуемой прочности и включения его в процесс деформирования.

В предельном состоянии стадии 1, т. е. когда достигаются предельные деформации бетона на растяжение, сделав замену ε_{bt} на ε_{bt}^* из видоизменённой системы (3), получим величину изгибающего момента трещинообразования M_{crc} .

После возникновения нормальной трещины система преобразуется к виду

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \varepsilon_b = \varepsilon'_b + \varepsilon''_b; \\
 \varepsilon_s = \varepsilon'_s + \varepsilon''_s; \\
 -b \frac{x}{\varepsilon_b} \int_{\varepsilon_b}^{\varepsilon_{bt}^*} \sigma_b(\varepsilon) d\varepsilon - b \frac{x_M}{\varepsilon_b^M} \int_{\varepsilon_b^M}^{\varepsilon_{b(bt)}^M} \sigma_b^M(\varepsilon) d\varepsilon + \sum_i \sigma_{si} A_{si} = 0; \\
 b \left(\frac{x}{\varepsilon_b} \right)^2 \int_{\varepsilon_b}^{\varepsilon_{bt}^*} \sigma_b(\varepsilon) \varepsilon d\varepsilon + b \left(\frac{x_M}{\varepsilon_b^M} \right)^2 \int_{\varepsilon_b^M}^{\varepsilon_{b(bt)}^M} \sigma_b^M(\varepsilon) \varepsilon d\varepsilon + \\
 + b(h_M - x_M + x) \frac{x_M}{\varepsilon_b^M} \int_{\varepsilon_b^M}^{\varepsilon_{b(bt)}^M} \sigma_b^M(\varepsilon) d\varepsilon + \sum_i \sigma_{si} A_{si} (h_{0i} - x) = M; \\
 \varepsilon_{b(bt)}^M = \varepsilon''_b; \\
 \frac{\varepsilon_b^M}{-x_M} = \frac{\varepsilon_{b(bt)}^M}{-(x_M - h_M)}; \\
 \frac{\varepsilon_b^M}{-x_M} = \frac{\varepsilon''_s}{h_0 + h_M - x_M}; \\
 \frac{\varepsilon_b}{-x} = \frac{\varepsilon_s + \varepsilon_{qs}}{h_0 - x}; \\
 \frac{\varepsilon_b}{-x} = \frac{\varepsilon_{bt}^*}{h_{cr} - x},
 \end{array} \right. \quad (4)$$

где h_{cr} – высота неразрушенной части.

Как ранее было обозначено, разрушение сборно-монолитного элемента по нормальному сечению возможно по 3 факторам – достижение предельных деформаций в растянутой арматуре, сжатом сборном или монолитном бетонах. В итоге, заменяя поочерёдно неизвестные значения ε_s , ε_b и ε_b^M на известные предельные значения ε_s^* , ε_b^* и ε_b^{M*} , получим значение предельного изгибающего момента M_u , соответствующего исчерпанию несущей способности по нормальному сечению.

В случае если происходит достижение и последующее превышение в верхнем фибровом волокне сборного бетона предельных деформаций на растяжение ($\varepsilon_b = \varepsilon_{bt}^*$), то это указывает на полное прохождение трещиной сборной части, которая затем переходит в монолитную зону. Таким образом, полностью исключается из процесса восприятия нагрузки сборная часть (в месте образования трещины), и в системе уравнений остаётся только 4 неизвестных параметра x_M , ε_b^M , h_{cr}^M и ε_s , где h_{cr}^M – высота неразрушенной части монолитного бетона. В итоге система уравнений примет вид

$$\left\{ \begin{array}{l} -b \frac{x_M}{\varepsilon_b^M} \int_{\varepsilon_b^M}^{\varepsilon_{bt}^{M*}} \sigma_b^M(\varepsilon) d\varepsilon + \sum_i \sigma_{si} A_{si} = 0; \\ b \left(\frac{x_M}{\varepsilon_b^M} \right)^2 \int_{\varepsilon_b^M}^{\varepsilon_{bt}^{M*}} \sigma_b^M(\varepsilon) \varepsilon d\varepsilon + \sum_i \sigma_{si} A_{si} (h_{0i} + h_M - x_M) = M; \\ \frac{\varepsilon_b^M}{-x_M} = \frac{\varepsilon_{bt}^{M*}}{-(x_M - h_{cr}^M)}; \\ \frac{\varepsilon_b^M}{-x_M} = \frac{\varepsilon_s}{h_0 + h_M - x_M}. \end{array} \right. \quad (5)$$

Для нахождения предельного изгибающего момента M_u из системы уравнений (5) потребуется поочерёдная замена неизвестных значений ε_s и ε_b^M на известные предельные значения ε_s^* и ε_b^{M*} , соответствующие исчерпанию несущей способности по нормальному сечению.

Результаты

Ранее авторами статьи были проведены экспериментальные исследования сборно-монолитного изгибаемого элемента [19], загрузка и процесс монтажа которых происходило поэтапно: 1-й этап – приложение нагрузки на сборную часть; 2-й этап – устройство монолитного бетона и доведение конструкции до разрушения после набора монолитным бетоном требуемой прочности.

Для сопоставления приняты результаты экспериментальных исследований сборно-монолитных образцов, выполненные и загруженные в следующем порядке (рис. 3):

– 1-й этап – на заводе ЖБИ изготовлены сборные части опытных образцов из тяжёлого бетона кл. В25 размерами 1700×80×80(h) мм, армированные продольной арматурой 1Ø10A240, поперечной арматурой в опорной зоне Ø4B500 с шагом 50 мм. В дальнейшем эти образцы были загружены предварительной нагрузкой, моделирующей монтажную нагрузку (собственный вес и вес дополнительных сборных элементов, вес свежееуложенного монолитного бетона и т. д.);

– 2-й этап – добетонирование сборной части лёгким бетоном кл. В12,5 (не снимая предварительную нагрузку) высотой 100 мм. После набора монолитным бетоном требуемой прочности проводилось последующее догружение образцов вплоть до разрушения.

Сопоставление результатов расчёта и эксперимента по величинам относительных деформаций продольной арматуры и монолитного бетона (рис. 4) имеет удовлетворительную сходимость.

Отметим, что на начальных этапах загрузки фиксируется (рис. 4, а) существенное расхождение в деформациях арматуры между данными расчёта и эксперимента до образования трещины. Данный эффект объясняется отсутствием части растянутого бетона и оголением арматуры на эксперименталь-

ных образцах (с целью возможности установки тензометрического датчика на арматуру), что привело к более полному вовлечению в процесс деформирования продольной арматуры на начальных этапах. Далее, после того как часть сборного растянутого бетона исключается из расчёта (образование трещины), виден скачок величины деформаций в продольной арматуре, что объясняется резкой передачей напряжений в процессе образования трещины с растянутого бетона на продольную арматуру.

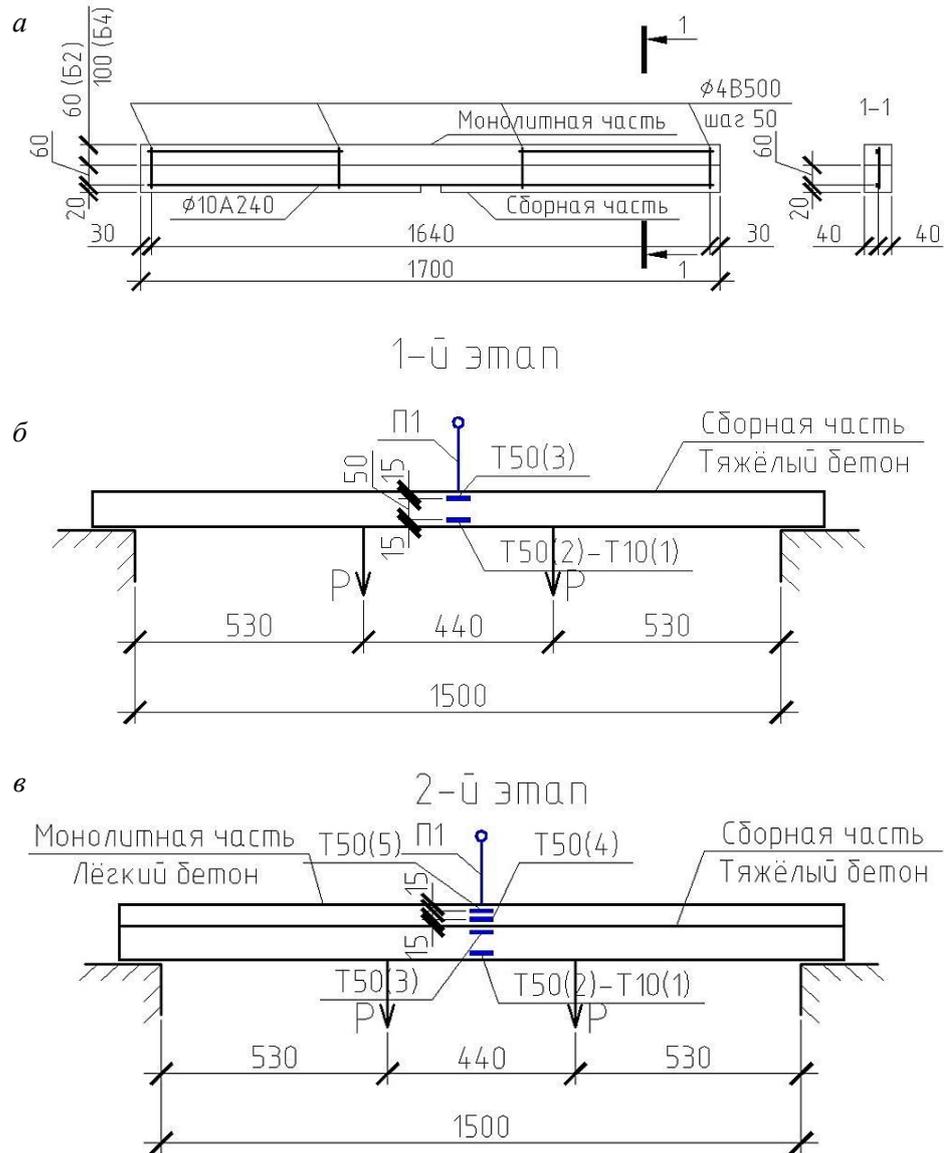


Рис. 3. Экспериментальные исследования:
a – схема армирования балки; *б* – схема загрузки на этапе 1; *в* – схема загрузки на этапе 2

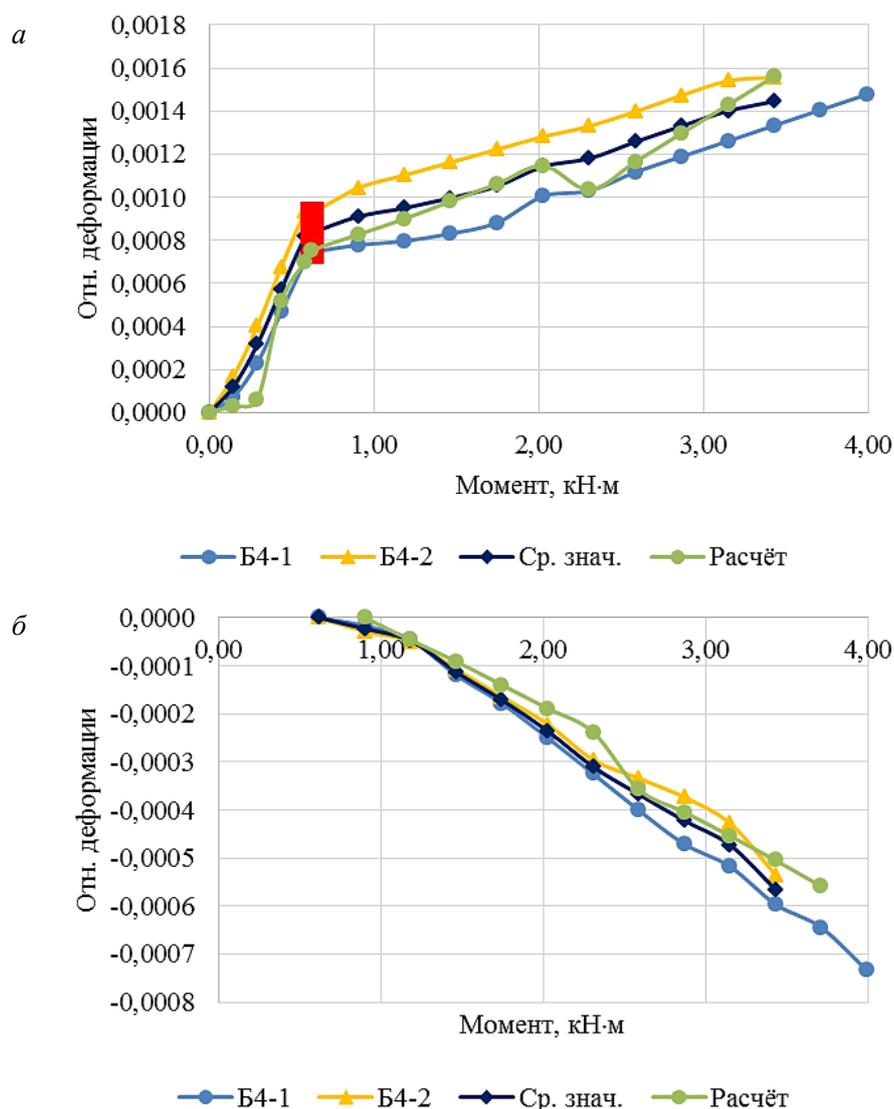


Рис. 4. Сопоставление относительных деформаций сборно-монолитного изгибаемого элемента, полученных при экспериментальных и теоретических исследованиях: а – продольная арматура; б – монолитный бетон

Кроме того, на кривых, построенных по результатам расчёта, фиксируется скачок деформаций (а значит, и напряжений) при величине момента 2,31 кН·м, что соответствует моменту прохождения трещиной сборной части и исключению из процесса деформирования сборного бетона. Причём в арматуре наблюдается небольшое уменьшение напряжений, в силу увеличения плеча пары сил, а в бетоне наблюдается увеличение напряжений из-за сокращения высоты сжатой зоны.

Также получена удовлетворительная сходимость и значений предельного изгибающего момента, соответствующего исчерпанию несущей способно-

сти. В частности, среднее значение несущей способности экспериментальных образцов составило 3,99 кН·м, а в расчётах – 4,34 кН·м. При этом момент трещинообразования, который фиксировался на 1-м этапе, при выполнении расчёта определён при моменте 0,30 кН·м, а при выполнении эксперимента при величине изгибающего момента – от 0,28 до 0,55 кН·м.

Выводы

Таким образом, предложенная авторами статьи методика выполнения расчёта позволяет:

1. Учесть конструктивные особенности сборно-монолитных элементов.
2. Выполнять расчёт с учётом реальных диаграмм деформирования арматуры и бетонов, как сборного, так и монолитного.
3. Обеспечить удовлетворительную сходимость результатов расчёта с данными экспериментов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Поветкин М.С. Напряжённо-деформированное состояние усиленных под нагрузкой железобетонных изгибаемых преднапряжённых элементов : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.23.01 / Поветкин Максим Сергеевич. Курск, 2009. 187 с.
2. Терновский И.А., Карякин А.А., Сонин С.А., Мордич Г.А., Лозакович О.В., Мордич А.И. Сопоставление затрат на возведение монолитных и сборно-монолитных несущих конструкций многоэтажных зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 1. С. 12–20.
3. Шембаков В.А. Возможности использования российской технологии сборно-монолитного каркаса для строительства в России качественного доступного жилья // Строительные материалы. 2017. № 3. С. 9–15.
4. Шилов А.В., Петров К.С., Бобин А.А. Метод сокращения сроков строительства производственного предприятия путём использования новых сборно-монолитных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2017. № 4 (47).
5. Коянкин А.А., Митасов В.М. Испытания сборно-монолитного перекрытия на строящемся жилом доме // Бетон и железобетон. 2016. № 3. С. 20–22.
6. 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.
7. 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.
8. Cho Y.S., Lee S., Bae J.S. Reinforcement Placement in a Concrete Slab Object Using Structural Building Information Modeling // Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering. 2014. № 29. P. 47–59.
9. Breccolotti M., Gentile S., Tommasini M., Materazzi A.L., Bonfigli M.F., Pasqualini B., Colone V., Gianesini M. Beam-column joints in continuous RC frames: Comparison between cast-in-situ and precast solutions // Engineering Structures. 2016. V. 127. P. 129–144.
10. Medvedev V.N., Semeniuk S.D. Durability and deformability of braced bending elements with external sheet reinforcement // Magazine of Civil Engineering. 2016. № 3 (63). 2016. P. 3–15.
11. 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. Pp. 83–98.
12. Qian K., Li B. Resilience of Flat Slab Structures in Different Phases of Progressive Collapse // ACI Structural Journal. 2016. V. 113. P. 537–548.
13. 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.

14. Зенин С.А., Шарипов Р.Ш., Мухамедиев Т.А., Кудинов О.В., Чистяков Е.А. Проектирование сборно-монолитных железобетонных конструкций (О проекте свода правил) // Вестник НИЦ Строительство. 2017. № 4 (15) С. 107–115.
15. Koyankin A.A., Mitasov V.M. Stress-strain state of precast and cast-in place building // Magazine of Civil Engineering. 2017. V. 6 (74). P. 175–184.
16. Cherpurnenko A.S. Stress-strain state of three-layered shallow shells under conditions of non-linear creep // Magazine of Civil Engineering. 2017. V. 8 (74). P. 156–168.
17. Богачёва С.В., Никулин А.И. Расчёт по прочности нормальных сечений сборно-монолитных перекрытий каркасных зданий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 4. С. 33–37.
18. Дорофеев В.С., Дорофеев А.В., Пушкарь Н.В. Рекомендации по проектированию сборно-монолитных железобетонных балочных конструкций // Актуальные научные исследования в современном мире. 2019. № 12-1 (56). С. 44–50.
19. Koyankin A.A., Mitasov 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).
20. Семенюк С.Д., Москалькова Ю.Г. Прочность и деформативность изгибаемых элементов, усиленных наращиванием сжатой зоны, при статическом и малоцикловом нагружении. Могилёв : Беларус.-Рос. ун-т, 2017. 274 с.
21. Лазовский Д.Н. Усиление железобетонных конструкций эксплуатируемых строительных сооружений. Новополоцк : ПГУ, 1998. 240 с.

REFERENCES

1. Povetkin M.S. Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie usilennykh pod nagruzkoi zhelezobetonnykh izgibaemykh prednapryazhennykh elementov: dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk [Stress-strain state of loaded pre-stressed reinforced concrete bending members. PhD Thesis]. Kursk, 2009. 187 p. (rus)
2. Ternovskii I.A., Karyakin A.A., Sonin S.A., Mordich G.A., Lozakovich O.V., Mordich A.I. Sopotavlenie zatrat na vozvedenie monolitnykh i sborno-monolitnykh nesushchikh konstruktssii mnogoetazhnykh zdaniy [Cost comparison of constructing monolithic and prefabricated concrete load-bearing elements of multi-storey buildings]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2020. No. 1. Pp. 12–20. (rus)
3. Shembakov V.A. Vozmozhnosti ispol'zovaniya rossiiskoi tekhnologii sborno-monolitnogo karkasa dlya stroitel'stva v Rossii kachestvennogo dostupnogo zhil'ya [Russian technology of cast-in-place and precast structures for constructing quality housing in Russia]. *Stroitel'nye materialy*. 2017. No. 3. Pp. 9–15. (rus)
4. Shilov A.V., Petrov K.S., Bobin A.A. Metod sokrashcheniya srokov stroitel'stva proizvodstvennogo predpriyatiya putem ispol'zovaniya novykh sborno-monolitnykh konstruktssii [Reduction of construction time for production plant by using cast-in-place and precast structures]. *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2017. No. 4 (47). (rus)
5. Koyankin A.A., Mitasov V.M. Ispytaniya sborno-monolitnogo perekrytiya na stroyashchemsya zhilom dome [Testing of a cast-in-place and precast slab of residential building under construction]. *Beton i zhelezobeton*. 2016. No. 3. Pp. 20–22. (rus)
6. 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. V. 692. Pp. 739–749.
7. 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. No. 95. Pp. 148–158.
8. Cho Y.S., Lee S., Bae J.S. Reinforcement placement in a concrete slab object using structural building information modeling. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*. 2014. No. 29. Pp. 47–59.
9. Breccolotti M., Gentile S., Tommasini M., Materazzi A.L., Bonfigli M.F., Pasqualini B., Colone V., Giancesini M. Beam-column joints in continuous RC frames: Comparison between cast-in-situ and precast solutions. *Engineering Structures*. 2016. V. 127. Pp. 129–144.

10. *Medvedev V.N., Semeniuk S.D.* Durability and deformability of braced bending elements with external sheet reinforcement. *Magazine of Civil Engineering*. 2016. No. 3 (63). 2016. Pp. 3–15.
11. *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. Pp. 83–98.
12. *Qian K., Li B.* Resilience of flat slab structures in different phases of progressive collapse. *ACI Structural Journal*. 2016. V. 113. Pp. 537–548.
13. *Drakatos I.S., Muttoni A., Beyer K.* Internal slab-column connections under monotonic and cyclic imposed rotations. *Engineering Structures*. 2016. V. 123. Pp. 501–516.
14. *Zenin S.A., Sharipov R.Sh., Mukhamediev T.A., Kudinov O.V., Chistyakov E.A.* Proektirovanie sborno-monolitnykh zhelezobetonnykh konstruksii (O proekte svoda pravil) [Design of precast and cast-in place reinforced concrete structures (draft code)]. *Vestnik NITs Stroitel'stvo*. 2017. No. 4 (15). Pp. 107–115. (rus)
15. *Koyankin A.A., Mitasov V.M.* Stress-strain state of precast and cast-in place building. *Magazine of Civil Engineering*. 2017. V. 6 (74). Pp. 175–184.
16. *Chepurenko A.S.* Stress-strain state of three-layered shallow shells under conditions of non-linear creep. *Magazine of Civil Engineering*. 2017. V. 8 (74). Pp. 156–168.
17. *Bogacheva S.V., Nikulin A.I.* Raschet po prochnosti normal'nykh sechenii sborno-monolitnykh perekrytii karkasnykh zdaniy [Strength analysis of normal cross-sections of precast and cast-in place slabs]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*. 2018. No. 4. Pp. 33–37. (rus)
18. *Dorofeev V.S., Dorofeev A.V., Pushkar' N.V.* Rekomendatsii po proektirovaniyu sborno-monolitnykh zhelezobetonnykh balochnykh konstruksii [Recommendations for design of precast and cast-in place reinforced concrete girders]. *Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire*. 2019. No. 12-1 (56). Pp. 44–50. (rus)
19. *Koyankin A.A., Mitasov V.M.* Stress-strain state of the precast monolithic bent element. *Magazine of Civil Engineering*. 2020. No. 97 (5).
20. *Semenyuk S.D., Moskal'kova Yu.G.* Prochnost' i deformativnost' izgibaemykh elementov, usilennykh narashchivaniem szhatoi zony, pri staticheskom malotsiklovom nagruzheniyakh [Strength and deformability of bending members reinforced by compression ramping under static low-cycle load]. Mogilev, 2017. 274 p. (rus)
21. *Lazovskii D.N.* Usilenie zhelezobetonnykh konstruksii ekspluatiruemykh stroitel'nykh sooruzhenii [Reinforcement of composite concrete structures]. Novopolotsk, 1998. 240 p. (rus)

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

Aleksandr A. Koyankin, PhD, A/Professor, Siberian Federal University, 79, Svobodnyi Ave., 660041, Krasnoyarsk, Russia, KoyankinAA@mail.ru.

Valery M. Mitasov, DSc, Professor, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, 113, Leningradskaya Str., 630008, Novosibirsk, Russia, MitassovV@mail.ru

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 628.31:628.35

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-143-154

Л.В. БЕЛОВА¹, Е.И. ВЯЛКОВА¹, Е.С. ГЛУЩЕНКО¹, Е.Ю. ОСИПОВА²,

¹Тюменский индустриальный университет,

²Томский государственный архитектурно-строительный университет

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ЦЕХА

Сточные воды гальванических предприятий характеризуются повышенными концентрациями металлов, взвешенных веществ, кислот, щелочей и других загрязнений. Неравномерность поступления, низкие значения pH и специфический состав усложняют обработку таких стоков.

К основным методам очистки относят химическое осаждение, ионный обмен, химическое и электрохимическое окисление, флотацию, фильтрацию и мембранные установки. В статье рассмотрен возможный вариант очистки сточных вод небольшого гальванического цеха, на основании проведенного исследования предложена технологическая схема, включающая осаждение загрязняющих веществ гидроксидом натрия и окисление анолитом на втором этапе.

Эффекты снижения загрязнений составили по ХПК 88,9 %, взвешенных веществ – 99,5 %, железа – 99,8 %, АПАВ – 95,7 %, ионов меди – 99,9 %. Показатель pH очищенной воды составлял 7,8 и соответствовал значению слабощелочной среды.

Ключевые слова: гальваническое производство; сточные воды; химическое осаждение; окисление анолитом; показатели качества; технологическая схема.

Для цитирования: Белова Л.В., Вялкова Е.И., Глущенко Е.С., Осипова Е.Ю. Технология очистки производственных сточных вод гальванического цеха // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 3. С. 143–154.

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-143-154

L.V. BELOVA¹, E.I. VYALKOVA¹, E.S. GLUSHCHENKO¹, E.Yu. OSIPOVA²,

¹Industrial University of Tyumen,

²Tomsk State University of Architecture and Building

ELECTROPLATING PLANT SEWAGE TECHNOLOGY

Electroplating plant sewage is characterized by high concentration of metals, suspended solids, acids, alkalis and other contaminants. The irregular inflows, low pH values and specific

sewage composition complicate its treatment. The main treatment methods include chemical precipitation, ion exchange, chemical and electrochemical oxidation, flotation, filtration and membrane separation. The paper proposes a possible variant of wastewater treatment in a small electroplating plant. The proposed flow diagram includes sedimentation of polluting substances with sodium hydroxide and oxidation with anolyte. The method results in a 88.9 % reduction in chemical oxygen demand, 99.5 % reduction in suspended solids, 99.8 % reduction in iron, 95.7 % reduction in surfactants, and 99.9 % reduction in copper ions. The pH value of the treated water is 7.8 and matches the value of a slightly alkaline environment.

Keywords: electroplating plant; wastewater; chemical deposition; anolyte oxidation; quality indicators; flow diagram.

For citation: Belova L.V., Vyalkova E.I., Glushchenko E.S., Osipova E.Yu. Tekhnologiya ochistki proizvodstvennykh stochnykh vod gal'vanicheskogo tsekha [Electroplating plant sewage technology]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2021. V. 23. No. 3. Pp. 143–154.

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-143-154

Введение

В процессе работы различных промышленных предприятий образуется значительное количество специфических производственных сточных вод, отличающихся по составу от хозяйственно-бытовых. Сброс таких стоков без надлежащей очистки в водные объекты или системы хозяйственно-бытовой канализации населенного пункта приводит к нарушению работы очистных сооружений, загрязнению водоемов, гибели водной флоры и фауны, а также подвергает угрозе здоровье человека.

Быстрые темпы роста промышленной индустрии, в том числе металлургических и аккумуляторных заводов, горнодобывающих предприятий, сопровождаются увеличением количества образующихся на этих предприятиях техногенных загрязнений, попадающих в окружающую среду.

Сточные воды гальванических производств характеризуются повышенными концентрациями тяжелых металлов (медь, никель, кадмий, цинк, свинец, железо, хром), сульфат-ионов, кислот, щелочей, поверхностно-активных веществ, органических соединений. Кроме того, pH таких стоков может варьироваться от сильнокислых до сильнощелочных [1].

Типы и концентрации загрязняющих веществ в стоках гальванических производств варьируются в широких пределах в зависимости от применяемых технологических операций, а также характера производства [2]. Загрязнения, присутствующие в этих стоках, невозможно удалить традиционными методами. В связи с необходимостью удаления большого количества разнообразных тяжелых металлов, а также стабилизации pH, возникает необходимость разработки оптимальной технологической схемы очистки производственных сточных вод, которая может включать химическое осаждение, ионный обмен, электрохимическое окисление, сорбционные и мембранные технологии [3]. Основным критерием при выборе технологии и определении оптимальных доз реагентов является достижение остаточных концентраций загрязняющих веществ, не превышающих предельно допустимых концентраций для сброса в городские канализационные сети.

Обзор исследований

Сточные воды гальванических цехов промышленных предприятий подразделяются на отработанные и промывные. Отработанные сточные воды образуются периодически, при смене отработанных технологических растворов на свежие. Промывные стоки появляются при промывке заготовок и изделий. Диапазон возможных количественных значений некоторых показателей загрязняющих веществ для промывных вод и отработанных растворов приведен в табл. 1 [4].

Таблица 1

Характеристика сточных вод цехов гальванопокрытий

Показатели	Промывные воды	Отработанные растворы
рН	3–11	3–11
Механические примеси, мг/л	До 50	До 300
Нефтепродукты, мг/л	До 2	До 50
Общее солесодержание, мг/л	500–1000	10 000–300 000
Железо, мг/л	20–200	40 000–89 000
Хром шестивалентный, мг/л	10–80	50 000–250 000
Цианиды, мг/л	10–60	10 000–150 000
Медь, мг/л	10–50	10 000–150 000
Никель, мг/л	10–50	50 000–200 000
Цинк, мг/л	10–60	10 000–100 000
Кадмий, мг/л	5–30	5000–50 000

В связи с тем, что отработанные растворы содержат очень высокие концентрации загрязняющих веществ по сравнению с промывными водами, количественные показатели загрязнений смешанных сточных вод будут напрямую зависеть от того, в каких пропорциях смешиваются данные стоки.

Наиболее распространенным и эффективным методом очистки сточных вод от ионов металлов является химическое осаждение [5–9]. В процессе осаждения химические реагенты, как правило гидроксиды кальция и натрия, переводят ионы тяжелых металлов в нерастворимые формы гидроксидов, которые удаляются из воды путем отстаивания и фильтрования. Также благодаря использованию щелочей для осаждения металлов удается одновременно корректировать рН стоков до требуемых значений. Дополнительное введение на этой ступени очистки в воду коагулянтов и флокулянтов позволяет интенсифицировать процесс осаждения и значительно снизить концентрации продуктов химических реакций.

Ионный обмен является еще одним широко применяемым способом удаления тяжелых металлов из сточных вод гальванических производств [10–12]. Наиболее часто для извлечения растворенных примесей применяются синтетические катионообменные смолы с кислотными группами $-\text{SO}_3\text{H}$ или $-\text{COOH}$. Ион водорода в данном случае замещается ионами металлов или дру-

гими катионами, присутствующими в воде. Помимо синтетических ионообменных смол, могут применяться природные материалы, например цеолиты, клиноптилолиты и др. [13–15].

Электрохимические методы очистки сточных вод позволяют удалить из воды ионы Cu^{2+} , Cr^{6+} , Cr^{3+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} и другие в результате возникающих химических превращений под действием электрического тока [16–19]. В качестве анода и катода могут быть использованы железные, алюминиевые или графитовые электроды. Авторами отмечается влияние рН на процесс осаждения металлов из воды. Оптимальным значением рН для удаления металлов из воды является диапазон от 4 до 8, при этом во всех случаях удается достичь практически полного удаления металлов из воды.

Для извлечения остаточных продуктов реакции после реагентной обработки гальванических сточных вод, а также снижения концентрации нефтепродуктов, масел и АПАВ в схему очистки, как правило, дополнительно входят отстойники, флотаторы и фильтрующие сооружения [20–22].

В настоящее время для удаления из воды остаточных загрязняющих веществ молекулярного и ионного размера широко применяются мембранные технологии (ультра- и наномембраны, обратный осмос, электродиализ) [23–28]. Для улучшения селективной способности мембран применяются различные полиэлектролиты, которые изменяют плотность поверхности заряда мембраны, сопротивление ее к зарастанию, гидрофильность мембраны.

Объект, материалы и методы исследований

С целью изучения качественного состава производственных сточных вод гальванического цеха и выбора технологии их эффективной очистки авторами статьи проводилось исследование на реальной воде действующего предприятия в Тюменской области. Результаты научно-исследовательской работы позволили выявить особенности химического состава воды, закономерности поступления стоков, подобрать оптимальные параметры обработки воды и предложить технологическую схему локальных очистных сооружений.

Во время исследования выяснилось, что в результате процесса омеднения стальной проволоки поступают три основных вида технологических сточных вод:

- 1) отработанный мыльный раствор (М), образующийся после предварительной обезжиривающей промывки стальной проволоки;
- 2) отработанный раствор омеднения (К), образующийся после основного цикла нанесения защитного покрытия на поверхность проволоки в растворе медного купороса;
- 3) промывные сточные воды (П), образующиеся после промывки готовой продукции.

Все эти типы стоков, значительно отличающиеся по химическому составу, образуются в разное время и в разном количестве в зависимости от технологического процесса на предприятии. Максимальный объем притока не превышал $10 \text{ м}^3/\text{сут}$. Постоянный режим поступления наблюдался только у промывных сточных вод. Залповые сбросы отработанных мыльных растворов происходили 1 раз в неделю, а отработанных растворов медного купоро-

са – 1 раз в месяц. Следовательно, для выбора технологической схемы очистки рассматривался самый неблагоприятный случай при поступлении одновременно всех трех типов стоков на очистку. В связи с тем, что отработанные растворы являются наиболее загрязненными и высококонцентрированными, данные стоки необходимо дозировать для получения смеси сточных вод, отводимых на очистку приблизительно одинакового количественного и качественного состава.

Исследования проводились на смесях производственных сточных вод (модельных растворах) в химической лаборатории Тюменского индустриального университета. В качестве контрольных показателей по осаждению металлов выбраны ионы железа и меди.

В исходной воде и после ее очистки измерялись следующие показатели качества: pH, взвешенные вещества, химическое потребление кислорода, анионные поверхностно-активные вещества, общее железо и концентрация ионов меди (согласно стандартным методикам).

Показатель среды pH в воде измерялся с помощью pH-метра pH150МИ потенциометрическим методом (ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97).

Взвешенные вещества определялись гравиметрическим методом по разнице массы бумажных фильтров до и после фильтрования (ПНД Ф 14.1:2:3.110-97).

Значение ХПК определялось фотометрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-0,2М» после нагревания в течение 2 ч до температуры 150 °С смеси стоков, бихромата калия, сульфата ртути, сернокислого серебра в серной кислоте (ПНД Ф 14.1:2:4.190-2003).

Содержание в воде АПАВ определялось флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-0,2М» путем их экстрагирования хлороформом в присутствии красителя акридинового желтого (ПНД Ф 14.1:2:4.158-2000).

Общее железо также определялось фотометрически на спектрофотометре ПЭ-5400ВИ (ПНД Ф 14.1:2.50-96). Пробу воды упаривали с 0,5 см³ концентрированной азотной кислоты, затем добавляли по 2 см³ хлористого аммония, сульфосалициловой кислоты и раствора аммиака. Остывший раствор, доведенный до 100 см³ в мерной колбе, фотометрировали.

Концентрация ионов меди определялась методом атомной абсорбции на атомно-абсорбционном спектрометре МГА-915МД (ПНД Ф 14.1:2.253-09).

Результаты исследований

Результаты лабораторных исследований по определению качественного состава сточной воды, представляющей собой смесь трех видов стоков, представлены в табл. 2.

При этом соотношение объемов стоков в смеси по расходу составляло П:К:М = 85:12:3.

В связи с высоким содержанием железа и низким значением pH в смеси сточных вод первым этапом очистки была выбрана щелочная обработка стоков следующими реагентами:

- 1) 10%-й раствор гидроксида натрия NaOH – основной реагент;
- 2) 0,1%-й раствор флокулянта Суперфлок А-100 – вспомогательный реагент для улучшения осаждения образовавшихся гидроксидов.

Таблица 2

Качественный состав исходной сточной воды

Показатель	Проба		
	П	П + К	П + К + М
рН	1,58	0,9	1,18
Взвешенные вещества, мг/дм ³	382	1256	2120
ХПК, мгО/дм ³	220	1937	2150
Железо общее, мг/дм ³	512	400	522
АПАВ, мг/дм ³	–	1228	220
Медь, мг/дм ³	–	–	121

Так как перевод ионов тяжелых металлов в нерастворимые формы происходит в щелочной среде, то доза 10%-го раствора NaOH была экспериментально подобрана для доведения рН стоков до значения 9–10 и составила по сухому веществу 20 г/дм³. Доза флокулянта была принята 0,005 г/дм³.

Исходные стоки, отобранные после различных технологических процессов, смешивались в необходимом соотношении и разливались по цилиндрам, в которые добавляли требуемые количества растворов реагентов. После перемешивания сточная вода отстаивалась в течение 60 мин, а затем фильтровалась. По прошествии часа в профильтрованной воде измерялись требуемые показатели качества.

Результаты исследования качественного состава профильтрованной воды приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты исследования качественного состава профильтрованной воды

Показатель	Результат измерений	Требования по сбросу в хозяйственно-бытовую сеть канализации по РФ
рН	9,56	6–9
Взвешенные вещества, мг/дм ³	25	300
ХПК, мгО/дм ³	301	500
Железо общее, мг/дм ³	1,31	3
АПАВ, мг/дм ³	46	10
Медь, мг/дм ³	0,2	0,5

Согласно данным табл. 3, сточная вода не соответствует нормативным требованиям сброса в хозяйственно-бытовую сеть по показателям рН и АПАВ, поэтому в качестве второго этапа очистки было выбрано окисление загрязнений реагентом анолитом.

Доза анолита была подобрана экспериментально до достижения требуемого значения рН (в интервале от 6 до 9) и составила по сухому веществу 0,13 г/дм³. Одновременно для снижения АПАВ осуществлялся барботаж сжатым воздухом в течение 20 мин. Результаты исследования состава сточных вод после окисления приведены в табл. 4.

После двух ступеней очистки удалось добиться снижения концентраций: ХПК – на 88,9 %, взвешенных веществ – на 99,5 %, общего железа – на 99,8 %, АПАВ – на 95,7 %, ионов меди – на 99,9 %, при этом рН = 7,8. Данная технология очистки воды позволила получить сточные воды с концентрациями загрязнений, соответствующими нормативным требованиям ПДК по сбросу сточных вод в сеть городской канализации.

Таблица 4

Исследование качественного состава сточных вод после окисления

Показатель	Результат измерений	Требования по сбросу в хозяйственно-бытовую сеть канализации по РФ
рН	7,80	6–9
Взвешенные вещества, мг/дм ³	10	300
ХПК, мгО/дм ³	237	500
Железо общее, мг/дм ³	0,8	3
АПАВ, мг/дм ³	9,5	10
Медь, мг/дм ³	0,1	0,5

На основании полученных результатов построен график снижения концентрации загрязнений на предлагаемых этапах обработки сточных вод (рис. 1, 2).

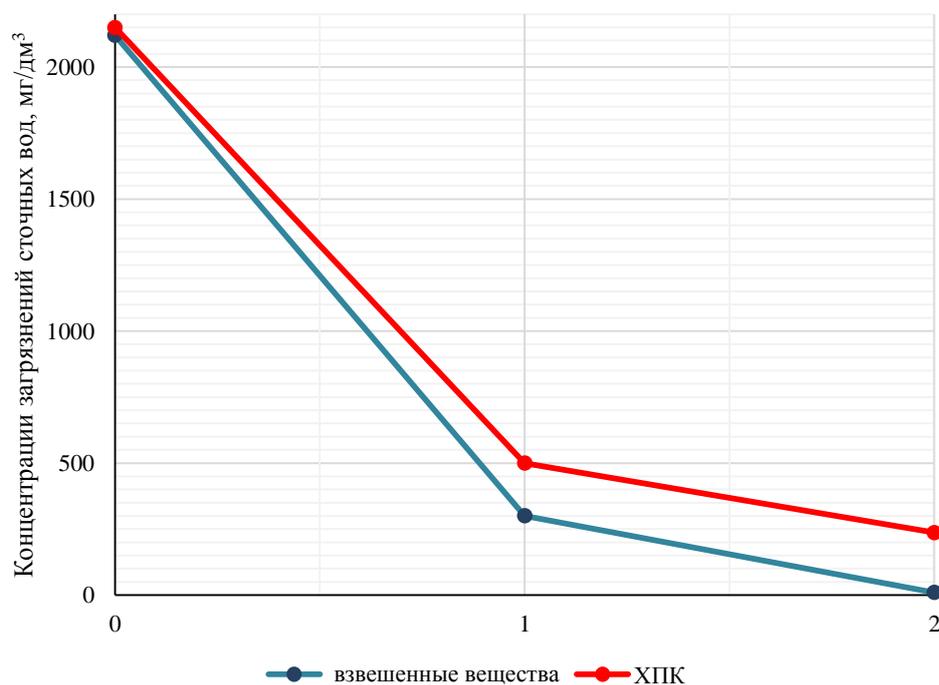


Рис. 1. График снижения концентрации взвешенных веществ и ХПК на предлагаемых этапах обработки сточных вод. Стадии очистки: 1 – химическое осаждение; 2 – окисление

Согласно проведенным исследованиям предложена технологическая схема очистки производственных сточных вод гальванического производства, представленная на рис. 3.

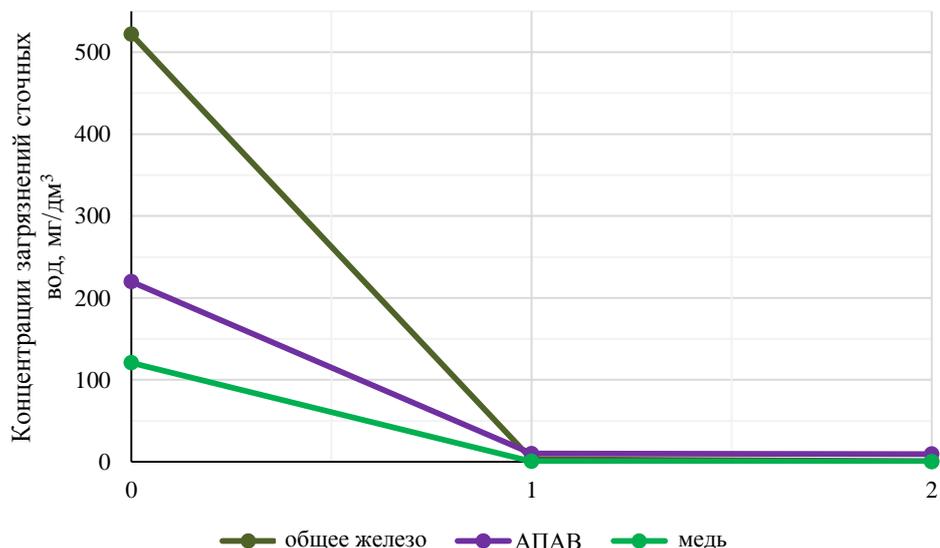


Рис. 2. График снижения концентрации общего железа, меди и АПАВ на предлагаемых этапах обработки сточных вод. Стадии очистки: 1 – химическое осаждение; 2 – окисление

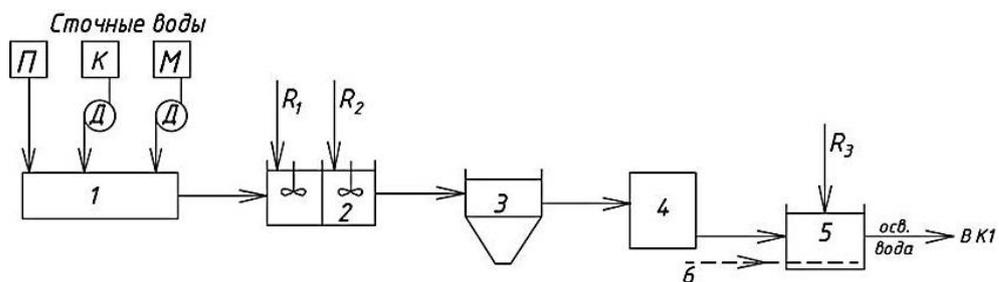


Рис. 3. Технологическая схема очистки сточных вод гальванического производства: П, К, М – потоки сточных вод, образующихся на предприятии; Д – насосы-дозаторы; R_1 , R_2 , R_3 – реагенты для обработки сточных вод (NaOH, флокулянт, анолит); 1 – усреднитель; 2 – смеситель; 3 – отстойник; 4 – фильтр; 5 – контактная камера; б – подача сжатого воздуха

Заклучение

На основании проведенных исследований по определению оптимальной технологии очистки сточных вод гальванического производства можно сделать следующие выводы:

1. Для сточных вод гальванического производства омеднения проволоки характерны повышенные концентрации металлов, органических соединений,

поверхностно-активных веществ, а также низкие значения рН (не более 2). Кроме того, сточные воды характеризуются высокой степенью неравномерности поступления на очистку.

2. Экспериментально определена оптимальная доза 10%-го раствора гидроксида натрия, которая составила по сухому веществу 20 г/дм³. При совместной реагентной обработке стоков растворами щелочи и флокулянта получена высокая эффективность по снижению концентрации: общего железа – на 99,8 %, взвешенных веществ – на 99,5 %, ХПК – на 88,9 %, ионов меди – на 99,9 %.

3. Для стабилизации рН, окисления органических веществ и снижения концентрации АПАВ сточная вода на втором этапе подвергалась окислению анолитом дозой по сухому веществу 0,13 г/дм³ совместно с постоянным барботажем сжатым воздухом в течение 20 мин. Это позволило снизить АПАВ на 95,7 %, рН стоков составила 7,8.

4. Предложена технологическая схема очистки производственных сточных вод гальванического производства для сброса стоков в систему хозяйственно-бытовой канализации города, включающая на первом этапе химическое осаждение тяжелых металлов, на втором – окисление и фильтрование стоков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Barkan M., Kornev A.* Development of new technological solutions for recovery of heavy non-ferrous metals from technogenic waste of electroplating plants and sludge of water treatment systems // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. V. 2. P. 17–24.
2. *Panayotova T., Dimova-Todorova M., Dobrevsky I.* Purification and reuse of heavy metals containing wastewaters from electroplating plants // Desalination. 2007. V. 206. P. 135–140.
3. *Fu F., Wang Q.* Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review // Journal of Environmental Management. 2011. V. 92. P. 407–418.
4. Характеристика гальванического производства : [сайт]. URL: https://studbooks.net/1000239/ekologiya/harakteristika_galvanicheskogo_proizvodstva (дата обращения: 20.03.2020).
5. *Azimi A., Azari A., Rezakazemi M., Ansarpour M.* Removal of Heavy Metals from Industrial Wastewaters: A Review // ChemBioEng Rev. 2017. V. 4. P. 1–24.
6. *Kurniawan T.A., Chan G.Y.S., Lo W.-H., Babel S.* Physico-chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals // Chemical Engineering Journal. 2006. V. 118. P. 83–98.
7. *Charentanyarak L.* Heavy metals removal by chemical coagulation and precipitation // Water Science and Technology. 1999. V. 39. P. 135–138.
8. *Chen Q., Luo Z., Hills C., Xue G., Tyrer M.* Precipitation of heavy metals from wastewater using simulated flue gas: Sequent additions of fly ash, lime and carbon dioxide // Water Research. 2009. V. 43. P. 2605–2614.
9. *Gunatilake S.K.* Methods of Removing Heavy Metals from Industrial Wastewaters // Journal of Multidisciplinary Engineering Science Studies. 2015. V. 1. P. 8–12.
10. *Alyüz B., Veli S.* Kinetics and equilibrium studies for the removal of nickel and zinc from aqueous solutions by ion exchange resins // J. Hazard. Mater. 2009. V. 167. P. 482–488.
11. *Kang S.Y., Lee J.U., Moon S.H., Kim K.W.* Competitive adsorption characteristics of Co²⁺, Ni²⁺, and Cr³⁺ by IRN-77 cation exchange resin in synthesized wastewater // Chemosphere. 2004. V. 56. P. 141–147.
12. *Dąbrowski A., Hubicki Z., Podkościelny P., Robens E.* Selective removal of the heavy metal ions from waters and industrial wastewaters by ion-exchange method // Chemosphere. 2004. V. 56. P. 91–106.
13. *Motsi T., Rowson N.A., Simmons M.J.H.* Adsorption of heavy metals from acid mine drainage by natural zeolite // Int. J. Miner. Process. 2009. V. 92. P. 42–48.

14. Ostroski I.C., Barros M.A.S.D., Silvab E.A., Dantas J.H., Arroyo P.A., Lima O.C.M. A comparative study for the ion exchange of Fe(III) and Zn(II) on zeolite NaY // *J. Hazard. Mater.* 2009. V. 161. P. 1404–1412.
15. Taffarel S.R., Rubio J. On the removal of Mn²⁺ ions by adsorption onto natural and activated Chilean zeolites // *Miner. Eng.* 2009. V. 22. P. 336–343.
16. Adhoum N., Monser L., Bellakhal N., Belgaied J.-E. Treatment of electroplating wastewater containing Cu²⁺, Zn²⁺ and Cr(VI) by electrocoagulation // *Journal of Hazardous Materials.* 2004. V. 112. P. 207–213.
17. Al-Shannag M., Al-Qodah Z., Bani-Melhem K., Qtaishat M.R., Alkasrawi M. Heavy metal ions removal from metal plating wastewater using electrocoagulation: Kinetic study and process performance // *Chemical Engineering Journal.* 2015, V. 260. P. 749–756.
18. Chen G. Electrochemical technologies in wastewater treatment // *Separation and Purification Technology.* 2004. V. 38. P. 11–41.
19. Akbal F., Camci S. Copper, chromium and nickel removal from metal plating wastewater by electrocoagulation // *Desalination.* 2011. V. 269. P. 214–222.
20. Кузнецов В.В., Ефремова Е.Н., Колесников А.В., Ачкасов М.Г. Очистка сточных вод от поверхностно-активных веществ методами электроокисления и электрофлотации. Роль природы поверхностно-активного вещества // *Гальванотехника и обработка поверхностей.* 2016. Т. 24. С. 48–55.
21. Watcharasing S., Kongkowitz W., Chavadej S. Motor oil removal from water by continuous froth flotation using extended surfactant: Effects of air bubble parameters and surfactant concentration // *Separation and Purification Technology.* 2009. V. 70. P. 179–189.
22. Колесников В.А., Ильин В.И. Экология и ресурсосбережение в электрохимических производствах. Механические и физико-химические методы очистки промывных и сточных вод. Москва : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2004. 220 с.
23. Al-Rashdi B.A.M., Johnson D.J., Hilal N. Removal of heavy metal ions by nanofiltration // *Desalination.* 2013. V. 315. P. 2–17.
24. Mohammad A.W., Teow Y.H., Ang W.L., Chung Y.T., Oatley-Radcliffe D.L., Hilal N. Nanofiltration membranes review: Recent advances and future prospects // *Desalination.* 2015. V. 356. P. 226–254.
25. Ng L.Y., Mohammad A.W., Ng C.Y. A review on nanofiltration membrane fabrication and modification using polyelectrolytes: Effective ways to develop membrane selective barriers and rejection capability // *Advances in Colloid and Interface Science.* 2013. V. 197–198. P. 85–107.
26. Shenvi S.S., Isloor A.M., Ismail A.F. A review on RO membrane technology: Developments and challenges // *Desalination.* 2015. V. 368. P. 10–26.
27. Joo S.H., Tansel B. Novel technologies for reverse osmosis concentrate treatment: A review // *Journal of Environmental Management.* 2015. V. 150. P. 322–335.
28. Gode F., Pehlivan E. Removal of chromium(III) from aqueous solutions using Lewatit S 100: The effect of pH, time, metal concentration and temperature // *Journal of Hazardous Materials.* 2006. V. 136. P. 330–337.

REFERENCES

1. Barkan M., Kornev A. Development of new technological solutions for recovery of heavy non-ferrous metals from technogenic waste of electroplating plants and sludge of water treatment systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2018. V. 2. Pp. 17–24.
2. Panayotova T., Dimova-Todorova M., Dobrevsky I. Purification and reuse of heavy metals containing wastewaters from electroplating plants. *Desalination.* 2007. V. 206. Pp. 135–140.
3. Fu F., Wang Q. Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review. *Journal of Environmental Management.* 2011. V. 92. Pp. 407–418.
4. Kharakteristika gal'vanicheskogo proizvodstva [Electroplating plant characterization]. Available: https://studbooks.net/1000239/ekologiya/harakteristika_galvanicheskogo_proizvodstva (accessed March 20, 2020).
5. Azimi A., Azari A., Rezakazemi M., Ansarpour M. Removal of heavy metals from industrial wastewaters: A review. *ChemBioEng Reviews.* 2017. V. 4. Pp. 1–24.

6. Kurniawan T.A., Chan G.Y.S., Lo W.-H., Babel S. Physicochemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals. *Chemical Engineering Journal*. 2006. V. 118. Pp. 83–98.
7. Charemtanyarak L. Heavy metals removal by chemical coagulation and precipitation. *Water Science and Technology*. 1999. V. 39. Pp. 135–138.
8. Chen Q., Luo Z., Hills C., Xue G., Tyrer M. Precipitation of heavy metals from wastewater using simulated flue gas: Sequent additions of fly ash, lime and carbon dioxide. *Water Research*. 2009. V. 43. Pp. 2605–2614.
9. Gunatilake S.K. Methods of Removing heavy metals from industrial wastewaters. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science Studies*. 2015. V. 1. Pp. 8–12.
10. Alyüz B., Veli S. Kinetics and equilibrium studies for the removal of nickel and zinc from aqueous solutions by ion exchange resins. *Journal of Hazardous Materials*. 2009. V. 167. Pp. 482–488.
11. Kang S.Y., Lee J.U., Moon S.H., Kim K.W. Competitive adsorption characteristics of Co^{2+} , Ni^{2+} , and Cr^{3+} by IRN-77 cation exchange resin in synthesized wastewater. *Chemosphere*. 2004. V. 56. Pp. 141–147.
12. Dąbrowski A., Hubicki Z., Podkościelny P., Robens E. Selective removal of the heavy metal ions from waters and industrial wastewaters by ion-exchange method. *Chemosphere*. 2004. V. 56. Pp. 91–106.
13. Motsi T., Rowson N.A., Simmons M.J.H. Adsorption of heavy metals from acid mine drainage by natural zeolite. *International Journal of Mineral Processing*. 2009. V. 92. Pp. 42–48.
14. Ostroski I.C., Barros M.A.S.D., Silvab E.A., Dantas J.H., Arroyo P.A., Lima O.C.M. A comparative study for the ion exchange of Fe(III) and Zn(II) on zeolite NaY. *Journal of Hazardous Materials*. 2009. V. 161. Pp. 1404–1412.
15. Taffarel S.R., Rubio J. On the removal of Mn^{2+} ions by adsorption onto natural and activated Chilean zeolites. *Minerals Engineering*. 2009. V. 22. Pp. 336–343.
16. Adhoum N., Monser L., Bellakhal N., Belgaied J.-E. Treatment of electroplating wastewater containing Cu^{2+} , Zn^{2+} and Cr(VI) by electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*. 2004. V. 112. Pp. 207–213.
17. Al-Shannag M., Al-Qodah Z., Bani-Melhem K., Qtaishat M.R., Alkasrawi M. Heavy metal ions removal from metal plating wastewater using electrocoagulation: Kinetic study and process performance. *Chemical Engineering Journal*. 2015, V. 260. Pp. 749–756.
18. Chen G. Electrochemical technologies in wastewater treatment. *Separation and Purification Technology*. 2004. V. 38. Pp. 11–41.
19. Akbal F., Camcı S. Copper, chromium and nickel removal from metal plating wastewater by electrocoagulation. *Desalination*. 2011. V. 269. Pp. 214–222.
20. Kuznetsov V.V., Efreмова E.N., Kolesnikov A.V., Achkasov M.G. Oчистка сточных вод от поверхностно-активных веществ методами электроокисления и электрофлотации. Роль природы поверхностно-активного вещества [Wastewater treatment of surfactants by electro-oxidation and electro-flotation. The role of the surfactant nature]. *Gal'vanotekhnika i obrabotka poverkhnosti*. 2016. V. 24. Pp. 48–55. (rus)
21. Watcharasing S., Kongkowitz W., Chavadej S. Motor oil removal from water by continuous froth flotation using extended surfactant: Effects of air bubble parameters and surfactant concentration. *Separation and Purification Technology*. 2009. V. 70. Pp. 179–189.
22. Kolesnikov V.A., Il'in V.I. Ekologiya i resursoberezhenie v elektrokhimicheskikh proizvodstvakh. Mekhanicheskie i fiziko-khimicheskie metody oчистki promyvnykh i stочnykh vod [Ecology and resource conservation in electrochemical production. Mechanical and physicochemical methods for wastewater and effluent treatment]. Moscow, 2004. 220 p. (rus)
23. Al-Rashdi B.A.M., Johnson D.J., Hilal N. Removal of heavy metal ions by nanofiltration. *Desalination*. 2013. V. 315. Pp. 2–17.
24. Mohammad A.W., Teow Y.H., Ang W.L., Chung Y.T., Oatley-Radcliffe D.L., Hilal N. Nanofiltration membranes review: Recent advances and future prospects. *Desalination*. 2015. V. 356. Pp. 226–254.
25. Ng L.Y., Mohammad A.W., Ng C.Y. A review on nanofiltration membrane fabrication and modification using polyelectrolytes: Effective ways to develop membrane selective barriers and rejection capability. *Advances in Colloid and Interface Science*. 2013. V. 197–198. Pp. 85–107.

26. *Shenvi S.S., Isloor A.M., Ismail A.F.* A review on RO membrane technology: Developments and challenges. *Desalination*. 2015. V. 368. Pp. 10–26.
27. *Joo S.H., Tansel B.* Novel technologies for reverse osmosis concentrate treatment: A review. *Journal of Environmental Management*. 2015. V. 150. Pp. 322–335.
28. *Gode F., Pehlivan E.* Removal of chromium(III) from aqueous solutions using Lewatit S 100: The effect of pH, time, metal concentration and temperature. *Journal of Hazardous Materials*. 2006. V. 136. Pp. 330–337.

Сведения об авторах

Белова Лариса Владимировна, канд. техн. наук, доцент, Тюменский индустриальный университет, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38, belovalv@tyuiu.ru

Вялкова Елена Игоревна, канд. техн. наук, доцент, Тюменский индустриальный университет, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38, vyalkova-e@yandex.ru

Глущенко Екатерина Сергеевна, ассистент, Тюменский индустриальный университет, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38, ekaterina.gluschenko.1997@mail.ru

Осипова Елена Юрьевна, канд. геол.-минерал. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, kyky60@bk.ru

Authors Details

Larisa V. Belova, PhD, A/Professor, Industrial University of Tyumen, 38, Volodarskii Str., 625000, Tyumen, Russia, belovalv@tyuiu.ru

Elena I. Vialkova, PhD, A/Professor, Industrial University of Tyumen, 38, Volodarskii Str., 625000, Tyumen, Russia, vyalkova-e@yandex.ru

Ekaterina S. Glushchenko, Assistant Lecturer, Industrial University of Tyumen, 38, Volodarskii Str., 625000, Tyumen, Russia, ekaterina.gluschenko.1997@mail.ru

Elena Y. Osipova, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, kyky60@bk.ru

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

УДК 693.22:624.04

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-155-166

С.В. ЮЩУБЕ, И.И. ПОДШИВАЛОВ,

Томский государственный архитектурно-строительный университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КИРПИЧНОГО ЗДАНИЯ ПОВЫШЕННОЙ ЭТАЖНОСТИ НА МОНОЛИТНОЙ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЕ С КОНТУРНЫМИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ СВАЯМИ

Использование плитных фундаментов на естественном основании под кирпичными зданиями точечного типа с пространственной перекрестно-стеновой конструктивной системой может привести к появлению зоны предельного и упругопластического состояния основания по контуру монолитной фундаментной плиты и, как следствие, к недопустимым деформациям и перемещениям грунта.

Предложено исключить появление зоны предельного и упругопластического состояния основания с помощью контурных железобетонных свай путем изменения типа фундамента с плитного на плитно-свайный. Использование расчетной модели системы «основание – фундамент – здание» is performed in the MicroFe software package позволяет в единстве достаточно адекватно оценить напряженно-деформированное состояние основания, фундаментов и надземной части кирпичного здания повышенной этажности точечного типа в реальных инженерно-геологических условиях.

Расчетным путем установлено, что 46 % вертикальной нагрузки от здания воспринимают контурные железобетонные сваи, а 54 % приходится на монолитные фундаментные плиты.

Применение плитно-свайного фундамента позволило исключить недопустимые деформации основания и обеспечить выполнение нормативных требований.

Ключевые слова: здание; фундаментная плита; основание; свая; моделирование; линейный расчет; напряжения; деформации; перемещения.

Для цитирования: Ющубе С.В., Подшивалов И.И. Моделирование напряженно-деформированного состояния кирпичного здания повышенной этажности на монолитной фундаментной плите с контурными железобетонными сваями // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 3. С. 155–166.

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-155-166

*S.V. YUSHCHUBE, I.I. PODSHIVALOV,
Tomsk State University of Architecture and Building*

STRESS-STRAIN STATE FINITE ELEMENT MODELING OF CONCRETE FOUNDATION ALONG THE CONCRETE PILE PERIMETER OF A MULTISTORY BRICK BUILDING

The use of concrete foundations on a natural subgrade of brick buildings with a spatial cross-wall structural system can lead to its ultimate limit and elastoplastic states along the perimeter and, as a consequence, unallowable soil deformation and movement. The paper proposes to eliminate ultimate limit and elastoplastic states along the perimeter of concrete piles through the replacement of the foundation slab by the combined piled-raft foundation. The finite element modeling of the stress-strain state of the concrete foundation and the building superstructure of the base-foundation-building system is performed in the MicroFe software package allowing to appropriately estimate this state in real geotechnical conditions. According to calculations, 46 % of the vertical load of the building is taken by concrete piles along the perimeter, and 54 % of this load is taken by the concrete foundation. The use of the combined piled-raft foundation allows eliminating unallowable soil deformation of the foundation and provides meeting the standard requirements.

Keywords: building; concrete foundation; base; pile; modeling; linear analysis; stress; strain, soil movement.

For citation: Yushchube S.V., Podshivalov I.I. Modelirovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya kirpichnogo zdaniya povyshennoi etazhnosti na monolitnoi fundamentnoi plite s konturnymi zhelezobetonnymi svayami [Stress-strain state finite element modeling of concrete foundation along the concrete pile perimeter of a multistory brick building]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2021. V. 23. No. 3. Pp. 155–166.
DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-155-166

При расчете кирпичных зданий повышенной этажности, которые по конструктивной схеме относятся к перекрестно-стеновым пространственным системам, учет податливости фундаментов весьма актуален [1–4].

В соответствии с действующими нормами предельное состояние по несущей способности свайных фундаментов наступает в случае, если усилие хотя бы в одной свае превысит расчетную нагрузку, допускаемую на сваю [5]. При этом предельное состояние при расчете по деформациям еще, как правило, не наступило.

При работе плитно-свайного фундамента необходимо учитывать одновременную работу свай и плиты. Для включения в работу плиты требуется перемещение фундамента в несколько десятков миллиметров, при этом для набора максимальной несущей способности сваи необходимо всего несколько миллиметров, что предъявляет особое требование к прочности свай по материалу [2].

Особенностью оптимального использования плитно-свайного фундамента является регулируемое поэтапное включение свай в работу. На первом этапе в работу включаются только сваи в центральной части фундаментной плиты. После передачи на фундамент части нагрузки от строящегося здания плита в краевой части соединяется со сваями, и далее фундамент работает как

свайно-плитная конструкция [6]. Другим вариантом эффективного применения плитно-свайного фундамента является рациональное распределение сопротивления между плитной частью и сваями, когда под нагрузкой от здания сначала в работу полностью включается плита, что дает возможность максимально продеформироваться плитной части, а потом сваи – за счет шарнирного соединения с фундаментной плитой [7].

При расстоянии между сваями $3-4d$ (где d – диаметр круглого или сторона квадратного поперечного сечения сваи) грунт между сваями зажимается, перемещения свай и грунта в межсвайном пространстве примерно одинаковы, что позволяет рассматривать плитно-свайный фундамент как единый массив [8]. В модели плитно-свайного фундамента при расстоянии между сваями $5-7d$ грунт между сваями практически не зажимается и до 15 % общей нагрузки может восприниматься подошвой плиты [9]. Если принять контакт низкого роста свая с грунтом идеальным, то низкий рост свая не только принимает на себя часть нагрузки, но и одновременно снижает силы трения по боковой поверхности свай группы в результате осадки грунта под подошвой низкого роста свая. При небольших расстояниях между сваями ($3-4d$), когда в наибольшей степени проявляется взаимное влияние свай, влияние низкого роста свая на работу фундамента несущественно (10–20 %). При увеличении расстояния между сваями до $5-7d$ низкий рост свая воспринимает до 35–45 % от приложенной нагрузки на свайный фундамент [10].

Размещение свай в свайно-плитном фундаменте связано не только с тем, что кусты свай расположены в местах передачи нагрузки, но и для повышения равномерности осадок [11]. Этот принцип назван «регулированием неравномерности осадок», т. е. сваи призваны передать часть нагрузки на основание таким образом, чтобы осадки были максимально равномерными и не превышали предельные, а усилия в фундаментной плите и в надземных конструкциях были минимальными [12]. Исследования способов размещения свай с точки зрения равномерности осадок проводились методом перебора и сравнения вариантов [13].

Выбор расчетной модели, которая может наиболее полно отразить конструктивную схему здания, является одним из важнейших факторов при определении напряженно-деформированного состояния строительных конструкций, фундаментов и оснований [14]. Верифицированный ПВК MicroFe позволяет реализовать конечно-элементное моделирование системы «основание – фундамент – здание» в одной модели [15, 16].

Рассматриваемое 16-этажное кирпичное здание точечного типа имеет размеры в плане по габаритным осям $25,32 \times 16,35$ м, высота этажа – 2,8 м, общая высота здания с учетом подвала и технического этажа с лифтовой надстройкой – 56,34 м, наружные и внутренние стены толщиной 770 и 510 мм соответственно. Несущими элементами перекрытий являются сборные железобетонные многопустотные плиты толщиной 220 мм различной длины и ширины. Стены подвала выполнены из сборных бетонных стеновых блоков толщиной 500 и 800 мм. Фундамент – плоская монолитная фундаментная плита (МФП) толщиной 1200 мм с габаритными размерами $28,23 \times 20,6$ м.

Инженерно-геологический разрез площадки строительства с привязкой МФП и контурных свай, основные физико-механические характеристики грунтов приведены соответственно на рис. 1 и в таблице.

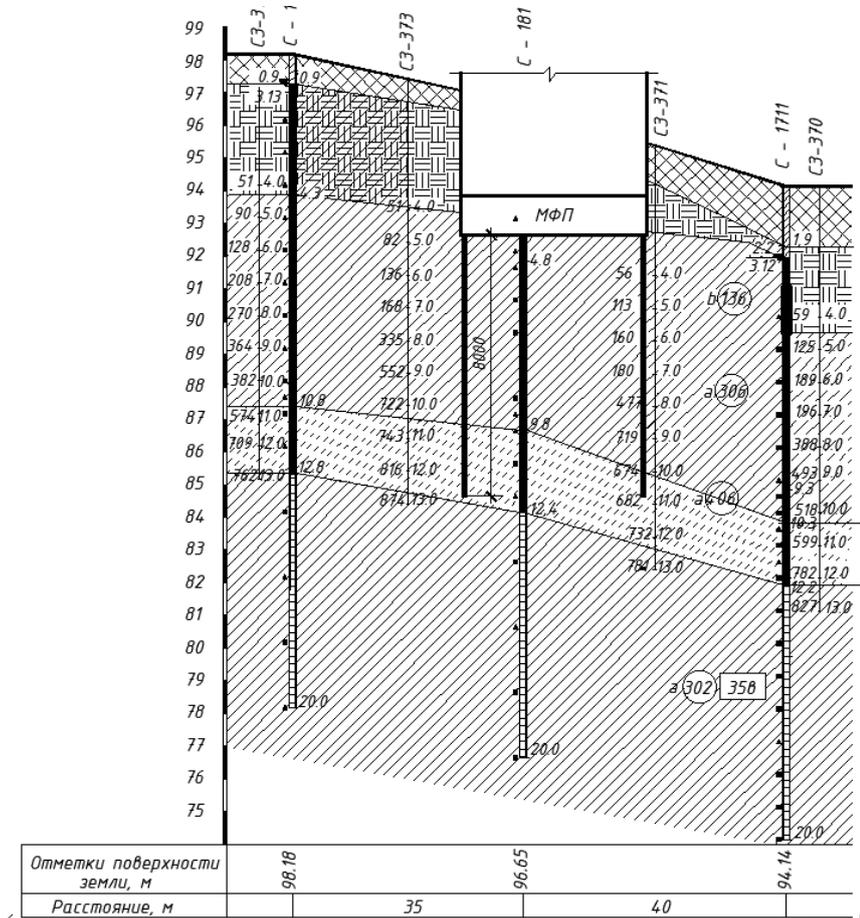


Рис. 1. Инженерно-геологический разрез с посадкой МФП и контурных свай

Основные физико-механические характеристики грунтов

№ ИГЭ слоя	Описание грунтов	Плотность грунта ρ , т/м ³	Угол внутреннего трения ϕ , град	Сцепление C , МПа	Модуль деформации E , МПа
306	Суглинок текучей консистенции	1,95	20	21	11
406	Супесь гравелистая текучей консистенции	2,02	31	8	45
302	Суглинок полутвердой консистенции	2,00	23	31	31

В расчетной модели кирпичные и бетонные стены, диски перекрытий и МФП моделировались конечным элементом типа «плоский прямоугольный элемент оболочки», сваи моделировались конечным элементом типа «стержень». Грунтовое основание под МФП принималось в виде трехслойного основания из объемных конечных элементов с послойным заданием модуля деформаций и коэффициента Пуассона. Сопряжение свай с МФП принято жестким.

При расположении МФП только на естественном основании в данных грунтовых условиях ранее было получено, что учет неупругих деформаций грунта в основании привел к недопустимым перемещениям фундамента. Для недопущения такого явления предлагается исключить зону предельного и упругопластического состояния основания устройством плитно-свайного фундамента с контурными железобетонными сваями, которые приняты круглого сечения диаметром 400 мм, длиной 8 м с опиранием свай на ИГЭ-406 – супесь гравелистая текучей консистенции. Шаг свай принят 1,5 м. Несущая способность сваи на вертикальную сжимающую нагрузку по материалу составляет $P = 1689$ кН.

Конструктивная и расчетная конечно-элементная модель здания дана на рис. 2. Расчет выполнялся в линейной постановке. В расчетной модели принято, что сваи изготовлены одновременно с МФП.

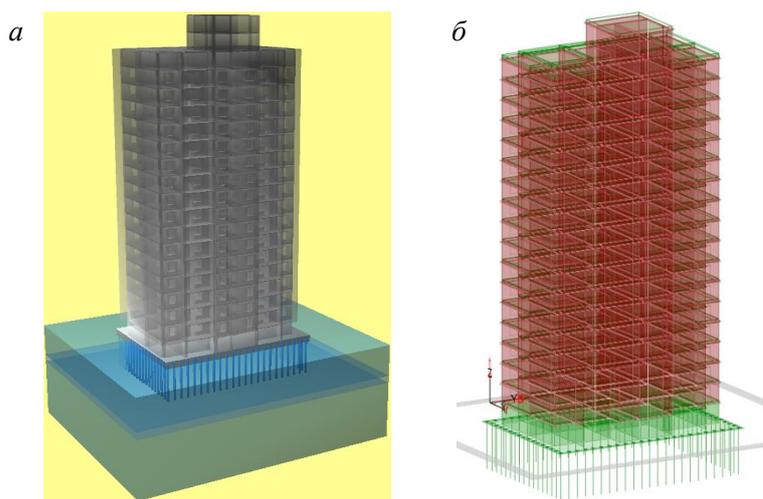


Рис. 2. Конструктивная (а) и расчетная (б) конечно-элементная модель. Напряженное состояние

При линейном деформировании основания получены следующие значения изополей нормальных напряжений (далее напряжения) в грунте по характерным сечениям (рис. 3, 4): горизонтальное сечение на уровне подошвы МФП на отм. $-4,000$; вертикальное сечение в плоскости XZ .

Вертикальные напряжения за контуром МФП изменяются от нулевых значений на периферии основания до сжимающих значений $-47,7$ кН/м² в направлении к МФП. Под контурной зоной МФП вертикальные напряжения в грунте достигают наибольших значений и находятся в интервале

–119,0...–214,2 кН/м². Во внутренней части основания вертикальные напряжения по сравнению с контурными напряжениями уменьшаются и располагаются в диапазоне –95,3...142,8 кН/м². Горизонтальные напряжения за контуром МФП изменяются от растягивающих значений 31,4 кН/м² на периферии основания до сжимающих значений –70,0 кН/м² в направлении к МФП. Под контурной зоной МФП горизонтальные напряжения в грунте достигают максимальных значений и изменяются от –70,0 до –137,3 кН/м². Во внутренней части основания горизонтальные напряжения по сравнению с контурными напряжениями уменьшаются, находятся в диапазоне –19,2...–53,0 кН/м² и на 63...80 % меньше соответствующих вертикальных напряжений.

Вертикальные сжимающие напряжения за контуром МФП достигают значений –114,2 кН/м² как на отм. –4,000, так и на отм. –20,000 (низ отметки основания). Под МФП вертикальные сжимающие напряжения на отм. –4,000 и на отм. –20,000 достигают значений –114,3...–260,3 кН/м². Под острием свай появились наибольшие вертикальные сжимающие напряжения в диапазоне –260,3...–406,4 кН/м². Горизонтальные напряжения за контуром МФП на отм. –4,000 изменяются от растягивающих значений 90,8 кН/м² до сжимающих значений –19,3 кН/м², на отм. –20,000 возникают только сжимающие горизонтальные напряжения в диапазоне –19,3...–74,4 кН/м². Под МФП горизонтальные сжимающие напряжения на отм. –4,000 и на отм. –20,000 находятся в интервале –19,3...–74,4 кН/м². Под острием свай наибольшие горизонтальные сжимающие напряжения находятся в диапазоне –74,4...–129,4 кН/м².

Продольные сжимающие усилия в сваях составляют от 935,5 до 1243,4 кН (рис. 5), что меньше их несущей способности по материалу. В качестве примера на рис. 6 приведены изополя расчетного нижнего продольного армирования МФП по оси X, из которого следует, что основное продольное армирование составляет Ø18/100A400, а дополнительное продольное армирование в локальных зонах равно Ø25/100A400.

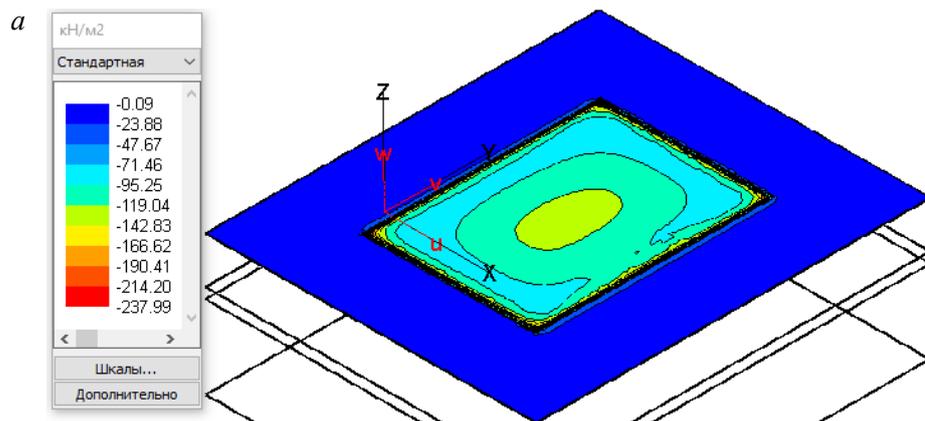


Рис. 3. Изополя нормальных напряжений в грунте на уровне подошвы МФП, отм. –4,000 (окончание см. на с. 161):

а – вертикальные

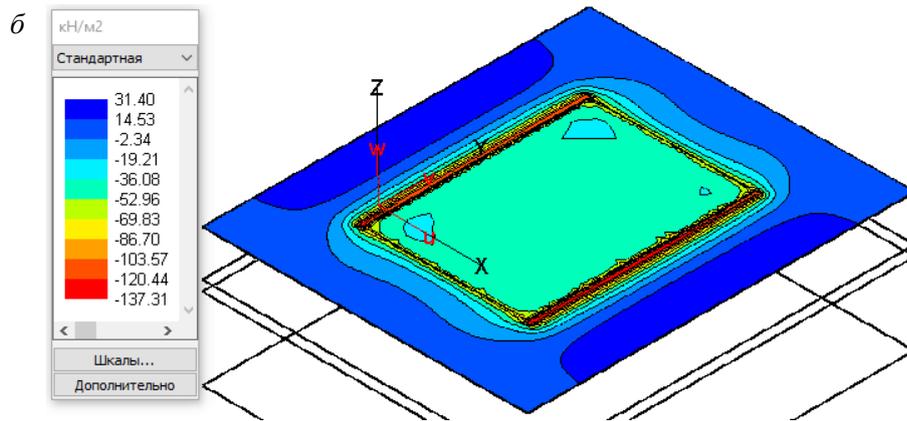


Рис. 3. Окончание (начало см. на с. 160):
б – горизонтальные

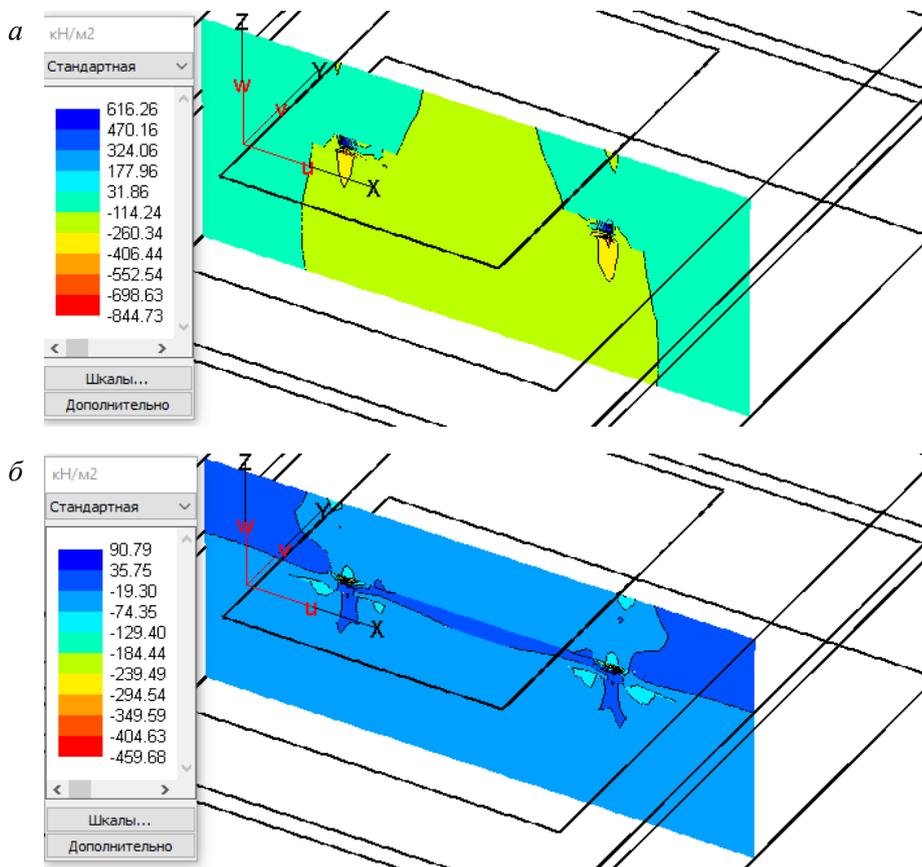


Рис. 4. Изополя нормальных напряжений в грунте в вертикальном сечении в плоскости XZ:
а – вертикальные; б – горизонтальные

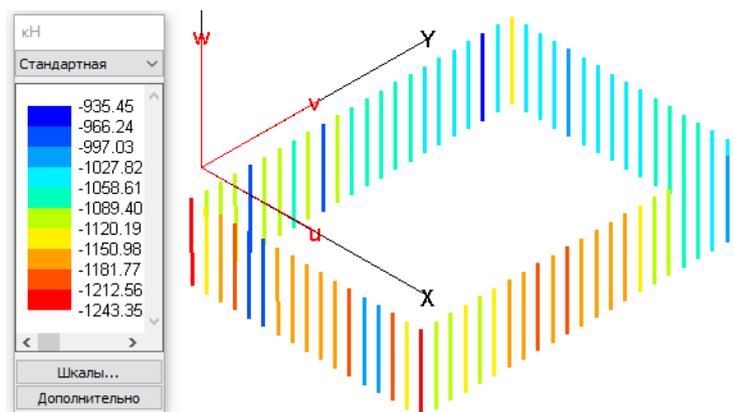


Рис. 5. Изополю продольных усилий в связях

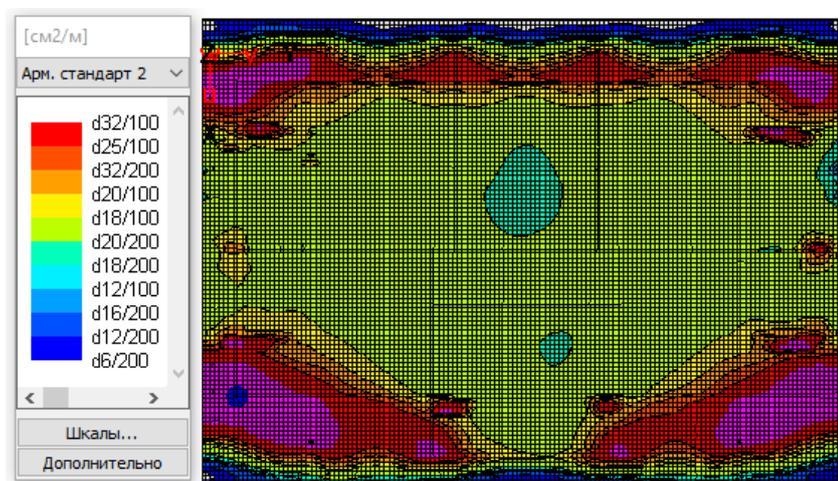


Рис. 6. Изополю расчетного нижнего продольного армирования МФП по оси X (в вертикальном направлении рисунка). Деформированное состояние

Результаты вертикальных перемещений грунта при линейном деформировании основания на уровне подошвы МФП на отм. $-4,000$ (рис. 7) и в поперечном сечении в плоскости XZ (рис. 8):

- за внешним контуром МФП в грунтовом массиве возникают вертикальные отрицательные перемещения (осадка), которые изменяются от $-0,9$ мм по периферии до $-59,1$ мм в околосанктурной зоне МФП;

- в центральной части основания под МФП, в седловидной воронке оседания, наибольшие вертикальные перемещения по краям воронки равны $-94,1$ мм с увеличением в середине воронки до значений $-117,4$ мм;

- максимальные значения вертикальных перемещений грунтового массива в основании рассматриваемого здания с армированной кирпичной кладкой составляют $117,4$ мм и не превышают предельного значения осадок основания для рассматриваемого типа зданий $S_u^{\max} = 180$ мм;

– относительная разность вертикальных перемещений основания составила $(117,4-94,1)/0,5 \cdot 28230 = 0,0017$, что меньше предельного значения разности осадок $(\Delta l/L)_u = 0,0024$.

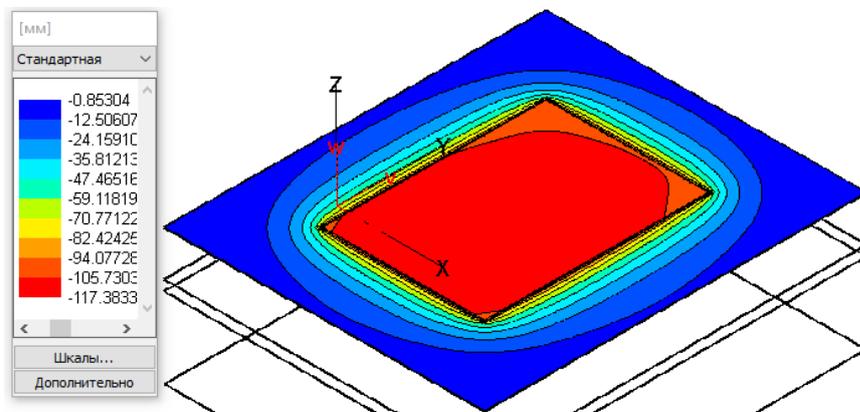


Рис. 7. Изополя вертикальных перемещений основания на уровне подошвы МФП, отм. –4,000

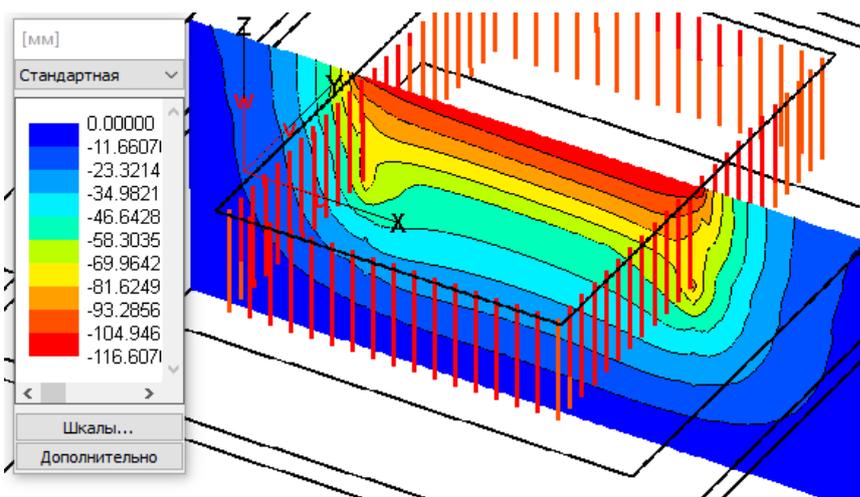


Рис. 8. Изополя вертикальных перемещений основания в вертикальном сечении в плоскости XZ

Наибольшие вертикальные перемещения, равные 115,0 мм, получили контурные сваи, расположенные в средней части краев МФФ, а наименьшие вертикальные перемещения появились в угловых сваях и составили 92,9 мм (рис. 9). Полученные результаты не превышают предельных значений.

Следует отметить, что наибольшие продольные деформации свай составили $\Delta l_{\text{сваи}} = 1,995$ мм. Максимальные вертикальные деформации грунта в пределах длины свай – $\Delta l_{\text{грунт}} = 1,498$ мм. Абсолютная деформация сдвига грунта относительно свай – $\Delta l_{\text{грунт/свая}} = 0,497$ мм. Относительная деформация сдвига грунта относительно свай – $\varepsilon = 6,2 \cdot 10^{-5}$.

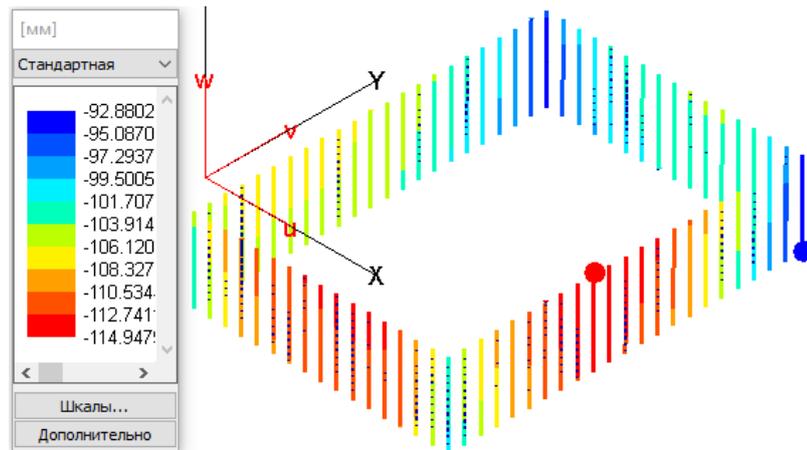


Рис. 9. Изополя вертикальных перемещений свай

Краткий анализ полученных результатов расчета

В статическом расчете получена общая вертикальная нагрузка от здания $P = 178\,309$ кН. Суммарная величина продольных сил в сваях составляет $N = 83\,364$ кН. Отсюда следует, что 46 % вертикальной нагрузки от здания воспринимают контурные сваи, а 54 % приходится на МФП. Полученные результаты достаточно адекватно согласуются с данными других исследователей [10].

Отпор грунта под подошвой МФП составляет: в поле – $132 \dots 141$ кН/м²; в контурной зоне – $403 \dots 494$ кН/м². Среднее напряжение под подошвой МФП равно $p = P_{\text{отп}}/A_{\text{МФП}} = 94945/(28,23 \cdot 20,6) = 163$ кН/м², где $P_{\text{отп}}$ – вертикальная нагрузка от здания, действующая на грунт под подошвой МФП; $A_{\text{МФП}}$ – площадь МФП.

Полученные значения абсолютной и относительной деформаций сдвига грунта относительно свай составляют в среднем $\Delta l_{\text{грунт/свая ср}} = 0,5$ мм и $\epsilon_{\text{ср}} = 6 \cdot 10^{-5}$. Соответствующие этим деформациям сдвиговые напряжения по боковой поверхности свай не превышают $f = 0,25$ кН/м². Следовательно, можно полагать, что принятая в моделировании линейно-деформируемая модель грунтового основания вполне обоснована [16].

Основные выводы

1. Исключение появления зоны предельного и упругопластического состояния основания по контуру МФП выполнено контурными железобетонными сваями с изменением типа фундамента: с плитного на плитно-свайный фундамент.

2. Расчетным путем установлено, что 46 % вертикальной нагрузки от здания воспринимают контурные железобетонные сваи, а 54 % приходится на МФП.

3. Применение плитного фундамента с контурными железобетонными сваями позволило обеспечить приемлемые деформации и перемещения основания кирпичного здания повышенной этажности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Шашкин К.Г.* Расчет напряженно-деформированного состояния основания фундаментов и здания с учетом их взаимодействия // Реконструкция городов и геотехническое строительство : интернет-журнал. 2001. № 4. С. 6.
2. *Шулятьев О.А.* Основания и фундаменты высотных зданий. Москва : Изд-во АСВ, 2018. 392 с.
3. *Карпенко Н.И., Карпенко С.Н., Кузнецов Е.Н.* О современных проблемах расчета высотных зданий из монолитного железобетона // Бетон и железобетон – пути развития : научные труды II Всерос. (Международ.) конф. В пяти книгах. Т. 1. Пленарные доклады. Москва, 2005. С. 149–166.
4. *Шулятьев О.А.* Фундаменты высотных зданий // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2014. № 4. С. 203–245.
5. *Hanish J., Katzenbah R., Konig G.* Kombinierte Pfahl-Plattengrundungen. Berlin : Ernst und Sohn, 2002. 222 p.
6. *Ладыженский И.Г., Сергиенко А.В.* Опыт проектирования свайных и свайно-плитных фундаментов на участке 16 ММДЦ «Москва-Сити» // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 10. С. 46–54.
7. *Самородов О.В.* Новая конструкция плитно-свайного фундамента // Вестник Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры. 2016. № 1 (214). С. 58–65.
8. *Тер-Мартirosян З.Г., Уинь Туан Вьет.* Взаимодействие свай большой длины с массивом грунта в составе плитно-свайного фундамента // Вестник МГСУ. 2012. № 3. С. 74–78.
9. *Мальшикин А.П., Есотов А.В.* Численные исследования взаимного влияния свай в группах // Академический вестник УралНИИПроект РААСН. 2017. № 2. С. 86–89.
10. *Знаменский В.В., Рузаев А.М., Полинков И.Н.* Взаимодействие низкого ростверка со сваями // Вестник МГСУ. 2008. № 2. С. 48–50.
11. *Ефимов В.О.* Метод эффективного размещения свай в составе свайно-плитного фундамента // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 1 (78). С. 111–115.
12. *Poulos H.G.* Piled raft foundations: Design and applikations // Geotechigue. 2001. I. 51. № 2. P. 95–113.
13. *Mandolini A., Laora R.D., Massarucci Y.* Rational Pesingn of Piled Raft // Procedia Engineering. 2013. I. 57. P. 45–52.
14. *Шашкин А.Г., Шашкин К.Г.* Взаимодействие здания и основания: методика расчета и практическое применение при проектировании / под ред. В.М. Улицкого. Санкт-Петербург : Стройиздат СПб, 2002. 48 с.
15. *Юцубе С.В., Подшивалов И.И., Филиппович А.А., Тряпичин А.Е.* Моделирование напряженно-деформированного состояния кирпичного здания повышенной этажности на свайном фундаменте // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 4 (69). С. 72–77.
16. *Юцубе С.В., Подшивалов И.И.* Моделирование напряженно-деформированного состояния свайного фундамента с плитным ростверком высотного здания с учетом недопущения свай // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 2. С. 145–161.

REFERENCES

1. *Shashkin K.G.* Raschet napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya osnovaniya fundamentov i zdaniya s uchetom ikh vzaimodeistviya [Stress-strain state analysis of building foundations with regard to their interaction]. *Rekonstruktsiya gorodov i geotekhnicheskoe stroitel'stvo*. 2001. No. 4. P. 6. (rus)
2. *Shulyat'ev O.A.* Osnovaniya i fundamenti vysotnykh zdaniy [Bases and foundations of high-rise buildings]. Moscow: ASV, 2018. 392 p. (rus)
3. *Karpenko N.I., Karpenko S.N., Kuznetsov E.N.* O sovremennykh problemakh rascheta vysotnykh zdaniy iz monolitnogo zhelezobetona [Modern problems of structural analysis of high-rise building of insitu reinforced concrete]. In: II Vseros. (Mezhdunar.) konf. "Beton

- i zhelezobeton – puti razvitiya”, v pyati knigakh. (*Proc. 2nd Int. Sci. Conf. ‘Concrete and Reinforced Concrete – Glance at Future’*), in 5 vol., Moscow, 2005. V. 1. Pp. 149–166. (rus)
4. Shulyat'ev O.A. Fundamenty vysoznykh zdaniy [Foundations of high-rise buildings]. *Vestnik PNIPU. Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2014. No. 4. Pp. 203–245. (rus)
 5. Hanisch J., Katzenbach R., König G. Kombinierte Pfahl-Plattengründung. Berlin: Ernst und Sohn, 2002. 222 p.
 6. Ladyzhenskii I.G., Sergienko A.V. Opyt proektirovaniya svainykh i svaino-plitnykh fundamentov na uchastke 16 MMDTs Moskva-Siti [Experience in designing pile and pile-plate foundations on Section 16 of the Moscow International Business Center in Moscow City]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2016. No. 10. Pp. 46–54. (rus)
 7. Samorodov O.V. Novaya konstruksiya plitno-svainogo fundamenta [New design of slab pile foundation]. *Vestnik Pridneprovskoi gosudarstvennoi akademii stroitel'stva i arkhitektury*. 2016. No. 1. Pp. 58–65. (rus)
 8. Ter-Martirosyan Z.G., Uin Tuan Viet. Vzaimodeistvie svai bol'shoi dliny s massivom grunta v sostave plitno-svainogo fundamenta [Long pile-soil interaction in slab-pile foundation]. *Vestnik MGSU*. 2012. No. 3. Pp. 74–78. (rus)
 9. Malyshkin A.P., Esipov A.V. Chislennyye issledovaniya vzaimnogo vliyaniya svai v gruppakh [Numerical analysis of mutual influence of piles in groups]. *Akademicheskii vestnik Ural-NIIProekt RAASN*. 2017. No. 2. Pp. 86–89. (rus)
 10. Znamenskii V.V., Ruzaev A.M., Polynkov I.N. Vzaimodeistvie nizkogo rostverka so svayami [Interaction between low raft foundation and piles]. *Vestnik MGSU*. 2008. No. 2. Pp. 48–50. (rus)
 11. Efimov V.O. Metod effektivnogo razmeshcheniya svai v sostave svaino-plitnogo fundamenta [Efficient pile arrangement as part of pile foundation]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2020. V. 1. No. 8. Pp. 111–115. (rus)
 12. Poulos H.G. Piled raft foundations: Design and applications. *Geotechnique*. 2001. V. 51. No. 2. Pp. 95–113.
 13. Mandolini A., Laora R.D., Massarucci Y. Rational design of piled raft. *Procedia Engineering*. 2013. No. 57. Pp. 45–52.
 14. Shashkin A.G., Shashkin K.G. Vzaimodeistvie zdaniya i osnovaniya: metodika rascheta i prakticheskoe primeneniye pri proektirovanii [Interaction of building and foundation: Design methodology and practical application], V.M. Ulitskii, ed., Saint-Petersburg: Stroizdat, 2002. 48 p. (rus)
 15. Yushchube S.V., Podshivalov I.I., Filippovich A.A., Tryapitsin A.E. Modelirovaniye napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya kirpichnogo zdaniya povyshennoi etazhnosti na svainom fundamente [Stress-strain state modeling of high-rise brick building on pile foundation]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*, 2018. No. 4 (69). Pp. 72–77. (rus)
 16. Yushchube S.V., Podshivalov I.I. Modelirovaniye napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya osnovaniya kirpichnogo zdaniya povyshennoi etazhnosti na monolitnoi fundamentnoi plite [Stress-strain state finite element modeling of concrete foundation of a multistory brick building]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2021. V. 23. No. 1. Pp. 145–161. (rus)

Сведения об авторах

Ющубе Сергей Васильевич, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, sv@tsuab.ru

Подшивалов Иван Иванович, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, ivanpodshivalov@list.ru

Authors Details

Sergei V. Yushchube, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, sv@tsuab.ru

Ivan I. Podshivalov, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, ivanpodshivalov@list.ru

УДК 624.138.24:550.348.4

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-167-178

*М.В. СОКОЛОВ, С.М. ПРОСТОВ, О.В. ГЕРАСИМОВ,
Кузбасский государственный технический университет
им. Т.Ф. Горбачева*

ПРОГНОЗ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СООРУЖЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ

Объектом исследования является прогноз сейсмостойкости при укреплении грунтовых оснований сооружений.

Цель работы заключается в численной оценке суммарного приращения сейсмической интенсивности при искусственном преобразовании и укреплении грунтов основания на основе результатов геомеханического моделирования.

Исследование базируется на классических математических методах моделирования грунтовых оснований в плоской нелинейной постановке.

Представлен новый подход к определению суммарного приращения сейсмической интенсивности, основанный на определении отношения величин оседаний фундаментов зданий и сооружений до и после работ по укреплению грунтов. В работе представлены результаты прогноза изменения сейсмостойкости для реальных объектов, полученные по данным инженерно-геологических изысканий и численным компьютерным моделям.

Установлено, что за счет преобразования грунтовых оснований сейсмостойкость может снижаться более чем на 0,5 балла. Данная методика может быть применена для корректировки балльности как для отдельных объектов, так и уточнения границ сейсмических зон на картах ОСР.

Ключевые слова: грунтовые основания; сейсмостойкость; приращение сейсмической интенсивности; укрепление грунтов; численное моделирование.

Для цитирования: Соколов М.В., Простов С.М., Герасимов О.В. Прогноз сейсмостойкости сооружений по результатам численного моделирования деформационных свойств грунтовых оснований // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 3. С. 167–178.
DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-167-178

*M.V. SOKOLOV, S.M. PROSTOV, O.V. GERASIMOV,
Gorbachev Kuzbass State Technical University*

NUMERICAL SIMULATION OF SUBGRADE SOIL DEFORMATION PROPERTIES FOR PREDICTION OF EARTHQUAKE RESISTANCE OF STRUCTURES

Purpose: The aim of this paper is to predict the earthquake resistance in strengthening the subgrade soils of structures. Numerical simulation of the total increment of seismic intensity during the artificial transformation and strengthening of subgrade soils based on geomechanical modeling. **Research methods:** Classical mathematical methods for modeling subgrade soils in a plane nonlinear problem. **Originality:** A new approach is developed to determine the total increment of seismic intensity using the ratio between the subsidence values of building foundations and structures before and after soil strengthening. The paper presents the prediction results of changes in seismic resistance of real objects, based on engineering and geologi-

cal surveys and numerical computer models. It is shown that due to the transformation of subgrade soils, the earthquake resistance can be reduced by more than 0.5 points. **Practical implication:** This technique can be used to adjust the score for individual objects and map the boundaries of seismic zones.

Keywords: subgrade soil; earthquake resistance; seismic intensity increment; soil strengthening; numerical simulation.

For citation: Sokolov M.V., Prostov S.M., Gerasimov O.V. Prognoz seismostoi-kosti sooruzhenii po rezul'tatam chislennogo modelirovaniya deformatsionnykh svoistv gruntovykh osnovanii [Numerical simulation of subgrade soil deformation properties for prediction of earthquake resistance of structures]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2021. V. 23. No. 3. Pp. 167–178.

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-3-167-178

Сейсмичность Кузбасса имеет смешанный природно-техногенный характер, при этом количество слабых сейсмических событий продолжает увеличиваться. Основной причиной роста техногенной сейсмичности является активная разработка полезных ископаемых. В Кемеровской области работают 120 предприятий угольной промышленности, в т. ч. эксплуатируются 58 шахт и 36 предприятий открытой добычи [1–5]. До 2000 г. Кузбасс по сейсмическому районированию относился в основном к территории с сейсмичностью не более 6 баллов, что не предусматривало проведения специальных антисейсмических мероприятий при строительстве. По принятым нормам здания проектируются и строятся сейсмостойкими на территориях, имеющих сейсмическую опасность 7 баллов и выше, согласно СП 14.13330.2014. Переоценка сейсмической опасности территории области привела к росту балльности региона. Применение антисейсмических мер увеличивает стоимость строительства зданий и сооружений в среднем на 30–40 %. Ситуацию осложняет распространённость слабых обводнённых грунтов, при наличии которых сейсмичность повышается на дополнительный балл. Сейсмическое воздействие на здание на площадке с сейсмичностью в 7 баллов в 2 раза превышает 6-балльное, в свою очередь, на 8-балльных площадках это воздействие в 2 раза превышает 7-балльное и т. д.

Уменьшение коэффициента сейсмической опасности в настоящее время является важной и актуальной социально-экономической задачей. Одним из способов добиться этого является уплотнение грунтов. Для управления состоянием грунтовых массивов существует целый ряд физических и физико-химических методов, направленных на преобразование грунтов с целью увеличения плотности, снижения пористости, упрочнения скелета. На территории Кузбасса наиболее перспективными стали методы напорной инъекции цементно-песчаных растворов и электрохимического закрепления [6–8].

Проектирование укрепляемых грунтовых оснований ставит новые задачи, недоступные для классических аналитических методов, связанные с необходимостью рассмотрения анизотропного неоднородного основания. Решением этой проблемы является численное компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния грунтовых массивов, основанное, в частности, на

методах численных расчетов. При этом достаточно точно учитывается реальное неоднородное строение грунтового массива, что дает более точное представление об его деформациях [9, 10].

Цель работы заключается в численной оценке суммарного приращения сейсмической интенсивности при искусственном преобразовании и укреплении грунтов основания на основе результатов геомеханического моделирования.

В соответствии с СП 14.13330.2014 сейсмичность района строительства определяется двумя величинами: исходной балльностью, устанавливаемой по картам ОСР-1 или ОСР-2, и дополнительным приращением сейсмической интенсивности ΔI , зависящим от различий физико-механических свойств грунтов по отношению к условиям, принятым за эталонные.

Величину ΔI определяют методом сейсмических интенсивностей, согласно РСН 65–87 «Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Технические требования к производству работ» и [11, 12]:

$$\Delta I = \Delta I_{\Gamma} + \Delta I_{\text{в}}, \quad (1)$$

где ΔI – суммарное приращение сейсмической интенсивности (в баллах) относительно исходной балльности; ΔI_{Γ} – приращение сейсмической интенсивности за счет различия грунтовых условий; $\Delta I_{\text{в}}$ – приращение сейсмической интенсивности за счет изменения уровня грунтовых вод.

Оценку различия грунтовых условий проводят по отношениям акустических и плотностных свойств грунтов:

$$\Delta I_{\Gamma} = 1,67 \lg \left(\frac{V_{\text{сз}} \cdot \rho_{\text{э}}}{V_{\text{си}} \cdot \rho_{\text{и}}} \right), \quad (2)$$

где $V_{\text{сз}}$, $V_{\text{си}}$ – средневзвешенные значения скоростей распространения поперечных волн на эталонном и изучаемом участках; $\rho_{\text{э}}$, $\rho_{\text{и}}$ – средневзвешенные значения плотностей грунтов на эталонном и изучаемом участках.

Величина $\Delta I_{\text{в}}$ определяется по формуле

$$\Delta I_{\text{в}} = k \cdot e^{-0,04h^2}, \quad (3)$$

где k – коэффициент, зависящий от грунтовых условий; h – положение уровня грунтовых вод, м.

Рассмотрим возможность изменения параметров сейсмичности путем управления физико-механическими свойствами грунтов оснований сооружений с применением комплекса геотехнических методов.

Снижение величины $\Delta I_{\text{в}}$ достигается понижением уровня грунтовых вод методами технической мелиорации.

Для оценки возможности управления величиной ΔI_{Γ} воспользуемся уравнением скорости поперечных упругих колебаний

$$V_s = \sqrt{\frac{E}{2 \cdot \rho(1 + \nu)}}, \quad (4)$$

где E – модуль деформации, МПа; ν – коэффициент Пуассона; ρ – плотность, кг/м³.

Подставив величину скоростей V_s в уравнение (2), получим

$$\Delta_I = 1,671g \left(\sqrt{\frac{E_e \cdot 2\rho_n (1 + \nu_n)}{2\rho_e (1 + \nu_e)} \frac{\rho_e}{\rho_n}} \right) = 0,8351g \left(\frac{E_e}{E_n} \frac{1 + \nu_n}{1 + \nu_e} \frac{\rho_e}{\rho_n} \right). \quad (5)$$

Опыт геолого-геофизического мониторинга процессов улучшения строительных свойств грунтов методами напорной инъекции и электрохимического закрепления позволил установить следующее [13]:

– повышение деформационных свойств грунтов обеспечивается в значительной мере не за счет их уплотнения, а в результате увеличения жесткости скелета грунта, таким образом, существует взаимосвязь $\rho_n = \rho_e \cdot k_1$, где k_1 – коэффициент уплотнения грунтов при заполнении пор укрепляющим раствором, $k_1 = 1,1-1,25 = \text{const}$;

– по экспериментальным данным в упрочненных грунтах не происходит заметного увеличения коэффициента поперечных деформаций, а значит, $\nu_n = \nu_e \cdot k_2$, где k_2 – коэффициент, учитывающий увеличение поперечных деформаций, $k_2 = 1,1-1,15$;

– поскольку после воздействия на грунтовое основание нагрузка на него (давление) не изменилась, а за глубину распространения деформации принимают размер сжимаемой толщи основания, соотношение модулей деформаций обратно пропорционально отношению абсолютных значений смещений (оседаний).

На основании изложенного уравнение (5) будет иметь вид

$$\Delta I = \Delta I_r = 0,8351g \left(\frac{S_n}{S_e} \frac{1}{K} \right), \quad (6)$$

где S_n , S_e – соответственно оседания основания исследуемого и эталонного объектов; K – постоянная, комплексно учитывающая величины коэффициентов k_1 и k_2 .

Параметры физико-механических свойств грунтового основания можно определить с помощью геолого-геофизических изысканий, которые требуют значительных затрат. Однако с достаточной точностью изыскания можно выполнить с помощью математических моделей напряженно-деформированного состояния грунтовых оснований сооружений. Следует отметить, что данный подход позволяет сделать геомеханический прогноз не только по усредненным параметрам, входящим в уравнение (6), но и по наиболее слабому участку основания.

Описанная выше методика реализована на двух строительных объектах. В полном объеме технология укрепительных работ, результаты инженерно-геологических изысканий и моделирования геомеханического состояния укрепляемых грунтовых массивов изложены в работах [14, 15].

Территория первого объекта (рис. 1, а) характеризуется спланированным рельефом, имеющим абсолютные отметки поверхности от 128,3 до 128,6 м. Сооружение высотой в 5 этажей имеет в плане Г-образную форму, с максимальными размерами 53,0×40,4 м, наличием эксплуатируемого подвала и холодного чердака. Фундаменты здания бетонные и бутовые с переменной глубиной заложения до 4,9 м.

По данным инженерно-геологических изысканий (рис. 1, б), отмечено сложное геологическое строение грунтового основания, включающее 4 основные инженерно-геологические разновидности грунтов, представленные в табл. 1.

Таблица 1

**Сводная таблица механических свойств
инженерно-геологических элементов**

Наименование физико-механических свойств	Номер инженерно-геологического элемента (ИГЭ)				
	ИГЭ-1	ИГЭ-2а	ИГЭ-2б	ИГЭ-3	ИГЭ-4
1. Природная плотность ρ , г/см ³ : в естественном состоянии в замоченном состоянии	1,90 –	1,77 1,87	1,94 1,79	1,91 1,88	1,89 –
2. Угол внутреннего трения φ , град: в естественном состоянии в замоченном состоянии	18 –	14 10	17 12	13 12	13 –
3. Удельное сцепление C , кПа: в естественном состоянии в замоченном состоянии	10 –	23 10	30 12	17 12	15 –
4. Модуль деформации E , МПа: в естественном состоянии в замоченном состоянии	15,0 –	11,2 5,6	23,0 16,7	9,0 8,1	7,4 –

В результате прогноза геомеханического состояния грунтового основания данного здания получены графики оседаний S грунтового основания вдоль продольных осей северного и западного фасадов здания (рис. 2) для базовых (рис. 3, а, б) и локальных (рис. 3, в) геомеханических моделей до и после работ по закреплению грунтов. При моделировании искусственного массива учитывалась разработанная компанией ООО «НООЦЕНТР» схема закрепления (рис. 3, з) [14].

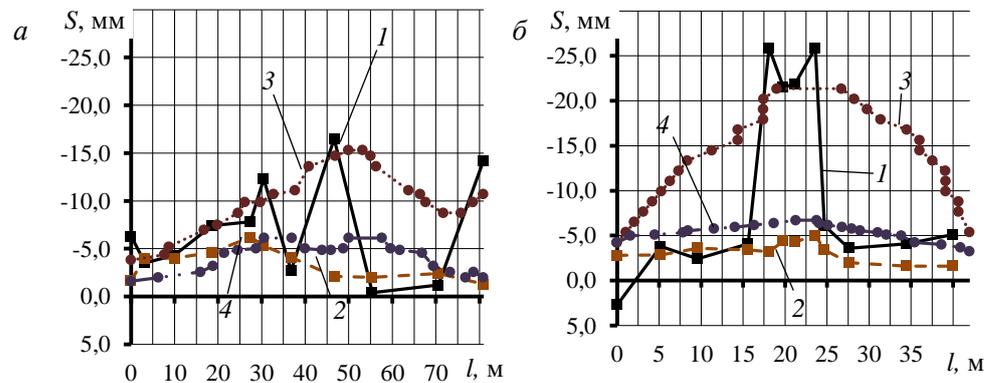


Рис. 2. Распределение вертикальных оседаний S вдоль продольных осей северного (а) и западного (б) фасадов здания:

1 – фактические значения до закрепления; 2 – фактические значения после закрепления; 3 – прогнозируемые значения до закрепления; 4 – прогнозируемые значения после закрепления

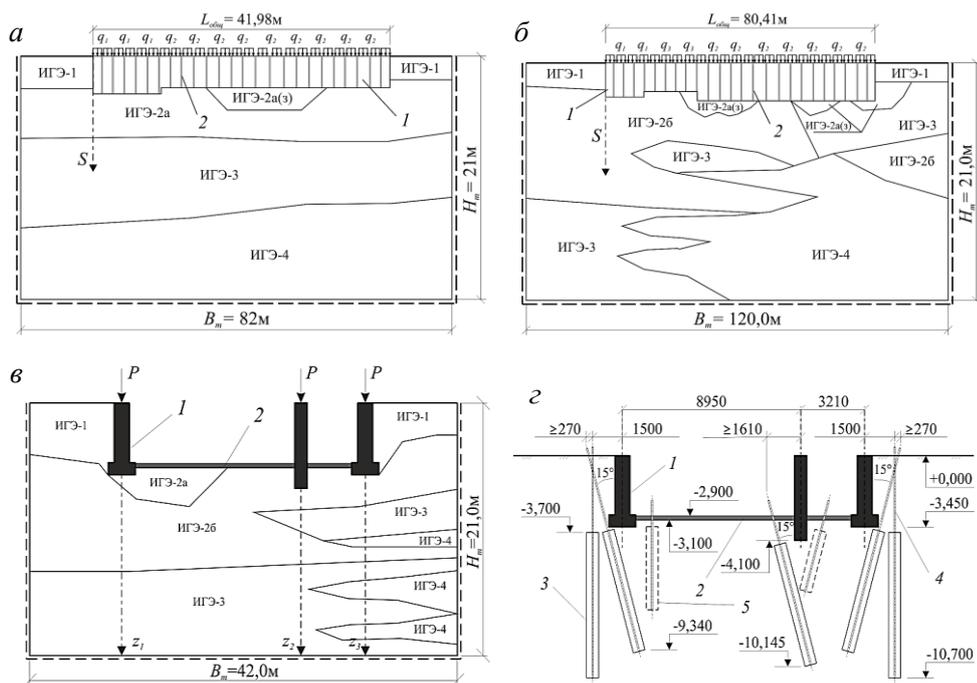


Рис. 3. Схемы продольных базовых моделей вдоль западного (а) и северного (б) фасадов здания, поперечной локальной модели (в) и схема закрепления грунтов основания (г):
 1 – фундамент; 2 – пол подвала; 3 – зона закрепления; 4 – иньектор; 5 – дополнительные зоны закрепления

Вторым объектом исследования являлось административно-бытовое здание, представляющее собой комплекс из двух объединенных корпусов (рис. 4).

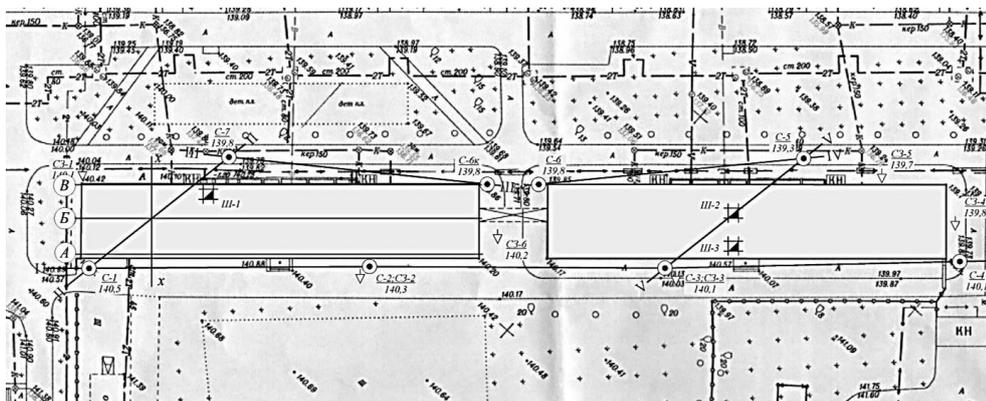


Рис. 4. Топографический план местности

Инженерно-геологические изыскания, результаты которых приведены на рис. 5, выявили наличие просадочных суглинков и современных техноген-

ных отложений, распространенных на всей площадке, имеющих низкие физико-механические свойства (табл. 2).

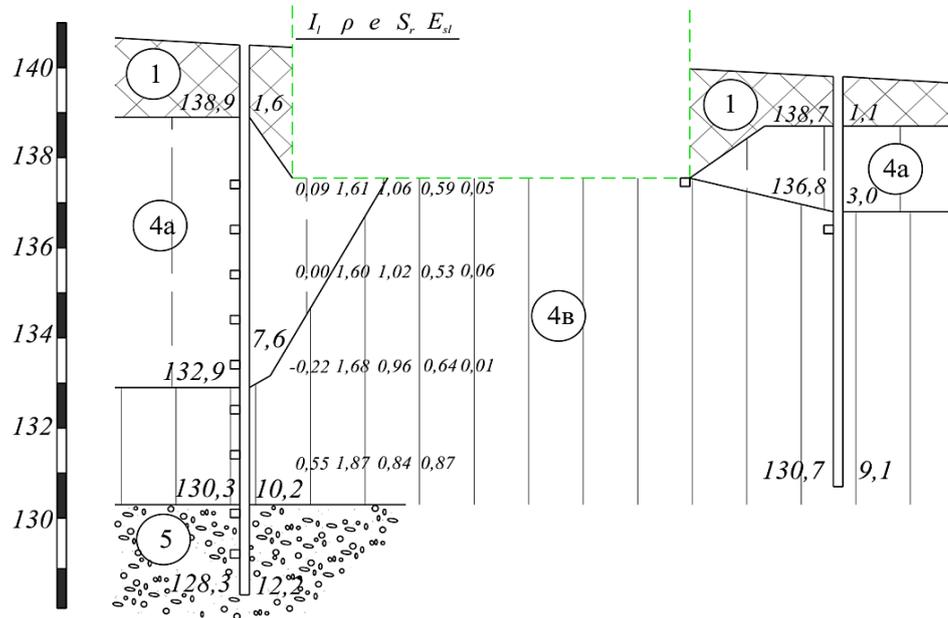


Рис. 5. Инженерно-геологический разрез:
1, 4а, 4в, 5 – основные инженерно-геологические элементы

Таблица 2

Физико-механические свойства ИГЭ

№ ИГЭ	Плотность частиц грунта ρ_s , г/см ³	Плотность грунта ρ , г/см ³	Плотность сухого грунта ρ_d , г/см ³	Коэффициент пористости e , д.е.	Коэффициент водонасыщения S_r , д.е.	Модуль деформации E , МПа	Угол внутреннего трения φ , град	Сцепление C , кПа
4а	2,7	1,61	1,35	1,00	0,75	9,5	17	25
4в	2,7	1,88	1,49	0,81	0,87	11,9	12	27,3
5	2,7	1,81	1,50	0,79	0,7	24,1	22	23

Проведенный геомеханический прогноз показал, что оседания неоднородного грунтового основания в наибольшей мере проявляются в зонах техногенных отложений ($x = 4,5-7,5$ м) (рис. 6).

Представленные результаты получены на компьютерных моделях естественного грунтового основания (рис. 7), а также в результате его укрепления по специально разработанной схеме закрепления (рис. 8).

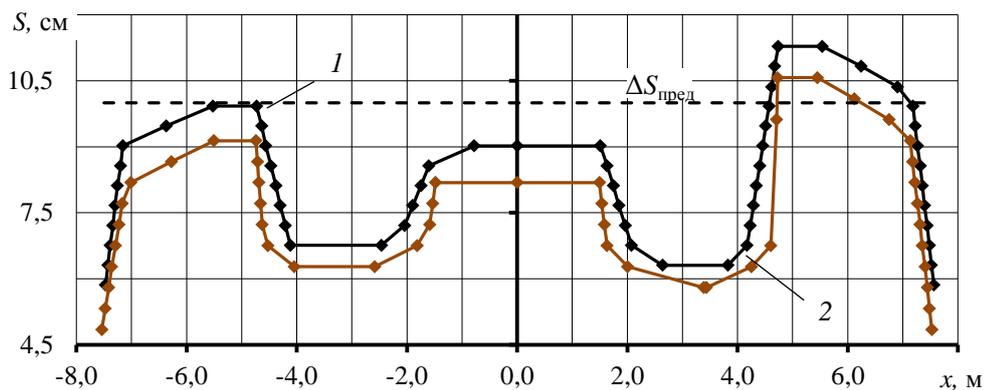


Рис. 6. Зависимости распределения вертикальных оседаний S вдоль поперечной оси x :
 1 – в естественном массиве; 2 – в искусственном массиве; $\Delta S_{\text{пред}}$ – предельное допустимое оседание

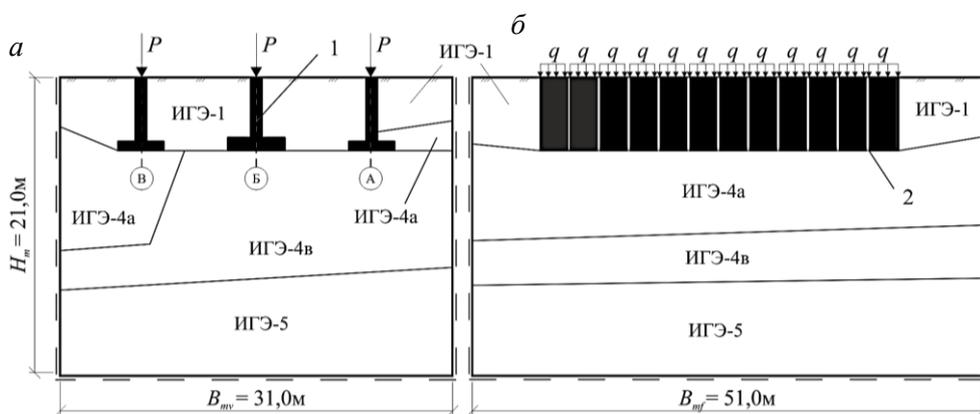


Рис. 7. Схема базовых моделей в поперечном (а) и продольном (б) профилях здания:
 1 – фундамент; 2 – шов деформации

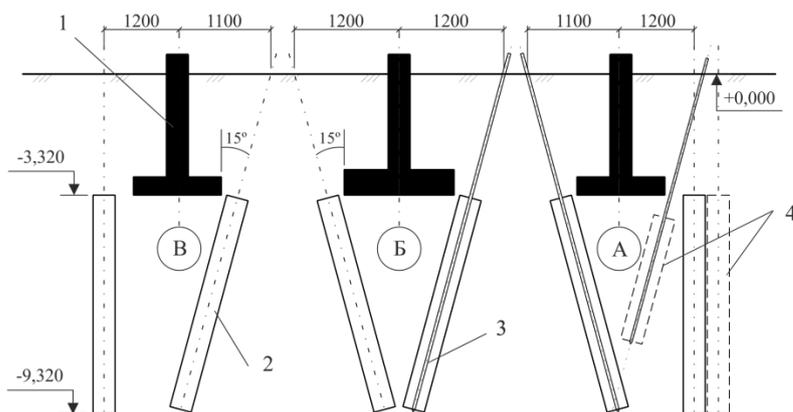


Рис. 8. Схема закрепления грунтов основания в поперечном сечении:
 1 – фундамент; 2 – зона закрепления; 3 – инъектор; 4 – дополнительные инъекторы

Для представленных объектов проведен анализ влияния техногенного преобразования грунтового основания на сейсмичность, основанный на описанной выше методике. Результаты геомеханического прогноза при $K = 1,2$ представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты анализа

Наименование объекта	Величина осадок грунтового основания до закрепления, см	Величина осадок грунтового основания после закрепления, см	Величина приращения сейсмической интенсивности за счет различия грунтовых условий
По максимальным значениям оседаний			
Объект 1, вдоль западного фасада	21,34	5,946	-0,529516
Объект 1, вдоль северного фасада	15,30	6,470	-0,378228
Объект 2	11,30	10,57	-0,090334
По осредненным значениям оседаний			
Объект 1, вдоль западного фасада	13,24	5,39	-0,392016
Объект 1, вдоль северного фасада	10,25	4,20	-0,389658
Объект 2	8,11	7,27	-0,108175

Таким образом, проведенные авторами исследования методом математического моделирования и выполненные расчеты позволяют сделать следующие выводы:

1. Инъекционное укрепление грунтовых оснований сооружений при наличии разуплотненных и влагонасыщенных зон обеспечивает снижение сейсмичности более чем на 0,5 балла при пиковых значениях оседаний, а при осредненных значениях – более чем на 0,3 балла.

2. Предложенную методику оценки сейсмичности территории по данным инженерно-геологических изысканий и численного моделирования геомеханического состояния массива при стандартных нагрузках целесообразно использовать для уточнения границ сейсмических зон на картах ОСР.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Yakovlev D.V., Lazarevich T.I., Tsirel S.V. Natural and induced seismic activity in Kuzbass // Journal of Mining Science. 2013. V. 49. P. 862–872.
2. Брыксин А.А., Селезнев В.С. Влияние техногенных факторов на сейсмичность районов Кузбасса и озера Байкал // Геология и геофизика. 2012. Т. 3. № 3. С. 399–405.
3. Shabarov A.N., Tsirel S.V., Morozov K.V., Rasskazov I.Yu. Concept of integrated geodynamic monitoring in underground mining // Gornyi Zhurnal. 2017. V. 9. P. 120–134.

4. Масаев Ю.А. и др. Массовые взрывы при добыче угля открытым способом и их влияние на сейсмические проявления в Кузбассе // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2016. № 4. С. 48–54.
5. Еманов А.Ф. и др. Сейсмические активизации при разработке угля в Кузбассе // Физическая мезомеханика. 2009. № 12. С. 37–43.
6. Еманов А.А., Еманов А.Ф., Фатеев А.В., Лескова Е.В. Техногенная сейсмическая активизация на юге Кузбасса (п. Малиновка) // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2017. № 3. Т. 2. С. 66–71.
7. Ибрагимов М.И., Семкин В.В., Шапошников А.В. Цементация грунтов инъекцией растворов в строительстве. Москва : Изд-во АСВ, 2017. 266 с.
8. Простов С.М., Pokatilov A.V., Rudkovskiy D.I. Электрохимическое закрепление грунтов / РАЕН. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2011. 294 с.
9. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. Москва : Недра, 1987. 221 с.
10. Зуевская Н.В., Дворник С.А. и др. Изменение напряжено-деформированного состояния грунтов при устройстве глубоких выемок // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. 2011. № 38.
11. Бондарев В.И. и др. Рекомендации по применению сейсмической разведки для изучения физико-механических свойств рыхлых грунтов в естественном залегании для строительных целей. Москва, 1974. 142 с.
12. Сердюков А.С., Яблоков А.В., Чернышов Г.С. и др. Методы сейсмических исследований водонасыщенности грунтов и горных пород с использованием поверхностных волн // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2016. Т. 1. № 3. С. 185–190.
13. Простов С.М., Хямяляйнен В.А., Герасимов О.В. Комплексный мониторинг процессов высоконапорной инъекции грунтов / РАЕН. Кемерово ; Москва : Издательское объединение «Российские университеты»: Кузбассвуиздат. – АСТП, 2006. 94 с.
14. Sokolov M., Prostov S., Kharitonov I. Geomechanical Substantiation of the Parameters of Injection Fixing of the Soil Bases During the Liquidation of the Emergency Condition of the Structure // E3S Web Conference. 3rd International Innovative Mining Symposium. 2018. V. 41. Article 01009. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184101009>
15. Соколов М.В., Простов С.М. Геомеханическое обоснование параметров инъекционного закрепления неоднородного неустойчивого грунтового основания здания // Вестник КузГТУ. 2017. № 3. С. 37–44.

REFERENCES

1. Yakovlev D.V., Lazarevich T.I., Tsirel S.V. Natural and induced seismic activity in Kuzbass. *Journal of Mining Science*. 2013. V. 49. Pp. 862–872.
2. Bryksin A.A., Seleznev V.S. Vliyanie tekhnogennykh faktorov na seismichnost' raionov Kuzbassa ozera Baikal [Influence of technogenic factors on seismicity of the Kuzbass regions of Lake Baikal]. *Geologiya i geofizika*. 2012. V. 3. No. 3. Pp. 399–405. (rus)
3. Shabarov A.N., Tsirel S.V., Morozov K.V., Rasskazov I.Yu. Concept of integrated geodynamic monitoring in underground mining. *Gornyi Zhurnal*. 2017. V. 9. Pp. 120–134.
4. Masaev Yu.A., et al. Massovye vzryvy pri dobyche uglya otkryтым способом i ikh vliyanie na seismicheskie proyavleniya v Kuzbasse [Mass explosions during open pit coal mining and their impact on seismic manifestations in Kuzbass]. *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noi promyshlennosti*. 2016. No. 4. Pp. 48–54. (rus)
5. Emanov A.F., et al. Seismicheskie aktivizatsii pri razrabotke uglya v Kuzbasse [Seismic activation during coal mining in Kuzbass]. *Fizicheskaya mezomekhanika*. 2009. No. 12. Pp. 37–43. (rus)
6. Emanov A.A., Emanov A.F., Fateev A.V., Leskova E.V. Tekhnogennaya seismicheskaya aktivizatsiya na yuge Kuzbassa (p. Malinovka) [Technogenic seismic activation in the south of Kuzbass (Malinovka settlement)]. *Interexpo Geo-Sibir'*. 2017. No. 3. V. 2. Pp. 66–71. (rus)
7. Ibragimov M.I., Semkin V.V., Shaposhnikov A.V. Tsementatsiya gruntov in"ektsiei rastvorov v stroitel'stve [Cementation of soils by solution injection]. Moscow: ASV, 2017. 266 p. (rus)
8. Prostov S.M., Pokatilov A.V., Rudkovskiy D.I. Elektrokhimicheskoe zakreplenie gruntov [Electrochemical soil fixation]. Tomsk: TSU, 2011. 294 p. (rus)
9. Fadeev A.B. Metod konechnykh elementov v geomekhanike [Finite element method in geomechanics]. Moscow: Nedra, 1987. 221 p. (rus)

10. Zuevskaya N.V., Yardnick S.A., et al. Izmenenie napryazheno-deformirovannogo sostoyaniya gruntov pri ustroistve glubokikh vyemok [Stress-strain state of soils during deep excavations]. *Nauka i progress transporta. Vestnik Dnepropetrovskogo natsional'nogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta*. 2011. No. 38. (rus)
11. Bondarev V.I., et al. Rekomendatsii po primeneniyu seismicheskoi razvedki dlya izucheniya fiziko-mekhanicheskikh svoystv rykhlykh gruntov v estestvennom zaleganii dlya stroitel'nykh tselei [Recommendations on the use of seismic exploration for studying physical and mechanical properties of loose soils in natural occurrence for construction purposes]. Moscow: 1974. 142 p. (rus)
12. Serdyukov A.S., Yablokov A.V., Chernyshov G.S., et al. Metody seismicheskikh issledovaniy vodonasyshchennosti gruntov i gornykh porod s ispol'zovaniem poverkhnostnykh voln [Seismic studies of water saturation of soils and rocks using surface waves]. *Fundamental'nye i prikladnye voprosy gornykh nauk*. 2016. V. 1. No. 3. Pp. 185–190. (rus)
13. Prostov S.M., Härmäläinen V.A., Gerasimov O.V. Kompleksnyi monitoring protsessov vysokonapornoi in'ektsii gruntov [Monitoring of high-pressure injection process of soils]. Kemerovo; Moscow: Russian Universitie; Kuzbassvuzizdat, 2006. 94 p. (rus)
14. Sokolov M., Prostov S., Kharitonov I. Geomechanical substantiation of the parameters of injection fixing of the soil bases during the liquidation of the emergency condition of the structure. *Proc. 3rd Int. Innovative Mining Symposium*. 2018. V. 41. DOI: 10.1051/e3sconf/20184101009
15. Sokolov M.V., Prostov S.M. Geomekhanicheskoe obosnovanie parametrov in'ektsionnogo zakrepleniya neodnorodnogo neustoichivogo gruntovogo osnovaniya zdaniya [Geomechanical substantiation of injection fixation parameters of unstable subgrade soil]. *Vestnik KuzGTU*. 2017. No. 3. Pp. 37–44. (rus)

Сведения об авторах

Соколов Михаил Валерьевич, доцент, канд. техн. наук, Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, smv.ad@kuzstu.ru

Простов Сергей Михайлович, профессор, докт. техн. наук, Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, psm.kem@mail.ru

Герасимов Олег Васильевич, доцент, канд. техн. наук, Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, gerasimov@noocentr.com

Authors Details

Mikhail V. Sokolov, PhD, A/Professor, Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennyaya Str., 650000, Kemerovo, Russia, 650000, smv.ad@kuzstu.ru

Sergei M. Prostov, DSc, Professor, Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennyaya Str., 650000, Kemerovo, Russia, 650000, psm.kem@mail.ru

Oleg V. Gerasimov, PhD, A/Professor, Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennyaya Str., 650000, Kemerovo, Russia, 650000, gerasimov@noocentr.com