Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Томский государственный
архитектурно-строительный университет

ВЕСТНИК

ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА

Том 22

№ 2 2020

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
Киайа 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
Кумпяк О.Г., докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой железобетонных конструкций ТГАСУ, советник РААСН; *kumpyak@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; *morozov@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 № 2 – 2020
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 25.04.2020. Формат 70×108/16. Гарнитура Таймс.
Уч.-изд. л. 13,71. Усл. печ. л. 16,28. Тираж 200 экз.
Зак. № 59.

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, 2020

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

VESTNIK
TOMSKOGO GOSUDARSTVENNOGO
ARKHITEKTURNO-STROITEL'NOGO UNIVERSITETA

JOURNAL
OF CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Volume 22

№ 2 2020

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; *pavel.akimov@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; *niitag@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); *esaulovgv@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; *cvrkost@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@spbgasu.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. Plachidi 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; *niisf@niisf.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 № 2 – 2020
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: 25.04.2020. Paper size: 70×108/16. Typeface: Times New Roman
Published sheets: 13,71. Conventional printed sheets: 16,28. Print run: 200 copies
Order N 59.

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, 2020

С О Д Е Р Ж А Н И Е

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

Ситникова Е.В. Становление и развитие архитектуры сёл бывшей Кетской волости (ТГАСУ, г. Томск) 9
Паршуков Д.С., Ремарчук С.М. Этапы развития архитектурного стиля Bio-Tech и его характерные отличительные особенности (ТГАСУ, г. Томск) 29
Сидоренко Н.Р. Черты советского модернизма в архитектуре объектов общественного питания 1960–1980-х гг. в Ростове-на-Дону (ААИ ЮФУ, г. Ростов-на-Дону) 42
Алавси В.А.К., Молчанов В.М. Оценка характеристик архитектурной выразительности фасадов экологических многоэтажных жилых комплексов (ЮФУ, г. Ростов-на-Дону) 55
Гайдук М.Ю., Ситникова Е.В. Роль купечества в формировании застройки городов Западной Сибири в XIX – начале XX века (на примере Тюмени и Тобольска) (ТГАСУ, г. Томск) 72
Шагаева О.А., Царёв В.И. Храм или Дворец молодежи: поиски идеального мироустройства (ИАиД СФУ, г. Красноярск, НИИТИАГ РААСН, г. Москва) 90

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Тишков Н.Л., Степаненко А.Н., Шипелев И.Л., Устименко М.Б. Совершенствование конструкции стальной двутавровой балки с тонкой поперечно-гофрированной стенкой (ТОГУ, г. Хабаровск) 104

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Скрипникова Н.К., Григоревская Д.К., Семеновых М.А. Исследование влияния зольных микросфер на свойства керамических изделий (ТГАСУ, г. Томск) 112

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Лукашевич О.Д. Идеи Г.М. Рогова и его научной школы в работах по геоэкологическим, инженерно-геологическим и гидрогеологическим проблемам Западной Сибири (ТГАСУ, г. Томск) 120
Матвиенко О.В., Базуев В.П., Черкасов И.С., Асеева А.Е. Исследование гидравлических характеристик потока водно-песчаной суспензии в трубе (ТГАСУ, НИ ТГУ, г. Томск) 129

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Ющубе С.В., Подшивалов И.И. Моделирование напряженно-деформированного состояния свайного фундамента с плитным ростверком высотного здания с учетом недопогружения свай (ТГАСУ, г. Томск) 145

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

Максимов Л.И., Миронов В.В. Совершенствование технологии получения высокодисперсных порошков металлического железа из осадка станции обезжелезивания (ТИУ, г. Тюмень) 162

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

Поляков С.Ю. Совершенствование конструкции проезжей части металлических мостов с учетом особенностей характера работы одежды ездового полотна (СГУПС, г. Новосибирск) 174

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

Ляхович Л.С. 7 апреля 2020 г. исполняется 90 лет со дня рождения Геннадия Маркеловича Рогова… (ТГАСУ, г. Томск) 185

C O N T E N T S

ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING

Sitnikova E.V. Formation and development of rural architecture in the former Ketskaya volost (Tomsk) 9

Parshukov D.S., Remarchuk S.M. Bio-tech architecture development and its characteristics (Tomsk) 29

Sidorenko N.R. Soviet modernism in architecture of public catering facilities in Rostov-on-Don in the 1960–1980s (Rostov-on-Don) 42

Alawsi W.A.K., Molchanov V.M. Facade architecture of eco-friendly residential clusters (Rostov-on-Don) 55

Gaydouk M.Yu., Sitnikova E.V. Merchants in develompent of Siberian cities in the 19–20th centures (the Tyumen and Tobolsk case studies) (Tomsk) 72

Shagaeva O.A., Tsarev V.I. Church or palace of youth: search for perfect world order (Krasnoyarsk, Moscow) 90

BUILDING AND CONSTRUCTION

Tishkov N.L., Stepanenko A.N., Shipelev I.L., Ustimenko M.B. Structural improvement of steel I-beam with thin transversely corrugated wall (Khabarovsk) 104

CONSTRUCTION TECHNOLOGY AND MANAGEMENT

Skripnikova N.K, Grigorevskaya D.K., Semenovykh M.A. The influence of ash microspheres on ceramic properties (Tomsk) 112

WATER SUPPLY, SEWERAGE, BUILDING SYSTEMS OF WATER RESOURCE PROTECTION

Lukashevich O.D. G.M. Rogov's scientific school ideas in geoecological, geotechnical and hydro-geological problems of West Siberia (Tomsk) 120

Matvienko O.V., Bazuev V.P., Cherkasov I.S., Aseeva A.E. Hydraulic properties of sand slurry flow in a pipe (Tomsk) 129

BASES, FOUNDATIONS AND SUBSTRUCTURES

Yushchube S.V., Podshivalov I.I. Modeling of stress-strain state of high-rise building pile raft foundation with incomplete pile installation (Tomsk) 145

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

Maksimov L.I., Mironov V.V. Technology improvement of high-dispersive metallic iron powders based on sediments of iron removal station (Tyumen) 162

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

Polyakov S.Yu. Improvement of metal bridge roadway structure depending on deck pavement operating behavior (Novosibirsk) 174

АРХИТЕКТУРА
И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 72.035 DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-9-28

Е.В. СИТНИКОВА,
Томский государственный архитектурно-строительный университет

СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ АРХИТЕКТУРЫ СЁЛ БЫВШЕЙ КЕТСКОЙ ВОЛОСТИ*

В статье рассматривается историко-культурное наследие сёл бывшей Кетской волости, входящих в настоящее время в состав Томской области. Изучены этапы формирования Кетского острога и архитектура крупных населенных пунктов бывшей Кетской волости – с. Тогура и с. Новоильинка. Актуальность исследования обусловлена малой изученностью ценного историко-культурного наследия сел Томской области и проблемами сохранения исторических поселений на уровне отдельных регионов страны.

Цель исследования – изучение истории становления и развития архитектуры сел бывшей Кетской волости, входящих в настоящее время в состав Томской области.

В процессе работы использовались 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 крупных населенных пунктов бывшей Кетской волости, ранее не изученного и не опубликованного. Методологической и теоретической основой исследования являются теоретические труды историков и архитекторов, касающиеся исследуемого вопроса и приведенные в библиографическом списке настоящей статьи, а также материалы натурного исследования, проведённые автором статьи в 2019 г. в рамках работы над грантом.

В результате установлено, что историко-культурное наследие сел бывшей Кетской волости имеет богатую историю разных временных периодов, здесь сохранилась историческая застройка, представляющая историко-культурную ценность, в том числе культовые постройки в с. Тогур и с. Новоильинка. Градостроительная планировочная структура сёл отражает принципы проектирования и строительства XVIII в., подчиненные естественному рельефу местности. Богатое природное окружение придаёт этой территории особый колорит.

Ключевые слова: Кетск; Кетская волость; Кетский острог; сельская архитектура; село Тогур; село Ново-Ильинское; историко-культурное наследие.

* 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.».

© Ситникова Е.В., 2020

Для цитирования: Ситникова Е.В. Становление и развитие архитектуры сёл бывшей Кетской волости // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 2. С. 9–28.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-9-28

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

FORMATION AND DEVELOPMENT OF RURAL ARCHITECTURE IN THE FORMER KETSKAYA VOLOST

The article considers the historical and cultural heritage of villages of the former Ketskaya volost, which is currently a part of the Tomsk region. The formation of Ketsky prison and the architecture of large settlements of the former Ketskaya volost are studied. Little is known about the historical and cultural heritage of villages of the Tomsk region and the problems of preserving historical settlements of the country.

The aim of this work is to study the formation and development of the village architecture of the former Ketskaya volost, currently included in the Tomsk region.

The following scientific methods are used: a critical analysis of the literature, comparative architectural analysis and systems analysis of information, creative synthesis of the findings. The obtained results can be used in preparation of lectures, reports and communication on the history of the Siberian architecture.

The scientific novelty is a study of the historical and cultural heritage of large settlements of the former Ketskaya volost, which has not been studied and published before. The methodological and theoretical basis of the study is theoretical works of historians and architects regarding the issue under study as well as the previous author's work in the field.

It is found that the historical and cultural heritage of the villages of the former Ketskaya volost has a rich history. Old historical buildings, including religious ones are preserved in villages of Togur and Novoilinka. The urban planning of the villages reflects the design and construction principles of the 18th century. The rich natural environment gives this area a special touch.

Keywords: Ketskaya volost; Ketskii ostrog; rural architecture; Togur village; Novo-Ilyinskaya village; historical and cultural heritage.

For citation: 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.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-9-28

Настоящее исследование является продолжением комплексного изучения историко-культурного наследия Сибирского региона. В результате слаженной работы историков и архитекторов уже опубликованы научные труды, получившие широкое признание, такие как монография 2008 г. «Сибирское купечество и формирование архитектурного облика г. Томска в XIX – начале XX в.» (авторы: В.П. Бойко, Е.В. Ситникова) [1], комплексная монография 2011 г. «Архитектура городов Томской губернии и сибирское купечество (XVII – начало XX века). Томск, Бийск, Барнаул, Кузнецк, Колывань, Камень-на-Оби, Нарым, Мариинск, Новониколаевск» (авторы: В.П. Бойко, Е.В. Ситникова, Н.В. Шагов, О.В. Богданова, В.Г. Залесов, Т.Н. Манонина) [2], монография 2017 г. «Формирование архитектурного облика городов Западной Сибири в XVII – начале XX в. и местное купечество (Тобольск, Тюмень, Томск, Тара, Омск, Каинск)»

(авторы: В.П. Бойко, Е.В. Ситникова, О.В. Богданова, Н.В. Шагов) [3]. В своих исследованиях авторы изучают формирование и функционирование сибирских городов и анализируют роль предпринимателей в формировании их архитектурного облика. Помимо комплексных монографий, автором опубликован ряд статей в научном журнале «Вестник ТГАСУ», посвящённых историко-культурному наследию отдельных городов Западной Сибири: «Архитектурный облик старинного сибирского города Тобольска», 2013 г. [4], «Вклад тюменского купечества в формирование культового зодчества г. Тюмени», 2016 г. (авторы: Е.В. Ситникова, М.Ю. Пухлякова) [5], «Деревянная архитектура Тюмени конца XIX – начала XX в.», 2018 г. (авторы: Е.В. Ситникова, М.Ю. Пухлякова) [6] и др. Также научные доклады по исследуемой теме регулярно публикуются в сборниках материалов Всероссийской конференции «Сибирское купечество: истоки, деятельность, наследие», например «Формирование архитектурного облика г. Каинска под влиянием местного купечества», 2017 г. [7]. Хочется отметить тот факт, что наряду с крупными городами (Тюмень, Томск, Омск, Кузнецк (совр. Новокузнецк), Новониколаевск (совр. Новосибирск) авторы рассматривают архитектурное наследие и малых городов (Колывань, Камень-на-Оби, Тара, Каинск), а также с. Нарым, имевшего статус города до 1925 г. Такие небольшие населенные пункты в большей степени сохранили свою идентичность, включая исторически ценные градоформирующие объекты в сочетании с природным ландшафтом местности, благодаря которым с. Нарым в 2019 г. присвоили статус исторического поселения регионального значения.

Историко-культурное наследие сельских поселений, ведущих отсчёт своего существования с VII–VIII вв., представляет несомненную ценность как свидетельство важного этапа в истории русской архитектуры и градостроительства. В настоящее время в связи с реальной угрозой полного исчезновения отдельных сельских населённых пунктов, таких как с. Кетское Томской области, все более востребованными становятся исследования архитектуры сохранившихся исторических сельских поселений на уровне отдельных регионов страны.

Сведения о первых русских поселениях в Сибири отражены в трудах как дореволюционных авторов: Г. Миллера в справочном издании «История Сибири» (1750–1763) и П.Н. Буцинского в записках «К истории Сибири. Кетск и Кетский уезд (1602–1654)» (1893), так и современных исследователей, таких как А.Я. Яковлев, Д.Я. Резун, И.Р. Соколовский и др. Большинство авторов рассматривают исторические и градостроительные аспекты формирования острогов. Отдельные труды посвящены изучению сельской архитектуры. Здесь можно отметить работы Е.А. Ащепкова, Н.В. Шагова, Ю.С. Ушакова, Ю.А. Шепелева и других авторов. Однако архитектура многих исторических поселений, ещё сохранивших ценное историко-культурное наследие, остаётся малоизученной, тогда как процент утраты исторической застройки всё возрастает. В настоящем исследовании предлагается более подробно рассмотреть села бывшей Кетской волости – Тогур и Новоильинку, сохранившие до настоящего времени историческую планировочную структуру и интересные архитектурные объекты.

Первым русским городом на территории современной Томской области был Кетск. Основанный на левом берегу р. Кети, Кетский острог являлся

форпостом в продвижении русских на восток Сибири. Кетские казаки разведывали земли по берегам Кети, Чулыма, Енисея и были первыми строителями Енисейского острога. Кеткий острог выполнял значимую функцию обеспечения безопасной связи Томска с Нарымом, а также через него осуществлялась связь с Енисейском и Красноярском.

Исследователи Сибири Д.Я. Резун и И.Р. Соколовский утверждают, что Кетской острог переносился и перестраивался не менее 5 раз: 1-й острог на р. Кети был основан в 1596 г., в 1602 г. перенесен восточнее существовавшего села Кетского, в 1608 г. вновь перенесен вниз по реке, в 1612 г. сдвинут ближе к устью. Острог имел форму прямоугольника, длина которого составляла 15 саженей, ширина – 8,5 саженей. Этот острог был полностью уничтожен во время пожара в 1627 г. К началу 1630-х гг. острог был отстроен на новом месте рядом с пепелищем и представлял собой прямоугольник длиной 15 саженей и шириной 9,4 саженей, со стенами высотой около 3 саженей; по углам располагались 2 жилые башни [2].

Версия русского историка-архивиста, исследователя Сибири П.Н. Буцинского несколько другая. Опираясь на архивные документы, он считает датой основания первого Кетского острога 1602 г. В своих записках, изданных в журнале Императорского Харьковского университета в 1893 г., он пишет следующее: «После строительства Нарымского острога в 1596 г. нарымские служилые люди стали продвигаться по Кети к её верховьям, облагая ясаком всех инородцев, живущих на этом пути. В 1602 г. при сургутском воеводе Якове Боритинском произошел общий бунт нарымских остяков, а также нижне- и верхнекетских местных жителей. Бунт был усмирен в том же году, и тогда же, вероятно, построен Кетский острог для того, чтобы держать в повиновении верхнекетские волости. Первый Кетский отрог находился в верховьях Кети, в Енисейском уезде Урнуковой волости. Тогда Кетский уезд был довольно обширным, и количество ясака было громадное: в 1605 г. царю Дмитрию Ивановичу кетский воевода прислал более 70 сороков соболей, более сотни бобров, несколько десятков лисиц, ярцев, кошлаков и соболиных шуб» [3].

Также П.Н. Буцинский отмечает, что в 1610 г. Кетский острог уже находился на новом месте, ближе к устью Кети. Поводом к перенесению острога была трудная доставка туда хлебных запасов, т. к. в верховьях Кети из-за мелководья не могли плавать большие суда. Новый острог представлял собой небольшую крепость по длине 15 саж. и по ширине 7,5 саж. Однако новое место оказалось неудачным, берег р. Кети, на котором разместили острог, постепенно подмывался водой, к 1612 г. река уже угрожала острожной стене. Тогда кетский голова Гр. Елизаров писал боярам: «В прошлом году в Кетском остроге вешнею водою отмыло берег по самый острог… и осталось берегу сажени полторы. Но в нынешнем 1612 г. и те полторы сажени отмыло по самые ворота и казачью избу. Я велел перенести ворота на другую сторону, а впредь на новый год кетскому острогу в том месте стоять невозможно… И сургутские служилые люди говорили в Москве, что Кетск, как и Нарым, стоят “не у места”, что эти остроги следует разорить и построить на новых местах». Но исследователь считает, что Кетский острог оставался на том же месте в течение всего XVII в., т. е. там, где находилось с. Кетское (рис. 1).

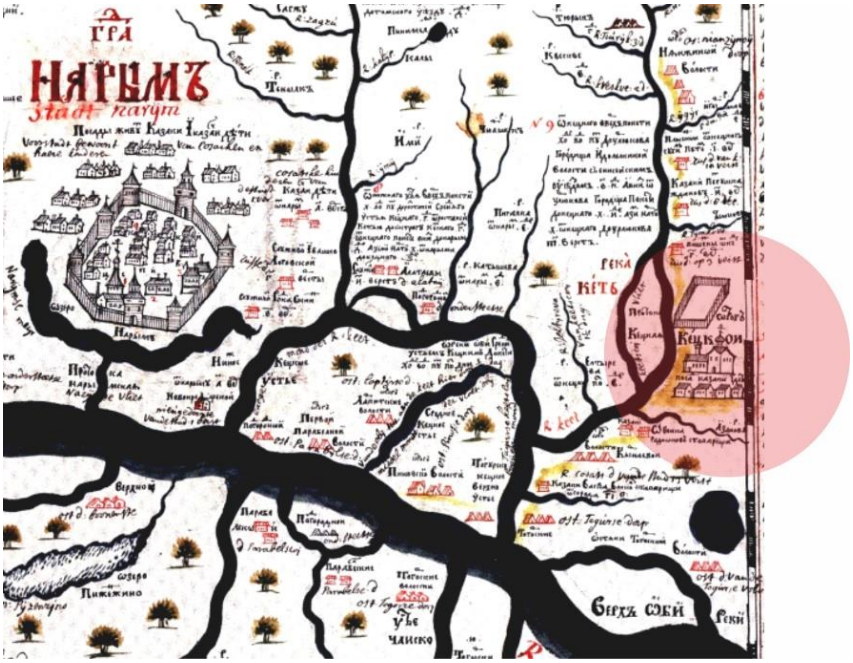


Рис. 1. Город Кецкой. Фрагмент карты С. Ремезова конца XVII – начала XVIII в. «Чертёж земли Нарымского города»

Из архивных документов известно, что в 1627 г. при воеводе Иване Кологривове Кетск весь сгорел. Его преемник Даниил Полтев об этом писал в Тобольск следующее: «Велено мне быть на службе в Сибири в Кетском остроге на место Ивана Кологривова… и я приехал в Кетский острог на пустое место, острог сгорел весь без остатка, не осталось ни одной хоромины, а сгорел острог за три недели до моего приезда 1627 г. 29 июля, и в те три недели Иван Колмогоров лесу на острог не приготовил ничего…» Даниил Полтев построил новый острог на том же левом берегу р. Кети, на плоскоместье. С речной стороны яр, а острог делался вверх три сажени без локтя, брёвна ставлены иглою (перпендикулярно), в длину 15 саж., в ширину 9 саж., в нижней стене по углам поставлены две избы, и на одной из них сделал караул. В остроге поставил амбары для всякой государственной казны – пороху, свинцу, хлеба и денег. Население острога составляли кроме 20 сургутских годовальщиков сторож, палач, воротник и толмач. С построением церкви во имя св. Троицы в нем появились поп, дьячок, пономарь и просвирница. Других жителей в нем не было. В 1641 г. в Кетске построена новая церковь, также во имя св. Троицы и с приделом пр. о. Михаила [3].

С переносом Кетска на новое место ясачный сбор значительно уменьшился. А с основанием Енисейского острога к нему отписали две верхнекетские волости – Пумпокольскую с князем Урнуком и Кадижскую с князем Номаком. Так что за Кетском осталось шесть инородческих волостей, все они находились на Кети и населены были остяками. В 1625 г. ясачных людей в этих волостях было всего 130 человек, платившихъ в государеву казну по 11 соболей с человека, всего ясака за год собрано чуть более 36 сороков соболей, по

московской оценке на 1200 руб. Затем число ясачных инородцев в Кетском уезде постепенно уменьшалось, к 1645 г. оставалось 90 человек.

Надо отметить, что Кетский острог с самого начала был «небольшим и малоторговым городом». Главная его функция – сбор ясака, но пушнина здесь была не очень хорошего качества. На кетской городской печати 1635 г. была изображена рысь, а около вырезано: «Печать государева земли Сибирские Кетцкого города». В 1640-х гг. в Кецке поселили 16 крестьянских семей. И хотя хлебопашество было сопряжено с рядом трудностей, к концу XVII – началу XVIII в. острог уже смог обеспечивать себя хлебом [2].

Российский историограф немецкого происхождения Г.Ф. Миллер так описал острог середины XVIII в.: «Кецкой острог, на южном берегу предыдущей протоки, в 5 верстах от ее нижнего устья и в 6 верстах по прямой дороге от Шириховой, а от Нарыма, согласно одному имеющемуся здесь в канцелярии известию, в 201 промеренной версте. Здесь имеется маленький четырехугольный острог со сторонами примерно в 20 саженей с двумя башнями, одна из которых стоит на углу со стороны реки, а другая – над воротами с верхней материковой стороны. В остроге имеются: жилище приказчика, канцелярия и 3 амбара. Рядом с острогом, с его верхней стороны, имеется церковь Живоначальной Троицы с домами жителей, которые все являются служилыми и разночинцами и составляют 20 дворов. Кецкий острог издавна имел собственных воевод, присылаемых из Москвы. Однако с 1669 г. он стал зависимым от Нарыма и ежегодно сюда стали присылаться приказчиками нарымские дети боярские или служилые». Такому описанию соответствует изображение Кецкого острога, выполненное кондуктором инженерного корпуса Иваном Бишевым в середине XVIII в. (рис. 2).

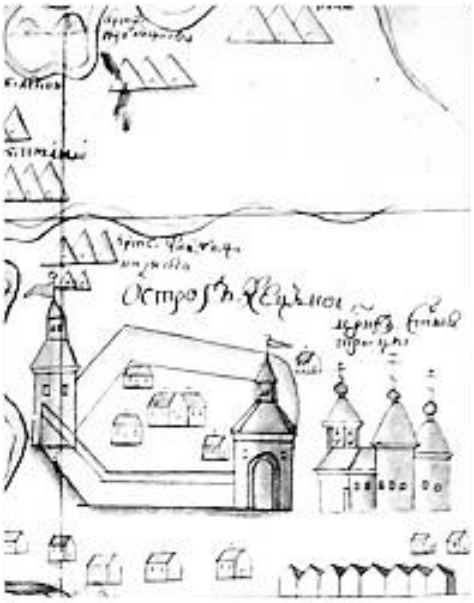


Рис. 2. Острог Кецкой и церковь св. Троицы. Рисунок И. Бишева середины XVIII в. ЦГАВМФ

Кетский острог на протяжении XVII–XVIII вв. располагался на оживленной транспортной артерии, являясь одним из пунктов этого пути. Так как Кеть долгое время была основной восточной дорогой россиян, и Кетск повидал многое: царские посольства в Китай, возглавляемые в 1678 г. Н.Г. Спафарием и в 1692 г. И. Идесом, ответный визит в 1712 г. китайского принца Карапуччра, командора В. Беринга и др. С середины XVIII в., когда основные транспортные пути сдвинулись на юг и сменились сухопутными, Кетский острог полностью потерял свое значение и актуальность. Но ещё в XVIII в., в память о былых заслугах, местное население считало его городом. Таким образом, можно констатировать следующее: с 1602 по 1764 г. Кетск был центром самостоятельного уезда, с 1765 г. – центром Кетской волости Нарымского уезда, затем селом Кетское Колпашевского района Томской области.

Первый храм во имя Святой Живоначальной Троицы в Кетске появился в 1612 г., сгорел во время пожара 1627 г. С 1641 г. действовала вторая церковь (строилась с 1628 г.), также во имя Живоначальной Троицы. Эта церковь была двухпридельной: второй престол – во имя Николая Чудотворца. В 1662 г. она обрушилась из-за того, что р. Кеть подмыла берег. Третья Троицкая церковь в Кетском была отстроена уже в 1675 г. (упоминалась в «Путешествии в Китай» Н.М. Спафария). В 1804 г. построена новая двухпрестольная церковь с колокольней; впоследствии она также сгорела. Последний храм был построен в 1863 г. вместо сгоревшей, возведена новая, деревянная однопрестольная церковь во имя Сисполкомвятой Живоначальной Троицы. Прихожан обоего пола на 1914 г. было 2199 душ. Состав прихода: с. Кетское Томского уезда, деревни Усть-речка в 4 в., Малопанова – 8 в., Типсина – 12 в., Пушкарёва – 15 в., Дунаева – 30 в., Курья – 4 в., Мохова – 10 в., Юдина – 12 в., Атяева – 15 в., Комарова – 18 в., Панова – 20 в.; юрты Артабаевы – 9 в., Ильдейские – 17 в., Тайные – 32 в., Боркины – 52 в., Ганькины – 80 в. В приходе существовало церковно-приходское попечительство (с 1902 г.) [4]. С 1931 г. прекратились церковные службы. Распоряжением Исполкома Новосибирского областного Совета депутатов трудящихся от 3 февраля 1941 г. храм был закрыт.

В конце XIX в. в с. Кетском насчитывалось 17 жилых домов, имелась школа. Население составляло 103 чел., занимавшихся звероловством и рыболовством. В 1910–1911 гг. в с. Кетском по материалам статистико-экономического исследования проживало 114 чел., из них грамотных было всего 12 [5].

Со временем вокруг Кетска стало формироваться старожильческое население. Это были бывшие служилые люди: Колпашниковы, Анисимовы, Ждановы, Пановы, Волковы, Майковы, Мунголины, Родюковы, Устиновы, Воиновы, Баташковы – выходцы из разных мест России: Устюга Великого, Нижнего Новгорода, Ярославля, Владимира, Твери, Москвы, Пскова, Тулы… Пополнялось постепенно русское население Кетска и его уезда и вольными поселенцами – теми, кто самостоятельно уходил или бежал в Сибирь, ища в таежном краю лучшей для себя доли. К таким поселенцам в Кетском уезде относились Яковлевы, Даниловы, Васильевы, Фатеевы [6].

Исследователь Прикетья Ю.К. Рассамахин, опираясь на архивные документы 1670-х гг., отмечает, что в Кетском уезде зафиксировано наличие ссыльных крестьян князя Бориса Ивановича Троекурова из Московской губернии

(Барышевых, Трифоновых, Нестеровых, Бобылевых) и князя Юрия Никитича Борятинского из Калужской, ссыльных «опальных» людей из Москвы, Мурома, Устюга Великого, Соли Вычегодской и других. Расселяясь по своим заимкам, служилые люди, вольнопоселенцы и, в некоторых случаях, ссыльные становились основателями большинства сел и деревень Прикетья. Новые населенные пункты часто получали названия по именам своих первопоселенцев. А коренных жителей этой местности – селькупов вплоть до начала XX в. называли «инородцы».

Село Тогур

Наиболее крупным и значимым поселением Кетской волости являлось с. Тогур – одно из старейших поселений Сибири, расположенное при впадении р. Кети в Обь, в восьми километрах от г. Колпашево. Основание поселения принято считать от первого упоминания его в письменных источниках, так в архивных документах обозначен 1610 г. как год образования Тогурской волости. Однако известно, что это место было населено ещё до прихода туда русских. Так, в своей книге «Тогур» историк и краевед Я.А. Яковлев, ссылаясь на материалы историко-статистического очерка «Нарымский край» А.Ф. Плотникова (1901), упоминает о селькупском поселении «Керенанъ-Этъ» (Тогурская юрта), стоявшем на месте Тогура.

Селькупские легенды рассказывают о том, что с приходом русских местные жители бросили обжитое место и бежали, образовав новые юрточные поселения – Конеровы, Езенгины, Испаевы, Островные. Только на Конеровский остров бежало около 200 чел. Князцем крепости Киринан-Этт был Арач, который предпочёл уйти с верными людьми в глубь тайги, чем подчиниться новой власти и вере. Тогда как новый князец Итку (от него идет распространение тогурской фамилии Иткумовых), наоборот, всячески способствовал крещению своих единоверцев, чем заслужил расположение русской администрации [7].

Удобное месторасположение Тогура было отмечено ещё в 1611 г. служилыми людьми Нарымского и Кетского острогов, когда те пострадали от подмывания водой и решили перебраться на новое более удобное место (рис. 3). Они обратились в Москву с челобитной, чтоб «…их бы служилых людей, пожаловати – Нарымский и Кетский острог оставить, а поставить город или острог в Кетском устье на Раздоре (Тогурском) на левой стороне Оби… а место угоже, и крепко, и рыбно, и пашенка невелика есть, и лугов много, а где стояти городу, и то место высоко, большая вода не понимает, и места от рек с обе стороны не отмывает…». Но в том же году кетский воевода Григорий Елизаров отписал в Тобольск обоснования нежелательности переноса своего острога в устье Кети. Он указал на то, что многие селькупские поселения в верховьях Кети труднодоступны для сбора ясака и увеличивается возможность военного сговора остяков (селькупов) с тунгусами (эвенкам) [3]. В результате чего строительство острога в Тогуре не было осуществлено.

Г.Ф. Миллер в своих «Путевых описаниях Сибири» в 1740 г. отметил следующие особенности поселения: «Дер. Тогурская, или Савелова, на восточном берегу, в 15 верстах от Калпашниковой; относится к Кецкому острогу. Имеет 9 дворов, среди которых 4 служилых, остальные – разночинцев. Тогурское

устье, по-остяцки Tarin-ang, рукав текущей здесь поблизости реки Кети, устье которого находится недалеко от предыдущей деревни, но таким образом, что весной и ранним летом, когда вода в Оби выше, чем в реке Кети, течение идет из Оби в Кеть и лишь ранней осенью идет назад. Дистанция между обеими реками здесь по прямой дороге по суше составляет 6 верст» [8].

Рис. 3. Тогур и окрестности. Фрагмент карты С. Ремезова конца XVII – начала XVIII в. «Чертёж земли Нарымского города»

Тогур с 1610 г. был центром инородческой волости Нарымского уезда, а с 1680 г. вошёл в Кетскую волость, которая приблизительно соответствовала территории современного Колпашевского района. В 1822 г. Тогур возглавил Тогурское воеводство, а с 1842 г. – Кетскую волость Томского округа.

В 1910–1911 гг. в с. Тогур по материалам статистико-экономического исследования было 121 хозяйство, проживало 748 чел., из них грамотных было 74 и учащихся 42 [5]. На 1911 г. в Тогуре имелись: казенная винная лавка, земско-обывательская станция, хлебозапасный магазин, 2 торговые лавки, водяная мельница. Ежегодно в мае – июне действовала крупная ярмарка по торговле пушниной, добытой за зиму.

Первая церковь в с. Тогурском, по материалам клировой ведомости о Воскресенской церкви села Тогурского за 1903 г., была построена по просьбе прихожан в 1766 г. (по другим данным – в 1761 г.) на основании грамоты митрополита Тобольского и Сибирского, святителя Павла (Конюскевича). Она была деревянной, с одним престолом. Освящение состоялось в 1776 г. Церковь простояла почти 30 лет, но около 1795 г. сгорела. Ближайшей к Тогуру (в 50 верстах) была Троицкая церковь в Кетске. Поездки туда были связаны с большими хлопотами и доставляли жителям массу неудобств. Тогда тогурчане решили построить

новый каменный храм, который соответствовал бы все возрастающей роли поселения, принявшего в 1761 г. статус села, а со временем ставшего центром волости. В 1818 г. в Тогуре было закончено строительство нового храма, возведённого из кирпича и оштукатуренного под белый камень (рис. 4).

Архитектура храма традиционна для каменного зодчества Томской области конца XVIII – начала XIX в. Это в основном церкви в стилистике сибирского барокко (рис. 5). По своим объемно-планировочным решениям церковь имеет сходные очертания с Казанской церковью Богородице-Алексеевского монастыря в г. Томске, возведённой в 1776–1789 гг. Несмотря на её пятиглавие, можно отметить квадратный в плане бесстолпный объем храма, перекрытый сводчатым куполом с лёгким фонарным барабаном и небольшой главкой, а также многоярусную колокольню, представляющую конструкцию – восьмерик на четверике, завершающуюся невысоким шатром со шпилем. Тогда, на рубеже XVIII – XIX вв., в окрестностях Томска ряд деревянных церквей были перестроены в каменные – в с. Ярском (1773), Спасском (1790), Богородском (1801) в 53 верстах от Томска и Семилуженском (1808) в 30 верстах от Томска. Каменные храмы могли себе позволить только наиболее состоятельные села или те, что имели прославленные чудотворные иконы. Из перечисленных церквей сохранилась только одна, в селе Спасском (совр. Коларово). Архитектура Спасской церкви близка к Воскресенской церкви в Тогуре. Она отличается от неё большим объёмом храма, верхний ярус которого, как и у колокольни, выполнен в виде восьмерика на четверике (рис. 6). Можно также предположить, что Тогурская церковь стала примером архитектурного решения для Крестовоздвиженской церкви в Нарыме, возведённой в 1827 г. (рис. 7).

Рис. 4. Вид на Воскресенскую церковь в с. Тогур. Фото начала XX в. из фондов Колпашевского краеведческого музея

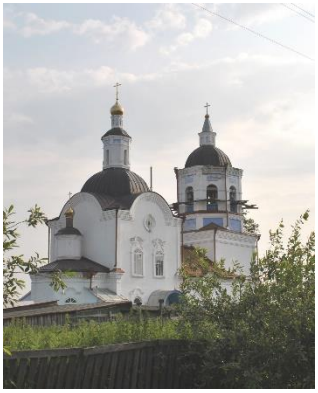


Рис. 5. Воскресенская церковь в с. Тогур. Фото Е.В. Ситниковой, 2019 г.

В 1834 г. после образования Томской епархии Тогурская церковь стала центром самостоятельного прихода, включавшего 11 деревень. Штат её состоял из одного священника и одного псаломщика. Прихожан в 1910 г. насчитывалось 3488 чел., а в 1914 г. – 3563 чел. [4]. С 1878 по 1910 г. приписным храмом к Воскресенской церкви была Петропавловская церковь в д. Колпашевой. В 1902 г. при церкви было открыто церковно-приходское попечительство.

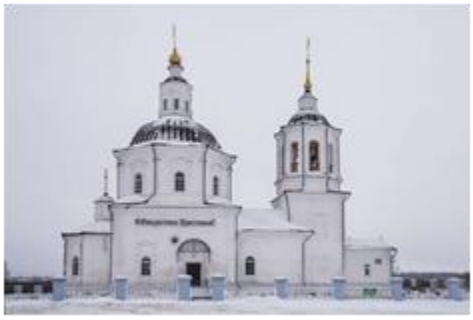


Рис. 6. Спасская церковь (1790) в с. Коларово Томской области. Фото с сайта Культура.рф

Рис. 7. Крестовоздвиженская церковь (1827) в Нарыме. Фото начала XX в.

Надо отметить, что в конце XIX – начале XX в. церковь активно выполняла ещё и образовательные функции. Так с 1896 г. Тогурский храм содержал церковную школу грамоты в д. Северной, где обучалось 13 учеников, а с 1907 г. – церковно-приходскую школу в д. Волковой. Последняя располагалась в собственном здании, там обучалось 19 учеников. В самой церкви также была библиотека, которой пользовались грамотные прихожане. В 1910 г. книжное собрание храма включало 166 наименований духовных изданий.

Церковь, чудесным образом, не была разрушена в 30–40-е гг. XX в. и на протяжении всего своего существования играла важную роль в жизни села. Так и в настоящее время Тогурский храм живёт полноценной жизнью. С 2002 г. здесь работает воскресная школа для детей на базе Тогурской начальной школы. Храм осуществляет сетевое взаимодействие с Тогурскими средней и начальной школами, сельскими библиотеками по программе духовно-нравственного воспитания. В 2013 г. была образована Колпашевская епархия. 23 марта 2014 г. епископ Колпашевский и Стрежевской Силуан совершил Божественную литургию в храме и объявил прихожанам о новом статусе Тогурского храма: Воскресенская церковь становится архиерейским подворьем.

Помимо практических функций церковь выполняет и важную градостроительную роль, являясь главной архитектурной доминантой села. Она возвышается над окружающей застройкой и формирует красивые панорамы из разных точек села, а также просматривается с живописных лугов Тогурской протоки (рис. 8).

Планировочная структура села подчинена природно-географическим факторам – возвышенности, на которой расположена застройка, и устьем р. Кети при впадении её в Обь. Это одно из распространённых мест основания населённых пунктов, в таких местах традиционно ставились остроги.

Историческая застройка Тогура сосредоточена в основном вдоль Тогурской протоки – старого русла р. Оби, на ул. Сибирской и Советской, вблизи Воскресенской церкви. Это одно-, двухэтажные деревянные жилые усадебные дома под высокими вальмовыми крышами, первоначально крытыми тёсом. Большинство домов рублены «в обло», без обшивки. Из декоративного убранства – только фигурные наличники в целом простого очертания, однако

завершающиеся барочными волютами и украшенные в навершии плоским накладным растительным орнаментом. Надо отметить, что на многих домах наличники идентичны, возможно, выполнены они одной артелью строителей.

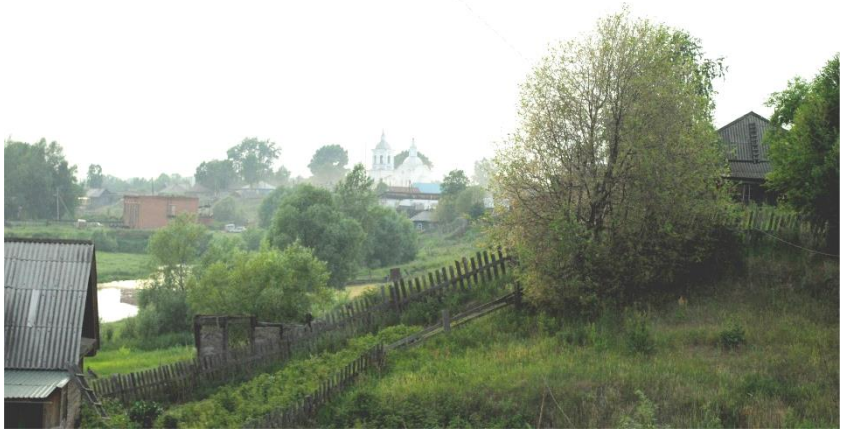


Рис. 8. Воскресенская церковь в панораме Тогура. Фото Е.В. Ситниковой, 2012 г.

Особый интерес представляет жилой дом на ул. Сибирской, 105. Это один из самых старых домов Тогура. Половина его разобрана, но оставшаяся часть имеет хорошую сохранность: подлинные оконные наличники и заполнения, подшивка карниза с большим выносом и даже тесовая крыша (частично восстановленная хозяевами). С дворового фасада, противоположного главному, примыкает прируб, крытый крутой односкатной крышей по слегам – традиционный приём в русском деревянном зодчестве. Можно также отметить, что первый этаж по высоте ниже второго и имеет более простые наличники со ставнями. Наличники окон второго этажа – единственное украшение дома. Они имеют хорошие пропорции и лаконичный резной декор, навершия их традиционно завершаются барочными волютами (рис. 9).

Рис. 9. Жилой дом на ул. Сибирской, 105, в с. Тогур . Фото Е.В. Ситниковой, 2019 г.

Жилой дом по ул. Советской, 19, имеет черты городской деревянной архитектуры благодаря красивому модульонному карнизу – элементу, заимствованному у классицистической каменной архитектуры и имеющему, в данном случае, чисто декоративное значение (рис. 10).

Довольно редкой постройкой является дом на ул. Советской, 36. Его крутая двухскатная крыша выполнена по типу самцово-слеговой конструкции и покрыта тёсом (рис. 11). Такие крыши широко применялись в жилых и хозяйственных постройках русских усадеб XVIII в.

Рис. 10. Жилой дом на ул. Советской, 19, в с. Тогур. Фото Е.В. Ситниковой, 2019 г.

Рис. 11. Дом на ул. Советской, 36, в с. Тогур. Фото Е.В. Ситниковой, 2019 г.

Природный потенциал Тогура складывается из следующих топонимов: заливные луга равнинных таёжных рек Оби и Кети, долины которых характеризуются сильной степенью заболоченности и малым количеством земель, пригодных для земледелия; лесные массивы представлены как темнохвойной тайгой, так и смешанными лиственными лесами; на водоразделах залегают так называемые зандровые пески – свидетели ледникового периода; характер рельефа – равнинный, поверхность преимущественно плоская, местами заболоченная; почвы здесь песчанистые, со слабым развитием дернового и подзолообразовательного процессов, они формируются под покровом смешанных хвойно-лиственных и сосновых лесов с хорошо развитым мохово-травянистым покровом.

Ближайшее окружение Тогура – это заливные луга рек Оби и Кети, благодаря возвышенности, на которой располагается село, из разных точек можно наблюдать прекрасные панорамы с далеко просматриваемой перспективой.

Село Ново-Ильинское

Довольно известным и процветающим населённым пунктом Кетской волости Нарымского уезда являлась казённая деревня Ново-Ильинское, по данным списка населенных мест Сибирского края, основанная в 1806 г. [9] и расположенная в 343 верстах от Томска (ныне с. Новоильинка Колпашевского района). Место расположения села выбрано традиционное – на слиянии двух рек. Поселение растянулось вдоль р. Матьянги, впадающей поблизости в протоку – Новоильинскую старицу, так было названо прежнее русло р. Оби.

По списку населенных мест Российский империи на 1859 г. деревня Ново-Ильинское (Новое) на р. Оби числится в Тогурском отделении

Нарымского края Томского округа (рис. 12). В ней 45 дворов, 345 жителей, православная церковь, почтовая станция [10]. По данным памятной книжки Томской губернии 1885 г. с. Ново-Ильинское относилось к 5-му полицейскому участку Томского округа [11].

В 1910–1911 гг. в с. Ново-Ильинское, по материалам статистико-экономического исследования, было 95 хозяйств, проживало уже 645 жителей, из них грамотных было 75 чел. и 27 учащихся, а также детей школьного возраста – 52 [5]. На 1926 г. с. Ново-Ильинское (Новая деревня) относится к Колпашевскому району. В нем 132 двора, 546 жителей, сельсовет, школа и изба-читальня [9].

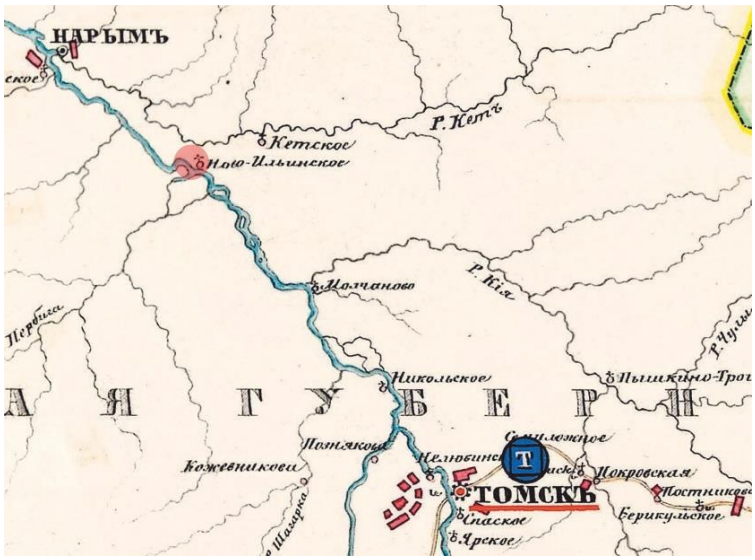


Рис. 12. Село Ново-Ильинское на карте 1858 г. Фрагмент карты земель Сибирского линейного казачьего войска и отдельных: Тобольскаго и Томскаго конных полков Тобольского пешаго батальона в Западной Сибири

Сосланный в село в 1867 г. Николай Петрович Григоровский описывал Ново-Ильинское того времени так: «Село растянулось в длину на несколько верст с верстовыми и более промежутками на высоком материчном берегу. Эти промежутки разделяют село на несколько деревень – где пять домов, где восемь, а где и более, – каждая из этих деревень носит особое название. Собственно, само село, т. е. где находится церковь, имеет домов восемнадцать и расположено на загибе материчного берега к старице… Церковь в селе деревянная, старая, построенная лет сорок назад, когда-то выкрашенная охрою, но красива, с приличною оградой, где возвышаются несколько могильных холмиков, и даже поставлены два каменных памятника. Тут же за церковью, рядом с церковной оградой, находится и кладбище» [12]. Деревни, входившие в состав села, назывались – Заречка, Бобылевка, Романовка, Белый Яр, Федоровка, Новоильинка. В селе была водяная мельница. В 1884 г. открыли одноклассную начальную школу. Такие школы называли министерскими училищами, т. к. они подчинялись Министерству народного просвещения. В них был трех- или четырёхлетний курс обучения.

Преподавали закон божий, чтение, русский язык, арифметику, географию, историю. Такие предметы называли отчизноведением [13].

Упомянутая Н.П. Григоровским церковь была построена в Ново-Ильинском в 1841 г. на средства крестьянина Григория Медведева. Церковь деревянная во имя святого пророка Ильи, выполнена по образцовому проекту в стиле классицизм (рис. 13).

В 1902 г. в селе был построен новый деревянный храм также во имя святого пророка Ильи и организовано церковно-приходское попечительство [4]. Новая церковь выполнена в традициях сибирского барокко. Церковь имела один придел, обшита тесом, окрашена, крыта железом; с такой же колокольней (рис. 14). К церкви был приписан молитвенный дом в пос. Воргачвор (с 1910 г.). Имелись церковно-приходские школы в юртах Баранаковых (с 1896 г.), в пос. Ворга Чвор (с 1912 г.). В приходе в 1902 г. организовано церковно-приходское попечительство. В 1932 г. Постановлением ЗСКИКа № 2706 от 23 апреля церковь была закрыта, а здание отдано под клуб (по другим документам – под квартиры), имущество реализовано через финорганы.

Рис. 13. Политссыльные Н.И. Рыбин и В.И. Осипов на фоне церкви во имя святого пророка Ильи (1841) в с. Ново-Ильинское. Фото 1908 г. из фондов Колпашевского краеведческого музея

Рис. 14. Пророко-Ильинская церковь (1902) в с. Ново-Ильинское. Фрагмент фото 1931 г. из фондов Колпашевского краеведческого музея

По исторической фотографии 1907 г. «Праздник в с. Новоильинское» из архива Колпашевского краеведческого музея можно видеть, что на начало XX в. в селе существовало одновременно две церкви – старая 1841 г. и новая 1902 г. (рис. 15). Застройка села вся деревянная одно-, двухэтажная, избы и хозяйственные постройки крыты тесовыми крышами. Церкви возвышались над обывательскими постройками и являлись акцентами в панораме села. Особый колорит поселению придают живописные пейзажи с заливными лугами, притоками Оби и изгибами протоки – Новоильинской старицы.

Рис. 15. Праздник в с. Ново-Ильинское. На панораме видно две церкви: на дальнем плане – старая церковь 1841 г., в центре – новая 1902 г. Фрагмент фото 1907 г. из фондов Колпашевского краеведческого музея

Состав населения Новоильинки на начало XX в. формировали русские старожилы, ясашные инородцы и ссыльнопоселенцы. Одним из самых известных жителей села был сосланный из Удмуртии в 1867 г. Николай Петрович Григоровский. Работая лесничим, он был обвинён в служебных нарушениях и сослан в с. Новое Нарымского края (ныне Новоильинка Колпашевского района Томской области). В далёком сибирском селе Н.П. Григоровский увлёкся преподавательской деятельностью, изучением местных обычаев и языка. С 1870 г. печатался в бюллетени Западно-Сибирского отделения Русского географического общества «Записки ЗСОРГО». С 1878 г. получил свободу перемещения, но остался в Нарымском крае. В 1879 г. опубликовал в Казани через православное миссионерское общество первую азбуку селькупского языка. В 1882 г. по линии ЗСОРГО участвовал в экспедиции исследования Васюганской тундры. Скончался и похоронен в с. Новоильинка Колпашевского района.

В рассказах и очерках Н.П. Григоровского о Нарымском крае описаны быт и обычаи местного населения, в том числе упомянуто и о с. Ново-Ильинском. Так, в рассказе «Крестьянская свадьба» главными действующими лицами являлись реальные жители села – семья Трифоновых, сведения о которых подтверждаются записями в метрических книгах Пророко-Ильинской церкви. Один из членов семьи Трифоновых, Феоктист Андреевич погиб во время Великой Отечественной войны в сражениях на белорусской земле в г. Речица и стал посмертно Героем Советского Союза. Местные жители с. Новоильинка чтут память о коренном жителе села, здесь сохранилось здание бывшей школы, в которой учился Ф.А. Трифонов, и жилой дом.

В советское время главными предприятиями села были колхоз и ферма, на которых и работала основная часть населения, давая рекордные результаты. В настоящее время в селе проживает около 300 чел., 90 детей до 18 лет и 51 пенсионер. Работает небольшая ферма.

Из исторической застройки сохранилась перестроенная церковь 1902 г., в ней размещается детский досуговый центр, избирательный участок, отделение почты России и администрация села. В перестроенном объекте хорошо выделяется первоначальная структура храма, новые объёмы примыкают перпендикулярно к исторической постройке с двух сторон. Из-за малого роста культурного слоя хорошо сохранился кирпичный цоколь, наружные стены с первоначальной обшивкой и даже пилястры со скромным декором. Объем храма сохранился в уровне первого этажа, перекрытого сейчас двухскатной крышей. Верхние ярусы храма и колокольни утрачены (рис. 16).

Рис. 16. Перестроенная Пророко-Ильинская церковь, в настоящее время используется под общественные функции с. Новоильинка. Вид со стороны алтарной части и фрагмент стены с обшивкой и пилястрой. Фото Е.В. Ситниковой, 2019 г.

Интерес также представляют исторические жилые дома конца XIX – начала XX в. Например, двухэтажный деревянный дом на ул. Трифонова представляет собой традиционный шестистенок, рубленный «в обло». Высокая вальмовая крыша крыта тёсом. Дом поставлен длинным фасадом вдоль улицы, входы осуществляются через прирубы, расположенные со двора. Наличники первого этажа простого очертания с лаконичным геометрическим декором, второго этажа – более фигурные с растительным орнаментом, верхняя лобовая доска завершается стилизованным куполом (рис. 17). Дом по своим архитектурно-планировочным решениям схож с ранее рассмотренным объектом в с. Тогур на ул. Сибирской, 105 (см. рис. 9).

Большую часть исторической жилой застройки Новоильинки представляют одноэтажные деревянные жилые дома, рубленные «в обло», под вальмовыми крышами с большим карнизным выносом. Декор присутствует только на наличниках окон. Это в основном скромный растительный орнамент, иногда в сочетании с барочными волютами (рис. 18).

Окрестности Новоильинки подобны тогурским – заливные луга Новоильинской старицы и р. Матьянги формируют живописные виды, открывающиеся с разных точек села (рис. 19).

Рис. 17. Историческая застройка в с. Новоильинка. Общий вид жилого дома и фрагмент. Фото Е.В. Ситниковой, 2019 г.

Рис. 18. Исторический жилой дом на ул. Трифонова, 9, в с. Новоильинка. Фото Е.В. Ситниковой, 2019 г.

Рис. 19. Вид на сенокосные луга в с. Новоильинка. Фото Е.В. Ситниковой, 2019 г.

В результате исследования сел бывшей Кетской волости можно отметить, что эта территория имеет богатую историю разных временных периодов, здесь сохранилась историческая застройка, представляющая историко-культурную ценность, в том числе культовые постройки в с. Тогур и с. Новоильинка. Градостроительная планировочная структура сёл отражает принципы проектирования и строительства XVIII в., подчиненные естественному рельефу местности. Богатое природное окружение придаёт этой территории особый колорит, здесь во всей полноте можно ощутить широту сибирской природы. А природные богатства нефти и газы должны способствовать устойчивому развитию как Сибирского региона, так и России в целом.

Библиографический список

1. *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.

2. *Архитектура городов Томской губернии* и сибирское купечество (XVII – начало XX века). Томск, Бийск, Барнаул, Кузнецк, Колывань, Камень-на-Оби, Нарым, Мариинск, Новониколаевск / под редакцией В.П. Бойко. Томск : Изд-во Том.гос. архит.-строит. ун-та, 2011. 480 с.
3. *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.
4. *Ситникова Е.В.* Архитектурный облик старинного сибирского города Тобольска // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2013. № 4 (41). С. 100–114.
5. *Ситникова Е.В., Пухлякова М.Ю.* Вклад тюменского купечества в формирование культового зодчества г. Тюмени // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 3 (56). С. 70–81.
6. *Ситникова Е.В., Пухлякова М.Ю.* Деревянная архитектура Тюмени конца XIX – начала XX в. // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. Т. 20. № 1. С. 32–46.
7. *Ситникова Е.В.* Формирование архитектурного облика г. Каинска под влиянием местного купечества // Сибирское купечество: истоки, деятельность, наследие : материалы Второй Всероссийской научной конференции, 2017. С. 84–92.
8. *Резун Д.Я., Соколовский И.Р.* Кетский острог, Кетск // Историческая энциклопедия Сибири. 2009. URL: http://irkipedia.ru/content/ketskiy_ostrog_ketsk_istoricheskaya_enciklopediya_sibiri
9. *Буцинский П.Н.* К истории Сибири. Кетск и Кетский уезд (1602–1654) // Записки Императорского Харьковского университета: журнал. Харьков, 1893. Вып. II. С. 80–84.
10. *Справочная книга* по Томской епархии / составлена служащими консистории под руководством В.А. Карташева в январе – марте месяцах 1914 г. Томск : Товарищество «Печатня С.П. Яковлева», 1914. С. 165.
11. *Нарымский край*. Материалы статистико-экономического исследования 1910–11 гг., собранные и разработанные под руководством и редакцией В.Я. Нагнибеды. Томск, 1927.
12. *Рассамахин Ю.А.* Очерки истории Колпашевского района // Земля Колпашевская : сборник научно-популярных очерков, 2000. С. 275–415.
13. *Яковлев Я.А.* Тогур. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1993.
14. *Сибирь XVIII века* в путевых описаниях Г.Ф. Миллера. Новосибирск : Сибирский хронограф, 1996. С. 187–192.
15. *Список населенных мест Сибирского края*. Т. 2: Округа Северо-Восточной Сибири. Новосибирск, 1929. С. 78, 82.
16. *Список населенных мест Российский империи*. Вып. 60: Томская губерния: список населенных мест по сведениям 1859 года. Санкт-Петербург, 1868. С. 20, 26.
17. *Памятная книжка Томской губернии* 1885 года. Томск, 1885. С. 1, 13.
18. *Григоровский Н.П.* Очерки Нарымского края // Записки Западно-Сибирского отдела Императорского Русского географического общества. Кн. IV. Омск, 1882. С. 1–60.
19. *Плеханова Н.* Новоильинка: от основания до 200-летнего юбилея // Советский Север. 2006. № 79. 22 июня.

REFERENCES

1. *Boyko V.P., Sitnikova E.V.* Sitnikova Sibirskoye kupechestvo i formirovaniye arkhitekturnogo oblika g. Tomska v XIX – nachale XX v. [Siberian merchants and architecture the city of Tomsk in the 19th and early 20th centuries] Tomsk: TSUAB, 2008. 180 p. (rus)
2. *Boyko V.P. (Ed.)* Arkhitektura gorodov Tomskoj gubernii i sibirskoe kupechestvo (XVII – nachalo XX veka). Tomsk, Bijsk, Barnaul, Kuzneczk, Koly`van`, Kamen`-na-Obi, Nary`m, Mariinsk, Novonikolaevsk [Tomsk province architecture and Siberian merchants (17–20th centuries). Tomsk, Biysk, Barnaul, Kuznetsk, Kolyvan, Kamen-na-Obi, Narym, Mariinsk, Novonikolaevsk]. Tomsk: TSUAB, 2011. 480 p. (rus)
3. *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) [Architecture of West Siberian cities in the 17th and early

20th centuries and local merchants (Tobolsk, Tyumen, Tomsk, Tara, Omsk, Kainsk)]. Tomsk: TSUAB, 2017. 324 p. (rus)

4. *Sitnikova E.V.* Arkhitekturnyy oblik starinnogo sibirskogo goroda Tobol'ska [Architecture of the ancient Siberian city of Tobolsk]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2013. No. 4 (41). Pp. 100–114. (rus)
5. *Sitnikova E.V., Pukhlyakova M.Yu.* Vklad tyumenskogo kupechestva v formirovaniye kul'tovogo zodchestva g. Tyumeni [Contribution of tyumen merchants to the formation of church architecture in Tyumen]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2016. No. 3 (56). Pp. 70–81. (rus)
6. *Pukhlyakova M.Yu., Sitnikova E.V.* Derevyannaya arkhitektura Tyumeni kontsa XIX – nachala XX v. [Wooden architecture of Tyumen late in the 19th and early 20th centuries]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturnostroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2018. V. 20. No. 1. Pp. 32–46. (rus)
7. *Sitnikova E.V.* Formirovaniye arkhitekturnogo oblika g. Kainska pod vliyaniyem mestnogo kupechestva [The formation of the architectural appearance of Kainsk under the influence of the local merchants]. In: Sibirskoe kupechestvo: istoki, deyatel'nost', nasledie: materialy Vtoroi Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii (*Proc. 2nd All-Russ. Sci. Conf. 'Siberian Merchants: Origins, Activities, Heritage'*). 2017. Pp. 84–92. (rus)
8. *Rezun D.Ya., Sokolovskij I.R.* Ketskii ostrog, Ketsk [Ketskii ostrog, Ketsk]. Istoricheskaya entsiklopediya Sibiri, 2009 Available: http://irkipedia.ru/content/ketskiy_ostrog_ketsk_istoricheskaya_enciklopediya_sibiri_2009 (rus)
9. *Bucinskij P.N.* K istorii Sibiri. Ketsk i Ketskij uezd (1602-1654) [The history of Siberia. Ketsk and Ketsk County (1602–1654)]. Zapiski Imperatorskogo Khar'kovskogo universiteta. Kharkov, 1893. Pp. 80–84. (rus)
10. *Kartashev V.A. (Ed.)* Spravochnaya kniga po Tomskoi eparkhii [Reference book on the Tomsk-city]. Tomsk: Tovarishchestvo 'Pechatnya S.P. Yakovleva', 1914. 165 p. (rus)
11. *Nagnibeda V.Ya. (Ed.)* Narymskii krai [Narymsky region]. Materialy statistiko-ekonomicheskogo issledovaniya 1910–11 gg. Tomsk, 1927. (rus)
12. *Rassamahin Yu.A.* Ocherki istorii Kolpashevskogo rajona [Essays on the history of the Kolpashevo region]. 2000. Pp. 275–415. (rus)
13. *Yakovlev Ya.A.* Togur [Togur]. Tomsk: TSU, 1993. (rus)
14. Sibir' XVIII veka v putevyh opisaniyah G.F. Millera [Siberia in the 18th century in the travel descriptions of G.F. Miller]. Novosibirsk: Sibirskij hronograf, 1996. Pp. 187–192. (rus)
15. Spisok naselennyh mest Sibirskogo kraya. T. 2: Okruga Severo-Vostochnoj Sibiri [List of settlements of the Siberian region]. Novosibirsk, 1929. Pp. 78, 82. (rus)
16. Spisok naselennyh mest Rossijskij imperii. Vyp. 60: Tomskaya guberniya: spisok naselennyh mest po svedeniyam 1859 goda [List of popular places of the Russian Empire. Vol. 60: Tomsk province: the list of settlements in 1859]. St.-Petersburg, 1868. Pp. 20, 26. (rus)
17. Pamyatnaya knizhka Tomskoj gubernii 1885 goda [Memorial book of the Tomsk province of 1885]. Tomsk, 1885. Pp. 1, 13. (rus)
18. *Grigorovskij N.P.* Ocherki Narymskogo kraya [Essays on the Narym krai]. Zapiski Zapadno-Sibirskogo otdela Imperatorskogo Russkogo geograficheskogo obshchestva. Book IV. Omsk, 1882. Pp. 1–60. (rus)
19. *Plekhanova N.* Novoil'inka: ot osnovaniya do 200-letnego yubileya [Novoilinka: from foundation to the 200th anniversary]. *Sovetskii Sever*. 2006. No. 79. (rus)

Сведения об авторе

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

Author Details

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

УДК 72.036 DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-29-41

Д.С. ПАРШУКОВ, С.М. РЕМАРЧУК,
Томский государственный архитектурно-строительный университет

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРНОГО СТИЛЯ BIO-TECH И ЕГО ХАРАКТЕРНЫЕ ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Статья посвящена проблемам «природного» формообразования в архитектуре. К настоящему времени по этой тематике уже публиковано немало научных работ, в том числе и публикаций, посвященных «органической» архитектуре, японскому метаболизму, постмодернизму, архитектурной бионике, Hi-Tech и т. д. Отличительной особенностью данного исследования является обращение автора к стилю Bio-Tech, получившему огромную полярность в современной архитектуре.

В ходе исследования осуществлен обзор архитектурных стилей и направлений XX–XXI вв. и уточнено место стиля Bio-Tech среди других архитектурных стилей, также уточнено, как другие стили воздействовали на его возникновение и дальнейшее развитие. Выполнен обзор основных особенностей стиля Bio-Tech, и на основе сравнения с архитектурой стиля Hi-Tech были выявлены его основные отличия. Данные для общего исследования и сравнительного анализа взяты из печатных и интернет-источников, а также из собственных наблюдений за примерами практической реализации принципов Bio-Tech в произведениях современных архитекторов (Н. Фостера, Х. Сеносиана, С. Калатравы и др.).

Результаты исследования продемонстрировали широкие возможности использования стиля Bio-Tech в архитектуре самых различных зданий. Этот опыт, дополнивший наши познания в области бионического проектирования, сможет найти широкое применение в учебном, конкурсном (концептуальном) и в реальном проектировании.

Ключевые слова: «органическая» архитектура; архитектурная бионика; стиль Hi-Tech; стиль Bio-Tech.

Для цитирования: Паршуков Д.С., Ремарчук С.М. Этапы развития архитектурного стиля Bio-Tech и его характерные отличительные особенности // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 2. С. 29–41.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-29-41

D.S. PARSHUKOV, S.M. REMARCHUK,
Tomsk State University of Architecture and Building

BIO-TECH ARCHITECTURE DEVELOPMENT AND ITS CHARACTERISTICS

Design/methodology/approach. This article is devoted to the problems of natural morphogenesis in architecture. To date, many scientific papers have already been published in the field, including those devoted to organic architecture, Japanese metabolism, postmodernism, architectural bionics, hi-tech, etc. This study is the author's appeal to the bio-tech style, which has received a huge polarity in modern architecture. **Research findings.** This paper reviews and studies architectural styles and trends of the 20–21st centuries and determines the place of the bio-tech style among other architectural styles. It shown how other styles influence its appearance and further development. The review is based on a comparison of the hi- and bio-tech styles. The data for the general study and comparative analysis are taken from written and Internet sources as well as the authors' observations of the practical implementation of the bio-tech principles in the works of modern architects (N. Foster, H. Senosian, S. Calatrava). The research results demonstrate wide possibilities of using the bio-tech style in a wide variety of buildings. The obtained results can find wide application in educational, competitive (conceptual) and real design.

© Паршуков Д.С., Ремарчук С.М., 2020

Keywords: organic architecture; architectural bionics; hi-tech style; bio-tech style.

For citation: Parshukov D.S., Remarchuk S.M. Etapy razvitiya arkhitekturnogo stilya Bio-Tech i ego kharakternye otlichitel"nye osobennosti [Bio-tech architecture development and its characteristics]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2020. V. 22. No. 2. Pp. 29–41.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-29-41

Считается, что на формирование архитектурного стиля Bio-Tech оказала влияние бионика – прикладная наука, которая активно использует опыт заимствования некоторых свойств и функций живой природы при решении сложных технических вопросов. Наряду с этим считается, что Bio-Tech тесно связан с «органической» архитектурой. Эти понятия и предположения не являются точными и не могут в полной мере обеспечить понимание развития и становления стиля. Для подробного изучения данной проблемы нам необходимо обратиться к схеме развития и расположения стиля Bio-Tech среди других стилей (рис. 1).

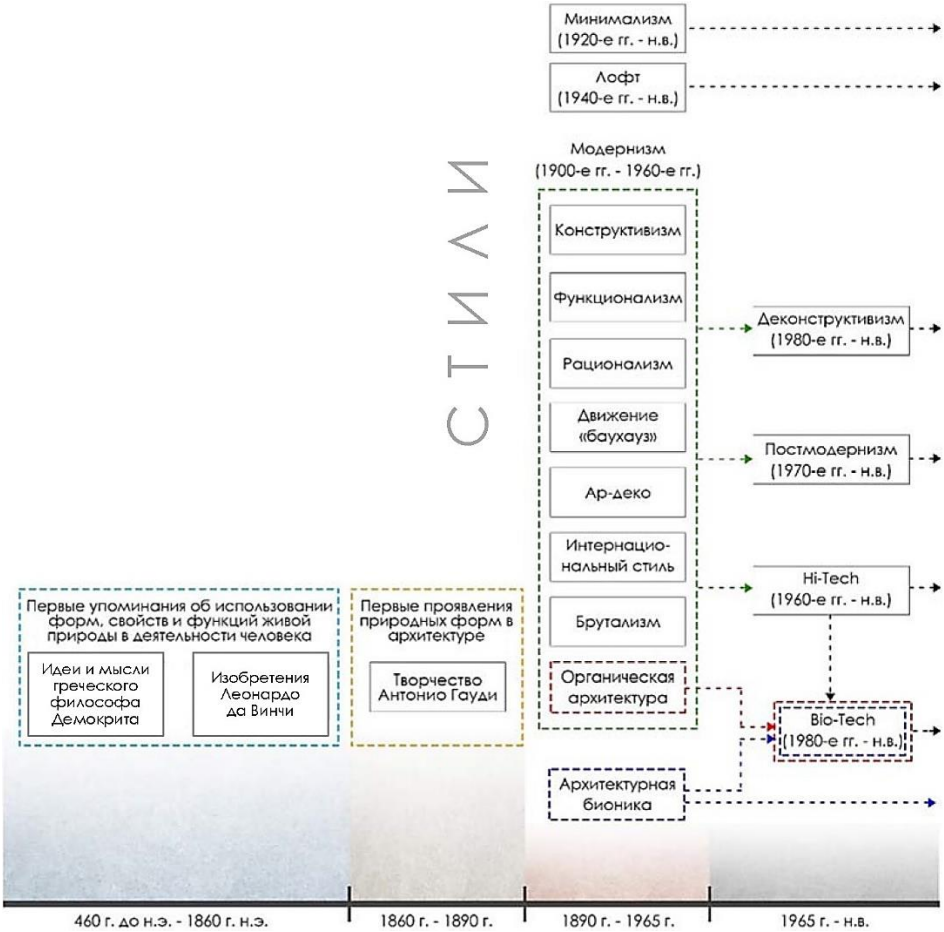


Рис. 1. Схема развития и расположения стиля Bio-Tech среди других стилей (схему выполнил Д.С. Паршуков)

Зарождение принципов взаимосвязи культурной деятельности человека и природы можно считать с умозаключений древнегреческого философа Демокрита (ок. 460–370 гг. до н. э.) Он писал: «От животных мы путем подражания научились важнейшим делам. Мы ученики паука в ткацком и портняжных ремеслах, ученики ласточки в построении жилищ...» [1]. Исходя из высказывания можно сделать вывод, что для улучшения условий своей жизни человек вынужден обращаться к природе, брать из нее все необходимое и, соответственно, взаимодействовать с ней.

Следующий реальный шаг к развитию бионического направления человек сделал в эпоху Возрождения. Принципы, характеризующие бионическое направление, использовал Леонардо да Винчи (1452–1519) при создании моделей летательных аппаратов (идея возникла в результате наблюдения ученым за полетом птиц) (рис. 2).

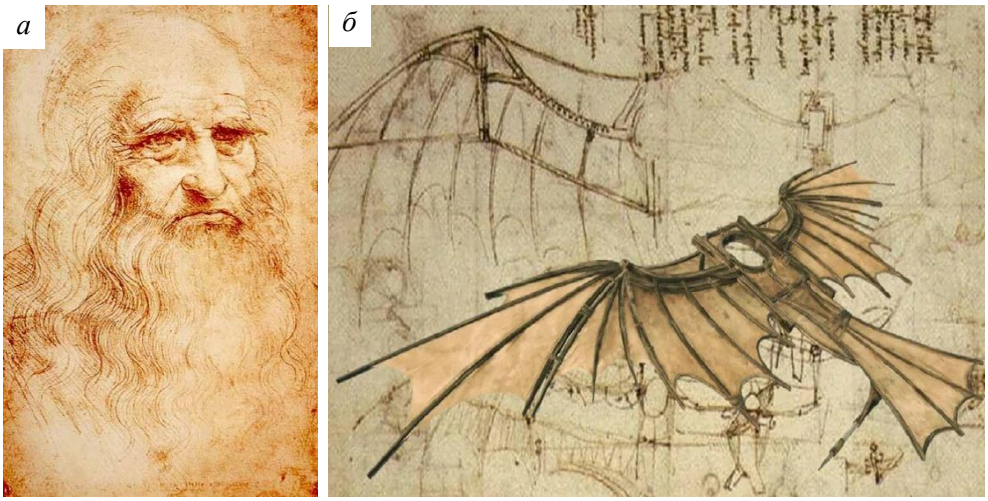


Рис. 2. Леонардо да Винчи (1452–1519). Зарисовка (*а*) (URL: https://yandex.ru/images/search?text=); летательный аппарат «орнитоптер», спроектированный Леонардо да Винчи, зарисовка + комп. модель (*б*) (URL: https://yandex.ru/images/search?text=)

Основы теории применения природных форм в архитектуре, по мнению многих исследователей, принадлежат испанскому архитектору Антонио Гауди (1852–1926) (рис. 3), в его творчестве прослеживались черты, которые не походили ни на один из существующих архитектурных стилей того времени [9]. Произошло нарушение устоявшихся традиций, появилась ярко выраженная концепция сходства стилевых черт романтизма и модерна в архитектуре с природными аналогами. В начале XX в. Парк Гюэль (1900–1914 гг.) архитектора А. Гауди считался сенсацией для европейской архитектуры. При проектировании сохранялся сложный горный ландшафт, в который была грамотно интегрирована система дорог, галерей с опорами, которые по форме походили на деревья (рис. 3).

Рис. 3. Архитектор А. Гауди Фото (*а*) (URL: https://yandex.ru/images/search?text=); колонны, по форме похожие на деревья, в парке Гюэль (Испания) (*б*) (URL: https://yandex.ru/images/search?text=)

На схеме становления стиля Bio-Tech в контексте развития архитектурной бионики и органической архитектуры (рис. 4) наиболее подробно показано формирование нового научного направления, архитектурных течений и стилей, которые оказали непосредственное влияние на появление и развитие стиля Bio-Tech в архитектуре.

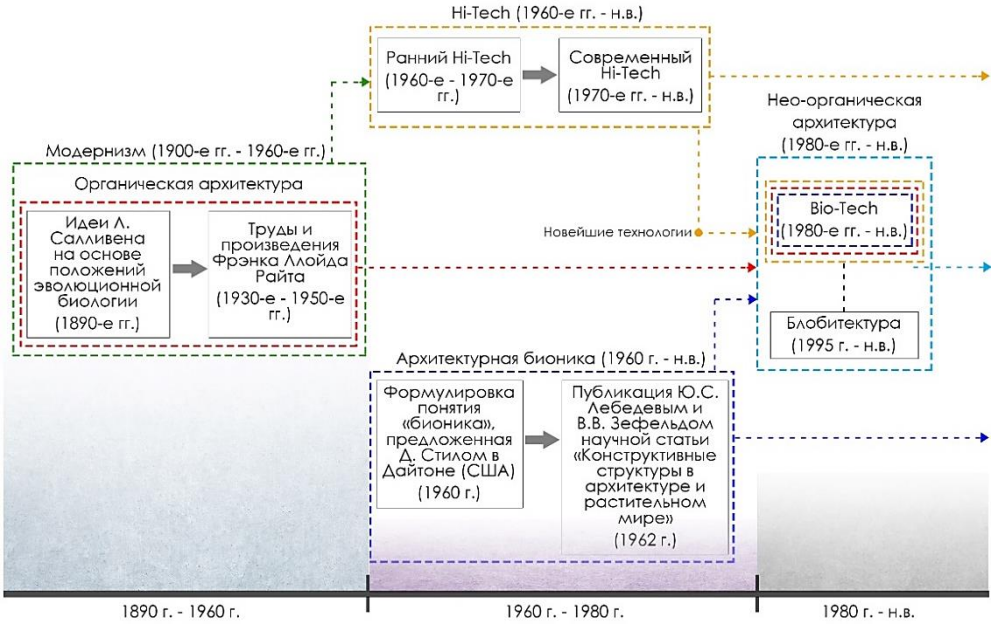


Рис. 4. Схема становления стиля Bio-Tech в контексте развития архитектурной бионики и «органической» архитектуры (схему выполнил Д.С. Паршуков)

В конце XIX в. на фоне развития эклектических архитектурных стилей появилось и начало развиваться направление «органическая архитектура». Это

направление можно считать новым течением архитектурной мысли, которое было сформулировано Луисом Салливеном (1856–1924). За основу формулировки были взяты труды и положения эволюционной биологии, созданные в 1890-е гг. Более полное воплощение определение «органическая архитектура» получило в трудах последователя Л. Салливена – Фрэнка Ллойда Райта в 1930–1950-е гг. В большинстве авторских публикаций и публичных выступлений Ф.Л. Райт именовал теорию сочетанием «organic architecture» [2]. При этом необходимо уточнить, что термин «organic» может трактоваться двумя способами:

– «органический» – обладающий живым началом или подобный природному организму;

– «органичный» (греч. harmonic, гармоничный) – имеющий глубокие корни, цельный, естественный, закономерный.

Ф.Л. Райт (1867–1959) (рис. 5) был привержен ко второму определению, первой трактовке он не придавал большого значения. Например, в интервью телевидению США он заявил: «Мы не употребляем слово «organic» в смысле «принадлежащий к растительному или животному миру». «Органичное» – значит существенное, внутреннее… целостность в философском смысле… где природа материалов, природа всего осуществляемого становится ясной, выступая как необходимость…» [2, с. 32].

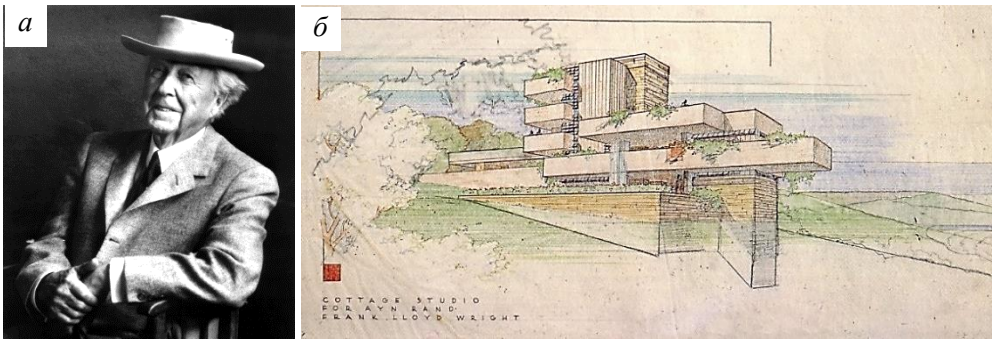


Рис. 5. Архитектор Ф.Л. Райт (1867–1959). Фото (*а*) (URL: https://yandex.ru/images/search ?text=); один из «домов прерий». Зарисовка Ф.Л. Райта (*б*) (URL: https://yandex.ru/ images/search?text=)

Ф.Л. Райт открыто поддерживал идею непрерывности пространства, созданного архитектурой, и поэтому предлагал отойти от устоявшихся принципов ярко выраженного выделения здания и его элементов на фоне окружающей среды, доминировавших в европейской архитектуре со времён эпохи Возрождения. По мнению Ф.Л. Райта, форма здания должна строиться на основе его специфических функций и назначения, а также на основе неповторимых условий природной среды, в которых это здание возводится. Из теории Ф.Л. Райта следует сделать вывод, что основной принцип, свойственный органической архитектуре, заключается не в прямом копировании свойств и функций живой природы. Принцип заключается в гармоничном взаимодействии архитектуры и природы, в органичной взаимосвязи этих двух понятий. Например, грамотное

вписывание проектируемого объекта в природный ландшафт, применение естественных материалов, озеленение фасадов, крыш. В качестве доказательства можно обратиться к реализованному творчеству Ф.Л. Райта: его «дома прерий» (рис. 5) в своем облике и функциональности выступают естественным продолжением именно той природной среды, в которой они реализованы. Такой способ можно сравнивать с развивающейся и продолжающей природу эволюционной формой естественных организмов.

В Европе представителем, активно следующим принципам «органической» архитектуры, был финский архитектор и дизайнер Алвар Хуго Хенрик Аалто (1898–1976).

Почти сразу после возникновения теории «органической» архитектуры в мире начало развиваться новое направление в научной сфере, известное как бионика. Само название «бионика» или «биомиметика» было предложено учёным из США Джеком Стилом и принято на I симпозиуме по бионике, проходившем в г. Дайтоне (США) 13 сентября 1960 г., в котором также приняли участие ученые из СССР: А.И. Берг (1893–1979), Б.С. Сотсков (1908–1972) и др. Бионике был присвоен символ: скрещенные паяльник, скальпель и знак интеграла – это союз биологии, техники и математики (рис. 6). Первыми сделали шаг в вопросе взаимосвязи архитектуры и бионики начинающие архитекторы СССР Ю.С. Лебедев (1921–1990) (рис. 6) и В.В. Зефельд.

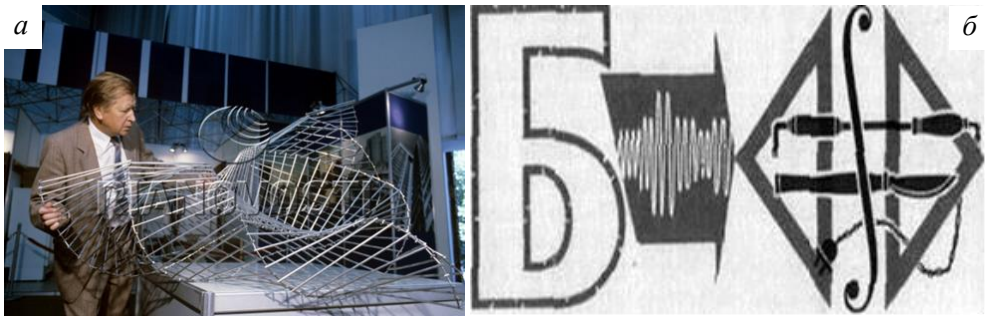


Рис. 6. Архитектор Ю.С. Лебедев. Фото (*а*) (URL: https://yandex.ru/images/search?text=); символ бионики: скрещенные паяльник, скальпель и знак интеграла. Зарисовка (*б*) (URL: https://yandex.ru/images/search?text=)

В 1962 г. ими была опубликована статья «Конструктивные структуры в архитектуре и в растительном мире» [3]. Это означало появление новой самостоятельной области в науке, которая позволяла бы решать как технические, так и архитектурные задачи. Через какое-то время эта область в науке по аналогии с технической бионикой была названа Ю.С. Лебедевым сначала «строительной бионикой», затем благодаря открывшемуся диапазону ее возможностей – «архитектурно-строительной бионикой» [4], а позже – «архитектурной бионикой» [5, 6]. В основе архитектурной бионики, как и бионики технической, стало лежать природное формообразование. Ведущим методом архитектурной бионики стал метод функциональных аналогий, который основан на сопоставлении принципов и средств формообразования архитектуры и живой природы

[7, 8,10]. В настоящее время возможности данного метода раскрыты не полностью, но благодаря энтузиазму ученых и наличию уже имеющегося практического опыта в этом направлении в России и за рубежом открываются широкие перспективы решения актуальных архитектурных проблем с помощью заимствования свойств и функций объектов живой природы.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что в отличие от принципов органической архитектуры принципы архитектурной бионики позволяют «копировать» формы и функции живой природы не только внешне, но и конструктивно.

В конце XX в. развитие «высоких» технологий привело к появлению нового стиля в архитектуре и строительстве – Hi-Tech. Крупнейшие города всего мира быстро заполонили постройки, выполненные в традициях нео-конструктивизма. Внешне они напоминали «правильные» геометрические фигуры, технические и бытовые приборы, составные элементы и детали компьютерной техники [11]. Большинство этих зданий и сооружений было оборудовано новейшими системами жизнеобеспечения (альтернативные источники электроэнергии, отопления и водоснабжения, трансформируемые и антисейсмические конструкции, беспроводные средства связи и информационные технологии). Закономерным развитием стиля Hi-Tech в архитектуре стало строительство аналогичных по технической оснащенности зданий, но внешне они стали напоминать те или иные живые организмы. Именно этот «нео-органический» стиль, получивший название Bio-Tech, стал основной темой нашего исследования.

Природные аналоги в стиле Bio-Tech могут иметь самый различный характер. Во-первых, объем здания или пространственная структура градостроительного комплекса может напоминать те или иные фрагменты природного пейзажа (скалы, застывшая вулканическая лава, коралловые атоллы и т. п.). Во-вторых, архитектурные постройки могут имитировать форму тех или иных живых существ. В-третьих, здания могут быть украшены имитациями наружного покрова животных или растений (древесная кора, чешуя рыбы, змеи или ящерицы, панцирь черепахи и т. п.) либо походить на постройки животных (пчелиные соты, жилища муравьев и термитов, птичьи гнезда, паутину и т. п.) [12]. Bio-Tech можно трактовать как архитектурный стиль, воплощающий философскую концепцию, которая ратует за создание современного и функционального пространства для жизни человека как наиболее совершенного творения природы. В концепции и архитектуре такого стиля объединяются принципы архитектурной бионики и «органической» архитектуры.

В перспективе стиль Bio-Tech представляет собой архитектуру зданий, которые характеризуются комфортом и энергоэффективностью. Конечно, постройки, выполненные в данном стиле, оснащаются всеми системами жизнеобеспечения. Поэтому во многих произведениях стиля Bio-Tech широко применяются солнечные батареи, вентиляционные системы, озелененные террасы, коллекторы, в которые собирается дождевая вода, поддерживается естественное освещение. В интерьерах, выполняемых в стиле Bio-Tech, дизайнеры стремятся создать пространство, в котором доминируют свободные «природные» линии и пластичные криволинейные объемы. Здесь также приветствуются новейшие технические приборы и интерактивные модули, которые способны работать с использованием альтернативных источников энергии [13].

Второй этап нашего исследования заключался в выявлении сходств и различий в стилистических особенностях двух новых стилей – Hi-Tech и Bio-Tech. Для сравнительного анализа были использованы интернет-ресурсы, материалы научных публикаций ученых-архитекторов, работающих в сфере архитектурной бионики (Ю.С. Лебедев, Е.Н. Поляков и др.); в качестве наглядных примеров были взяты проекты наиболее известных мировых архитекторов (С. Калатрава [14], Н. Фостер, Н. Гримшоу, Р. Роджерс и др.). В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы.

Формообразование

Bio-Tech не поддерживает прямолинейность, отвергает наличие резких линий и острых углов. Вместо строгих и четких элементов используются плавные и «текущие» линии, биоморфные криволинейные формы, оболочки, самоподобные фрактальные формы [15]. Одна из основных задач стиля – это экономически оправданное и достойное эстетическое решение вышесказанных особенностей.

В архитектуре Hi-Tech приветствуются строгие, четкие и прямолинейные элементы как в интерьере, так и в экстерьере [15]. Здания напоминают «правильные» многоугольники. В организации планировки преобладают такие понятия, как функционализм и многофункциональность.

Используемые материалы

В стиле Bio-Tech используются натуральные экологически чистые материалы: глина, ракушечник, мрамор, дерево, бамбук, хлопок и т. д. Фактуры природных структур, таких как ветви деревьев, солома, волокна, должны заменить традиционные ровные матовые и глянцевые поверхности.

В Hi-Tech применяются высокотехнологичные материалы, материалы, символизирующие развитие технического прогресса: металл, стекло, пластик, поликарбонат, глянцевые лаковые покрытия.

Цветовое решение

Цветовая палитра Bio-Tech смягчает асимметричность композиции и подчеркивает естественность линий. Цвет не должен быть ярким и «конкретным», он должен быть психологически ассоциирован с живой природой: с травой, водой, небом, землей и др. Часто используемые цвета: розовый, зеленый, голубой, оранжевый. Грамотный выбор цвета дополняется внесением природных мотивов в отделку фасадов и помещений, сделанных из натуральных материалов (например, использование обоев из высушенных листьев).

В стиле Hi-Tech как в интерьере, так и в экстерьере прослеживается преобладание холодных оттенков цвета (приветствуются монохромные оттенки). Четко выражено выделение цветовых акцентов. Светлые оттенки представлены в виде белых, серых, бежевых, молочных тонов. Выбор акцентного цвета непринципиален, но должен быть использован в умеренном количестве: желтый, красный, синий, зеленый, оранжевый. Акцентами могут являться отдельные фасадные элементы или предметы мебели. Декор обходится без орнаментов.

Особенности генерального плана

В стиле Bio-Tech сближение с природой происходит за счет использования натуральных элементов декора, представленных в виде отдельно лежащих камней или зимнего сада; сохранение природных элементов, присутствующих в зоне проектирования, и включение их в общую композицию генерального плана, облика здания или его планировки. Здание интегрировано в природный ландшафт [16].

Частота практической реализации стилей

В настоящее время процент практической реализации архитектуры стиля Bio-Tech уступает предшествовавшему ему стилю Hi-Tech ввиду новизны и недавнего развития «природного» стиля. Дороговизна и сложность изготовления конструкций. Сложность обеспечения функциональности помещений и создания грамотной энергоэффективной планировки. Дорогое обслуживание зданий. В настоящее время стиль Bio-Tech находится на стадии становления, и его исследовательская составляющая преобладает над практической. В стиле Hi-Tech присутствует большая возможность использования типовых конструкций вследствие несложной прямолинейной формы.

Особенности двух стилей в интерьере

В архитектуре Bio-Tech практически полностью наблюдается отсутствие симметрии в интерьере. Внутренняя обстановка отличается экологичностью, обязательно введение в композицию интерьера зеленых насаждений (комнатных растений). Одна из функций интерьеров в стиле Bio-Tech – это создание ощущения единения с природой в разных условиях: индивидуальный дом, квартира или «lounge-зона» в офисе. Природные материалы, используемые в интерьерах, способствуют расслаблению и ощущению гармонии.

Дизайн в стиле Hi-Tech приветствует однотонные стены, оштукатуренные или окрашенные в светлые тона. Обои применять не рекомендуется, в качестве аналога можно использовать имитацию кирпичной кладки – это довольно распространенный прием. В качестве напольного покрытия чаще применяются монохромные ковровые покрытия, синтетический линолеум, плитка. Важно, чтобы элементы интерьера представляли собой гармоничное сочетание простейших геометрических фигур. В гостиной может быть диван-трансформер, а однотонная тканевая или кожаная обивка мебели придаст интерьеру строгости. Корпусная мебель должна быть вместительной и компактной, полки выделены подсветкой. Светильники в Hi-Tech должны быть легкими и простыми в изготовлении. Большой популярностью пользуются подвесные и встроенные галогенные лампы. Натяжные системы задают геометрию окружающего пространства, грамотно направляя свет, излучаемый искусственными источниками. Использование энергосберегающих ламп – одна из составляющих идеологии стиля. Интерьер в стиле Hi-Tech имеет много сходств со стилем лофт, но лофт – это стиль более узкой направленности.

Объединяющий фактор стилей Hi-Tech и Bio-Tech

Несмотря на ярко выраженные различия со стилем Hi-Tech, идеология Bio-Tech поддерживает минимализм деталей и приветствует использование

сверхсовременной техники как в интерьере, так и в экстерьере [15, 16]. В основе стиля Bio-Tech, как и Hi-Tech, лежит создание грамотной и уникальной композиции форм, но с использованием природных элементов декора и натуральных материалов.

Чтобы упорядочить основные черты стиля Bio-Tech и четко определить его основные отличия от архитектуры стиля Hi-Tech, необходимо обратиться к сводной таблице.

Сводная таблица основных черт стилей Hi-Tech и Bio-Tech

Особенности стиля Bio-Tech	Особенности стиля Hi-Tech
Формообразование	
Плавные и «текущие» линии и в интерьере, и в экстерьере, биоморфные криволинейные формы, оболочки, самоподобные фрактальные формы [15]	Строгие, четкие и прямолинейные элементы как в интерьере, так и в экстерьере [15]
Используемые материалы	
Натуральные экологически чистые материалы: глина, ракушечник, мрамор, дерево, бамбук, хлопок и т. д.	Высокотехнологичные материалы: металл, стекло, пластик, поликарбонат, глянцевые, лаковые покрытия и т. д.
Цветовое решение	
Часто используемые цвета: розовый, зеленый, голубой, оранжевый, другие пастельные оттенки	Преобладание холодных оттенков цвета (приветствуются монохромные оттенки). Выбор акцентного цвета должен быть использован в умеренном количестве: желтый, красный, синий, зеленый, оранжевый
Частота практической реализации	
Процент практической реализации архитектуры Bio-Tech уступает стилю Hi-Tech ввиду новизны и недавнего развития «природного» стиля. Дороговизна и сложность изготовления конструкций. Сложность обеспечения функциональности помещений и создания грамотной энергоэффективной планировки	Присутствует большая возможность использования типовых конструкций вследствие несложной прямолинейной формы
Особенности двух стилей в интерьере	
Практически полное отсутствие симметрии в интерьере. Обстановка отличается экологичностью, обязательно введение в композицию интерьера зеленых насаждений. Одна из функций интерьера Bio-Tech – создание ощущения единения с природой в разных условиях	Дизайн приветствует однотонные стены, оштукатуренные или окрашенные в светлые тона. Важно, чтобы элементы интерьера представляли собой гармоничное сочетание простейших геометрических фигур. Натяжные системы задают геометрию окружающего пространства
Объединяющий фактор двух стилей	
Приветствуется использование сверхсовременной техники как в интерьере, так и в экстерьере [15,16]	

В результате исследования и сравнительного анализа нами была определена некая логическая цепочка, поясняющая развитие нео-органической архитектуры и стиля Bio-Tech.

1. Показано, что в основе «органической», а в данный момент уже в основе «нео-органической» архитектуры лежит философская концепция, которая ратует за создание нового пространства для жизни человека – наиболее совершенного творения природы. Архитекторы, следующие этой концепции, стараются проектировать здания и сооружения так, чтобы они являлись естественным продолжением природы и не вступали с нею в необратимый экологический конфликт. Большинство этих объектов оборудовано новейшими системами жизнеобеспечения (альтернативные источники электроэнергии, отопления и водоснабжения, трансформируемые и антисейсмические конструкции, беспроводные средства связи и информационные технологии).

2. Установлено, что природные аналоги в стиле Bio-Tech могут иметь самый различный характер. Во-первых, объем здания или пространственная структура градостроительного комплекса может напоминать те или иные фрагменты природного пейзажа (скалы, застывшая вулканическая лава, коралловые атоллы и т. п.). Во-вторых, архитектурные постройки могут имитировать форму тех или иных живых существ. В-третьих, здания могут быть украшены имитациями наружного покрова животных или растений (древесная кора, чешуя рыбы, змеи или ящерицы, панцирь черепахи и т. п.) либо походить на постройки животных (пчелиные соты, жилища муравьев и термитов, птичьи гнезда, паутину и т. п.). Рассмотрены наиболее характерные примеры реализации стиля Bio-Tech в современной архитектуре. В дальнейшем изучение примеров практической реализации стиля Bio-Tech будет продолжено; будут также определены градостроительные и типологические границы их применения.

В заключение следует отметить, что «нео-органическая» архитектура и стиль Bio-Tech являются новейшей и достаточно перспективной отраслью «природного» моделирования в архитектуре. Потенциальные возможности стиля Bio-Tech требуют самого пристального внимания и изучения. Законы гармоничной взаимосвязи архитектуры и природы, открытые еще в античном зодчестве и развитые в современных «природных» стилях, помогут воссоздать богатство естественных образов окружающей среды и, самое главное, сохранить красоту этого мира.

Библиографический список

1. *Виц Б.Б.* Демокрит. Москва : Мысль, 1979. 36 с.
2. *Райт Ф.Л.* Будущее архитектуры : пер. с англ. Москва : Госиздат литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1960. 247 с.
3. *Васильков Г.В.* Эволюционная теория жизненного цикла механических систем. Теория сооружений. Москва : Изд-во ЛКИ, 2008. 320 с.
4. *Лебедев Ю.С.* Строительная техника природы // Декоративное искусство СССР. 1966. № 7.
5. *Лебедев Ю.С.* Бионический метод в архитектуре // Архитектура СССР. 1970. № 6.
6. *Лебедев Ю.С., Вознесенский С.Б., Гоциридзе О.А.* От биологических структур к архитектуре. Москва : Знание, 1971. 32 с.
7. *Ефимов Д.Д., Фахрутдинова И.А.* Истоки и направления советского модернизма: [арх. 7 сентября 2019] // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. № 1 (43). С. 28–40.

8. *Лебедев Ю.С., Зефельд В.В.* Конструктивные структуры в архитектуре и в растительном мире // Советская архитектура. Москва : Стройиздат, 1962.
9. *Поляков Е.Н., Дончук Т.В.* «Бионические» новации Антонио Гауди в архитектуре доходных домов Ботинес и Кальвет // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. № 3. С. 9–29. URL: https://doi.org/10.31675/1607-1859-2018-20-3-9-29
10. *Лебедев Ю.С., Рабинович В.И., Положай Е.Д. и др.* Архитектурная бионика / под редакцией Ю.С. Лебедева. Москва : Стройиздат, 2005. 270 с.
11. *Уилкинсон Ф.* Архитектура. 50 идей, о которых нужно знать / пер. с англ. Ш. Мартыновой. Москва : Фантом Пресс, 2014. 208 с.
12. *Маслов В.Н.* Пропорции и конфигурации в природе, архитектуре и дизайне. Ухта : Изд-во УГТУ, 2007. 55 с.
13. *Ведюшкина А.М.* Новейшая архитектура. Москва : Изд-во: АСТ, 2008. 192 с.
14. *Поляков Е.Н., Дончук Т.В.* Бионические аспекты в творчестве Сантьяго Калатравы // Архитектон: известия вузов (электрон. журн.) / Урал. гос. архитектурно-худож. академия. Екатеринбург. 2017. № 57. Март. URL: http://archvuz.ru/2017_1/3
15. *Паршуков Д.С., Поляков Е.Н.* Био-Тек – одна из составляющих архитектурно-строительной бионики // Материалы III Международной научной конференции студентов и молодых ученых. Томск : ТГАСУ, 2016. С. 738–748. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=28797578
16. *Паршуков Д.С., Поляков Е.Н.* Био-Тек. Формы и конструкции в архитектурно-строительной бионике // Материалы 63-й Университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых (УНТК-2017). Томск : ТГАСУ, 2017. С. 500–514. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=32509979

References

1. *Vits B.B.* Demokrit [Demokritus]. Moscow: Mysl', 1979. 36 p. (rus)
2. *Wright F.L.* Budushcheye arkhitektury [The future of architecture]. Moscow: Stroiizdat, 1960. 247 p. (transl. from Engl.)
3. *Vasil'kov G.V.* Evolyutsionnaya teoriya zhiznennogo tsikla mekhanicheskikh system. Teoriya sooruzheniy [Evolution theory of mechanical systems lifetime. Theory of constructions]. Moscow: LKI, 2008. 320 p. (rus)
4. *Lebedev Y.S.* Stroitel'naya tekhnika prirody. [Construction in nature]. *Dekorativnoye iskusstvo SSSR*. 1966. No. 7. (rus)
5. *Lebedev Y.S.* Bionicheskiy metod v arkhitekture [Bionic method in architecture]. *Arkhitektura SSSR*. 1970. No. 6. (rus)
6. *Lebedev Y.S., Voznesenskiy S.B., Gotsiridze O.A.* Ot biologicheskikh struktur k arkhitekture [From biological structures to architecture]. Moscow: Znaniye, 1971. 32 p. (rus)
7. *Yefimov D.D., Fakhrutdinova I.A.* Istoki i napravleniya sovetskogo modernizma [Origins and trends in Soviet modernism]. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2018. No. 1 (43). Pp. 28–40. (rus)
8. *Lebedev Y.S., Zefel'd V.V.* Konstruktivnyye struktury v arkhitekture i v rastitel'nom mire [Structures in architecture and plant world]. Moscow: Stroyizdat, 1962. (rus)
9. *Polyakov E.N., Donchuk T.V.* Bionicheskie novatsii Antonio Gaudi v arkhitekture dokhodnykh domov Botines i Kal"vet [Bionic innovations by Antonio Gaudi in architecture of Botines and Calvet tenement houses]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2018. V. 20. No. 3. Pp. 9–29. (rus)
10. *Lebedev Y.S. (Ed.), Rabinovich V.I., Polozhay E.D.* Arkhitekturnaya bionika [Architectural bionics]. Moscow: Stroyizdat, 2005. 270 p.
11. *Wilkinson P.* Arkhitektura. 50 idey, o kotorykh nuzhno znat' [50 architecture ideas you really need to know]. Moscow: Fantom Press, 2014. 208 p. (transl. from Engl.)
12. *Maslov V.N.* Proportsii i konfiguratsii v prirode, arkhitekture i dizayne [Proportions and configurations in nature, architecture and design]. Ukhta: UGTU, 2007. 55 p. (rus)
13. *Vedyushkina A.M.* Noveyshaya arkhitektura [The latest architecture]. Moscow: AST, 2008. 192 p. (rus)

14. *Polyakov E.N., Donchuk T.V.* Bionicheskiye aspekty v tvorchestve Sant'yago Kalatravy [Bionic aspects in the work of Santiago Calatrava]. *Arkhitekton*. 2017. No. 57. (rus)
15. *Parshukov D.S., Polyakov E.N.* Bio-Tek – odna iz sostavlyayushchikh arkhitekturno-stroitel'noy bioniki [Bio-tech is an architectural and construction bionics component]. In: Materialy III Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh (*Proc. 3rd Int. Sci. Conf. of Students and Young Scientists*). Tomsk: TSUAB, 2016. Pp. 738–748. Available: https://elibrary.ru/item.asp?id=28797578 (rus)
16. *Parshukov D.S., Polyakov E.N.* Bio-Tek. Formy i konstruktsii v arkhitekturno-stroitel'noy bionike [Bio-tech. Forms and designs in architectural and construction bionics]. In: Materialy 63-oy Universitetskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh (*Proc. 63rd Sci. Conf. of Students and Young Scientists*). Tomsk: TSUAB, 2017. Pp. 500–514. Available: https://elibrary.ru/item.asp?id=32509979 (rus)

Сведения об авторах

Паршуков Дмитрий Сергеевич, студент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, parshukov.di@yandex.ru

Ремарчук Сергей Михайлович, ст. преподаватель, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, nate_grey@sibmail.com

Authors Details

Dmitry S. Parshukov, Student, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, parshukov.di@yandex.ru

Sergei M. Remarchuk, Senior Lecturer, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, nate_grey@sibmail.com

УДК 72.03 DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-42-54

Н.Р. СИДОРЕНКО,
Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета

ЧЕРТЫ СОВЕТСКОГО МОДЕРНИЗМА В АРХИТЕКТУРЕ ОБЪЕКТОВ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ 1960–1980-Х ГГ. В РОСТОВЕ-НА-ДОНУ

В настоящее время архитектура советского модернизма – одна из наиболее неисследованных областей отечественного и мирового зодчества, что может стать причиной невосполнимой утраты объектов, обладающих культурно-художественной ценностью. В СССР важной отраслью народного хозяйства являлось общественное питание, что повлекло массовое строительство сооружений соответствующего назначения.

Цель работы заключается в определении на основании многоаспектного анализа тенденций советского архитектурного модернизма, использованных при проектировании и реализации предприятий общественного питания в Ростове-на-Дону в период 1960–1980-х гг.

В ходе исследования автором изучена научная и публицистическая литература, а также архивные материалы по теме работы; проведены натурные исследования сохранившихся зданий столовых, кафе и ресторанов в Ростове-на-Дону, относящихся к периоду советского модернизма.

В результате исследования в архитектуре советских предприятий общественного питания, разработанных по типовым и индивидуальным проектам периода 1960–1980-х гг., выявлены особенности советского модернизма, а также осуществлена авторская реконструкция частично или полностью утраченных сооружений.

Полученные результаты подтверждают культурно-художественную ценность архитектурных объектов эпохи советского модернизма и необходимость их дальнейшего изучения и сохранения.

Ключевые слова: архитектура 1960–1980-х гг.; советский модернизм; индивидуальный проект; типовое строительство; Ростов-на-Дону; кафе; рестораны; комбинат общественного питания; «стекляшки».

Для цитирования: Сидоренко Н.Р. Черты советского модернизма в архитектуре объектов общественного питания 1960–1980-х гг. в Ростове-на-Дону // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 2. С. 42–54.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-42-54

N.R. SIDORENKO,
The Academy of Architecture and Arts, Southern Federal University

SOVIET MODERNISM IN ARCHITECTURE OF PUBLIC CATERING FACILITIES IN ROSTOV-ON-DON IN THE 1960–1980s

Nowadays, the Soviet modernism is one of the most unexplored areas of the Russian and world architecture, which can cause the loss of objects of the cultural and artistic value. The public catering was an important branch of the national economy of the USSR. It led to the mass construction in the country. **Purpose:** The aim of this work is the multi-aspect analysis of the trends of Soviet modernism used in the design and implementation of public catering enterprises in Rostov-on-Don during the 1960s and 1980s. **Design/methodology/approach:** The scientific, journalistic literature and archival materials are used in the work. Full-scale studies are performed in relation to preserved buildings of canteens, cafes and restaurants in Rostov-on-Don,

© Сидоренко Н.Р., 2020

dating back to the period of Soviet modernism. **Research findings:** The soviet modernism is studied for the period of the 1960s and 1980s, and the author's reconstruction of partially or completely lost structures is suggested herein. **Practical implications:** The obtained results confirm the cultural and artistic value of the architectural objects of the Soviet modernism era and can be used for their preservation and further studies.

Keywords: architecture of 1960–1980s; Soviet modernism; individual project; typical construction; Rostov-on-Don; cafes; restaurants; public catering plant.

For citation: Sidorenko N.R. Cherty sovetskogo modernizma v arkhitekture ob""ektov obshchestvennogo pitaniya 1960–1980kh gg. v Rostove-na-Donu [Soviet modernism in architecture of public catering facilities in Rostov-on-Don in the 1960–1980s]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2020. V. 22. No. 2. Pp. 42–54. DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-42-54

В истории мирового зодчества расцвет модернизма, представителями которого являлись такие общепризнанные мастера архитектуры, как Ле Корбюзье, Вальтер Гропиус, Людвиг Мис ван дер Роэ и др., пришелся на 1930–1940-е гг. Долгое время считалось, что в зодчестве Советского Союза этот стиль не нашел своего отражения. Но в 2011 г. редактором журнала «Citizen K» Фредериком Шобеном была опубликована книга-фотоальбом «СССР. Cosmic, communist, constructions photographed», в которой автор собрал изображения выдающихся зданий и сооружений, реализованных в 60–80-е гг. XX в. в бывших странах СССР. С тех пор в кругах мирового архитектурного сообщества возник интерес к советскому зодчеству, сформировавшемуся после утверждения в 1955 г. указа «Об устранении излишеств в проектировании и строительстве». Обозначен этот период в истории отечественной архитектуры термином «советский модернизм».

В настоящее время исследовательские работы, посвященные изучению особенностей советского зодчества 1960–1980-х гг., немногочисленны [1–3], а советский модернизм на региональном уровне практически не освещен в научной литературе. В результате «произведения стиля, историческая и художественная ценность которых еще не признана, беспрестанно утрачиваются» [4, с. 101].

Среди различных по функциональному назначению общественных зданий, строительство которых осуществлялось в Советском Союзе, важное место занимали предприятия общественного питания, т. к. правительство регулярно отмечало, что «общественное питание – это крупная отрасль народного хозяйства», требующая расширения «до полного удовлетворения потребностей населения» [5, с. 3]. В 1960–1980-е гг. на территории южного региона СССР, как и по всей стране, велось активное строительство комбинатов общепита, кафе и ресторанов, в архитектуре которых нашли своё отражение черты модернизма. Это подтверждают, во-первых, новые привлеченные архивные источники, издания периодической печати, картографические и изобразительные материалы, содержащие информацию о предприятиях общественного питания, реализованных в период советского модернизма в Ростове-на-Дону, а во-вторых, – натурные исследования полностью или частично сохранившихся до наших дней объектов указанной категории.

Предприятия общественного питания в Советском Союзе в зависимости от функционального назначения и архитектурно-планировочного решения

можно разделить на несколько типов, среди которых для исследования наибольший интерес представляют комбинаты общественного питания, расположенные в отдельно стоящих двухэтажных зданиях; одноэтажные кафе; рестораны. Архитектура объектов, относящихся к этим группам, ярко отражает основные принципы советского модернизма.

Комбинаты общественного питания предназначались для обеспечения питанием учащихся или работников конкретных предприятий, поэтому располагались в непосредственной близости к учебным заведениям или производственным организациям. Интенсивное развитие различных видов производства в СССР требовало проводить строительство комбинатов и столовых в короткие сроки, чему способствовало использование проектировщиками Единой модульной системы и унификации [5, с. 32]. Наиболее распространенной конструктивной системой для зданий указанного типа стала каркасная (с сеткой колонн 6×3 или 6×6 м) или неполная каркасная (каркасно-стеновая), что обеспечило необходимую большую вместимость предприятий. Размещались комбинаты общепита в двухэтажных зданиях. Сетка колонн позволяла организовать просторные обеденные залы, которые хорошо освещались через большие оконные проемы, располагающиеся между колоннами наружного каркаса. Линия раздачи отделяла общественную зону от производственных помещений. Объемное решение являлось отражением строгой планировочной структуры. В его основе лежали геометричность, лаконизм, использование плоской кровли и отсутствие декора.

Ярким примером комбината общественного питания 1960–1980-х гг. является двухэтажный комбинат питания студентов и учащихся Советского района, расположенный недалеко от студенческих общежитий на ул. Зорге напротив физического факультета РГУ. Сооружен комбинат в 1975 г. коллективом строительно-монтажного управления «Вузстрой» [6]. Конструктивная система каркасно-стеновая (сетка колонн 6×6 м.). На первом этаже располагался просторный холл, слева от которого находился кафетерий с магазином «Кулинария», а справа – зал диетического питания на 100 мест. Две широкие Г-образные лестницы вели в просторный обеденный зал, рассчитанный на 430 чел. (рис. 1). Объем здания представлял собой строгий параллелепипед, вход в который был выделен монолитной Г-образной конструкцией козырька. Ленточные окна основных залов на фасаде закрывала скульптурная солнцезащитная решетка из бетона. В настоящее время в здании по-прежнему на втором этаже располагается студенческая столовая, а на первом – пекарня и магазин «Кулинария». Солнцезащитные решетки утеряны, заложена часть оконных проемов. Фасад облицован панелями ярко-желтого и белого цветов (рис. 2).

В 1978 г. около сквера Мелиораторов был открыт комбинат общественного питания «Росинка», составляющий единый ансамбль с жилым домом проектного института «Южгипроводхоз» [7]. Это здание является еще одним примером воплощения принципов модернизма. Конструктивная система двухэтажного сооружения смешанная (шаг колонн 6×6 м). Просторный обеденный зал на 100 мест, ленточные окна которого открывались в парк, отделялся от производственных помещений линией раздачи (рис. 3). В обеденный зал второго этажа с витражным остеклением можно было попасть по наружной лестнице. Она же

вела и в открытое кафе на эксплуатируемой кровле комбината, что является одним из важнейших признаков модернизма.

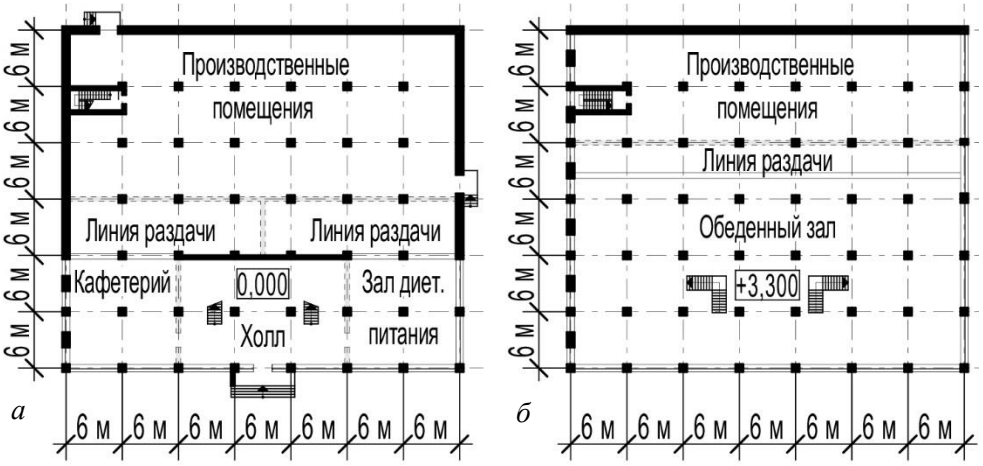


Рис. 1. Схемы планировочных решений комбината питания студентов и учащихся Советского района Ростова-на-Дону:
а – 1-й этаж; *б* – 2-й этаж

Рис. 2. Здание комбината питания студентов и учащихся Советского района Ростова-на-Дону (фото Г. Зозули [6]):
а – состояние в 1975 г.; *б* – в 2018 г.

Перед обеденным залом второго этажа располагалась терраса, массивно нависающая над основным входом в здание и поддерживаемая рядом колонн. На сегодняшний день одна часть здания находится в заброшенном состоянии, а другая сдается в аренду небольшим организациям. Наружная лестница частично разрушена, ее эксплуатация невозможна. На месте террасы второго этажа организована полноценная пристройка, превратившая открытую площадку перед входом в часть внутреннего пространства. Выход в сквер, состояние которого требует срочных мер по благоустройству, перекрыт кованым забором (рис. 4).

Важным событием для советского зодчества стал визит первого секретаря ЦК КПСС Н.С. Хрущева в США в 1959 г. На главу СССР произвели впечатление американские столовые самообслуживания. Они и стали прототипом одноэтажных кафе, массовое строительство которых началось в Советском Союзе

в местах городских рекреационных зон (в парках, на площадях, на набережных, около зданий культурно-просветительского и торгового назначения), что связано с основной целью таких заведений – обеспечение быстрым питанием находящихся на отдыхе людей. Вместимость кафе обычно варьировалась в пределах 50–60 чел. (до 100–120 при возможности организовать открытую террасу), поэтому производственная часть не требовала больших площадей. Кроме того, функция, связанная с отдыхом горожан, предполагала хорошее естественное освещение обеденного зала.

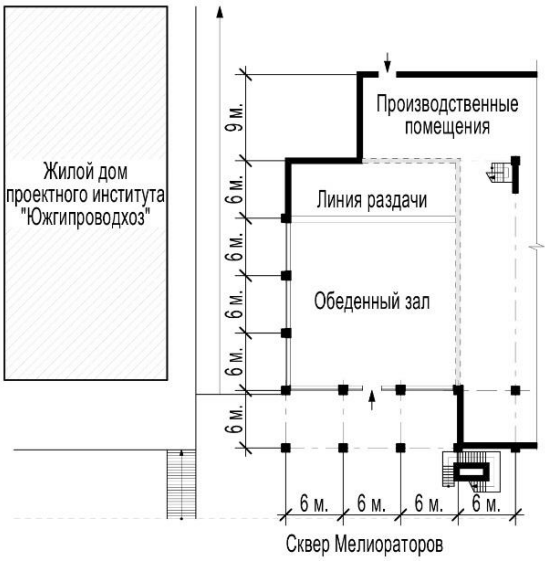


Рис. 3. Фрагмент схемы планировочного решения комбината общественного питания «Росинка»

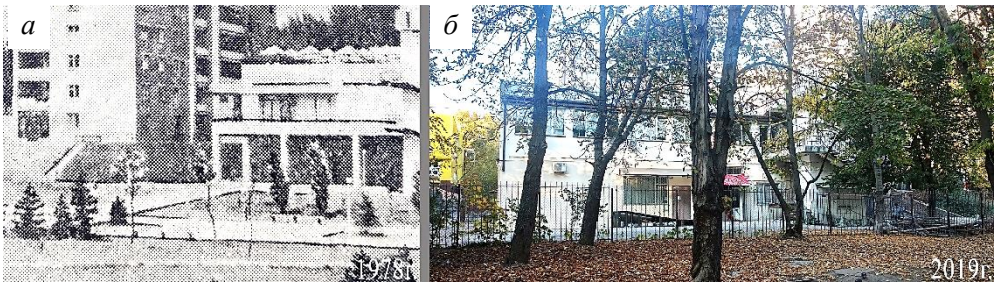


Рис. 4. Здание комбината общественного питания «Росинка» (фото М. Дзябенко [7]): *а* – состояние в 1978 г.; *б* – в 2019 г.

В результате в основу конструктивного решения была заложена каркасная система металлических колонн с шагом 6×6 м и унифицированной высотой этажа 3,6 или 4,2 м. Параметры основного зала при типовом решении составляли 12×6 м. От производственных помещений он был отделен линией раздачи, возле которой в некоторых случаях находился санузел. Помимо центрального входа, обычно

имеющего две двери, расположенные по разным сторонам от центральной колонны каркаса, для посетителей дополнительно был организован вход сбоку. В зависимости от климатических условий при входе располагался тамбур (рис. 5). Здание кафе представляло собой параллелепипед. Обеденный зал с трех сторон был окружен сплошным витражным остеклением, благодаря чему в обиходе типовые кафе 60–80-х гг. XX в. получили название «стекляшки». Стеклянный объем завершался мощным парапетом плоской кровли. К нему с помощью каркасной конструкции крепилось название заведения, часто имеющее ночную подсветку.

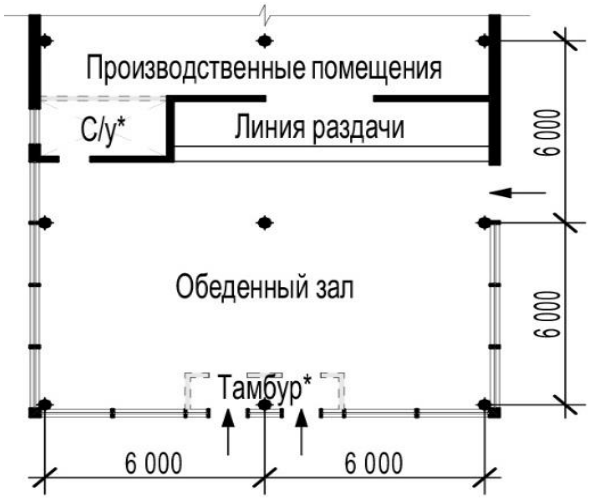


Рис. 5. Типовая схема планировочного решения кафе-«стекляшки»

В Ростове-на-Дону насчитывалось несколько десятков «стекляшек», среди которых наиболее популярными были: «Белая акация» в сквере Первомайского парка, 1962 г. (рис. 6); «Чудесница» на пересечении ул. Энгельса (в наст. вр. ул. Большая Садовая) и пр. Чехова; «Радуга» в Кировском сквере; «Жигули» на Береговой улице, 1969 г.; «Лакомка» в первом микрорайоне Северного жилого массива, 1975 г.; «Полёт» на площади перед зданием старого Аэропорта, 1970 г.; «Причал» при входе на городской пляж со стороны автодорожного моста, 1971 г.; «Северянка» на ул. Добровольского, 1978 г.; «Снежинка» на набережной Дона, 1978 г.; «Турист» на территории Ростовского кемпинга, 1976 г.; «Сирень» в Первомайском парке; «Зеленая горка» в парке Горького; «Дюймовочка» в парке Революции и т. д. Часть «стекляшек» в настоящее время перестроена в соответствии с новыми функциями (например, в здании бывшего кафе-кондитерской «Красная Шапочка» на углу пер. Газетного и ул. Большой Садовой теперь располагается магазин обуви), но большинство таких объектов до наших дней не сохранилось.

Среди кафе 1960–80-х гг. в Ростове-на-Дону встречаются примеры и нестандартных, индивидуальных решений. В 1975 г. посреди искусственного водохранилища в Северном жилом массиве, недалеко от общежитий завода «Ростсельмаш» открылось летнее кафе «Кувшинка», получившее своё название благодаря форме площадки, на которой расположено [8].

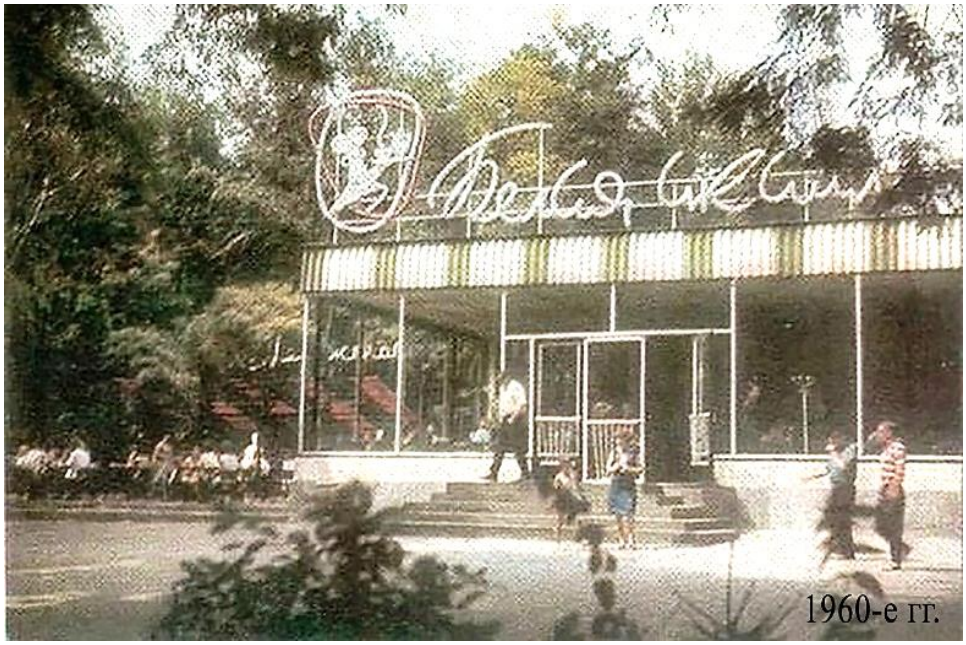


Рис. 6. Кафе-«стекляшка» «Белая акация» в сквере Первомайского парка

Функционально-планировочное решение сооружения максимально лаконично, что предполагает отсутствие сложных технологических процессов (скорее всего, заведение действовало как кафетерий с горячими напитками и готовыми кондитерскими изделиями в меню). Обеденные столики размещались на террасе, рассчитанной на 200 посадочных мест. В основном объеме, имеющем в плане форму правильного восьмиугольника со стороной 4,2 м, располагались вспомогательные помещения (рис. 7, *а*). В объемно-художественном решении «Кувшинки» ярко прослеживается свойственная советскому модернизму тенденция – ориентация на образ «космической» архитектуры. Устремленные вверх в сходящемся друг к другу движении трапециевидные колонны, достигающие в высоту около 9,5 м и расположенные перпендикулярно сторонам планировочного восьмиугольника (рис. 7, *б*), противопоставлены мощному горизонтальному выбросу расходящихся балок, между которыми натянуты тентовые конструкции, образующие навес для открытой обеденной зоны. Наличие у трех рядом стоящих колонн «вырезов», обеспечивающих проход вдоль основного объема, позволяет предположить, что в этом месте находились дверные и оконные проемы. Консольные балки у основания опираются на монолитный восьмиугольный пояс, а их свободный конец поддерживается вантовыми конструкциями, которые крепятся к металлической балке швеллерного профиля, расположенной у вершин колонн. «Кувшинка» представляла собой не просто очередное сооружение общепита, а настоящий скульптурный объект, выполненный в традициях брутализма. Сегодня от объема кафе остались только колонны, выкрашенные теперь в ярко-желтый цвет, восьмиугольное основание, монолитный пояс и швеллерная балка (рис. 8).

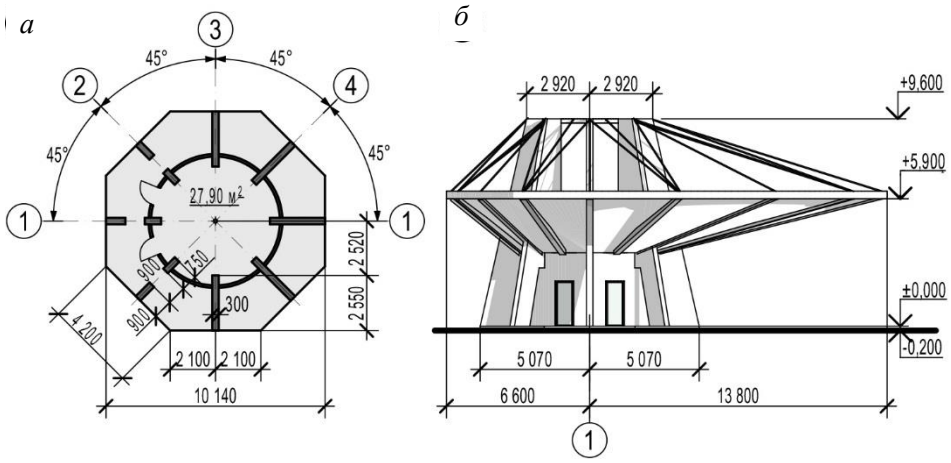


Рис. 7. Графические материалы кафе «Кувшинка»:
а – план; *б* – фасад

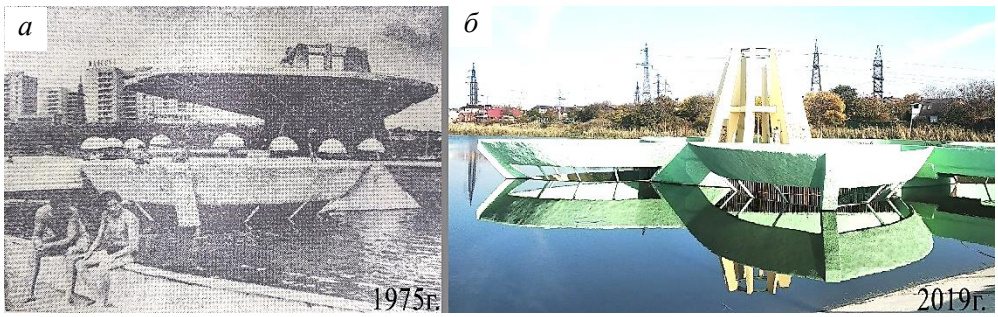


Рис. 8. Кафе «Кувшинка» (фото Г. Зозули [8]):
а – состояние в 1975 г.; *б* – в 2019 г.

Проведенные в ходе натурных исследований обмеры сохранившихся фрагментов объекта, а также найденный в процессе изучения периодической печати фотографический материал позволили произвести авторскую визуальную реконструкцию кафе «Кувшинка» (рис. 9).

Советский модернизм на юге России «представлен не только надоевшими и однообразными типовыми постройками, но и уникальными зданиями, образцами стиля, в архитектуре которых отражены лучшие тенденции мирового модернизма» [9, с. 45]. Именно к таким строениям можно отнести здания ресторанов, которые занимали особое место среди различных видов предприятий общественного питания 1960–80-х гг. в СССР. Ресторан представлял собой предназначенный для длительного пребывания людей своеобразный торгово-производственный комплекс, проектирование которого являлось непростой задачей для архитектора из-за сложной функциональной взаимосвязи многочисленных основных и подсобных помещений строения. Рестораны не располагались повсеместно. Это были значимые для города, локально размещенные объекты, композиционно-художественное решение которых требовало от зодчего

проявления творческих способностей. Здание каждого ресторана отличалось уникальностью, т. к. возводилось либо по индивидуальному проекту, либо по типовому, но со значительными трансформациями, позволяющими говорить об идентичности объекта.

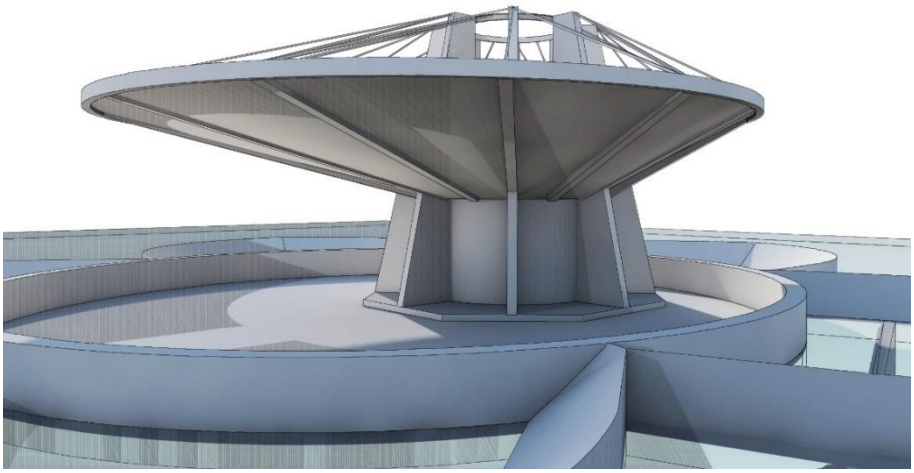


Рис. 9. Авторская визуальная реконструкция кафе «Кувшинка»

В 1976 г. в Ростове-на-Дону на вершине кургана в районе Аксайского моста был открыт ресторан «Океан». Это яркий пример здания, реализованного по индивидуальному проекту, который был разработан сотрудниками Северо-Кавказского филиала института «Гипроторг» под руководством главного архитектора В.Н. Клейменова. Генеральным подрядчиком строительных работ выступил коллектив передвижной механизированной колонны рыбопромышленного объединения [10]. Располагающееся на рельефе здание ресторана представляло собой сочетание одноэтажного, имеющего форму параллелепипеда производственного блока, и двухэтажного цилиндрического объема основных помещений, в котором находились главный зал на 100 мест, банкетный зал на 20 мест и шашлычная на 76 мест [10]. Залы второго уровня и прилегающая к ним терраса, рассчитанная на 50 посадочных мест, нависали над уровнем первого этажа, опираясь на мощные круглые в сечении колонны, которые являлись основой конструктивной системы. Высокое монолитное ограждение террасы, мощный парапет накрывающей ее плоской кровли и витражное остекление «в пол» второго этажа создали свойственный для советского модернизма космический образ парящей над курганом летающей тарелки, ставшей визуальным акцентом на границе двух территориальных образований – г. Ростова-на-Дону и г. Аксая (рис. 10).

В противовес строгому лаконичному объемно-архитектурному решению здания «Океана», его интерьеры были тщательно детализированы специалистами областного отделения Художественного фонда РСФСР под руководством З.С. Левина [10]. Оформление внутренних пространств ресторана соответствовало основной морской тематике заведения: подсвеченные нежно-голубым цветом стены, покрытые художественной керамикой с изображением морских

обитателей; синий потолок, украшенный лакированными алюминиевыми элементами; освещение залов люстрами и светильниками с использованием цветного стекла. Просуществовав 40 лет, легендарный ростовский ресторан был снесен в 2016 г. В настоящее время на его месте находится заброшенный пустырь.

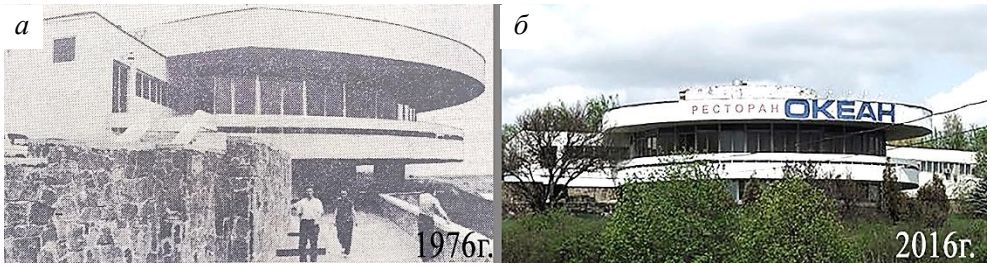


Рис. 10. Здание ресторана «Океан» (фото Г. Зозули [10]):
а – состояние в 1976 г.; *б* – в 2016 г.

Примером ресторана, конструктивно-планировочная система которого разработана на основе типового проекта, является открытый, так же как и «Океан», в 1976 г. ресторан «Балканы». Располагалось здание на ул. Седова на крутом склоне, ведущем к набережной р. Дон. Автором объекта стал архитектор Ю.П. Мацкевич. Использование унифицированных сеток колонн 6×6 и 6×3 м позволило создать типовую внутреннюю структуру двухэтажного предприятия общепита: просторные обеденные залы на каждом уровне; возможность гибкой планировки производственной части; наличие террас на втором этаже (рис. 11). Выбранная конструктивная система определила лаконичное объемное решение ресторана в форме горизонтально-протяженного параллелепипеда. Визуальным акцентом выступил вертикально ориентированный блок, в котором располагалась главная трехмаршевая лестница. Вертикальную направленность этой части подчеркивал ряд узких, расположенных близко друг к другу пилонов. Среди основных принципов модернизма, которые нашли отражение в архитектуре здания, также можно отметить витражное остекление обеденного зала второго этажа, опирающуюся на ряд колонн и нависающую над входной зоной террасу, высокие парапеты террас и плоской кровли (рис. 12).

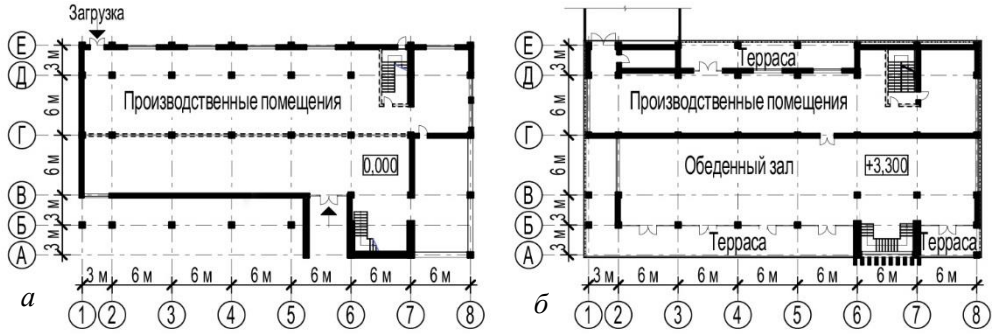


Рис. 11. Схемы планировочных решений ресторана «Балканы»:
а – 1-й этаж; *б* – 2-й этаж

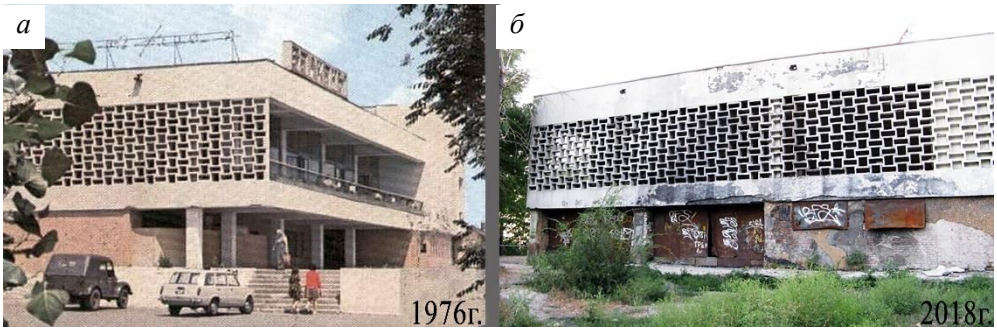


Рис. 12. Здание ресторана «Балканы» (из фотоальбома «Ростов-на-Дону». Изд-во «Прогресс», 1976 г.):
а – состояние в 1976 г.; *б* – в 2018 г.

«Нейтральность архитектурного языка […] зданий “советского модернизма” зачастую восполняется средствами монументального искусства» [9, с. 45–46]. Так, особенностью в архитектурном решении ресторана «Балканы» стало использование на втором этаже с трех сторон декоративно-перфорированного фасада, а на первом – мозаичного панно из цветной плитки, которая также была применена в оформлении интерьеров здания.

Несмотря на то что территория ресторана располагалась на крутом откосе, «Балканы» разместились на ровной платформе (со стороны города возвели подпорную стенку). Перед зданием была организована двухуровневая смотровая площадка. Стелящийся по рельефу и органично вписывающийся в пейзаж объем ресторана хорошо просматривался со стороны левого берега Дона и очень быстро стал одной из визитных карточек города. Но в 1990-е гг. ресторан закрылся. «Балканы» сегодня – это полуразрушенное заброшенное здание на пустыре (рис. 12). В результате обмеров, проведенных во время натурных исследований сохранившихся частей здания, и изучения фотографических снимков ресторана в период 1970-х гг. осуществлена авторская визуальная реконструкция объекта (рис. 13).

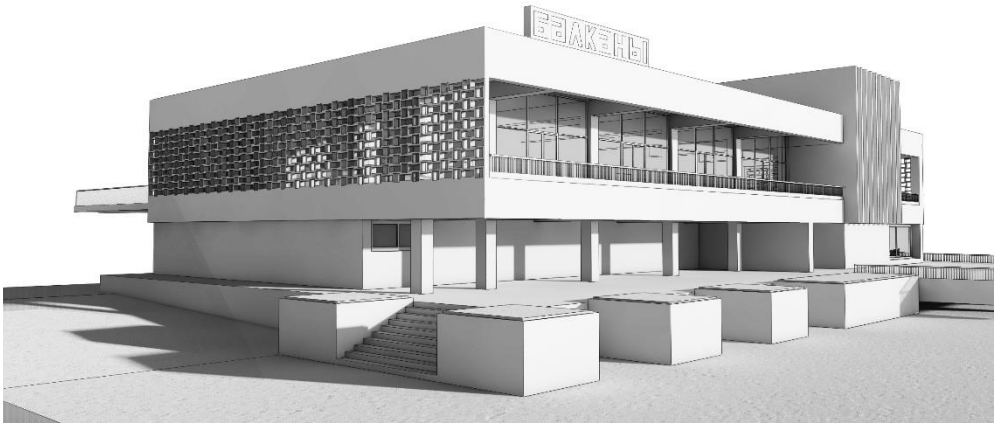


Рис. 13. Авторская визуальная реконструкция здания ресторана «Балканы»

Таким образом, здания и сооружения предприятий общественного питания (комбинатов общественного питания, кафе и ресторанов), разработанные и реализованные в Ростове-на-Дону в период 1960–1980-х гг., являются трансляторами принципов советского модернизма, которые использовались архитекторами как в типовом, так и в индивидуальном проектировании. К тенденциям модернизма, которые наиболее часто встречаются в архитектуре предприятий общественного питания указанного периода в Ростове-на-Дону, относятся: использование плоской эксплуатируемой кровли, преувеличенно высокого парапета, витражного или ленточного остекления; применение каркасной конструктивной системы, основанной на сетке колонн с шагом 6×6 или 6×3 м; отсутствие декоративных деталей на фасадах и детализация интерьерных решений; создание визуального образа «космической» архитектуры путем использования консолей, нависания второго этажа с террасой над первым и противопоставления горизонтальных и вертикальных направлений объемов; применение на фасадах скульптурных солнцезащитных решеток; сочетание архитектуры и средств монументального искусства.

Советский модернизм – это, безусловно, значимое явление в истории мировой и отечественной архитектуры. Как показывает исследование, «уже в настоящее время многие сооружения советского модернизма, по временному показателю не относящиеся к объектам культурного наследия, либо безвозвратно потеряны, либо изменили свой облик до неузнаваемости» [11, с. 102]. Современному поколению архитекторов необходимо осознать культурно-художественную ценность таких зданий и приложить максимум усилий для их сохранения.

Библиографический список

1. *Anderson R.* Russia. Modern architectures in history. London : Reaction Books, 2002. 352 p.
2. *Бондаренко И.А., Волчок Ю.П. и др.* Эстетика «оттепели». Новое в архитектуре, искусстве, культуре. Москва : Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН), 2013. 494 с.
3. *Ritter K., Shapiro-Obermair E., Wachter A.* Soviet Modernism 1955–1991. Unknown History. Zürich : Park books, 2012. 358 p.
4. *Иванова-Ильичева А.М., Стушняя И.А., Орехов Н.В.* Мозаика в декоративном убранстве зданий эпохи советского модернизма (на примере города Ростова-на-Дону) // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики): в 5 частях. Часть 5. Тамбов : Грамота, 2017. № 12 (86). С. 100–103.
5. *Уренев В.П.* Архитектура предприятий общественного питания. Киев : Будивельник, 1981. 128 с.
6. *Соколов Ю.* Новоселье в Западном // Вечерний Ростов. 1975. № 181. С. 2.
7. *Дзябенко М.* Ростов сегодня // Вечерний Ростов. 1978. № 195. С. 3.
8. *Зозуля Г.* Искусственное водохранилище в Северном жилом массиве // Вечерний Ростов. 1975. № 198. С. 2.
9. *Иванова-Ильичева А.М., Орехов Н.В.* Монументальное искусство в декоре зданий Ростова-на-Дону эпохи советского модернизма // Архитектура и искусство: от теории к практике : сборник тезисов Международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2018. С. 45–50.
10. *Соколов Ю.* Ресторан над Доном // Вечерний Ростов. 1976. № 173. С. 2.
11. *Сидоренко Н.Р.* Утраченные объекты модернизма в Ростове-на-Дону. Здание музея интернациональной дружбы в парке им. г. Плевен // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 10. С. 101–110.

REFERENSES

1. *Anderson R.* Russia. Modern architectures in history. London: Reaction Books, 2002. 352 p.
2. *Bondarenko I.A., Volchok Ju.P., et al.* Estetika "ottepeli". Novoe v arkhitekture, iskusstve, kul'ture [Aesthetics of thaw. New in architecture, art, culture]. Moscow: ROSSPEN, 2013. 494 p. (rus)
3. *Ritter K., Shapiro-Obermair E., Wachter A.* Soviet Modernism 1955–1991. Unknown History. Zürich: Park books, 2012. 358 p.
4. *Ivanova-Il'icheva A.M., Stushnyaya I.A., Orekhov N.V.* Mozaika v dekorativnom ubranstve zdanii epokhi sovetskogo modernizma (na primere goroda Rostova-na-Donu) [Mosaic in building decoration of Soviet modernism (in Rostov-on-Don)]. *Istoricheskie, filosofskie, politicheskie i yuridicheskie nauki, kul'turologiya i iskusstvovedenie. Voprosy teorii i praktiki*. 2017. No. 12(86). V. 5. Pp. 100–103. (rus)
5. *Urenev V.P.* Arkhitektura predpriyatii obshchestvennogo pitaniya [Architecture of public catering enterprises]. Kiev: Budivel'nik, 1981. 128 p. (rus)
6. *Sokolov Yu.* Novosel'e v Zapadnom [Housewarming in Zapadnyi]. *Vechernii Rostov*. 1975. No. 181. P. 2. (rus)
7. *Dzyabenko M.* Rostov segodnya [Rostov today]. *Vechernii Rostov*. 1978. No 195. P. 3. (rus)
8. Zozulya G. Iskusstvennoe vodokhranilishche v Severnom zhilom massive [Artificial reservoir in Northern residential area]. *Vechernii Rostov*. 1975. No. 198. P. 2. (rus)
9. *Ivanova-Il'icheva A.M., Orekhov N.V.* Monumental'noe iskusstvo v dekore zdanii Rostova-na-Donu epokhi sovetskogo modernizma [Monumental art in the decoration of Rostov-on-Don buildings of Soviet modernism]. In: Sbornik tezisov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii “Arhitektura i iskusstvo: ot teorii k praktike” (*Proc. Int. Sci. Conf. ‘Architectury and Art: From Theory to Practice’*). Rostov-on-Don – Taganrog: Southern Federal University. 2018. Pp. 45–50. (rus)
10. *Sokolov Yu.* Restoran nad Donom [Restaurant over the Don]. *Vechernii Rostov*. 1976. No. 173. P. 2. (rus)
11. *Sidorenko N.R.* Utrachennye ob"ekty modernizma v Rostove-na-Donu. Zdanie muzeya internatsional'noi druzhby v parke im. g. Pleven [Lost modernism objects in Rostov-on-Don. The museum of international friendship in the Pleven park]. *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova*. 2019. No. 10. Pp. 101–110. (rus)

Сведения об авторе

Сидоренко Надежда Романовна, магистр архитектуры, аспирант, Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета, 344082, г. Ростов-на-Дону, пр. Будённовский, 39, ya.sinaro@yandex.ru

Author Details

Nadezhda R. Sidorenko, MSc, Research Assistant, The Academy of Architecture and Arts, Southern Federal University, 39, Budennovskii Ave., 344082, Rostov-on-Don, Russia, ya.sinaro@yandex.ru

УДК 728.011.183 DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-55-71

В.А.К. АЛАВСИ, В.М. МОЛЧАНОВ,
Южный федеральный университет

ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК АРХИТЕКТУРНОЙ ВЫРАЗИТЕЛЬНОСТИ ФАСАДОВ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСОВ

Одним из основных направлений повышения качества архитектуры многоэтажных жилых комплексов являются индивидуализация и оригинальность облика, повышение эстетической выразительности фасадов. Современные экологические технологии, например использование альтернативных источников энергии как элементов фасада, обусловливают необходимость пересмотра оценки фасадов. Предлагаемые способы оценки позволяют проверить выразительность архитектурных элементов и гармонию фасадов в целях улучшения архитектурной композиции жилых комплексов. Методика оценки предполагает выявление качественных характеристик выразительности фасадов многоэтажных жилых комплексов, в которых применяются экологические решения. Авторами разработана система конкретных и подробных показателей в форме таблиц, по которым количественно оценивается качество элементов фасадов. Применение данной методики оценки позволит повысить выразительность многоэтажных жилых комплексов с использованием современных экологических технологий без значительных затрат.

Ключевые слова: архитектурная выразительность; методы оценки; композиция фасада; экологическое качество; многоэтажные жилые комплексы.

Для цитирования: Алавси В.А.К., Молчанов В.М. Оценка характеристик архитектурной выразительности фасадов экологических многоэтажных жилых комплексов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 2. С. 55–71.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-55-71

W.A.K. ALAWSI, V.M. MOLCHANOV,
Southern Federal University

FACADE ARCHITECTURE OF ECO-FRIENDLY RESIDENTIAL CLUSTERS

It is necessary to improve the architecture quality of multi-storey residential clusters through increasing the aesthetic expressiveness of facades. Modern environmental technologies, for example, alternative energy sources used as facade elements, require a review of façade archirecture. The proposed methods allow evaluating the architectural expressiveness and harmony of facades to improve the structural composition of residential clusters. These methods involve the identification of qualitative characteristics of facades of multi-storey buildings in which environmental solutions are applied. The paper proposes the system of specific indicators, according to which the facade elements can be quantified. This method will increase the façade architecture using modern environmental technologies without high expenditures.

Keywords: architectural expressiveness; assessment methods; facade composition; environmental quality; multi-storey residential cluster.

For citation: Alawsi W.A.K., Molchanov V.M. Otsenka kharakteristik arkhitekturnoi vyrazitel"nosti fasadov ekologicheskikh mnogoetazhnykh zhilykh kompleksov

© Алавси В.А.К., Молчанов В.М., 2020

[Facade architecture of eco-friendly residential clusters]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2020. V. 22. No. 2. Pp. 55–71.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-55-71

В основу концепции оценки архитектурной выразительности фасадов экологических жилых комплексов положено исследование BioSkin, проводимое АТИ (Австрийский технологический институт), фасада жилого дома посредством предложения общей аналогии между биологической кожей людей и техническими фасадами зданий [1]. Согласно данному исследованию, фасад здания обеспечивает обмен энергией и информацией с окружающей средой, что и формирует его архитектурный характер и структуру. В настоящее время это исследование, представляющее собой краткое изложение существующих подходов к формированию фасадов экологических зданий, является теоретической основой разработки мероприятий по достижению высокой энергетической эффективности жилых построек. Настоящий подход к проектированию, который переносит природные аспекты кожи (ее биологическую функцию) на фасадные системы и материалы (внешнюю оболочку), имеет перспективу в исследованиях, направленных на уменьшение энергопотребления жилых зданий.

В связи с этими исследованиями нами выявлены некоторые показатели функциональных элементов многоэтажных жилых комплексов, которые используют современные методы выразительности фасадов.

Объект исследования – многоэтажные жилые комплексы – капитальные постройки, которые включают в себя определенное количество жилых единиц с необходимым обслуживанием на благоустроенной территории [2, с. 145; 3, с. 99].

Элементы архитектурной композиции

Фасад многоэтажного жилого комплекса представляет собой внешнюю видимую форму здания, обусловленную требованиями природной среды, с одной стороны, требованиями социальной и культурной среды, с другой стороны, и требованиями технологии, с третьей стороны. В целях оценки архитектурной выразительности композиции элементы фасада многоэтажного жилого комплекса должны быть точно определены. Это позволит показать общую форму, пространство и массу, которые характеризуют архитектурную композицию, сформированную проектировщиком [4, с. 110]. Взаимосвязи между этими элементами архитектурной композиции позволяют достичь функционально стабильной среды и уровня красоты [5, с. 16].

Логика работы конструкции и строительных элементов сооружения часто является источником новых приёмов композиции и новых архитектурных образов, каждый способ возведения зданий имеет ограничения технологии в отношении композиционных средств [2, с. 167].

Энергоэффективность фасадных систем современных зданий и сооружений зависит от множества факторов, в том числе и от их конструктивных особенностей и характеристик применяемых строительных материалов. Повышение энергоэффективности жилых комплексов возможно за счет применения традиционных и инновационных теплоизоляционных материалов, отвечающих требованиям экологичности [6, с. 2].

Исследования психологов установили, что более простые формы воспринимаются легче, чем более сложные. Согласно правилу Мюллера, число элементов формы, одновременно воспринимаемых человеком, должно быть около семи. Если число элементов больше, то форма будет восприниматься как хаотическое множество [7, с. 12].

В нашей концепции оценки архитектурной выразительности фасадов многоэтажных жилых комплексов необходимо проверить доминирующие строительные материалы фасадов, которые улучшают экологические и выразительные характеристики. Фасады включают в себя следующие элементы наружной стены:

Элементы поверхности (фиксированные, нефиксированные): стены или внешние жалюзи. Основным элементом каменного остова зданий являются стены. Толщина стен определяется либо по их несущей способности, либо по теплотехническому расчету. Принимается большее значение толщины [8, с. 19]. В настоящее время использование легких энергоэффективных фасадных систем из готовых модулей особо актуально при возведении многоэтажных и высотных каркасных зданий [6, с. 3].

Все поверхности стен с их отделочными материалами и внешние жалюзи, будь то фиксированные или нефиксированные, должны обеспечить экологическую изоляцию и снизить энергопотребление либо самими стенами, либо внешними отделочными материалами.

В предлагаемой методике оценки для проверки качества элементов поверхности стены обозначены кодом Э1а, внешние жалюзи – кодом Э1б.

Элементы массы: колонны и ригели. Они представляют собой взаимосвязанные вертикальные и горизонтальные элементы, воспринимающие нагрузки, действующие на здание, и нагрузки, возникающие в здании [8, с. 9].

Железобетонные колонны каркасных зданий выполняются обычно сечением 300×300 или 400×400 мм.

Ригели, воспринимающие нагрузку от междуэтажных перекрытий и передающие ее на колонны, в зависимости от перекрываемого пролета и расположения в здании назначаются различных сечений: прямоугольного, таврового, в виде обратного тавра и т. д. В случае опирания плит перекрытий на боковые полки ригелей экономится высота этажа и здания в целом [Там же, с. 26].

Колонны и ригели должны обеспечить экологическую изоляцию и снизить энергопотребление за счет строительных материалов либо за счет внешних отделочных материалов.

В предлагаемой методике оценки качества элементов массы колонны показаны в виде кода Э2а, ригели – в виде кода Э2б.

Полые элементы поверхности (все проемы): окна и двери. Размеры окон выбирают в соответствии с требованиями освещенности, архитектурного облика здания и экономических требований. По количеству слоев остекления окна могут быть с одинарным, двойным или тройным остеклением. Оконные и дверные блоки состоят из вставляемых в проем стены рам-коробок [8, с. 46–47].

Окна и двери должны обеспечить экологическую изоляцию и снизить энергопотребление посредством самих проемов и остекления.

В предлагаемой методике оценки для проверки качества полых элементов поверхности окна показаны в виде кода Э3а, двери – в виде кода Э3б.

Горизонтальные элементы поверхности: крыши, полы, карниз и перекрытия. Конструкция пола обычно состоит из нескольких слоев: покрытия пола (чистого пола), прослойки, подготовки, основания. Междуэтажные перекрытия состоят из несущей части, элементов покрытия пола и потолка. Полы разделяются по материалу их покрытия на бетонные, паркетные, линолеумные, плиточные и т. д. К перекрытиям в чердачных и надподвальных конструкциях предъявляют требования теплоизоляции, а к междуэтажным перекрытиям – звукоизоляционные требования [8, с. 41]. Карниз на фасаде рассматривается как выступающий элемент, который зрительно отделяет крышу от стены [2, с. 41].

В жилых комплексах крыши и перекрытия должны обеспечить экологическую изоляцию и снизить энергопотребление либо самими перекрытиями, либо внешними отделочными материалами.

В предлагаемой методике оценки качества горизонтальных элементов поверхности крыши показаны в виде кода Э4а, перекрытия – Э4б.

Функциональные элементы поверхности и массы: балконы и лоджии. Функциональные элементы могут быть закрытыми (лоджия) и открытыми (балконы). Открытые (летние) помещения квартиры – неотъемлемая составная часть комфортабельной квартиры [2, с. 74].

Важность этих элементов жилого здания была отмечена всеми экспертами. По их мнению, максимально комфортное жилье должно обладать балконом, лоджией или эркером [9, с. 138].

Балконы рекомендуют проектировать в домах не выше 9 этажей, лоджии обеспечивают лучшую изоляцию и безопасность по сравнению с балконами. Просторность и разнообразное озеленение делают лоджию незаменимым элементом квартиры. Остеклённая лоджия по существу является верандой.

Балконы и лоджия должны выполнять свои функции, обеспечивая как изоляцию, так и открытость в одно и то же время.

В предлагаемой методике оценки качества функциональных элементов поверхности и массы балконы обозначены кодом Э5а, лоджии – Э5б.

Декоративные элементы поверхности и массы – элементы украшения. В состав декоративных элементов фасада входят украшения подоконников и обрамления окон, балюстрады и скульптуры и т. д. Такие элементы в первую очередь характерны для жилых комплексов минувших столетий. Декоративные элементы должны явно читаться на фасаде, располагаться в видном месте, делая жилой комплекс художественно ценным и уникальным [10, с. 13].

Функциональные элементы и оборудование на фасадах, такие как водосточные трубы, внешние блоки кондиционеров и т. д., должны быть максимально скрыты основными или декоративными элементами и доступны для технического обслуживания. Архитектурные решения фасада должны улучшать эстетические качества жилого здания.

В предлагаемой методике оценки качества декоративных элементов поверхности и массы обозначены следующим образом: балюстрады и скульптуры – Э6а; подоконник и обрамления окон – Э6б.

Таким образом, вышеупомянутые элементы фасадов с помощью средств архитектурной композиции могут улучшить художественную выразительность фасадов жилых комплексов.

Характеристика средств художественной выразительности фасадов

Компоновка элементов фасада формирует его архитектурную композицию. Архитектурная композиция – целостная художественно-выразительная система форм, отвечающая функциональным и конструктивно-техническим требованиям. Выразительность фасада жилого здания зависит от композиции плана и архитектурно-пространственной структуры [5, с.16]. Целостность композиции и единство ее элементов проявляются в таком качестве, как гармоничность [7, с. 6].

При формировании архитектурной композиции фасадов жилых комплексов используют следующие средства художественной выразительности:

Единство – является основным законом и обязательным условием существования композиции. Единство достигается в том случае, когда все элементы и средства композиции направлены на достижение определенной цели и объединены в органическое целое [11, с. 50].

В предлагаемой методике единство обозначено кодом А, этот показатель позволяет проверить, все ли элементы фасада образуют гармоничное целое.

Тектоника – любая конструкция зрительно должна отражать работу материала, иначе она потеряет тектоническую и эстетическую выразительность. Тектоника более полно проявляется, когда осознается материал конструкции (дерево, бетон, металл и т. п.) [7, с. 15].

В предлагаемой методике тектоника обозначена кодом Б, этот показатель позволяет проверить, все ли материалы конструкции отражают его работу.

Ритм – один из важнейших элементов композиции – чередование в известной закономерности различных элементов или форм. Ритм проявляется в закономерном изменении порядка [7, с. 15].

В предлагаемой методике ритм обозначен кодом В, этот показатель позволяет проверить наличие ритма элементов фасада.

Пропорции – соотношение между архитектурной формой в целом и ее частями, между отдельными частями и их элементами играет важнейшую роль в достижении выразительности объекта в архитектуре [11, с. 49]. Пропорции способствуют достижению эстетической целостности, гармоничности объемно-пространственной формы за счет объединения ее размеров в какую-либо систему [7, с. 20].

В предлагаемой методике пропорции обозначены кодом Г, этот показатель позволяет проверить пропорциональность фасада и его элементов.

Масштабность – определяет такое соотношение размеров, частей и деталей сооружения, которое дает гармоничное сочетание их с размерами человека и окружающей средой [11, с. 48].

В предлагаемой методике масштабность обозначена кодом Д, этот показатель позволяет проверить, что элементы проявляются в гармонии с масштабом человека.

Идентичность – использование ценностей цивилизации страны и ее общественного развития, которые отличают все страны друг от друга [12, с. 617].

Интеграция идей в современной культуре порождает противоположную тенденцию поиска генотипов национальной и исторической памяти [13, с. 41]. Разработка современных архитектурных идей фасадов жилых комплексов не должна привести к потере местной идентичности.

В предлагаемой методике идентичность обозначена кодом Е, этот показатель позволяет проверить, насколько элементы фасада отражают историко-культурные ценности местного характера.

Контраст – характеризует отношение двух или нескольких элементов, значительно различающихся размерами, или соотношение противоположных по форме объемов или частей сооружения [11, с. 49]. Контраст может иметь различную основу, например, в отделочных материалах, видах обработки поверхности, окраске, декоративных элементах и т. п. [7, с. 23].

В предлагаемой методике контраст обозначен кодом Ж. Этот показатель позволяет проверить наличие значительного различия между некоторыми элементами относительно всех похожих элементов.

Симметрия – описывает распределение визуальных элементов композиции фасада относительно оси симметрии. Композиция фасада может быть симметричной или асимметричной. Симметричный дизайн – расположение элементов фасада одинаковой формы по обе стороны от воображаемой осевой линии. Асимметричный дизайн использует элементы разной формы, расположенные нецентрированно по отношению к осевой линии фасада [14].

В предлагаемой методике симметрия обозначена кодом З. Этот показатель позволяет оценить наличие симметрии в композиции фасада.

Таким образом, реализация и выявление средств художественной выразительности, отмеченных вышеуказанными кодами, позволят оценить весьма важные для успешного проектирования эстетические качества фасадов жилых комплексов.

Качественные показатели зданий

Комплексная оценка выразительности жилого комплекса на послепроектных стадиях позволяет вносить в проект изменения (репроектировать) или усовершенствовать функции самого здания в целях повышения его выразительности, а также содействовать процессам проектирования в аналогичных ситуациях. Данная оценка может стать эмпирической основой для хорошо продуманного руководства по составлению программ проектирования жилых комплексов [15, с. 9].

Под качеством обычно понимают повышение степени соответствия дизайна потребностям и ожиданиям [16, с. 4]. Архитектурное качество здания в его широком смысле включает в себя качества, в которых достигается оригинальный, стимулирующий, эффективный и рентабельный синтез функции, формы и техники [15].

Как следствие, архитектурное качество жилого комплекса в его самом широком смысле должно включать в себя функциональные, эстетические и технические параметры.

Функциональное качество (экологические) – качества проектных решений в связи с требованиями удобства, полезности, соответствия назначению

(жилая и общая площадь в кв. м, функциональное разделение жилого пространства и т. д.). В функциональном аспекте вопросы создания благоприятных условий жизни людей выходят на первый план. Значительное внимание уделяется строительству жилых домов и комплексов с применением энергосберегающих и экологически ориентированных технологий. Показатель характеризует использование здания для практической деятельности, уровень, в котором здание подходит для реализации жизненных процессов внутри самого себя [15, с. 10].

В предлагаемой методике функциональное качество (код К.1) предложено оценивать следующим образом. Элементы фасада могут:

А – достигать совершенства в функциональном отношении. Фасад имеет функциональные экологические элементы с характеристиками художественной выразительности. Например, расположение умных окон на фасаде отражает ритмический порядок, при этом достигается визуальная изоляция между противоположными квартирами.

Б – не достигать интеграции функционального качества. Элементы фасада обеспечивают экологические решения с характеристиками выразительности, но теряют некоторые внутренние функции или, наоборот, когда они достигают некоторых внутренних функций, но теряют экологические решения с характеристиками выразительности. Например, умные окна, их расположение на фасаде отражает ритмический порядок, но не обеспечивает визуальную изоляцию между противоположными квартирами.

В – не достигать какого-либо функционального качества. Элементы фасада не обеспечивают экологичность решения, не имеют никаких характеристик выразительности и не соответствуют функции.

Эстетическое качество – показатель соответствует уровню, в котором жилой комплекс воспринимается как красивый или оригинальный, как часть культуры. Например, жилой комплекс представляет определенный стиль или период строительства. Этот показатель оценивает эстетические качества: красоту, культурные ценности и символические значения [15, с. 10–11].

В предлагаемой методике эстетическое качество (К.2) предложено оценивать следующим образом. Элементы фасада могут:

А – достигать совершенства эстетического качества. Элементы фасада содержат экологические решения и характеристики выразительности, гармонию и архитектурное творчество.

Б – достигать частично эстетического качества. Элементы фасада имеют экологические решения и не обеспечивают характеристики выразительности, или наоборот.

В – не достигать какого-либо эстетического качества. Элементы фасада не обеспечивают экологичность и не имеют характеристик выразительности.

Техническое качество – показатель соответствует уровню, в котором фундаменты, несущие конструкция и инженерное оборудование жилого комплекса соответствуют техническим требованиям и стандартам в отношении прочности, жесткости, устойчивости, энергосбережения в обслуживании. Важным компонентом является способность здания обеспечить привлекательность, безопасность и здоровый климат в помещениях, измеряемый температурой,

влажностью, освещенностью и акустикой, что характеризует экологичность и энергосбережение [15, с. 11].

В предлагаемой методике техническое качество (К.3) предложено оценивать следующим образом. Элементы фасада могут:

А – достигать совершенства технического качества. Элементы фасада обеспечивают экологические решения с характеристиками выразительности при соблюдении всех технических требований и стандартов.

Б – достигать частично технического качества. Элементы фасада обеспечивают экологические решения с характеристиками выразительности, но не обеспечивают выполнение технических требований и стандартов, или наоборот.

В – не достигать технического качества. Элементы фасада не имеют экологических решений, никаких характеристик выразительности и не соответствуют техническим требованиям и стандартам.

Экономическое качество – показатель характеризует **у**ровень экономической эффективности, в котором финансовые ресурсы, затраченные на строительство жилого комплекса, соотносятся с ценой и качеством. Если здание рассматривается как инвестиционный объект, его экономическое качество также зависит от достигнутого уровня доходности [15, с. 11]. Хорошо изолированное здание позволяет повысить экономическую эффективность систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC) [17].

В предлагаемой методике экономическое качество (К.4) предложено оценивать следующим образом. Элементы фасада могут:

А – достигать совершенства экономического качества. Элементы фасада обеспечивают экологические решения с характеристиками выразительности, достигая при этом эффективной производительности и высокой доходности.

Б – достигать частично экономического качества. Элементы фасада обеспечивают экологические решения с характеристиками выразительности, но теряют в производительности и доходности, или наоборот.

В – не достигать какого-либо экономического качества, Элементы фасада не обеспечивают экологических решений, выразительности и эффективности производительности и снижают доходность.

Комплексная оценка выразительности фасадов

Таким образом, для того чтобы провести комплексную оценку выразительности фасадов экологических многоэтажных жилых комплексов, выявлены три основных компонента фасадов и их параметры:

1) основные архитектурные элементы фасадов (форма);

2) средства архитектурно-художественной выразительности фасадов (архитектурная композиция);

3) оценка качества характеристик (уровень качества).

После анализа фасадов каждого жилого комплекса составляется результирующая таблица. Таблица позволяет проанализировать выразительность фасада многоэтажного жилого здания, определяя сильные и слабые стороны каждого элемента. Диагностика экологических и выразительных характеристик многоэтажных жилых комплексов дает возможность проверить проектную концепцию, раскрыть использование устойчивых технологий без больших затрат.

Для более точной оценки выразительности архитектурных элементов фасадов жилых комплексов следует их рассмотреть в трех аспектах:

– по форме – позволяет проверить, как внешняя форма элементов фасада создает выразительность. Показатель обозначен Ф;

– по текстуре – позволяет проверить, как текстура материала элементов фасада создает выразительность. Показатель обозначен Т;

– по цвету элементов – позволяет проверить, как цвет элементов фасада создает выразительность. Показатель обозначен Ц.

Табл. 1 (модель 1) позволяет собрать все характеристики каждого элемента фасада жилого комплекса. Это дает возможность проверить один элемент (стену, например) по видам качества: функционального, эстетического, технического и экономического.

Таблица 1

(Модель 1) Оценка одного элемента (стены)-[Э1а]

	Экологическое качество (К.01)			Эстетическое качество (К.02)			Техническое качество (К.03)			Экономическое качество (К.04)		
	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц
А	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц
Б	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц
В	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц
Г	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц
Д	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц
Е	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц
Ж	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц
З	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц
Су.												

Оценка анализируемого элемента фасада в каждом столбце таблицы определяется по сумме баллов. Столбец заполняется в соответствии с присвоенным значением параметра (А, Б и В).

Предложено присваивать следующее количество баллов соответствующим значениям параметра:

– 2 балла в каждом пункте (А) (достигать совершенного качества);

– 1 балл в каждом пункте (Б) (достигать частично качества);

– 0 баллов в каждом пункте (В) (не достигать какого-либо качества).

Итоговая таблица (табл. 2) (модель 2) составляется в целях оценки всех 12 элементов. Данная таблица является результатом слияния 12 предыдущих таблиц (модель 1). Это позволяет всесторонне и объективно оценить выразительность фасада многоэтажного жилого комплекса. Результаты отображаются в виде графиков, показывающих степень оценки каждого элемента с общей суммой 12.

Таблица 2

(Модель 2) Итоговая таблица оценки каждого элемента фасада многоэтажного жилого комплекса

Э1а	К.01			К.02			К.03			К.04		
Тип х.	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц
А	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц
Б	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц
В	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц
Г	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц
Д	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц
Е	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц
Ж	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц
З	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц
Су.												

1

Э1б	К.01			К.02			К.03			К.04		
Тип х.	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц
А	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц
Б	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц
В	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц
Г	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц
Д	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц
Е	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц
Ж	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц
З	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц
Су.												

2

Э2а	К.01			К.02			К.03			К.04		
Тип х.	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц
А	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц
Б	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц
В	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц
Г	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц
Д	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц
Е	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц
Ж	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц
З	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц
Су.												

3

Э2б	К.01			К.02			К.03			К.04		
Тип х.	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц
А	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц
Б	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц
В	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц
Г	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц
Д	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц
Е	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц
Ж	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц
З	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц
Су.												

4

Э3а	К.01			К.02			К.03			К.04		
Тип х.	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц
А	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц
Б	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц
В	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц
Г	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц
Д	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц
Е	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц
Ж	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц
З	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц
Су.												

5

Э3б	К.01			К.02			К.03			К.04		
Тип х.	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц
А	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц
Б	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц
В	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц
Г	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц
Д	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц
Е	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц
Ж	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц
З	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц
Су.												

6

Э4а	К.01			К.02			К.03			К.04		
Тип х.	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц
А	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц
Б	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц
В	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц
Г	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц
Д	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц
Е	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц
Ж	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц
З	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц
Су.												

7

Э4б	К.01			К.02			К.03			К.04		
Тип х.	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц
А	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц
Б	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц
В	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц
Г	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц
Д	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц
Е	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц
Ж	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц
З	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц
Су.												

8

Э5а	К.01			К.02			К.03			К.04		
Тип х.	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц
А	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц
Б	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц
В	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц
Г	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц
Д	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц
Е	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц
Ж	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц
З	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц
Су.												

9

Э5б	К.01			К.02			К.03			К.04		
Тип х.	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц
А	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц
Б	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц
В	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц
Г	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц
Д	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц
Е	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц
Ж	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц
З	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц
Су.												

10

Э6а	К.01			К.02			К.03			К.04		
Тип х.	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц
А	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц
Б	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц
В	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц
Г	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц
Д	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц
Е	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц
Ж	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц
З	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц
Су.												

11

Э6б	К.01			К.02			К.03			К.04		
Тип х.	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц	Ф	Т	Ц
А	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц	А.Ф	А.Т	А.Ц
Б	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц	Б.Ф	Б.Т	Б.Ц
В	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц	В.Ф	В.Т	В.Ц
Г	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц	Г.Ф	Г.Т	Г.Ц
Д	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц	Д.Ф	Д.Т	Д.Ц
Е	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц	Е.Ф	Е.Т	Е.Ц
Ж	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц	Ж.Ф	Ж.Т	Ж.Ц
З	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц	З.Ф	З.Т	З.Ц
Су.												

12

Таким образом, итоговая таблица демонстрирует комплексную оценку характеристик каждого элемента по четырем аспектам выразительности: экологическо-функциональному, экологическо-выразительному, экологическо-техническому и экологическо-экономическому. Кроме того, содержит оценки элемента по его форме, текстуре и цвету.

Для автоматического сложения баллов во всех полях таблицы используется отформатированный файл Excel, который прилагается в исследовании.

Пример комплексной оценки фасада. Для иллюстрации практического применения разработанной методики был выбран проект многоэтажного жилого комплекса К2 в Австралии, который в 2009 г. получил награду Организации Объединенных Наций за «Лучший устойчивый жилой комплекс» (рис. 1, табл. 3). Проект жилого комплекса на 96 квартир для развития государственного жилья проложил путь к устойчивому проектированию. В проекте использован пассивный солнечный дизайн, четыре здания сблокированы на участке площадью 4800 кв. м. Жилые здания комплекса ориентированы по оси восток-запад, что обеспечивает максимальную северную экспозицию. Высота зданий и расстояние между передней и задней парами были тщательно рассчитаны, чтобы обеспечить все квартиры северным солнцем для естественного освещения и отопления [18, 25–29]. Строительные материалы были выбраны потому, что они пригодны для переработки, прочны, не токсичны и не вредны для здоровья населения и окружающей среды.

Рис. 1. Проект устойчивого экологического жилищного строительства К2 в Виктории, Австралия. Пример оценки десяти экологических элементов

Проведен анализ и оценка одного элемента, что показано в итоговой табл. 2 (модель 2). Анализ позволил убедиться в работоспособности предлагаемой методики.

Таблица 3

Характер фасадных элементов и строительных материалов в проекте устойчивого экологического жилищного строительства K2 в Виктории, Австралия [18, с. 25–29]

Э1а	**Форма стены**: сборные детали обеспечивают тепловую массу, чтобы помочь поддерживать стабильную температуру в помещении **Текстура стены**: использованы нетоксичные краски и покрытия, летучая зола (продукт сжигания угля, который является более долговечным и дает меньше выбросов парниковых газов, чем цемент) **Цвет стены:** использовались белые натуральные покрытия, они снижают потребность в обслуживании (покраска и лакировка)
Э1б	**Внешние жалюзи фиксированные:** использована древесина б/у (использовалась повторно) либо поступала из устойчиво управляемых лесов
Э2а	**Колонны:** не выявляются на фасадах, а также их детали
Э2б	**Ригели:** бетон выявляется на фасадах как непрерывные линии
Э3а	**Окна:** разные размеры, обеспечена изоляция, стеклопакеты и затенение
Э3б	**Двери:** одного размера, обеспечена изоляция, стеклопакеты и затенение
Э4а	**Крыши:** положены под углом к солнцу, так что солнечные батареи на них могут собирать максимальное количество энергии, а также обеспечивать некоторую тень. Солнечная энергия нагревает не менее 50 % горячей воды в зданиях
Э4б	**Перекрытия**: открытые бетонные потолки обеспечивают тепловую массу, чтобы помочь поддерживать стабильную температуру в помещении
Э5а	**Балконы:** их балюстрады из солнечных панелей и полы покрыты нетоксичной краской, снижают потребность в обслуживании (покраска и лакировка)
Э5б	**Лоджия:** в фасадах как элементы массы их ограждения положены под углом к солнцу, так что солнечные батареи на них могут собирать энергию
Э6а	Обрамления окна
Э6б	**Балюстрады**: солнечные панели (3 передние панели, 2 боковые панели)

Для оценки элементов фасада в этом проекте используем табл. 1. Нам нужно заменить табл. 1 с кодами в ней на другую таблицу, которая читает эти коды в свете того, что упоминается в теоретических рамках этого исследования. Таким образом, получена табл. 4, чтобы поверить методику. Аналогично оцениваем все другие проекты.

Информация и данные заполняются и оцениваются в электронных таблицах (файл Excel) или в итоговой табл. 2 как суммы данных из табл. 1, 3, 4. Эксперт-архитектор вводит значения параметров в итоговую таблицу на основе спецификаций, которые взяты из проектных материалов (BOQ). Поля должны быть оценены, как указано в пунктах 5.1, 5.2, 5.3 и 5.4 по величине параметра (А, Б и В).

После заполнения таблиц строится график (рис. 2), который показывает оценку структурного элемента в его форме, текстуре и цвете. График позволяет легко определить характеристики выразительности, которые следует улучшить, будь то функциональные, эстетические, технические, экономические или все вместе.

Таблица 4

Оценка характеристик каждого элемента (здесь стены): экологическо-функциональных, экологическо-выразительных, экологическо-технических и экологическо-экономических, а также оценка элемента по форме, текстуре и цвету

Код	Детали оценки структурного элемента	Тип качества			
		К.01	К.02	К.03	К.04
А.Ф	Форма стен обеспечивает единство формы	1	1	1	2
А.Т	Текстура стены обеспечивает единство форм	2	1	2	2
А.Ц	Цвета стены обеспечивают единство формы	2	1	2	2
Б.Ф	Форма стен отражает их функцию	2	1	2	2
Б.Т	Текстура стен отражает их функцию	2	1	2	2
Б.Ц	Цвет стен отражает их функцию	2	1	2	2
В.Ф	Формы стен повторяются и проявляются в регулярном порядке	1	1	2	2
В.Т	Текстура стены повторяется и проявляется в регулярном порядке	2	1	2	2
В.Ц	Цвета стены повторяются и проявляется в регулярном порядке	2	1	2	2
Г.Ф	Форма стен является пропорциональной в конкретной системе	1	1	2	2
Г.Т	Текстура стен является пропорциональной в конкретной системе	1	1	2	2
Г.Ц	Цвет стен является пропорциональным в конкретной системе	1	1	2	2
Д.Ф	Масштабность формы стен проявляется в гармонии с масштабом человека	2	2	2	2
Д.Т	Масштабность текстуры стен проявляется в гармонии с масштабом человека	2	2	2	2
Д.Ц	Масштабность цвета стен проявляется в гармонии с масштабом человека	2	2	2	2
Е.Ф	Форма стен отражает местный характер	1	1	2	2
Е.Т	Текстура стен отражает ценности местной культуры	2	1	2	2
Е.Ц	Цвет стен отражает ценности местной культуры	2	1	2	2
Ж.Ф	Некоторые формы стен соотносятся друг с другом в значительном различии	1	1	2	2
Ж.Т	Некоторые текстуры стен соотносятся друг с другом в значительном различии	1	1	2	2
Ж.Ц	Некоторые цвета стен соотносятся друг с другом в значительном различии	1	1	2	2
З.Ф	Части формы стен симметричны	2	1	2	2
З.Т	Части текстуры стен симметричны	2	1	2	2
З.Ц	Части цвета стен симметричны	2	1	2	2
Сумма баллов, которые обеспечивают экологические аспекты		39	27	47	48
Суммарная оценка качества элемента (стены)		161			

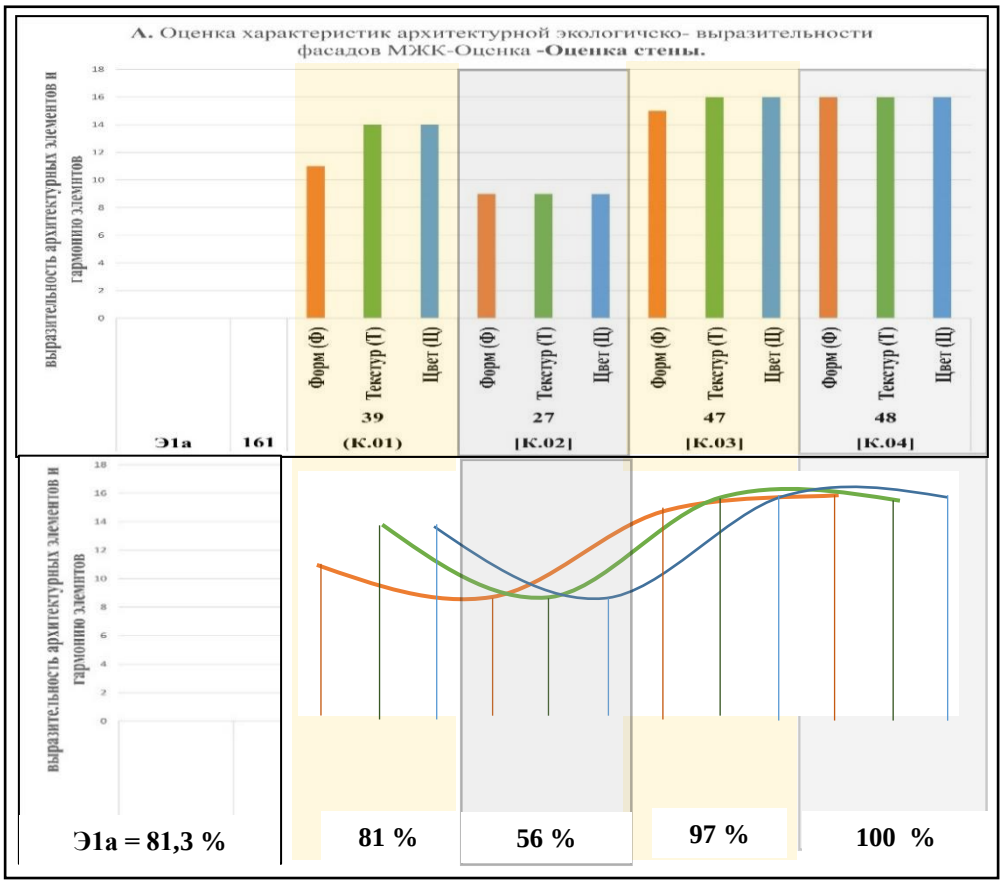


Рис. 2. Оценка характеристик архитектурно-экологической выразительности фасадов МЖК-Оценка стены фасада

Структурный элемент необходимо оценивать с точки зрения формы, цвета и текстуры. Форма элемента фасада может обеспечить положительные экологические решения. Но в то же время текстура и цвет могут иметь качество ниже, из-за чего элемент фасада теряет положительность экологических решений. Например, в сухих жарких районах используют обрамления окон на фасаде в виде выступа, чтобы улучшить экологические показатели посредством увеличения проветривания и создания тени на фасаде. Однако цвет и текстура материала могут добавить дополнительную тепловую нагрузку на фасад, если они сделаны из металла.

В соответствии с методикой оценки 12 элементов фасада нужно будет заполнить, проверить и оценить 96 полей для каждого элемента. Таким образом, чтобы оценить все элементы фасада, нужно заполнить 1152 ячеек таблицы.

Методика оценки предполагает установить взаимосвязь экологических аспектов с функциональными, выразительными, техническими и экономическими. Так, анализ проекта экологического жилого комплекса в Австралии, выполненный по настоящей методике, показал, что экологические решения

в элементе **стена** оцениваются в 81,3 %, функциональные свойства оценены на 81 %, выразительные свойства – на 56 %, в то время как технические свойства достигают 97 %, а экономические свойства – 100 %. Отсюда следует, что этот элемент должен быть улучшен в форме, текстуре и цвете для повышения оценки выразительности.

Применение данной методики оценки позволит повысить эстетическую выразительность многоэтажных жилых комплексов с использованием современных экологических технологий без значительных затрат, что приведет к повышению качества их архитектурных решений.

Выводы

1. Появление новых материалов и современных экологических технологий, широкое использование альтернативных источников энергии как элементов фасада обусловливают необходимость пересмотра оценки фасадов. Для проверки выразительности архитектурных элементов и гармонии фасадов в целях улучшения архитектурной композиции экологических жилых комплексов авторами предложена методика комплексной оценки выразительности. Предлагаемые способы оценки характеристик архитектурной выразительности фасадов экологических многоэтажных жилых комплексов позволяют оценить выразительность архитектурных элементов и гармонию фасадов с целью улучшения архитектурной композиции жилых комплексов.

2. Данная методика комплексной оценки предполагает выявление качественных характеристик выразительности фасадов многоэтажных жилых комплексов, в которых применяются экологические решения. Предложена система конкретных и подробных показателей в форме таблиц, по которым количественно оценивается качество элементов фасадов.

3. Разработанный алгоритм и форма оценки может служить основой для составления соответствующего программного обеспечения, что значительно упростит и ускорит процедуру оценки выразительности фасадов.

Библиографический список

1. *Gruber P., Gosztonyi S.* Skin In architecture: towards bioinspired facades // WIT PRESS-Ecology and the Environment. 2010. № 138. С. 503–513. URL: https://www.witpress.com/elibrary/wit-transactions-on-ecology-and-the environment/138/21196.
2. *Молчанов В.М.* Теоретические основы проектирования жилых зданий. Ростов-на-Дону : Феникс, 2003. 222 с.
3. *Ibrahim I.I.* Decision Making to Choose Most Suitable Residential Location: Study Area Baghdad City : диссертация // Iraqi National Library and Archives. 2015. 174 с. URL: http://www.iraqnla-iq.com/opac2/fullrecr.php?nid=33970&hl=ara (на арабском языке).
4. *NSW Department* of Planning and Environment. Apartment Design Guide // Tools for improving the design of residential apartment development. Sydney. 2015. 181 с. URL: https://www.planning.nsw.gov.au/-/media/Files/DPE/Guidelines/apartment-design-guide-2015-07.pdf?la=en
5. *Rissanen M.* Basic forms and nature: From Visual Vimplicity to Conceptual Complexity // Academy of fine arts at the University of the arts Helsinki. 2017. 275 с.
6. *Абрамян С.Г., Котляревский А.А., Саутиев А.У.* Энергоэффективные фасадные системы и применяемые строительные материалы // Науковедение : интернет-журнал. 2017. Т. 9. № 6. 9 с.
7. *Трофимов В.А., Шарок Л.П.* Основы композиции. Санкт-Петербург : СПбГУ ИТМО, 2009. 42 с.

8. *Стецкий С.В., Ларионова К.О., Никонова Е.В.* Основы архитектуры и строительных конструкций. Москва : ФГБОУ ВПО «МГСУ», 2014. 153 с.
9. *Степанов И.Г., Матасова О.И.* Количественная оценка комфортности жилья и ее влияние на ценообразование на рынке недвижимости // Вестник ЮУрГу. Серия: Экономика и менеджмент. 2011. № 8. Вып. 17. С . 131–139.
10. *Руководство по дизайну фасада*. Самая суть: от понимания к практике // Дизайн-Капитал. 2019. 21 с. URL: https://designcapital.ru/whitepaper/design-facade.pdf
11. *Никитина Н.П.* Основы архитектурно-конструктивного проектирования: выполнение курсовых работ. Екатеринбург : Изд-во Уральского университета, 2012. 60 с
12. *Халид Х.* Имитация и возврат к традициям в архитектуре с сохранением приватности и местной идентичности / Тикритский государственный университет (Ирак). 2011. С. 617–621.
13. *Шамрук А.* Поиск национальной идентичности в современной архитектуре Беларуси // Народна творчиство этнография. 2008. № 3. Март. С. 41–52. URL: http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/20228
14. *Tomita K.* Principles and elements of visual design //A review of the literature on visual design studies of instructional materials. Indiana University Bloomington. 2015. С. 167–174. URL: https://www.toptal.com/designers/ui/principles-of-design
15. *Van der Voordt T.J., Van Wegen H.B.* Architecture in use: An Introduction to the Programming, Design and Evaluation of Buildings. United Kingdom. 2005. 237 с.
16. *Nelson C.* Managing quality in architecture //A Handbook for Creators of the Built Environment. Great Britain. 2006. 22 с.
17. *Richard N.L., Stamatiou E.* Green Design & Sustainability: Concepts and Practices // WSEAS Inernational. Conference Agios Nikolaos, Crete Island, Greece. Greece. July, 2007. 9 с.
18. *Kestermann R.* The Sustainability of Affordable Housing in Australia // Nawic International Women's Day Scholarship. 2010. P. 1–30. URL: https://www.nawic.com.au/documents/NAWIC/NAWIC_SustainableAffordableHousing_RMK1.pdf

REFERRENCES

1. *Gruber P., Gosztonyi S.* Skin in architecture: towards bioinspired facades. WIT PRESS-Ecology and the Environment. 2010. No. 138. Pp. 503-513. Available: www.witpress.com/elibrary/wit-transactions-on-ecology-and-the environment/138/21196
2. *Molchanov V.M.* Teoreticheskie osnovy proektirovaniya zhilyh zdanij [Theoretical foundations of residential building design]. Rostov-on-Don: Feniks, 2003. 222 p. (rus)
3. *Ibrahim I.I.* Decision making to choose most suitable residential location: study area Baghdad city. Thesis published: Iraqi National Library and Archives. Available: www.witpress.com/elibrary/wit-transactions-on-ecology-and-the environment/138/21196. www.iraqnla-iq.com/opac2/fullrecr.php?nid=33970&hl=ara. 2015.174 p.
4. NSW Department of Planning and Environment. Apartment design guide. Tools for improving the design of residential apartment development. Sydney. 2015. 181 p. Available: www.planning.nsw.gov.au/-/media/Files/DPE/Guidelines/apartment-design-guide-2015-07.pdf?la=en
5. *Rissanen Markus*. Basic forms and nature: from visual simplicity to conceptual complexity. Academy of fine arts at the University of the Arts Helsinki, USA, 2017. 275 p
6. *Abramjan S.G, Kotljarevskij A.A., Sautiev A.U.* Jenergojeffektivnye fasadnye sistemy i primenjaemye stroitel'nye materialy [Energy efficient façade systems and related construction materials]. *Naukovedenie*. 2017. V. 9. No. 6. 9 p. (rus)
7. *Trofimov V.A., Sharok L.P.* Osnovy kompozicii [Base of composition]. St.-Petersburg, 2009. 42 p.(rus)
8. *Steckij S.V., Larionova K.O., Nikonova E.V.* Osnovy arhitektury i stroitel'nyh konstrukcij [Fundamentals of architecture and building constructions]. Moscow: MSU, 2014. 153 p. (rus)
9. *Stepanov I.G, Matasova O.I.* Kolichestvennaja ocenka komfortnosti zhil'ja i ee vlijanie na cenoobrazovanie na rynke nedvizhimosti [Quantitative assessment of housing comfort and its impact on real estate pricing]. *Vestnik JuUrGu*. 2011. No. 8. Pp. 131–139. (rus)

10. Rukovodstvo po dizajnu fasada. Samaja sut': ot ponimanija k praktike [The gist: from understanding to practice]. Dizain-Kapital. Available: https://designcapital.ru/whitepaper/design-facade.pdf. (rus)
11. *Nikitina N.P.* Osnovy arhitekturno-konstruktivnogo proektirovanija [Fundamentals of architectural and structural design]. Ekaterinburg, 2012. 60 p. (rus)
12. *Khalid H.* Imitaciya i vozvrat k tradiciyam v arxitekture s soxraneniem privatnosti i mestnoj identichnosti [Imitation and return to traditions in architecture with preservation of privacy and local identity]. Tikritskij gosudarstvennyj universitet (Iraq). 2011. P. 617–621. (rus)
13. *Shamruk A.* Poisk nacional'noj identichnosti v sovremennoj arxitekture belarusi [Search for national identity in modern Belarus architecture]. *Narodna tvorchistvo e'tnografiya*. 2008. No. 3. Pp. 41–52. Available: http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/20228. (rus)
14. *Tomita K.* Principles and elements of visual design. A review of the literature on visual design studies of instructional materials. Indiana University Bloomington. 2015. Pp.167–174. Available: www.toptal.com/designers/ui/principles-of-design
15. *Van der Voordt T.J., Van Wegen H.B.* Architecture in use: An introduction to the programming, design and evaluation of buildings. United Kingdom, 2005. 237 p.
16. *Nelson C.* Managing quality in architecture. A handbook for creators of the built environment. Great Britain, 2006. 22 p.
17. *Richard N.L., Stamatiou E. Proc. Int. Conf. 'Architecture, Green Design & Sustainability: Concepts and Practices'*, Agios Nikolaos, Crete, Greece, 2007.
18. *Kestermann R.* The sustainability of affordable housing in Australia. Nawic International Women's Day Scholarship. 2010. Pp. 1–30. Available: www.nawic.com.au/documents/NAWIC/NAWIC_SustainableAffordableHousing_RMK1.pdf

Сведения об авторах

Алавси Висам Али Кадим, аспирант, Южный федеральный университет, 344082, г. Ростов-на-Дону, ул. М. Горького, 75, wisamarchitect.wa2017@gmail.com

Молчанов Виктор Михайлович, канд. архитектуры, профессор, Южный федеральный университет, 344082, г. Ростов-на-Дону, ул. М. Горького, 75, vimolchanov@yandex.ru

Authors Details

Alawsi Wisam Ali Kadhim, Research Assistant, Southern Federal University, 75, Gorky Str., 344082, Rostov-on-Don, Russia, wisamarchitect.wa2017@gmail.com

Victor M. Molchanov, PhD, Professor, Southern Federal University, 75, Gorky Str., 344082, Rostov-on-Don, Russia, vimolchanov@yandex.ru

УДК 72.035 DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-72-89

М.Ю. ГАЙДУК, Е.В. СИТНИКОВА,
Томский государственный архитектурно-строительный университет

РОЛЬ КУПЕЧЕСТВА В ФОРМИРОВАНИИ ЗАСТРОЙКИ ГОРОДОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В XIX – НАЧАЛЕ XX ВЕКА (НА ПРИМЕРЕ ТЮМЕНИ И ТОБОЛЬСКА)

В статье рассматривается историко-культурное наследие столиц Тобольской губернии – Тюмени и Тобольска. Исторические города Сибири обладают богатым историко-культурным, ландшафтным, архитектурным наследием, которое входит в состав общероссийской культуры.

Цель настоящего исследования – на основе изученного материала оценить роль купечества в формировании архитектурного облика городов Западной Сибири на примере Тюмени и Тобольска.

Новизна исследования заключается в проведении комплексного анализа исторической застройки Тюмени и Тобольска, определении роли местного купечества в формировании архитектурного облика этих городов и выявлении проблем сохранения их ценного историко-архитектурного наследия.

В процессе работы использовались научные методы: комплексный научный анализ историко-архивных и библиографических источников, системно-структурный и архитектуроведческий анализ при формировании полученных выводов. Практическая значимость исследования заключается в возможности использования полученных результатов при подготовке лекций, докладов и сообщений по истории архитектуры Сибири.

Методологической и теоретической основой исследования являются теоретические труды историков и архитекторов, касающиеся исследуемого вопроса и приведенные в списке литературы настоящего исследования, а также материалы натурного исследования, проведённые авторами статьи в 2013–2019 гг.

В результате исследования установлено, что ценностные характеристики купеческой застройки достаточно высоки, большинство из выявленных зданий являются памятниками истории и архитектуры местного и федерального значения. Застройка, возведенная на средства купечества, несёт информацию об истории города, градостроительной культуре региона, становлении архитектурных стилей, социально-экономическом укладе жизни в городах Западной Сибири второй половины XIX – начала XX века, строительных приёмах и материалах.

Ключевые слова: историко-культурное наследие Сибири; сибирское купечество; сибирские города; архитектурный облик города.

Для цитирования: Гайдук М.Ю., Ситникова Е.В. Роль купечества в формировании застройки городов Западной Сибири в XIX – начале XX века (на примере Тюмени и Тобольска) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 2. С. 72–89.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-72-89

M.Yu. GAYDOUK, E.V. SITNIKOVA,
Tomsk State University of Architectury and Building

MERCHANTS IN DEVELOMPENT OF SIBERIAN CITIES IN THE 19-20th CENTURES (THE TYUMEN AND TOBOLSK CASE STUDIES)

The article covers historical and cultural heritage of Tyumen and Tobolsk, which are the capitals of the Tobolsk region. Historical cities of Siberia have rich historical, cultural and architectural heritage.

© Гайдук М.Ю., Ситникова Е.В., 2020

The aim of this work is to assess the role of merchantry in the architectural image of West Siberian cities such as Tyumen and Tobolsk.

The novelty lies in a full analysis of historical buildings of Tyumen and Tobolsk, identification of the role of local merchantry in establishing their architectural image and preservation of historical and architectural heritage.

The scientific methods include a complex scientific analysis of historical archives and of bibliographical sources, a systems and architectural analyses of the research findings. Practically, the research results can be used in preparation of lectures, papers and essays on the history of the Siberian architecture.

The work is based on theories and methods of historians and architects, and the full-scale experiment carried out by the authors in the years 2013–2019.

It is shown that merchant buildings are extremely valuable. The majority of the assessed buildings are historical and architectural monuments of the local and federal significance. Buildings financed from merchant's funds preserve knowledge about the history of towns, urban planning culture of the region, development of architectural styles, social and economic standards of the West Siberian cities late in the 19th and early 20th centuries.

Keywords: historical and cultural heritage of Siberia; merchants; Siberian cities; architectural image of the city.

For citation: Gaydouk M.Yu., Sitnikova E.V. Rol" kupechestva v formirovanii zastroiki gorodov Zapadnoi Sibiri v XIX – Nachale XX veka (na primere Tyumeni i Tobol"ska) [Merchants in develompent of Siberian cities in the 19–20th centures (the Tyumen and Tobolsk case studies)]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2020. V. 22. No. 2. Pp. 72–89.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-72-89

Значительное влияние на формирование индивидуального облика исторических сибирских городов оказало местное купечество, являющееся в XIX – начале XX века основной решающей силой в жизнедеятельности удаленных от центральной части России поселений. Выявление характерных особенностей, подтверждение ценности застройки, возведенной на средства купечества, и её высокой роли в формировании облика сибирских городов являются важным аспектом в сохранении и развитии историко-культурного наследия России.

Многие исследователи рассматривают исторические и градостроительные особенности развития городов Сибири. Отдельные труды посвящены истории архитектуры Сибири: Л.С. Романовой, Е.В. Ситниковой, В.Г. Залесова, С.Н. Баландина, О.В. Богдановой, В.Т. Горбачева, Б.А. Жученко, С.П. Заварихина, В.Е. Копылова, Е.И. Кириченко, В.И. Кочедамова, Е.М. Козловой-Афанасьевой, А.И. Клименко Т.Н. Манониной и др.

Вопросам формирования архитектурного облика городов Западной Сибири под влиянием сибирского купечества посвящены фундаментальные труды докт. ист. наук, профессора В.П. Бойко и канд. архитектуры, доцента Е.В. Ситниковой. Результатом совместной работы специалистов разных областей (архитекторов, историков) стали: монография «Сибирское купечество и формирование архитектурного облика г. Томска в XIX – начале XX в.» [1], коллективная монография «Архитектура городов Томской губернии и сибирское купечество (XVII – начало XX века). Томск, Бийск, Барнаул, Кузнецк, Колывань, Камень-на-Оби, Нарым, Мариинск, Новониколаевск» [2], монография «Формирование

архитектурного облика городов Западной Сибири в XVII – начале XX в. и местное купечество (Тобольск, Тюмень, Томск, Тара, Омск, Каинск)» [3].

Настоящее исследование является одним из разделов научной исследовательской работы «Архитектура купеческих зданий в г. Тюмени второй половины XIX – начала XX в.». Авторами настоящей работы ранее были опубликованы научные статьи в журнале «Вестник ТГАСУ», посвящённые историко-культурному наследию Тюмени: «Вклад тюменского купечества в формирование культового зодчества г. Тюмени» [4], «Деревянная архитектура Тюмени конца XIX – начала XX в.» [5]. Также результаты исследований доложены на научных конференциях разного уровня. Например, доклад аспирантки М.Ю. Гайдук «Вклад купца А.И. Текутьева в историко-культурное наследие города Тюмени», представленный на Всероссийской конференции «Сибирское купечество: истоки, деятельность, наследие» [6].

Новизна данного исследования заключается в проведении комплексного анализа исторической застройки городов Тюмени и Тобольска, определении роли местного купечества в формировании архитектурного облика этих городов и выявлении проблем сохранения их ценного историко-архитектурного наследия.

Во второй половине XIX в. высокая численность купечества наблюдалась в развитых торговых городах Сибири, какими являлись Тюмень и Тобольск. Отмена крепостного права, буржуазные реформы второй половины XIX в. привнесли значительные изменения в социальной жизни горожан – господствующие позиции заняли купечество и дворянство. Несмотря на то что доля купечества среди всего населения невелика (на основе статистических данных), они оказывали весомое влияние на особенности развития городов и принимали активное участие в общественной жизни [7].

Пространственно-планировочная структура рассматриваемых городов имела схожий характер. Фактор основания городов как крепостей-острогов предопределял характер развития города: город развивался вдоль реки, транзитные дороги становились главными улицами (рис. 1). Характерной особенностью торговых городов было наличие крупных торговых площадей для проведения ярмарок, которые проходили 1–4 раза в год. На этих площадях обычно возводились гостиные дворы, а также в непосредственной близости располагались торговые ряды, торговые дома, лавки.

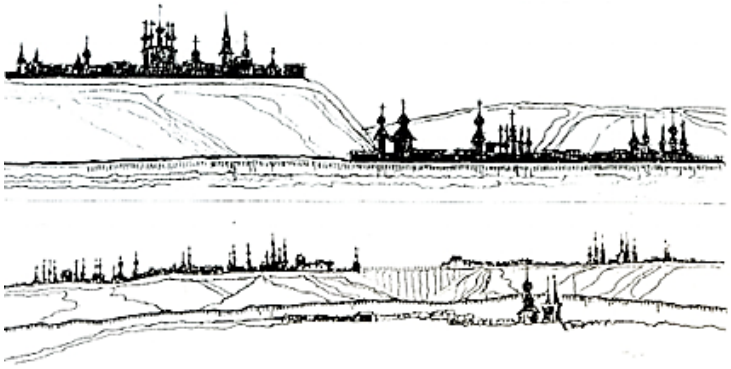


Рис. 1. Панорамы сибирских городов: Тюмень, Тобольск [8]

Росту и развитию городов способствовало выгодное географическое положение – у слияния рек или в конце водного пути – портовые города. В условиях активного развития торговли и промышленности важным центром оптовой торговли был г. Тюмень, занимавший пограничное положение: между Европейской Россией и Сибирью. Тобольск на рубеже веков стал крупным административным и церковным центром Западной Сибири, резиденцией сибирских митрополитов. Строительство Сибирской железной дороги (1891–1903 гг.) послужило «вторым открытием Сибири», появился доступ к западноевропейским товарам, крупногабаритному оборудованию и пр. «Великая Сибирская дорога пробудила всю Сибирь», – писал Д.И. Менделеев [9].

Развитие транспортной инфраструктуры повлекло за собой строительство новых объектов: железнодорожное сообщение – крупных пристанционных комплексов; речное сообщение – развитую транспортно-складскую зону с причалами.

Тюмень

Первый русский город Сибири, основанный в 1586 г. отрядом казаков, изначально представлял собой укрепленное поселение на высоком мысу у слияния двух рек – Туры и Тюменки. Развитие планировочной структуры Тюмени происходило вдоль р. Туры. Градоформирующим центром традиционно была крепость с городским посадом. На северном высоком Затюменском мысу стоял мужской Преображенский монастырь, здесь же располагалась Ямская слобода; южная окраина проходила по границе женского Ильинского монастыря. Главная улица города являлась частью Московско-Сибирского тракта, она проходила через весь город и определила направление параллельных ей улиц. На противоположном берегу р. Туры разместилась Татаро-бухарская слобода. Планировочная структура Тюмени к началу XIX в. представляла собой смешанную структуру, она сочетала в себе регулярную, прямолинейную структуру и стихийную, подчинённую живописному рельефу местности, образованному разветвлёнными притоками р. Тюменки (рис. 2).

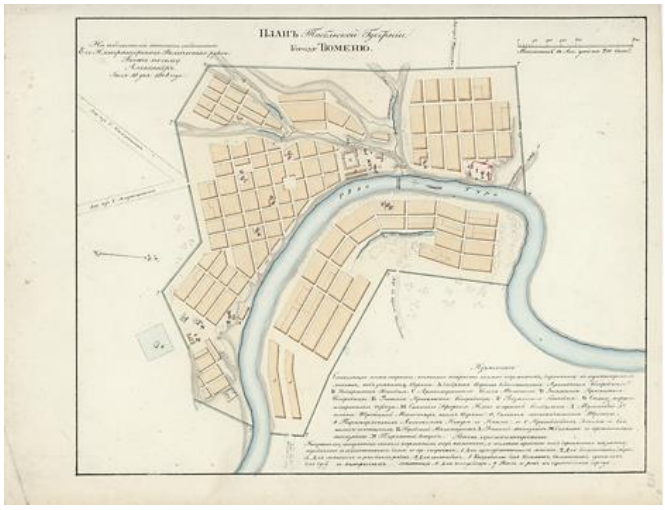


Рис. 2. План г. Тюмени 1808 г. (URL: http://www.etomesto.ru/map-tumen_1808/)

К крупным тюменским купеческим династиям, радевшим за процветание и развитие Тюмени, принадлежали Колокольниковы, Решетниковы, Прасоловы, П.И. Подаруев, А.И. Текутьев и др. [3] Жизнь и деятельность тюменских купцов естественным образом отразилась на формировании среды обитания. Строя для своих нужд жилые, торговые дома, магазины, торговые лавки, склады, промышленные предприятия, купцы оказывали значительное влияние на формирование планировочной и пространственной организации города. Располагаясь в структуре города в наиболее выгодных и престижных местах, занимая обширные площади городской территории, застройка, возведенная на средства купечества, оказала влияние на функциональное зонирование территории Тюмени во второй половине XIX – начале XX в. (рис. 3).

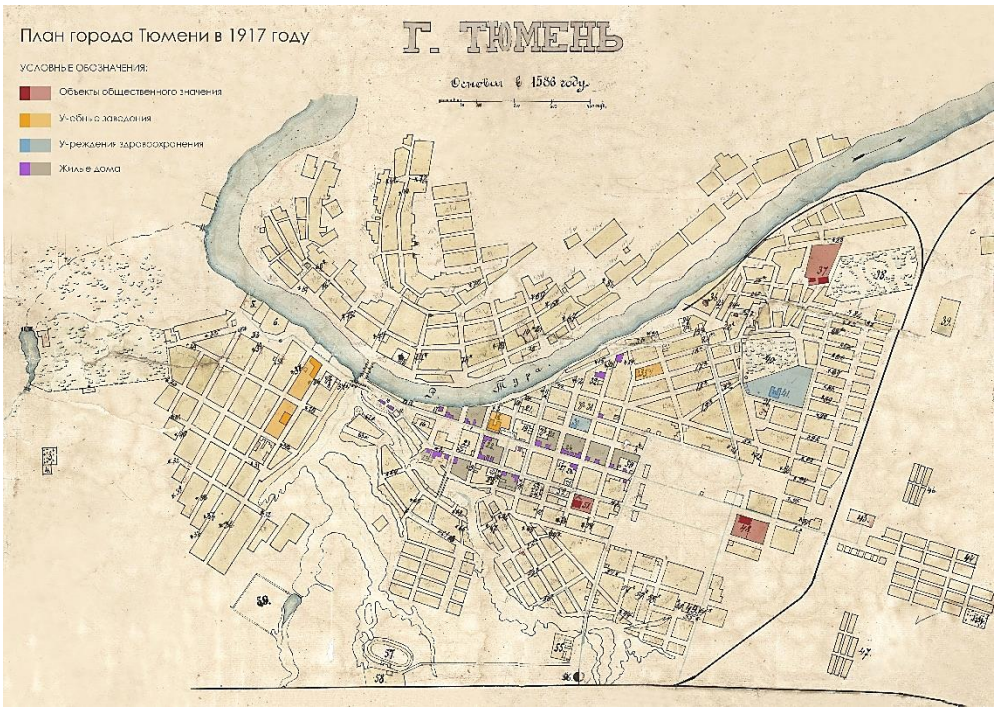


Рис. 3. План-схема Тюмени с обозначением застройки, возведенной местным купечеством (составлена М.Ю. Гайдук)

Взлет капитального строительства в Тюмени начался в последней четверти XIX в. К концу XIX в. из 3400 домов каменных было более 250, 15 приходских церквей, 6 часовен, каменный театр, 3 гостиницы, реальное училище, сиропитательное заведение, таможня, тюрьма на 600 человек, 120 кабаков и другие объекты. Отдельные здания строились купцами и промышленниками «в подарок» городу для увековечивания своей памяти [8, с. 130].

Активную благотворительную деятельность тюменские купцы вели по отношению к культовым объектам. На купеческие средства пристраивали приделы к существующим объёмам церквей**.** Например, приделы к Вознесенской

церкви выполнены на пожертвования купцов И.В. Оконишникова и Е. Котовщикова; придел к Спасской церкви – на средства А.И. Текутьева, ремонтные работы и обеспечение необходимой утварью Знаменской церкви осуществлялось купцом И.В. Иконниковым. Главными попечителями Крестовоздвиженской церкви были купцы Колокольниковы, т. к. их усадьба располагалась в непосредственной близости от храма [4]. Культовые объекты расположены на исторически значимых территориях Тюмени, они формируют систему градостроительных доминант и играют определяющую роль в формировании ценных панорам города.

В условиях бурного капиталистического развития появилась необходимость в подготовленных кадрах. Купечество активно поддерживало строительство учебных заведений разных разрядов: начальные, низшие, средние и высшие:

– Женская гимназия «ТД И.П. Колокольникова наследники» по ул. Знаменской, 6 – Подаруевская, 10 (совр. Володарского, 6 – Семакова, 10). Новое здание гимназии было построено на средства купцов Колокольниковых в 1901–1904 гг. взамен старого каменного 1859 г. Здание учебного заведения начала XX в. и сегодня используется по прямому назначению – как учебный корпус Тюменского государственного университета.

– Масштабное здание Коммерческого училища «ТД И.П. Колокольникова наследники» (в настоящее время – учебный корпус Тюменского индустриального университета) и по сей день является одним из основных элементов, участвующих в раскрытии панорамы Затюменского мыса наряду с комплексом Троицкого монастыря и Крестовоздвиженской церкви (рис. 4).

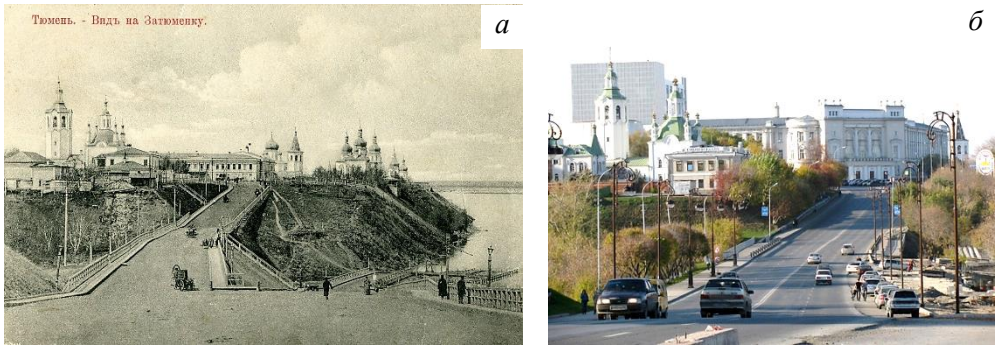


Рис. 4. Панорама Затюменского мыса, включающая здание Коммерческого училища «ТД И.П. Колокольникова наследники»:
а – фото начала XX в.; *б* – фото начала XXI в.

– Александровское реальное училище по ул. Царской (совр. ул. Республики, 7) строилось с 1877 по 1880 г. по проекту петербургского архитектора Е.С. Воротилова на средства тюменского купца и городского головы Прокопия Ивановича Подаруева. Архитектура здания – эклектика с преобладанием архитектурно-художественных элементов в стиле классицизм. К настоящему времени здание сохранило свое функциональное назначение – сейчас это учебный корпус Государственного аграрного университета Северного Зауралья.

– Ремесленное училище и литейная мастерская А.И. Текутьева по ул. Садовой – Томской (совр. ул. Дзержинского, 7 – Осипенко, 2). Училище представляет собой двухэтажное кирпичное здание с подвалом, состоящее из двух частей, построенных в разное время, в то время как литейная мастерская, расположенная в глубине двора, – это одноэтажная кирпичная постройка с прямоугольным планом, построенная по проекту архитектора К.П. Чакина в стиле модерн. В настоящее время объекты используются под учебный корпус Института наук о Земле Тюменского государственного университета.

– Частная школа по ул. Никольской (совр. ул. Луначарского,14) построена на средства «ТД И.П. Колокольникова наследники» в 1910–1911 гг. по проекту архитектора К.П. Чакина. Двухэтажное кирпичное здание, выполненное на основе типового плана, внешне отражает влияние модерна. В настоящее время в нем располагается открытая (сменная) общеобразовательная школа № 2.

Помимо образовательного аспекта местное купечество участвовало в строительстве и содержании учреждений здравоохранения, культурно-просветительских и благотворительных заведений.

Торговля являлась основной сферой вложения капиталов тюменских купцов, поэтому строительство торговых зданий и сооружений занимало особое место. Это торговые дома купцов ТД «И.П. Колокольникова наследники», ТД «Братья Ядрышниковы» по ул. Царской (совр. ул. Республики) и др. Внешний облик торговых зданий должен был выделять их в окружающей застройке и привлекать внимание покупателей. Они располагались в наиболее оживленных городских кварталах, формируя застройку центральных улиц. В настоящее время объекты бывших домов занимают кафе, рестораны, магазины, аптеки, музейные комплексы, а также департаменты города (рис. 5).

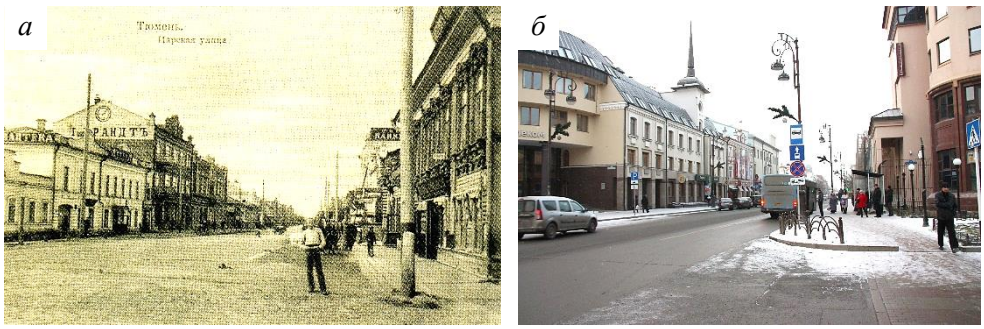


Рис. 5. Вид главной улицы города – Царской (совр. ул. Республики):
а – фото начала XX в.; *б* – фото начала XXI в.

Особый колорит сибирскому историческому городу придают жилые купеческие особняки и усадьбы. По функциональному и объёмно-планировочному решению жилую застройку, построенную при участии местного купечества, можно классифицировать по нескольким признаками.

1. Жилая функция, объединенная с торговой (первый этаж – торговые помещения, второй этаж – жилые помещения хозяина или сдаваемые внаем, помещения конторы). Например, жилой дом с торговыми лавками на первом этаже

Г.Т. Молодых по ул. Галицынской – Спасской (совр. ул. Первомайской, 18 – Ленина, 52), жилой дом А.Ф. Аверкиева по ул. Царской – Войновской (совр. ул. Республики, 9 – Кирова, 27); жилой дом купца М.А. Брюханова с магазином и складским корпусом по ул. Царской, 42. Чаще всего купцы обращались к именитым столичным архитекторам за проектами, что отражается в высококачественных архитектурных объектах, построенных в стилях своего времени.

2. Жилая застройка в структуре усадьбы, включающей в себя жилой дом, флигель, складские помещения, конюшни, располагающиеся по периметру участка. Дополнялся комплекс массивными воротами с ограждением, как усадьба купцов Колокольниковых, расположенная на берегу р. Туры в границах ул. Иркутская – Садовая (совр. ул. Челюскинцев, 1 – Дзержинского, 6); комплекс усадьбы тюменского купца, владельца пеньково-канатного завода Н.О. Сергеева, по ул. Садовой (совр. ул. Дзержинского, 12–14) [5].

3. Жилые дома-особняки – внушительные здания на центральных улицах города, отличающиеся богатым декоративным убранством, качественным материалом, например, жилой дом купца Ф.С. Колмогорова по ул. Царской (совр. ул. Республики, 1); жилой дом купца А.И. Михалёва по ул. Ишимской (совр. ул. Орджоникидзе, 63).

Застройка центральной части г. Тюмени, возведённая на средства и по заказу купечества во второй половине XIX – начале XX в., представлена зданиями различного функционального назначения: от жилых домов, необходимых купцам торговых и складских помещений до зданий общественного значения и промышленных предприятий. Проанализировав функциональные группы зданий, построенных по заказу и на средства купцов, можно сделать вывод, что спектр влияния купечества на городскую застройку достаточно широк и распространяется на все области жизнедеятельности общества. Здания и сооружения, построенные на средства купечества во второй половине XIX – начале XX в., и сегодня сохраняют большое градостроительное значение в структуре города, реально функционируют как элементы городской среды, выполняя важные для Тюмени функции.

Тобольск

Второй русский город Сибири был основан в 1587 г. на мысу у слияния двух рек – Тобол и Иртыш. С 1796 по 1917 г. был центром Тобольской губернии, что, в свою очередь, повысило значение города как военно-административного центра, а также центра торговли и культуры. К концу XVII в. по указу Петра I для защиты от пожаров приступили к строительству каменного кремля. Под руководством С.У. Ремезова был разработан проект, и в начале XVIII в. началось строительство. Софийский собор является доминирующим сооружением архитектурного ансамбля Тобольского кремля, изначально он был деревянным и меньших параметров. За все время существования собор несколько раз менял облик. Строительство величественного пятиглавого Софийского собора закрепило за Тобольском статус административного центра.

Характерной градостроительной особенностью Тобольска является выраженная топография местности, уникальный ландшафтный каркас, который делит город на две части – Верхний и Нижний посады (рис. 6). Доминанта

верхней части – первый в Сибири каменный кремль, состоящий из губернского правления, судебной управы, губернской типографии, малого города и Софийского архиерейского двора [10].

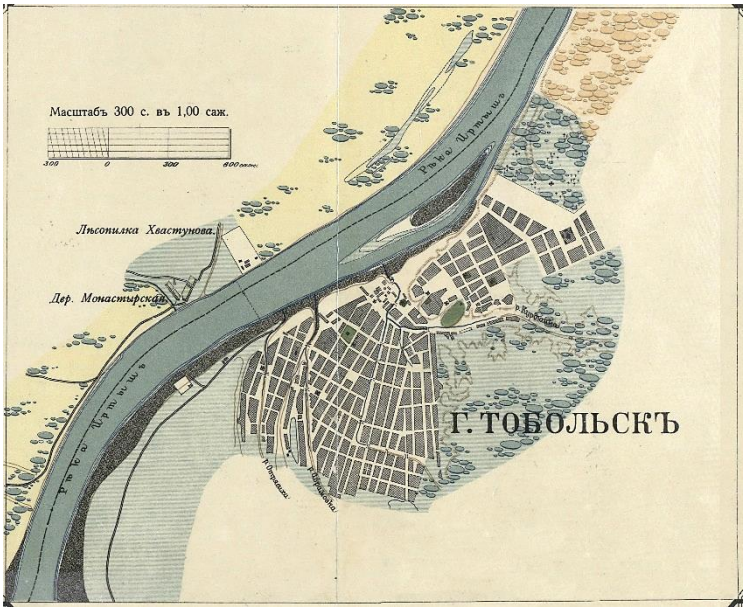


Рис. 6. План города Тобольска 1913 г. (URL: http://www.etomesto.ru/map-tumen_tobolsk_1913/)

Рентерея и гостиный двор объединяли две части – административный центр и центр духовной сибирской власти в единый ансамбль. Тобольская епархия, старейшая в Сибири, была основана в 1620 г. На протяжении столетий сибирские епископы, митрополиты осуществляли миссионерскую, просветительскую, образовательную деятельность среди местного населения. Резиденция высшего духовенства Сибири – Архиерейский дом – была построена в 1775 г. Располагаясь на Софийской стороне Тобольского кремля, на протяжении более двух столетий здание являлось духовным центром (рис. 7).

Рис. 7. Тобольск, вид на рентерию и панораму кремля:
а – фото начала XX в.; *б* – фото Е.В. Ситниковой, 2013 г.

Церковные сооружения занимали особое место в формировании силуэта городов Сибири не только за счет крупных объёмов, но и богатства декора. Расположение церквей непосредственно влияло на планировку города, систему площадей и улиц, формирование визуальных связей [3].

Подгорная часть Тобольска (Нижний посад) несет в себе неповторимый колорит старинного купеческого города – особняки XVIII–XIX вв., торговые ряды и лавки, склады, учебные заведения дореволюционной постройки и величественные храмы – яркие представители сибирского барокко. Главными сооружениями нижнего города являются Знаменский монастырь, мусульманская мечеть в Татарской слободе, польский костёл, часовня, объекты общественного назначения. Городская архитектурная среда сомасштабна человеку, к настоящему времени отчасти сохранились подлинные объекты, «свидетели» истории и событий, происходивших в то время.

Самым богатым и влиятельным, в перечне купеческих династий Тобольска, можно назвать семейство Корнильевых. Достаточно обеспеченными были и купеческие семьи второй и третьей гильдий – Сыромятниковы, Ершовы, Шевырины. Список купцов-первогильдейцев постепенно пополнялся новыми именами – братья Ширковы, Медведевы. Также к числу первых можно отнести П.Д. Володимерова, Г.И. Дьяконова, Ф.А. Кремлева, Д.И. Худякова – это в основном купцы-промышленники. Купеческие фамилии можно встретить и в списках церковных старост, ведь одним из важных подтверждений глубокой религиозности купцов Западной Сибири являлось образцовое исполнение ими церковных обязанностей. Таким был, например, Г.М. Пирожников – купец и староста Михайло-Архангельской церкви.

Исходя из личных потребностей местного купечества главными объектами, составляющими градостроительное ядро города, были гостиные дворы, культовые сооружения, здания городского самоуправления и местной администрации (магистрат) [3]. Глубокая религиозность купцов служила основным мотивом для благотворительной деятельности в пользу содержания, достройки и эксплуатации культовых зданий. Купец Д.И. Худяков вкладывал свои средства в содержание церкви Михаила Архангела, а также служил при ней старостой. Дом, принадлежавший купцу и находящийся в непосредственной близости от церкви, был передан в собственность храма (рис. 8). Помимо строительства, достройки сооружений купцы вкладывали свои средства и в эксплуатацию объектов, а также благоустройство территорий. Жена купца Г.М. Пирожникова, Елена Михайловна, за свой счет построила мостовую у церкви, укрепила каменную ограду, отремонтировала колокольню [3].

Купцы Медведевы предоставили искусственный холм, который был подготовлен для строительства собственного дома, под постройку каменной Крестовоздвиженской церкви взамен сгоревшей в 1743 г. деревянной. Храм был возведен на средства прихожан. Архитектура храма традиционна – трёхчастная форма с развитым линейным планом. В силу того что храм строился поэтапно и с участием разных строителей, он представляет собой выразительный главный элемент в виде колокольни со сдержанным завершением основного объёма. Крестовоздвиженская церковь играет активную роль в формировании панорамы города с реки, придавая силуэту нижнего города торжественный вид (рис. 9).

Рис. 8. Тобольск, вид на Михайло-Архангельскую церковь. Фото А.И. Клименко, 2010 г.

Рис. 9. Тобольск, вид на Крестовоздвиженскую церковь. Фото Прокудина-Горского, 1910-е гг.

На средства купца Дорофеева в 1758 г. была возведена богадельня (совр. ул. Розы Люксембург, 5А) при Богоявленской церкви. Церковь в 1949 г. была разрушена до основания, а от сооружения для «призрения бедных» к настоящему времени сохранились только остатки.

Базарная площадь – центральная общественная часть Нижнего посада – являлась центром притяжения, раньше она простиралась до самого берега

Иртыша, всегда заваленного бочками, тюками, застроенного соляными сараями, хлебными амбарами, всевозможными складами – велась активная торговая деятельность. Доминантой площади служила церковь Захария и Елизаветы, построенная в 1776 г. (рис. 10). Невдалеке размещался деревянный гостиный двор, который в 1880 г. был заменен на каменный.

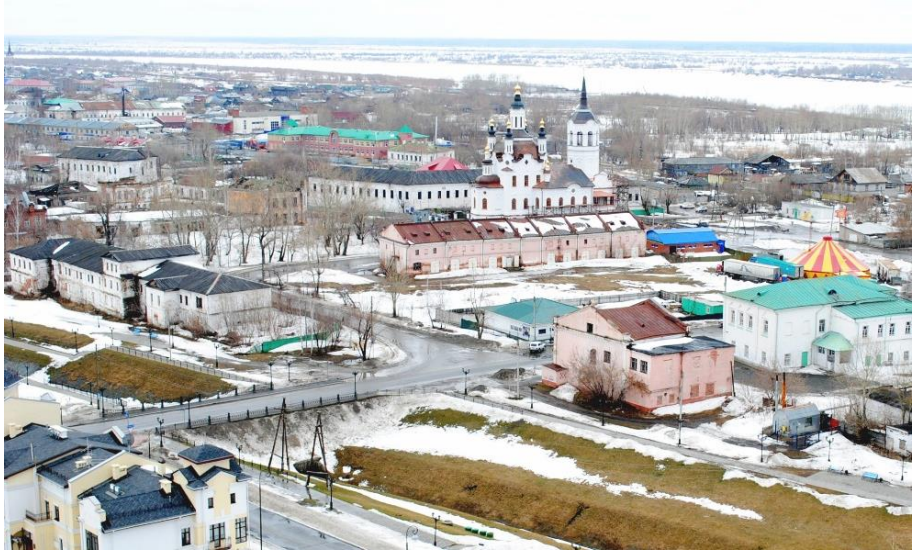


Рис. 10. Тобольск, вид на бывшую Базарную площадь Нижнего города и церковь Захария и Елизаветы. Фото Е.В. Ситниковой, 2013 г.

Одним из первых каменных зданий общественного назначения был городовой магистрат (Базарная площадь, 3), возведенный отчасти на средства местного купечества. Архитектура здания лаконична, представляет собой трехчастный объём с отдельными входами с главной улицы. Декоративное убранство фасада включает в себя рустованные пилястры, простые прямоугольные наличники с треугольными завершениями. Планировочная структура включала торговые лавки и склады на первом этаже и конторские помещения – на втором.

Купеческие лавки и магазины располагались по красной линии застройки на центральных улицах городов Сибири, формировали уникальный колорит купеческого города. Одним из представительных примеров торговых зданий в Тобольске является магазин Д.И. Голева-Лебедева, позже Янушкевича на ул. Мира, 5 (рис. 11). Одноэтажный симметричный объём решен в «кирпичном стиле». Из декоративных элементов фасада – высокий ступенчатый аттик, угловые объемные пилястры, витражные окна как характерный элемент торговых зданий. Постройка сохранилась по сей день, однако комплекс складских деревянных и кирпичных построек не уцелел.

Торговые ряды конца XIX в. по ул. Мира, 13, купца Трусова формируют площадь Александровского сада. Объект представляет собой кирпичное здание в один этаж, прямоугольное в плане. Центральный блок выделен метрическим рядом пилястр.

Рис. 11. Тобольск. Магазин Д.И. Голева-Лебедева. Фото начала XX в. и современный вид

Жилая застройка Нижнего посада имеет выразительный характер сибирского города XIX – начала XX в. Живописные жилые улицы представляют собой массовую деревянную усадебную застройку (рис. 12, 13). Жилые дома – это сочетание провинциальных устоев с традиционной композицией и планировкой. Основными декоративными элементами являются наличники и карнизы, декорированные характерными приёмами местного зодчества.

Рис. 12. Тобольск, подгорная часть. Жилая среда Тобольска XIX – начала XX в.

а *б*

Рис 13. Тобольск, подгорная часть:
а – фото Прокудина-Горского, 1910-е гг.; *б* – фото А.И. Клименко, 2006 г.

Особого внимания заслуживают богатые купеческие особняки и усадьбы. Выдающимся примером можно назвать особняк купцов Корниловых на ул. Мира, 9 – образец эклектичной архитектуры Тобольска. Помимо дома в состав усадьбы, занимавшей целый квартал по Большой Пятницкой и Туляцкой улицам, входили несколько каменных и деревянных зданий, склады, хозяйственные постройки (рис. 14).

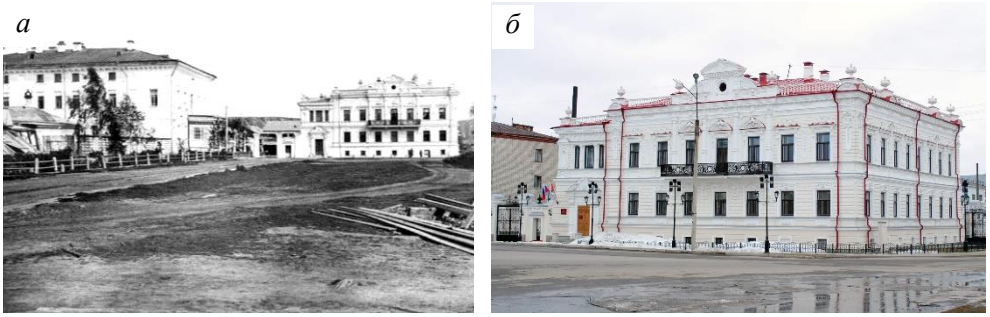


Рис. 14. Тобольск. Главный дом из комплекса усадьбы Корниловых XIX в.:
а – фото начала XX в.; *б* – после реставрации, фото Е.В. Ситниковой, 2013 г.

Выразительным примером «кирпичного стиля» можно назвать жилой дом купцов Ченбаевых (ул. Пушкина, 33). Дом представляет собой одноэтажный объём с цокольным этажом, который фиксирует угол квартала срезанным углом, украшенным аттиком с люкарной (рис. 15). Пластика фасада достигается за счет применения декора над перемычками окон, внушительного карниза из сухариков и зубчиков, пилястр, завершающихся парапетными столбиками. Особый интерес представляет парапетное ограждение из просечного железа, которым также украшен кованый козырек над главным входом. Сохранились и подлинные двери.

Рис. 15. Тобольск, жилой дом купцов Ченбаевых на ул. Пушкина, 33. Фото Е.В. Ситниковой, 2013 г.

Жилая историческая среда Тобольска сохранила и по сей день образцы жилых домов XVIII в., к сожалению, находящиеся сейчас в самом неудовлетворительном состоянии. Каменный жилой дом усадьбы Шохина по ул. Хохрякова, 1 (совр. ул. Мира, 2Б), является одним из выдающихся образцов зодчества Тобольска. Дом относится к стилистике позднего классицизма и отражает все характерные особенности – лаконичное объёмно-пространственное решение объекта, строгая пластика фасада.

Тобольску удалось сохранить неповторимый колорит старинного купеческого города – здесь встречаются представители всех типологических групп – от культовых до образовательных, элементы жилой среды передают дух исторической самобытной культуры. «Столичность» города в определенный период наложила отпечаток на высокое качество и характер архитектуры. Нижний город представляет собой сомасштабную человеку историческую среду, где можно встретить подлинные, не испорченные непрофессиональной реставрацией объекты. Несмотря на то что в Нижнем посаде сохраняется уникальная атмосфера исторического прошлого, что, несомненно, является основой для развития туризма, на сегодняшний день наблюдается тенденция разрушения и потери облика старинного города. Активное новое строительство, которое ведется не в контексте средовой ситуации, а по своей собственной траектории развития, снижает значимость исторической застройки и в дальнейшем ведет к утере уникального исторического облика. С точки зрения восприятия исторические объекты играли ведущую роль в застройке города, сейчас их роль нивелируется и теряется на фоне новых комплексов (рис. 16).

Рис. 16. Панорама Нижнего города с современной застройкой. Фото Е.В. Ситниковой, 2013 г.

Общие выводы исследования

В результате проведенного исследования можно отметить общность тенденций и характерных направлений влияния купечества на формирование облика городов Западной Сибири, на что, в свою очередь, оказали влияние «типовые проекты», регулярные планы городов, «столичные тенденции». На базе собранного материла по теме исследования установлено, что ценностные характеристики купеческой застройки достаточно высоки, большинство из

них являются памятниками истории и архитектуры местного и федерального значения. Застройка, возведенная на средства купечества, несёт информацию об истории города, градостроительной культуре региона, становлении архитектурных стилей, социально-экономическом укладе жизни в городах Западной Сибири второй половины XIX – начала XX в., строительных приёмах и материалах.

Современная роль зданий, построенных на средства купечества, в сохранении архитектурно-художественного облика и колорита исторических городов значительна и определяется:

– расположением в структуре города в наиболее выгодных и престижных местах, занимающих обширные площади городской территории; они оказали значительное влияние на функциональное зонирование территории купеческих городов во второй половине XIX – начале XX в.;

– высокими архитектурно-художественными качествами, воплотившимися в архитектуре различных стилевых направлений второй половины XIX – начала XX в., которые обусловлены профессионализмом архитекторов и строителей;

– высокой исторической ценностью (информация по истории города, градостроительной культуре региона, о становлении архитектурных стилей, строительных приёмах и материалах);

– памятью и духом времени;

– появлением в постройках для местного купечества характерных архитектурно-художественных приёмов.

Необходимо отметить, что в каждом городе, входящем ранее в состав Тобольской губернии, есть свой уникальный и неповторимый дух места, на который оказывают влияние особенности топографии местности, авторские приёмы местных мастеров.

Одной из главных проблем исторических городов, не только Западной Сибири, является вопрос грамотного взаимодействия исторической и современной архитектуры. Выявление историко-архитектурного наследия исторических городов, определение их ценности и степени сохранности приобретают в сложившейся ситуации особую актуальность и могут способствовать своевременному деятельному участию специалистов в области охраны и реставрации историко-культурного наследия, а также властных структур в процессе сохранения уникального архитектурно-художественного облика исследуемого города.

Библиографический список

1. *Бойко В.П., Ситникова Е.В.* Сибирское купечество и формирование архитектурного облика города Томска в XIX – начале XX в. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2008. 180 с.
2. *Архитектура городов Томской губернии* и сибирское купечество (XVII – начало XX века): Томск, Бийск, Барнаул, Кузнецк, Колывань, Камень-на-Оби, Нарым, Мариинск, Новониколаевск / под редакцией В.П. Бойко ; Томский государственный архитектурно-строительный университет. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2011. 479 с.
3. *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.

4. *Ситникова Е.В., Пухлякова М.Ю.* Вклад тюменского купечества в формирование культового зодчества г. Тюмени // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 3 (56). С. 70–81.
5. *Ситникова Е.В., Пухлякова М.Ю.* Деревянная архитектура Тюмени конца XIX – начала XX в. // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. Т. 20. № 1. С. 32–46.
6. *Гайдук М.Ю.* Вклад купца А.И. Текутьева в историко-культурное наследие города Тюмени» // Сибирское купечество: истоки, деятельность, наследие : материалы Третьей Всероссийской научной конференции, г. Томск, 21–23 сентября 2018 г. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2019. С. 60–67.
7. *Бойко В.П.* Купечество Западной Сибири в конце XVIII–XIX в. Очерки социальной, отраслевой и ментальной истории / под редакцией В.П. Зиновьева. Томск, 2009. 308 с.
8. *Вольская Л.Н.* Архитектурно-градостроительное наследие Сибири. Новосибирск : НГАХА, 2008. 240 с.
9. *Горбачев В.Т., Крадин Н.Н., Крадин Н.П., Крушлинский В.И., Степанская Т.М., Царёв В.И.* Градостроительство Сибири. Санкт-Петербург : Коло, 2011. 784 с.
10. *Ситникова Е.В.* Архитектурный облик старинного сибирского города Тобольска // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2013. № 4. (41). С. 100–114.

References

1. *Boiko V.P., Sitnikova E.V.* Sibirskoe kupechestvo i formirovanie arkhitekturnogo oblika goroda Tomska v XIX – nachale XX v. [Siberian merchants and formation of architectural image of Tomsk in 19–20th centuries]. Tomsk: TSUAB, 2008. 180 p. (rus)
2. *Boiko V.P., Sitnikova E.V., Shagov N.V., Bogdanova O.V., Zalesov V.G., Manonina T.N.* Arkhitektura gorodov Tomskoi gubernii i sibirskoe kupechestvo (XVII – nachalo XX veka [Architecture of the Tomsk region cities]. Tomsk: TSUAB, 2011. 479 p. (rus)
3. *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) [Architecture of West Siberian cities in the 17th and early 20th centuries and local merchants (Tobolsk, Tyumen, Tomsk, Tara, Omsk, Kainsk)]. Tomsk: TSUAB, 2017. 324 p. (rus)
4. *Sitnikova E.V., Pukhlyakova M.Yu.* Vklad tyumenskogo kupechestva v formirovanie kul'tovogo zodchestva g. Tyumeni [Contribution of tyumen merchants to the formation of church architecture in Tyumen]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2016. No. 3 (56). Pp. 70–81. (rus)
5. *Pukhlyakova M.Yu., Sitnikova E.V.* Derevyannaya arkhitektura Tyumeni kontsa XIX – nachala XX v. [Wooden architecture of Tyumen late in the 19th and early 20th centuries]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturnostroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2018. V. 20. No. 1. Pp. 32–46. (rus)
6. *Gaydouk M.Yu.* Vklad kuptsa A.I. Tekut'eva v istoriko-kul'turnoe nasledie goroda Tyumeni [Contribution of merchant Tekutev to the architectural image of Tyumen]. Tomsk: TSUAB, 2019. Pp. 60–67. (rus)
7. *Boyko V.P.* Kupechestvo Zapadnoy Sibiri v kontse XVIII – XIX v.: Ocherki sotsialnoy, otraslevoy, byitovoy i mentalnoy istorii [Merchants of West Siberia in the 18-19th centuries. Essays in social, industry, consumer and mental history]. Tomsk: TSU, 2007. Pp. 75–76. (rus)
8. *Volskaya L.N.* Arkhitekturno-gradostroitel'noe nasledie Sibiri [Architectural and urban planning of Siberian heritage]. Novosibirsk: NGAHA, 2008. 240 p. (rus)
9. *Gorbachev V.T., Kradin N.N., Kradin N.P., Krushtinskiy V.I., Stepanskaya T.M., Tsarev V.I.* Gradostroitel'stvo Sibiri [Urban planning of Siberia]. St.-Petersburg: Kolo, 2011. 784 p. (rus)
10. *Sitnikova E.V.* Arkhitekturnyi 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)

Сведения об авторах

Гайдук Мария Юрьевна, аспирантка, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, mary.gaydouk@mail.ru

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

Authors Details

Mariya Yu. Gaiduk, Research Assistant, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, mary.gaydouk@mail.ru

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

УДК 726.6.009 DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-90-103

О.А. ШАГАЕВА[1], В.И. ЦАРЁВ[1,2],
[1]Институт архитектуры и дизайна
Сибирского федерального университета,
[2]Научно-исследовательский институт теории
и истории архитектуры и градостроительства

ХРАМ ИЛИ ДВОРЕЦ МОЛОДЕЖИ: ПОИСКИ ИДЕАЛЬНОГО МИРОУСТРОЙСТВА

В статье рассмотрены предпосылки и этапы процесса градостроительных преобразований Красноярска на рубеже 1950–60-х гг., определивших разрыв исторической преемственности в развитии архитектуры сибирского города. На основе документальных материалов показана наиболее полная картина событий, связанных с последним периодом существования старейшего каменного здания города – Воскресенского собора на Стрелке. Выявлены особенности взаимодействия представителей архитектурного сообщества и власти в рассматриваемый период, направленные на волевой порядок ускоренного приближения светлого будущего и на искажение традиций исторической эволюции преобразования общества.

Ключевые слова: Воскресенский собор; Дворец молодежи; Стрелка; Союз архитекторов; Красноярск.

Для цитирования: Шагаева О.А., Царёв В.И. Храм или Дворец молодежи: поиски идеального мироустройства // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 2. С. 90–103.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-90-103

O.A. SHAGAEVA[1], V.I. TSAREV[1,2],
[1]Siberian Federal University,
[2]Research Institute of Theory and History of Architecture and Urban Planning

CHURCH OR PALACE OF YOUTH: SEARCH FOR PERFECT WORLD ORDER

The paper considers preconditions and stages of the town-planning processes in Krasnoyarsk in the 1950-60s that define break of historical continuity in the development of architecture of the Siberian city. Based on documents, the most interesting events connected with the last period of the existence of the Host Resurrection Cathedral on Strelka, the oldest stone building of the city are described. The interaction between the representatives of the architectural community and the authorities in this period is studied. This interaction is directed toward the volitional order of the accelerated approach to the bright future and distortion of traditions of historical evolution of the society.

Keywords: Host Resurrection Cathedral; Palace of Yoth; Strelka; Union of Architects; Krasnoyarsk.

For citation: Shagaeva O.A., Tsarev V.I. Khram ili dvorets molodezhi: poiski ideal"nogo miroustroistva [Church or palace of youth: search for perfect world order]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2020. V. 22. No. 2. Pp. 90–103.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-90-103

© Шагаева О.А., Царёв В.И., 2020

В 1759 г. в Красноярске приступили к возведению первого в городе каменного здания – новой соборной церкви во имя Воскресения Иисуса Христа. Место постройки храма было выбрано в малом остроге, который находился на высоком остроконечном мысу (Стрелке), образовавшемся у впадения р. Качи в Енисей [1]. Работы осуществлялись мастерами-каменщиками из Енисейска, единственными в то время специалистами во всем Приенисейском крае. Однако по разным причинам строительство собора затянулось на долгие годы, завершившись только в 1773 г. Воскресенский собор стал архитектурным знаком-символом переходного периода в развитии Красноярска, когда происходила постепенная замена его прежнего военного предназначения функциями постоянного городского поселения в формировавшейся сети расселения на сибирских территориях Российского государства [2, с. 165] (рис. 1).

Рис. 1. Красноярск. Воскресенский собор. 1759–1773 гг. Фотография начала XX в. Красноярский краевой краеведческий музей

Главные трагические испытания выпали на долю Воскресенского собора в XX в. Ему удалось избежать полного разрушения в период первой, наиболее жестокой, волны массовых сносов культовых зданий 1920–30-х гг. В 1937 г. собор был закрыт, разрушена колокольня, опустошены интерьеры. С 1947 г. в сохранившейся части здания находился содовый завод, а в начале 1960-х гг. – механические мастерские. Во второй половине 1950-х гг. в стране началась очередная волна гонений на религиозные культы, в результате которой были утрачены многие из оставшихся храмов. В эти же годы печальная участь ожидала остатки бывшего Воскресенского собора в Красноярске (рис. 2).

Рис. 2. Красноярск. Здание Воскресенского собора в 1950-х гг. Проект (URL: www.fotoyarsk.ru)

1950-е гг. В 1958 г. Ленинградским отделением Гипрогора был завершен проект планировки г. Красноярска (главный архитектор Ю.М. Киловатов), который вносил коррективы в генеральный план, утвержденный в 1950 г. Авторы проекта были убеждены в том, что с архитектурно-планировочной точки зрения особый интерес в городе имел участок Стрелки (при впадении р. Качи в Енисей), на котором они предлагали создать новое общественное пространство. Главным зданием на будущей площади должен был стать Дворец молодежи. Идею о его строительстве выдвинули руководители краевого комитета ВЛКСМ, а зародилась она «на волне эйфории прошедшего перед этим Всемирного фестиваля молодежи и студентов в Москве» [3, с. 1].

На первом этапе реализации этой идеи был проведен всесоюзный открытый конкурс проектов будущего здания. Об ускоренных темпах проектирования свидетельствует сохранившаяся информация о варианте конкурсного проекта клуба с залом на 600 мест на Стрелке в Красноярске, дата составления которого обозначена 1957 г. Авторами данного проекта являлись местные архитекторы Е.А. Зубковский, Л.П. Крымов и Э.П. Мержанова [4, с. 111, 155, 206]. Документальных сведений об итогах конкурса выявить не удалось.

Некоторые архитектурные замыслы, содержавшиеся в первоначально принятом к осуществлению проекте Дворца молодежи, были раскрыты в статье, опубликованной в газете «Красноярский рабочий» в июне 1958 г. [5]. Автор статьи сообщает о том, что с проектом читателей познакомил главный архитектор Красноярска – Г.Б. Кочар. Он пояснил, что центральный комитет ВЛКСМ отпустил два с половиной миллиона рублей на строительство красноярского Дворца молодежи. Эта часть денег была выручена от фестивальной денежно-вещевой лотереи. По замыслу архитекторов, трехэтажное здание, облицованное керамической плиткой, должно было замыкать собой длинную стрелу проспекта имени Сталина (ныне проспект Мира). Из вестибюля по парадным лестницам посетители должны были попадать в просторное фойе, из которого дверь вела в зрительный концертный зал на 800 мест. На втором этаже предполагалось разместить библиотеку с читальным залом, кабинеты для занятий техническим творчеством и комнаты для кружков художественной самодеятельности. На третьем

этаже размещались физкультурный зал, шахматно-шашечная комната и бильярдная. По мнению красноярского архитектора, предусматривалось всё для содержательной, интересной работы с молодежью. В новом Дворце отводились площади для специального детского сектора со своей библиотекой, залом для игр, комнатами для кружковой работы. Здание функционально разделялось на две части – зрелищную и клубную. Из дверей Дворца, обращенных к Енисею, посетители могли выйти в парк, в котором проектировались волейбольная, баскетбольная и танцевальная площадки. Автор газетной статьи с упоением пишет о том, как легко дышится в зелени деревьев, в прохладе фонтанов, радуют глаз скульптурные группы. А вот и понтонный пешеходный мост. Он связывает парк Дворца молодежи с островом Татышев. Возвращаясь к реалиям жизни, журналист подводит итог обзора проекта будущего архитектурного сооружения: «Мы с вами немного помечтали, молодые наши читатели. Такого дворца в Красноярске пока нет. Но он обязательно будет, и в самом недалеком будущем».

Однако главной проблемой, возникшей перед архитектурным сообществом и городскими властями на начальном этапе строительства, стало размещенное на Стрелке здание бывшего Воскресенского собора и прилегавшее к нему небольшое старинное кладбище. Достопримечательным захоронением, находившимся вблизи собора, являлась могила одного из основателей колоний Российской империи на Аляске – Н.П. Резанова, умершего в Красноярске во время возвращения с американского континента до Санкт-Петербурга в 1807 г. (рис. 3).

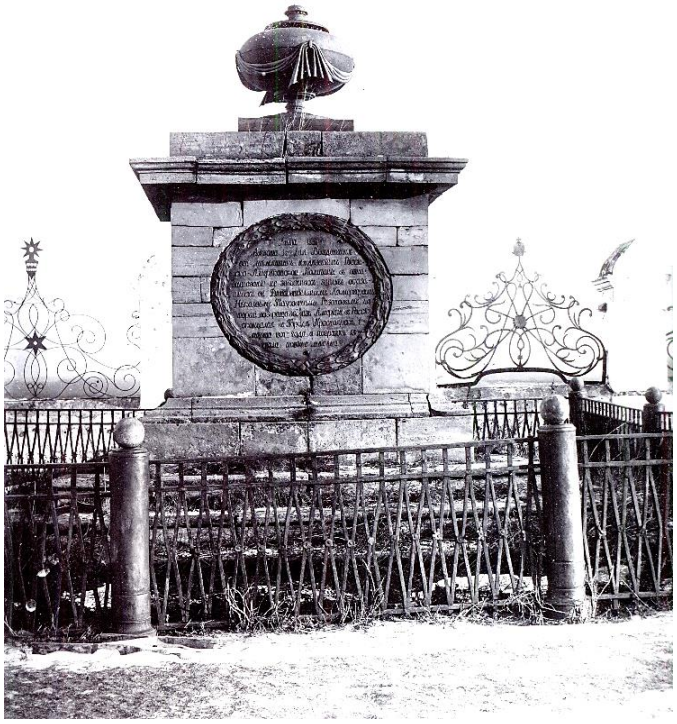


Рис. 3. Красноярск. Памятник Н.П. Резанову. 1831 г. Фотография начала XX в. Красноярский краевой краеведческий музей

При решении вопроса о преобразованиях на Стрелке городские власти мало задумывались о культовом сооружении, судьба которого, по их мнению, была предрешена, как и печальная участь уничтоженных по всей стране храмов. Поэтому несколько неожиданными для них стали требования республиканских властей организации в городах мероприятий по охране памятников культуры.

В марте 1957 г. Совет министров РСФСР направил председателю красноярского горисполкома И.И. Механникову распоряжение, в котором указывалось на то, что «местные советские органы не уделяют должного внимания вопросам охраны памятников культуры, не принимают мер к их восстановлению и реставрации» [6, л. 245]. В первую очередь от городских властей требовалось проверить состояние и провести работы по благоустройству памятников, связанных с Великой Октябрьской социалистической революцией, 40-летие которой отмечалось в 1957 г. Для красноярских руководителей это была новая область деятельности.

В январе 1958 г. в Красноярске была создана комиссия по охране памятников архитектуры, искусства и народного творчества, в которую вошли местные художники, скульпторы, архитекторы, научные работники вузов и краевого музея [Там же, л. 203–204]. На одном из первых заседаний комиссии её члены обсудили список выявленных ими исторических памятников города и рекомендовали поставить на учет из числа архитектурных объектов: собор на старом базаре, часовню и гостиные ряды. В протокол заседания были внесены следующие предложения: «Собор нужно привести в порядок. Завод скоро переходит в новое помещение, имея средства, можно реставрировать и сделать музей. Вокруг собора следует разбить сквер и поставить памятник Резанову» [6, л. 197]. Среди членов комиссии одним из наиболее активных защитников собора был художник И.А. Фирер. По его инициативе в апреле 1958 г. в городское управление культуры была направлена резолюция общего собрания красноярского отделения Союза художников, в которой содержалась просьба о необходимости принять на государственную охрану ряд исторических памятников. Одним из первых в списке художники указали Воскресенский собор [Там же, л. 134].

Однако другие представители творческой интеллигенции Красноярска, являвшиеся членами архитектурного сообщества, высказали иное мнение, зафиксированное в составленном ими документе «Заключение о целесообразности сохранения Вознесенского собора в гор. Красноярске (ул. Сталина № 1–6) как памятника архитектуры» [Там же, л. 81–82]. Даже в ошибочном названии собора (Вознесенский вместо Воскресенский), указанном в заголовке и тексте документа, ощущается то равнодушное безразличие некоторых архитекторов к судьбе храма, которое нашло отражение в выводах составленного ими заключения. Приведем текст документа полностью.

«По имеющимся данным собор построен в шестидесятых годах XVIII столетия на месте бывшей деревянной церкви. В 1773 году церковь подверглась пожару и была впоследствии восстановлена. В 1852–53 годах была расширена паперть и воздвигнута новая колокольня. Во время войны 1941–45 гг. в здании церкви размещался содовый завод. К этому времени полностью была разрушена колокольня и частично примыкающие к ней помещения.

В настоящее время в здании церкви размещен завод металлоизделий. Автор проекта церкви неизвестен. По-видимому, строительство церкви является результатом коллективного творчества ряда опытных мастеров-каменщиков. Стены здания кирпичные толщиной до 1,5 метров. Перекрытия кирпичные шатровые, купольные и др. Архитектура здания не имеет определенного архитектурного стиля и представляет собой пример механического перенесения элементов архитектуры разных стилей, создавая эклектическое нагромождение архитектурных деталей. Например, рисунок обрамления окон центрального объема является подражанием элементам оформления русского барочного стиля, а пилястры на этом же фасаде напоминают классический прием. Следует отметить, что все архитектурные элементы здания не отличаются художественностью, грубы и диспропорциональны. Конструкции здания не представляют собой особого интереса как инженерные решения. ВЫВОДЫ: Учитывая, что архитектура здания не представляет собой единого выраженного ансамбля, эклектична по своему решению, Вознесенская церковь не может быть отнесена к ценным историческим памятникам архитектуры. Здание подвергалось в течение длительного времени реконструкции для использования как промышленный объект, в результате чего значительная часть здания разрушена. Отсутствие колокольни, шатра и других частей здания затрудняет восстановление. Для восстановления здания потребуются очень большие средства, что является нецелесообразным». Под текстом заключения указаны четыре фамилии членов комиссии, являвшихся в те годы ведущими архитекторами Красноярска. Примечательно то, что в документе отсутствует личная подпись одного из членов комиссии – В.В. Верюжского, входившего в правление (а позднее председатель) красноярского отделения Союза архитекторов.

Мнение архитекторов, предрекших печальную судьбу зданию собора, высказанное в составленном ими заключении, укрепило позиции местных властей. Исполнительный комитет городского Совета депутатов трудящихся принял решение признать нецелесообразным предложение комиссии по охране памятников культуры о реставрации и восстановлении Воскресенского собора, «как не представляющего собой ценного исторического памятника архитектуры» [6, л. 77–78]. Но в целях организации в краеведческом музее уголка старины было предложено изготовить макеты по некоторым памятникам архитектуры. Для осуществления этого замысла были проведены обмерные работы и выполнен поэтажный план собора, представляющий уникальный документ для наших современников [Там же, л. 83] (рис. 4).

В связи с предполагавшимся благоустройством площади на Стрелке городское управление культуры поставило вопрос перед исполкомом об археологических исследованиях данной территории. Первые раскопки на месте Красноярского острога были проведены осенью 1958 г. Они дали, по мнению археологов, чрезвычайно интересный материал. Здесь были найдены следы железоплавильни и серебряная монета семнадцатого века, старинная посуда, пушечное ядро. Наиболее интересным для археологов оказалось открытие основания одной из башен острога, отделявшей Малый город от Большого. Эти находки, представлявшие огромную научную ценность, подтверждали необходимость дальнейших археологических исследований [Там же, л. 35–36].

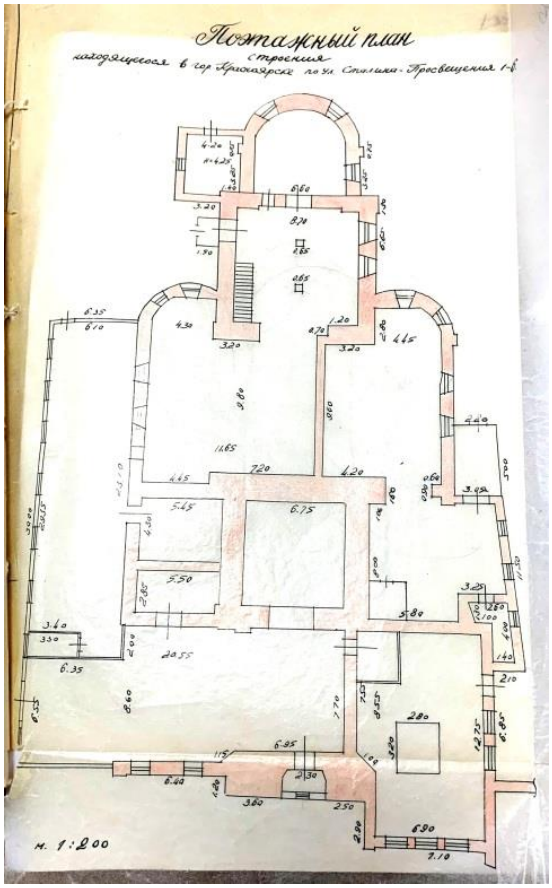


Рис. 4. Поэтажный план строения, находящегося в гор. Красноярске по ул. Сталина – Просвещения, 1–6 (бывший Воскресенский собор). 1950-е гг. [6, л. 83]

9 октября 1958 г. состоялось первое объединенное собрание союзов красноярских архитекторов и художников, на котором продолжилась дискуссия о судьбе храма. Представитель художников И.А. Фирер в своем выступлении убежденно отстаивал мнение о необходимости сохранения исторического здания: «Город складывался с того времени, как заложили острог Красноярский. Лицо города определяет его история. Хочется, чтобы отношение архитекторов к памятникам архитектуры было иное. Воскресенский собор, которому вот исполнится 200 лет, по объему очень интересное сооружение, я не вижу в нем бездушно-бездарного решения, вопрос о сносе этого памятника нужно продумать» [7, л. 11].

Противоположное мнение высказали отдельные члены Союза архитекторов: «Почему вы говорите о сохранении церкви, которая не имеет художественной ценности; разве мы можем говорить о сохранности памятника, на который потребуются громадные затраты; на эти затраты мы можем начать строительство нового памятника» [Там же, л. 13]. Того же мнения придерживались и некоторые другие архитекторы: «Мы должны воздвигнуть такой памятник,

который бы сохранился на многие лета, но сохранить церковь, не имеющую никакой архитектурной и художественной ценности, целесообразности не имеет» [7, л. 14].

Е.С. Кобытев, член Союза художников, в своем выступлении предпринял попытку обратить внимание собравшихся на будущие последствия от принятого решения: «Конечно, поставлен спорный вопрос, стоит или не стоит восстанавливать собор, но потомки наши этого не простят. Если есть возможность сохранить памятник, его нужно оставить» [Там же, л. 14]. Итоги собрания подвел главный архитектор города Г.Б. Кочар: «На меня произвели впечатление выступления наших товарищей художников, но товарищи, в силу своей более узкой работы по сравнению с архитекторами, несколько оторваны от жизни. Вопрос о памятниках города следует поставить специальным вопросом» [Там же, л. 15–16].

Дальнейшие события привели к тому, что информация о храме достигла Москвы. По воспоминаниям известного красноярского архитектора В.К. Шадрина, начинавшего в те годы свою профессиональную деятельность, произошло следующее: «Обеспокоенные сохранением собора Воскресения на Стрелке в связи с намерениями руководства города построить на его месте (со сносом) Дворец молодежи, мы написали от лица правления красноярского отделения Союза архитекторов протестное письмо в адрес Союза архитекторов СССР на имя председателя правления Г.М. Орлова с просьбой вмешаться в действия руководства города и края, и не допустить сноса собора. Центральное правление СА СССР отреагировало на нашу просьбу и с привлечением академика И.Э. Грабаря (подтвердившего, что собор на Стрелке является памятником архитектуры) опротестовало снос объекта» [8, с. 2–3].

Исследователь культовой архитектуры К.Ю. Шумов ссылается на письмо И.Э. Грабаря, поступившее в красноярский крайисполком в 1958 г., в котором знаменитый искусствовед писал о своеобразии памятника: «По своей архитектуре собор резко отличается от современных ему зданий европейской части России. В далекой Сибири тогда были еще живы традиции русской архитектуры конца семнадцатого века, получившие там дальнейшее развитие, что можно видеть… и на здании бывшего Воскресенского собора в Красноярске» [9].

В ответ на полученное заключение московских ученых председатель красноярского исполкома И.И. Механников отправил в Министерство культуры РСФСР письмо, в котором изложил новую позицию городских властей по отношению к судьбе храма: «В городе Красноярске имеется архитектурное сооружение, бывший старый Воскресенский собор, построенный в 1759 году. По заключению Научно-методического совета по охране памятников культуры Академии наук СССР, бывший старый Воскресенский собор в городе Красноярске является ценнейшим памятником архитектуры середины восемнадцатого века. Во внешнем облике собора отразились замечательные традиции Русского зодчества, выработанные на протяжении предыдущих веков, в частности, умение простыми средствами, путем применения искусной кладки кирпича, достигать красоты и величия. Архитектура собора отличается самобытными чертами, характерными для архитектуры Восточной Сибири. Красноярский городской исполнительный комитет просит Вас направить в город Красноярск

специалиста архитектора-реставратора для составления проекта реставрационных работ. Одновременно просим выделить 100–150 тысяч рублей для начала реставрационных работ» [6, л. 19].

Вдохновленный поддержкой академика И.Э. Грабаря председатель красноярской комиссии по охране памятников И.А. Фирер направил докладную записку председателю исполкома И.И. Механникову, в которой вновь среди памятников архитектуры упоминал Воскресенский храм: «Собор построен в 1759 году. Самая старая церковь – первое каменное сооружение в городе. Представляет большой художественный интерес. По стилевым особенностям близок к произведениям крупнейшего русского архитектора Д. Трезини, творчество которого очевидно оказало определенное влияние на автора проекта этого собора. Это подтверждается сравнением купольного перекрытия красноярского Воскресенского собора, ритмичного членения колокольни, состоящей из трех этажей, пилястрами на гранях собора, наличниками над окнами, орнаментированными стрельчатыми рельефами, остатками оригинальной ограды. Колокольня, которая являлась позднейшей пристройкой к храму, – снесена. Требуется дальнейшее научное изучение художественных и архитектурных особенностей Воскресенского собора. В соборе размещается механический завод местпрома. Около алтаря собора захоронен начальник первого русского кругосветного путешествия в 1803–1806 гг., прогрессивный видный деятель русского государства, сыгравший важную роль в освоении Аляски и Калифорнии, содействовавший установлению культурных и торговых связей со странами американского материка, Японии и Китая – Резанов Н.П. Собор построен на месте Красноярского острога (крепости «Красный яр»). Таким образом, все вышеизложенное подтверждает необходимость сохранить для истории весь комплекс. Реставрировать собор с реконструкцией глав по материалам сохранившихся фотографий и восстановить сохранившуюся ограду. Восстановить памятник русскому путешественнику Резанову, на что имеются документы от президиума Всесоюзного географического общества. Сам собор может быть использован под музей. Вокруг собора следует разбить сквер» [Там же, л. 26].

24 декабря 1958 г. было проведено общее собрание Красноярского отделения Союза архитекторов, посвященное охране памятников архитектуры города и края. С основным докладом выступил представитель Министерства культуры СССР архитектор Д.Е. Бабенков, командированный в Красноярск для выяснения сложившейся ситуации с Воскресенским собором. Он высказал мнение московских властей о храме: «Например, взять старый Воскресенский собор постройки 1759 года, наиболее древнее сооружение и по архитектуре представляющее из себя некоторую ценность, с особенными чертами, присущими только для Сибири, архитектурные детали которого отличаются особенностями, не похожими на западные сооружения. Автор Воскресенского собора неизвестен, поэтому можно предполагать, что это и есть народное творчество» [10, л. 78]. Докладчик предложил красноярским коллегам следующий план действий: «Бывшее место острога представляет большой интерес с точки зрения истории, и эти сооружения надо взять под охрану и реставрировать в таком виде, как они были в первоначальном состоянии, и если некоторое здание в силу новой планировки города нельзя сохранить на месте, то можно вынести

на другие участки, а острог надо восстановить как он был» [10, л. 79]. В завершении своего выступления архитектор Д.Е. Бабенков высказал сожаление о том, что «красноярские архитекторы не возбудили перед правительством вопроса об охране памятников истории и архитектуры, поэтому на сегодняшний день в Красноярске и Красноярском крае нет ни одного памятника на государственной охране и средства на их восстановление не отпускаются» [Там же].

При обсуждении доклада присутствовавшие на собрании местные архитекторы не согласились с мнением представителя Министерства культуры о судьбе храма. Некоторые из них приводили оправдательные доводы о том, что «Воскресенский собор хотели восстановить, но руководящие работники не поддержали и отдали его под содовый завод; сейчас после ряда переделок остались одни стены без колокольни, и на его восстановление потребуются огромные средства, а по своему архитектурному замыслу он не представляет никакой ценности, и есть ли смысл его восстанавливать; также нет никакого смысла восстанавливать старый острог, так как от него ничего не осталось» [Там же, л. 80]. Другие зодчие утверждали, что «Воскресенский собор в настоящее время настолько разрушен, что на его восстановление потребуются огромные средства, кроме того, на этом месте (Стрелке) утверждено строительство Дворца молодежи, который с будущим парком и скверами, выходящими на берег Енисея, представляет наиболее интересное решение, чем оставить на этом месте собор» [Там же, л. 81]. К ним присоединились коллеги со своими вескими доводами: «Стрелка самый интересный уголок города Красноярска и еще более интересный будет, когда Енисейская ГЭС поднимет воды Енисея и существующая пойма в устье реки Качи зальется водой, тогда со стороны Стрелки образуются очень интересные перспективы на сторону Енисея, и это место надо использовать под застройку такого монумента, который бы отвечал современности, а для собора это место слишком дорого» [Там же]. Дискуссию завершил главный архитектор города Г.Б. Кочар, который в целом присоединился к мнениям местных коллег: «Воскресенский собор оставить или не оставить нужно доказать целесообразность его восстановления с точки зрения архитектуры, планировки города и т. д. Представляет ли он ценность для Русского зодчества? Докладчик не доказал его историческую и архитектурную ценность, и бывший комитет охраны памятников не поддержал. Место, где стоит Воскресенский собор, представляет золотое место для ансамблевой застройки. Если бы Воскресенский собор составлял бы целый ансамбль, как, предположим, Девичий монастырь, то, естественно, рука бы не поднялась на снос, но церковь, где в будущем предполагается создать ансамбль культурного центра для всего города, не представляет ценности с точки зрения перспективного развития города» [Там же, л. 82].

Подобный поворот дела в оценке перспектив храма вполне устраивал городскую и краевую власть, отдельные представители которой гордо заявляли о том, что «мы не собираемся сохранять каждый княжеский плевок» [3, с. 1]. Однако судьба предоставила Воскресенскому собору ещё несколько лет существования на красноярской земле.

1960-е гг. В 1960 г. был завершен и утвержден проект планировки Красноярска (Ленгипрогор, главный архитектор А.Г. Николаев при участии архитекторов З.И. Костко, Ю.П. Шплета, Р.И. Хамецкого), в котором

прозвучали иные пожелания градостроительных преобразований от сменившихся в этот период руководителей города и края, в том числе нового главного архитектора Красноярска. Одним из них стало требование об отмене решения красноярского исполкома об отводе участка и строительстве Дворца молодежи, как имевшего малый объем здания и закрывавшего перспективу на будущий центральный парк культуры и отдыха на острове Татышев. В утвержденном генеральном плане было принято решение о создании на Стрелке общегородского культурного центра с возможностью размещения городского театра (рис. 5).

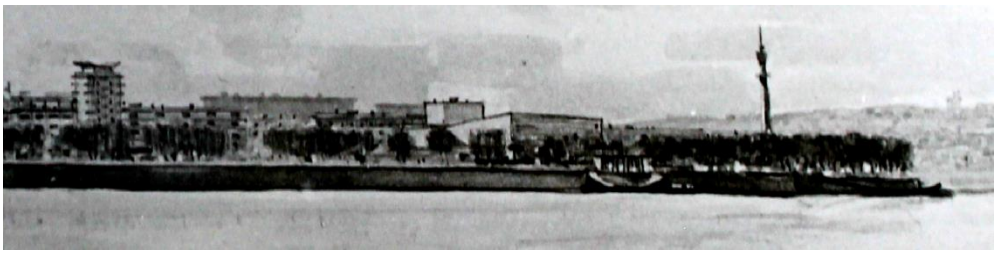


Рис. 5. Красноярск. Вид Стрелки. Проектное предложение. Ленгипрогор. 1960 г.

Новые веяния вызвали очередную волну дискуссий среди творческой интеллигенции о роли исторического наследия в развитии Красноярска. 26 апреля 1962 г. состоялось расширенное собрание красноярского отделения Союза архитекторов (с участием художников), на котором был представлен доклад старшего научного сотрудника НИИ по строительству В.Л. Ружже «Об охране историко-революционных и архитектурных памятников г. Красноярска» [11, л. 23–27]. Необходимо отметить, что В.Л. Ружже являлась искусствоведом, исследователем архитектуры, приглашенным из Ленинграда для работы в созданном в городе Научно-исследовательском институте Академии строительства и архитектуры СССР. Впоследствии она подготовила и опубликовала монографию о вопросах развития и формирования Красноярска [12]. В своем выступлении искусствовед отметила особую важность вопроса охраны памятников архитектуры в связи с разработкой и осуществлением проекта детальной планировки исторически сложившейся левобережной части города. Она выделила группу исторических сооружений, имевших существенное градостроительное значение, к которым отнесла бывший Воскресенский собор. По мнению докладчика, территорию Стрелки следовало признать заповедной, расчистить от случайных поздних строений и считать неприкосновенной. В.Л. Ружже назвала примером недооценки значения памятников планировки и архитектуры города историю с Воскресенским собором: «Вопреки рекомендациям и отзывам Министерства культуры РСФСР, Научно-методического совета по охране памятников АН СССР, экспертов Госстроя СССР и РСФСР, на заповедной территории бывшего острога возобновлено строительство клуба, вплотную к стенам уникального памятника. Собор, единственное в городе сооружение середины XVIII в., градостроительно важное в силуэте, доминирующее в застройке на протяжении XVIII–XX веков,

обрекается на снос. Ни управление культуры крайисполкома, ни Союз архитекторов не принимают необходимых мер к решению вопроса» [11, л. 25]. В завершении своего выступления докладчик предложила «принять срочные меры к постановке здания бывшего собора на стрелке Енисея и Качи под государственную охрану» [Там же, л. 25].

Первым из присутствовавших на собрании правильность поднятых В.Л. Ружже вопросов отметил художник И.А. Фирер, предложивший создать на Стрелке музей архитектурных памятников, перенесенных с застраиваемых территорий Красноярска. Один из архитекторов, ранее выступавший за снос храма, упорно продолжал настаивать на том, что «здание собора не представляет никакой ценности, оно разрушено, и для восстановления нужны большие средства» [Там же, л. 26]. В этот раз подобные высказывания были единичными. При обсуждении доклада большинство архитекторов поддержали мнение В.Л. Ружже, упомянув тот факт, что «в 1958–1959 гг. уже работала комиссия с приглашением специалиста от Научно-методического совета по охране памятников архитектуры, руководимого И. Грабарем. Комиссия определила историко-архитектурную ценность ряда сооружений, в том числе особо – собора и рекомендовала взять здание под государственную охрану» [Там же]. Поэтому собрание постановило «создать специальную комиссию от Союза архитекторов и поручить ей окончательное решение вопроса о сохранении Воскресенского собора» [Там же, л. 27].

Однако принятые на собрании решения о дальнейшей судьбе храма оказались «благими намерениями», которые не смогли повлиять на остановку всепоглощающего механизма его уничтожения. Новая команда руководителей города действовала решительно и бескомпромиссно, ускоренными темпами приближая светлое коммунистическое будущее, в котором не оставалось места пережиткам темного прошлого. Не ясна до сих пор дата разрушения собора. В протоколе общего собрания Красноярского союза архитекторов от 27 сентября 1962 г. указана повестка, в которой первым вопросом стоит сообщение о работе специальной комиссии по сохранению Воскресенского собора [13, л. 33]. Среди выступлений архитекторов, обсуждавших в основном проект и строительство Дворца молодежи, присутствует единственная реплика Е.А. Зубковского, в которой косвенно упоминается храм: «Мы лишились интересного памятника ввиду косности в данном вопросе городских властей. Взамен удачно поставленного исторического памятника мы имеем безобразно поставленное, неинтересное здание» [Там же]. Данная цитата позволяет датировать разрушение Воскресенского собора промежутком между апрелем и сентябрем 1962 г. По воспоминаниям архитектора В.К. Шадрина, здание взорвали в одну из ночей 1964 г. [8, с. 3].

Дворец молодежи не был построен в Красноярске, а опустевшая после сноса здания собора территория Стрелки оказалась заброшенной более чем на десятилетие. В 1970–80-х гг. началось проектирование и возведение градостроительного ансамбля, получившего название Площадь Мира, ставшего одной из архитектурных достопримечательностей Красноярска (рис. 6). Новое название исторического места должно было символизировать примирение ушедшей и наступившей эпох, однако судьба безжалостно ударила по красноярским шедеврам советского модернизма.

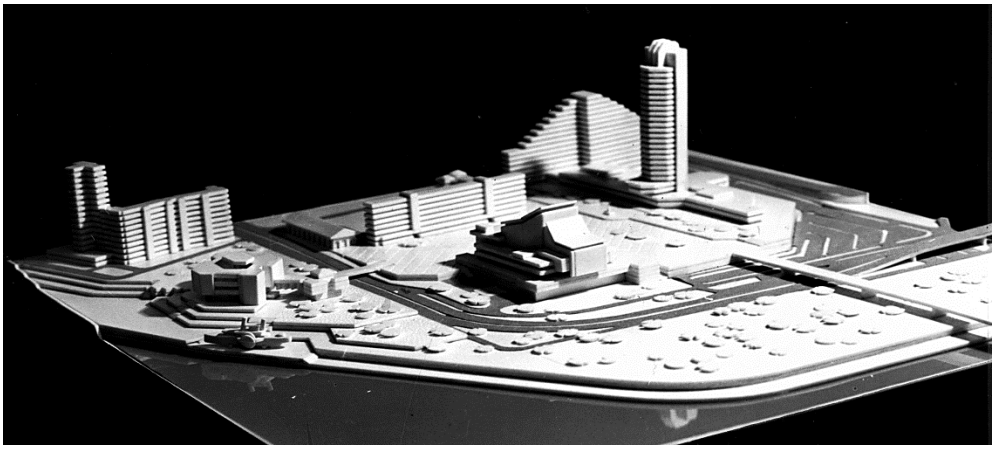


Рис. 6. Макет архитектурного комплекса «Стрелка». Красноярскгражданпроект. 1970-е гг.

В начале текущего столетия исследователь архитектуры города М.Е. Киселевский отметил примечательную особенность объектов нового ансамбля на Стрелке: «Жизнь всех этих общественных зданий сложилась также драматично. Ни одно из них не осталось в первоначальном виде» [3, с. 2]. Сегодняшнему поколению красноярских зодчих и горожан следует, вероятно, задуматься о возвращении духовности и исторической памяти участку городской земли у слияния рек Качи и Енисея. Стрелка – лучшее место в Красноярске для возведения храма, которым должен стать возрожденный собор Воскресения Христова.

Библиографический список

1. *Царёв В.И., Царёв В.В.* Реконструкция Красноярского острога 1748 г. // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 4. С. 35–52.
2. *Горбачёв В.Т., Крадин Н.Н., Крадин Н.П., Крушлинский В.И., Степанская Т.М., Царёв В.И.* Градостроительство Сибири / под общей редакцией В.И. Царёва ; Рос. Акад. архит. и строит. наук, НИИ теории и истории архит. и градостроит. НИИТИАГ РААСН. Санкт-Петербург : Коло, 2011. 784 с.
3. *Киселевский М.* Собор на Стрелке // Красноярский рабочий. 2013. 23 сентября.
4. *Слабуха А.В.* Архитекторы Приенисейской Сибири. Конец XIX – начало XXI века : иллюстрированный библиографический словарь: 540 имен. Москва : Прогресс-Традиция, 2004. 432 с.
5. *Иринина Т.* Дворец юности // Красноярский рабочий. 1958. № 152. 29 июня.
6. *Списки и описания исторических памятников всесоюзного и местного значения.* 1957–1959 гг. // МКУ «Красноярский городской архив». Ф. 1202. Оп. 1. Д. 14.
7. *Протокол общего объединенного собрания Союза архитекторов с Союзом художников.* 9 октября 1958 г. // Государственный архив Красноярского края (ГАКК). Ф. П-1153. Оп. 1. Д. 14.
8. *Шадрин В.К.* О роли в моей судьбе Союза советских архитекторов. Воспоминания. Рукопись. 2019. 7 с.
9. *Шумов К.Ю.* Воскресенский собор в Красноярске. URL: https: // naov.ru/articles/87_voskresenskiyi-sobor-v-krasnoyarske.html (дата обращения: 28.01.2020).
10. *Протокол общего собрания Красноярского отделения Союза архитекторов.* 24 декабря 1958 г. // Государственный архив Красноярского края (ГАКК). Ф. П-1153. Оп. 1. Д. 14.
11. *Протокол расширенного собрания Красноярского отделения Союза архитекторов.* 26 апреля 1962 г. // Государственный архив Красноярского края (ГАКК). Ф. П-1153. Оп. 1. Д. 23.

12. *Ружже В.Л.* Красноярск. Вопросы формирования и развития. Красноярск : Книжное изд-во, 1966. 196 с.
13. *Протокол общего собрания Красноярского отделения Союза архитекторов*. 27 сентября 1962 г. // Государственный архив Красноярского края (ГАКК). Ф. П-1153. Оп. 1. Д. 23.

REFERENCES

1. *Tsarev V.I., Tsarev V.V.* Rekonstrukciya Krasnoyarskogo ostroga 1748 g. [Reconstruction of a Krasnoyarsk gaol founded in 1748]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2019. V. 21. No. 4. Pp. 35–52. DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-4-35-52 (rus)
2. *Gorbachev V.T., Kradin N.N., Kradin N.P., Krushlinskii V.I., Stepanskaya T.M., Tsarev V.I.* Gradostroitel'stvo Sibiri [Town planning in Siberia]. St.-Petersburg: Kolo, 2011. 784 p. (rus)
3. *Kiselevsiy M.* Sobor na Strelke [Cathedral on Strelka]. Newspaper “Krasnoyarskiy rabochiy”. September 23, 2013. (rus)
4. *Slabukha A.V.* Arkhitektory Prieniseiskoi Sibiri. Konets XIX – nachalo XXI veka [Architects of the Yenissey Siberian region in the 19–20th centuries]. Moscow: Progress-Traditsiya. 2004. 432 p. (rus)
5. *Irinina T.* Dvorets yunosti [The palace of youth]. Newspaper «“Krasnoyarskiy rabochiy”. 1958. No. 152. (rus)
6. Krasniyarsk State Archive, Form 1202. List 1. Proc. 14. (rus)
7. Krasniyarsk State Archive, Form P-1153. List 1. Proc. 14. (rus)
8. *Shadrin V.K.* O roli v moei sud'be Soyuza sovetskikh arkhitektorov [The role of the Architect’s Union in my life. Memories. Manuscript]. 2019. 7 p. (rus)
9. *Shumov K.Yu.* Voskresenskii sobor v Krasnoyarske [Host Resurrection Cathedral in Krasnoyarsk]. Availabale: https: // naov.ru/articles/87_voskresenskiyi-sobor-v-krasnoyarske.html (rus)
10. Krasniyarsk State Archive, Form P-1153. List 1. Proc. 14. (rus)
11. Krasniyarsk State Archive, Form P-1153. List 1. Proc. 23. (rus)
12. *Ruzhzhe V.L.* Krasnoyarsk. Voprosy formirovaniya i razvitiya [Krasnoyarsk: Formation and development]. Krasnoyarsk, 1966. 196 p. (rus)
13. Krasniyarsk State Archive, Form P-1153. List 1. Proc. 23. (rus)

Сведения об авторах

Шагаева Ольга Александровна, аспирант, Институт архитектуры и дизайна Сибирского федерального университета, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82; shagaeva.olga@gmail.com

Царёв Владимир Иннокентьевич, докт. архитектуры, профессор, Институт архитектуры и дизайна Сибирского федерального университета, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82; гл. научный сотрудник, Научно-исследовательский институт теории и истории архитектуры и градостроительства, 111024, г. Москва, ул. Душинская, 9, vits_2004@mail.ru

Authors Details

Olga A. Shagaeva, Research Assistant, Siberian Federal University, 79, Svobodnyi Ave., 660041, Krasnoyarsk, Russia, shagaeva.olga@gmail.com

Vladimir I. Tsarev, DSc, Professor, Siberian Federal University, 79, Svobodnyi Ave., 660041, Krasnoyarsk, Russia; Research Institute of Theory and History of Architecture and Urban Planning, 9, Dushinskaya, 111024, Moscow, Russia, vits_2004@mail.ru

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

УДК 624.074.421 DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-104-111

Н.Л. ТИШКОВ, А.Н. СТЕПАНЕНКО, И.Л. ШИПЕЛЕВ, М.Б. УСТИМЕНКО,
Тихоокеанский государственный университет

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СТАЛЬНОЙ ДВУТАВРОВОЙ БАЛКИ С ТОНКОЙ ПОПЕРЕЧНО-ГОФРИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ

В статье рассмотрен способ повышения устойчивости поперечно-гофрированной стенки за счет применения двойного профиля гофрирования (мультигофрирование). Выполнен сравнительный анализ напряженно-деформированного состояния работы моделей балок с поперечно-гофрированными стенками с различными типами профилей, включая двойной профиль гофрирования. Проведены численные эксперименты с заданными расчетными схемами гофрированных балок с одинаковыми пролетами, граничными условиями, нагрузками и характеристиками материалов. Для рассматриваемых моделей балок в программном комплексе ЛИРА-САПР получены формы потери устойчивости гофрированных стенок с коэффициентами запаса, деформированные схемы и изополя распределения нормальных и касательных напряжений.

Ключевые слова: треугольный профиль гофра; синусоидальный профиль гофра; двойной профиль гофрирования; мультигофрирование; устойчивость.

Для цитирования: Тишков Н.Л., Степаненко А.Н., Шипелев И.Л., Устименко М.Б. Совершенствование конструкции стальной двутавровой балки с тонкой поперечно-гофрированной стенкой // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 2. С. 104–111. DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-104-111

N.L. TISHKOV, A.N. STEPANENKO, I.L. SHIPELEV, M.B. USTIMENKO,
Pacific National University

STRUCTURAL IMPROVEMENT OF STEEL I-BEAM WITH THIN TRANSVERSELY CORRUGATED WALL

The article describes the stability improvement of a transversely corrugated wall by using a double profile of corrugation (multi-corrugation). A comparative analysis is performed for the stress-strain state of the transversely corrugated beams with different profile, including the double profile corrugation. Numerical experiments are carried out with predetermined design patterns for corrugated beams with the similar spans, boundary conditions, loads and material properties. The loss of stability of the corrugated walls with safety factors, deformation patterns and

© Тишков Н.Л., Степаненко А.Н., Шипелев И.Л., Устименко М.Б., 2020

isofields of the normal and tangential stress distribution are obtained for the considered beam models constructed in LIRA-CAD building design and calculation program.

Keywords: triangular profile; sine profile; double profile; multi-corrugation; stability.

For citation: Tishkov N.L., Stepanenko A.N., Shipelev I.L., Ustimenko M.B. Sovershenstvovanie konstruktsii stal"noi dvutavrovoi balki s tonkoi poperechno-gofrirovannoi stenkoi [Structural improvement of steel I-beam with thin transversely corrugated wall]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2020. V. 22. No. 2. Pp. 104–111. DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-104-111

В настоящее время наиболее распространённым конструктивным элементом для конструирования элементов перекрытия являются стальные двутавровые прокатные и сварные балки. Перед инженерами ставится главная задача – максимально эффективно использовать материал для конструкции, а также по возможности уменьшить расходы на ее изготовление и монтаж. Наиболее перспективным направлением понижения материалоемкости стальных строительных конструкций является применение тонколистовых элементов пространственной формы. Одним из наиболее ярких примеров является сварная балка с тонкой поперечно-гофрированной стенкой, в которой избежать потерю устойчивости стенки и снизить расход стали позволяет применение тонкой поперечно-гофрированной стенки [1–13].

Цели и задачи

Целью настоящей работы является усовершенствование конструкции стальной двутавровой балки с тонкой поперечно-гофрированной стенкой для повышения местной устойчивости стенки.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

– повысить местную устойчивость гофрированной стенки за счет применения двойного профиля гофрирования;

– оценить напряженно-деформированное состояние (НДС) балок с классическим гофрированием стенки и двойным профилем гофрирования стенки;

– оценить устойчивость гофрированных стенок посредством программного комплекса ПК ЛИРА-САПР;

– провести сравнительный анализ полученных результатов исследования.

Повысить устойчивость гофрированной стенки двутавровой балки предлагается за счет применения двойного профиля гофрирования. По [13] толщина гофрированной стенки назначается по условиям прочности (на срез или местное сжатие), а ее устойчивость обеспечивается размерами гофров, при этом возможны два вида потери устойчивости:

– потеря «общей» устойчивости стенки, сопровождается выпучиванием гофрированной стенки на всей ее высоте как плоской или выпучиванием нескольких гофров (наблюдается на приопорных участках при значительных поперечных усилиях);

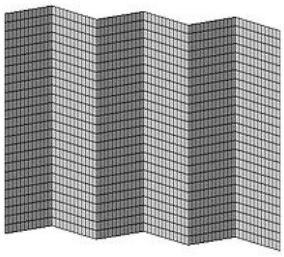
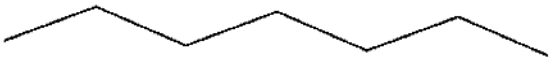
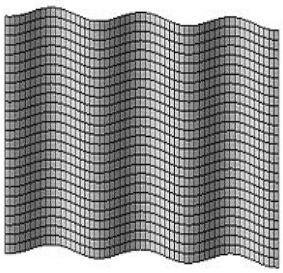
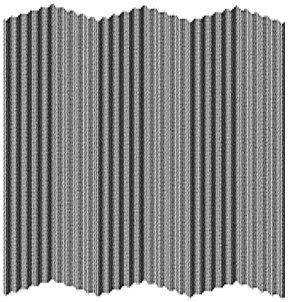
– потеря «местной» устойчивости стенки, сопровождается выпучиванием отдельных участков гофров (наблюдается при значительных сосредоточенных силах).

Оценка НДС гофрированных балок с различными вариантами поперечных гофров (треугольный, синусоидальный и синусоидальный по треугольной образующей) выполнялась в программном комплексе ЛИРА-САПР.

Рассматриваемые варианты поперечного гофрирования стенки представлены в табл. 1.

Таблица 1

Варианты поперечного гофрирования стенки балки

	Пространственная модель	Тип профиля стенки
Треугольный		
Синусоидальный		
Синусоидальный по треугольной образующей		

Моделирование работы сварных балок двутаврового сечения с тонкими поперечно-гофрированными стенками

Моделирование балок с поперечно-гофрированными стенками выполнялось пластинчатыми трехузловыми конечными элементами типа КЭ-42 и четырехузловыми конечными элементами типа КЭ-44 с постоянными (одинаковыми) во всех направлениях параметрами упругости: модулем упругости материала $E = 2 \cdot 10^4$ кН/см^2, коэффициентом Пуассона $\nu = 0,3$. Разбивка поясов и стенки задавалась в соответствии с ломаной геометрией стенки мелкой

узловой сеткой. Фрагменты рассматриваемых конечно-элементных моделей представлены на рис. 1.

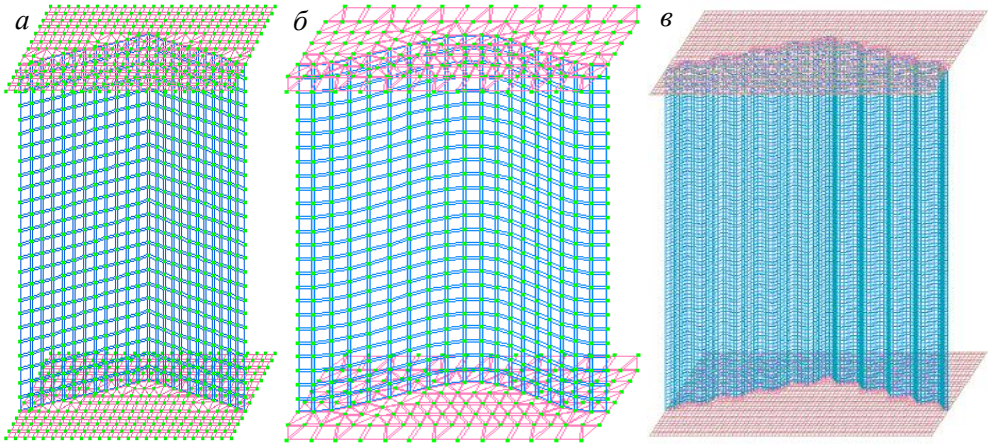


Рис. 1. Фрагменты конечно-элементных моделей балок:
а – стенка с треугольным профилем гофров; *б* – стенка с синусоидальным профилем гофров; *в* – стенка с синусоидальным по треугольной образующей профилем гофров

В ПК ЛИРА реализован способ оценки устойчивости при условии работы системы в упругой области [14]. Основная задача расчета на устойчивость – определение критического параметра k. Физический смысл критического параметра потери устойчивости конструкции состоит в том, что если увеличить нагрузки, действующие на конструкцию в k раз, то система потеряет устойчивость. В ПК ЛИРА-САПР предполагается, что распределение усилий (напряжений) известно из решения линейной статической задачи, при этом все нагрузки, приложенные к системе, растут пропорционально параметру k. Решением задачи является определение числового параметра k, при котором произойдет потеря устойчивости.

В рамках научной работы были проведены численные эксперименты с заданными расчетными схемами гофрированных балок с одинаковыми пролетами (3,6 м), граничными условиями (шарнирно-опертая балка), нагрузками и характеристиками материалов. Во всех рассматриваемых вариантах были применены одинаковые геометрические параметры сечения (пояса 170×6 мм, стенка 500×15 мм) и гофрирования: длина полуволны 180 мм, высота 30 мм.

Нагрузка к балкам прикладывалась двух вариантов:

– равномерно распределенная величиной в 3,05 т/м для оценки НДС балок и «общей» устойчивости стенок;

– сосредоточенная величиной 2,75 т (с условной длиной распределения в 100 мм) с шагом 0,9 м для оценки НДС балок и «местной» устойчивости стенок.

Основные результаты расчета от равномерно распределенной нагрузки для трех вариантов поперечного гофрирования стенок балок представлены в табл. 2.

Основные результаты расчета от сосредоточенных нагрузок для трех вариантов поперечного гофрирования стенок балок представлены в табл. 3.

Таблица 2

Результаты расчета балок от равномерно распределенной нагрузки

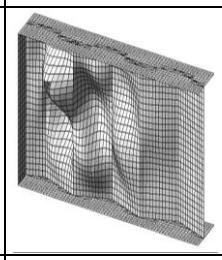
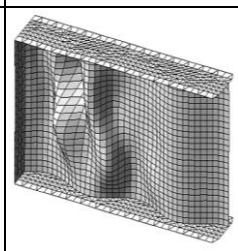
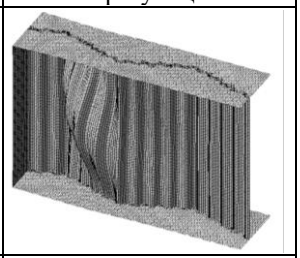
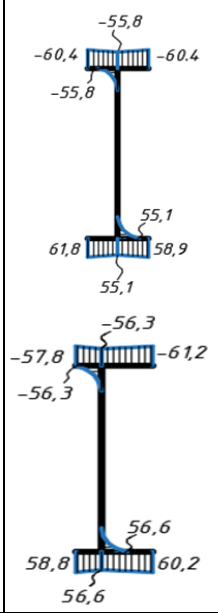
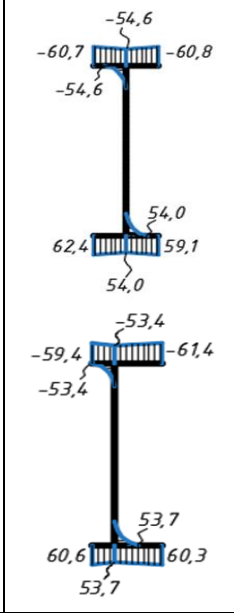
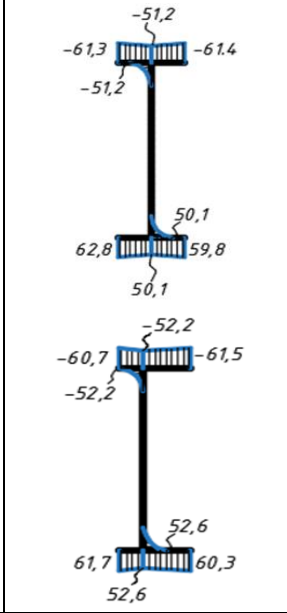
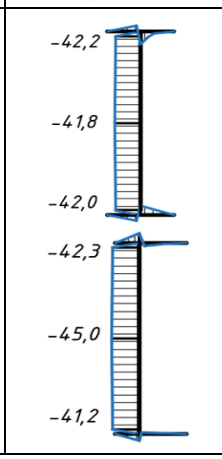
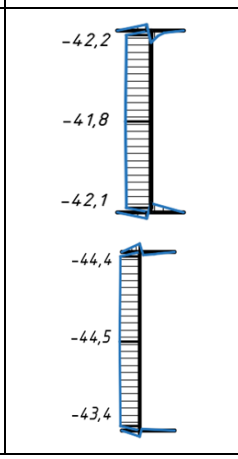
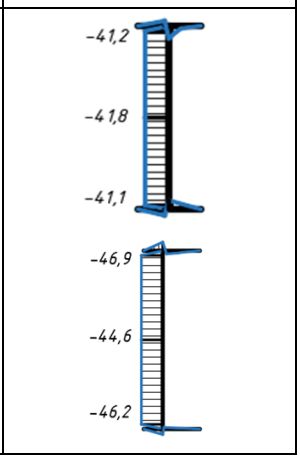
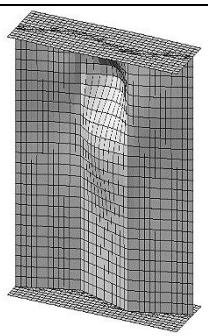
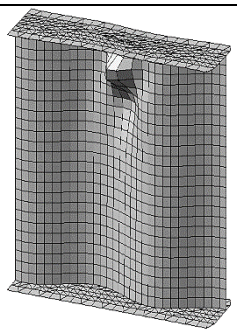
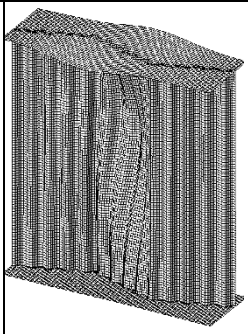
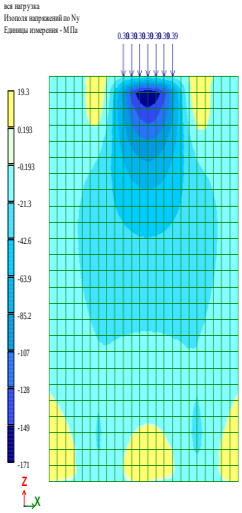
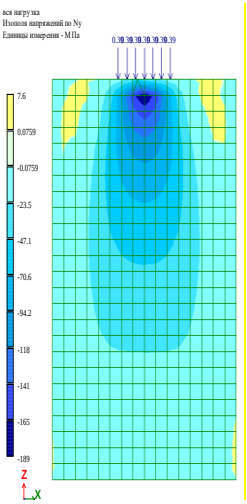
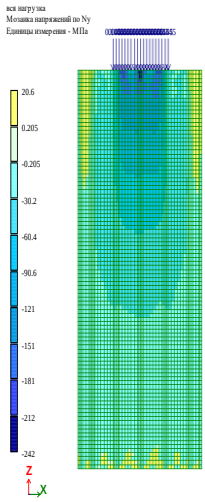
Вариант гофрирования	Треугольный	Синусоидальный	Синусоидальный по треугольной образующей
Форма потери устойчивости			
k	1,78601	5,22287	7,31829
Прогиб в середине пролета, мм	2,31	2,37	2,39
Нормальные напряжения в середине пролета, МПа (сверху – для симметричного сечения, снизу – для асимметричного сечения)			
Касательные напряжения на приопорном участке, МПа (сверху – для симметричного сечения, снизу – для асимметричного сечения)			

Таблица 3

Результаты расчета балок от сосредоточенных нагрузок

Вариант гофрирования	Треугольный	Синусоидальный	Синусоидальный по треугольной образующей
Форма потери устойчивости			
k	0,964579	2,27909	5,18362
Прогиб в середине пролета, мм	3,43	3,53	3,57
Изополя нормальных напряжений в стенке под сосредоточенной силой, МПа			

На основании анализа полученных данных можно сделать следующие выводы:

– гофрированная стенка с синусоидальным по треугольной образующей типом гофров имеет самые высокие коэффициенты потери устойчивости из рассматриваемых вариантов, k = 7,31829 – при потере «общей» устойчивости и k = 5,18362 – при потере «местной» устойчивости;

– балка с треугольным профилем гофров является наименее деформативной из рассматриваемых вариантов, что вызвано более интенсивным вовлечением стенки (участков стенки) в работу на продольные усилия;

– распределение нормальных напряжений в поясах балок отличается незначительно, но при этом во всех вариантах напряжения распределяются неравномерно, что вызвано периодическим смещением стенки с оси стержня [15];

– распределение касательных напряжений по стенкам носит равномерный характер.

Выводы

В ходе проведенного численного эксперимента установлено, что применение двойного профиля гофрирования существенно повышает «общую» и «местную» устойчивость гофрированной стенки двутавровой балки, что обеспечивает более рациональное использование ее материала.

Библиографический список

1. *Горнов В.Н.* Несущие металлические конструкции на основе тонколистового проката // Проект и стандарт. 1937. № 3. С. 25–28.
2. *Ажермачев Г.А.* Исследование сварных стальных балок с волнистыми стенками : автореферат дисссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.23.01 / Ажермачев Геннадий Арсентьевич. Новосибирск : НИСИ, 1969. 16 с.
3. *Степаненко А.Н.* Прочность и устойчивость конструкций из двутавра с волнистой стенкой : автореферат дисссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.23.01 / Степаненко Анатолий Николаевич. Хабаровск, 2001. 48 с.
4. *Остриков Г.М., Максимов Ю.С., Долинский В.В.* Исследование несущей способности стальных двутавровых балок с вертикально гофрированной стенкой // Строительная механика и расчет сооружений. 1983. № 1. С. 68–70.
5. *Chan C.L., Khalid, Y.A., Sahari B.B., Hamouda A.M.S.* Finite element analysis of corrugated web beams under bending // J. Constr. Steel Res. 2002. № 58 (11). P. 1391–1406.
6. *Denan F., Osman M.H., Saad S.* The study of lateral torsional buckling behaviour of beam with trapezoid web steel section by experimental and finite element analysis // Int. J. Res. Rev. Appl. 2010. Sci. 2(2). P. 232.
7. *Elgaaly M., Seshadri A.* Steel built-up girders with trapezoidally corrugated webs // Engineering journal, st.Quarter, London : AISC, 1988.
8. *Johnson R.P., Caffola J.* Local flange buckling in plate girders with corrugated webs // Proceeding Instn Civil Engineering Structures and Buildings. 1997.
9. *Khalid Y.A., Chan C.L., Sahari B.B., Hamouda A.M.S.* Bending behaviour of corrugated web beams // J. Mater. Process. Technol. 2004. № 150 (3). P. 242–254.
10. *Kovesdi B., Braun B., Kuhlmann U., Dunai L.* Patch loading resistance of girders with corrugated webs // J. Constr. Steel Res. 2010. № 66 (12). P. 1445–1454.
11. *De'nan F., Shoong K.K., Hashim N.S., Ken C.W.* Nonlinear analysis of triangular web profile steel section under bending behavior // Lecture Notes in Civil Engineering. 2019. № 9. P. 463–472.
12. *Osman M.H.* Shear buckling of trapezoid web profile section // International Conference on Numerical Method in Structural Engineering. Indonesia, 2001.
13. *Степаненко А.Н.* Стальные двутавровые стержни с волнистой стенкой. Хабаровск : Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 1999. 115 с.
14. *ЛИРА-САПР.* Верификационный отчет. Том I. Москва, 2015. 51 с.
15. *Степаненко А.Н., Тишков Н.Л.* О дополнительных усилиях в поясах стальных балок с тонкими поперечно-гофрированными стенками // Вестник ТОГУ. 2014. № 4 (35). С. 49–52.

References

1. *Gornov V.N.* Nesushchie metallicheskie konstruktsii na osnove tonkolistovogo prokata [Bearing metal structures based on sheet metal]. *Proekt i standart*. 1937. No. 3. Pp. 25–28. (rus)
2. *Azhermachev G.A.* Issledovanie svarnykh stal'nykh balok s volnistymi stenkami: avtoreferat disssertatsii na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk [Welded steel beams with corrugated walls. PhD Abstract]. Novosibirsk: NISI, 1969. 16 p. (rus)

3. *Stepanenko A.N.* Prochnost' i ustoichivost' konstruktsii iz dvutavra s volnistoi stenkoi: avtoreferat disssertatsii na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk [Structural stability of I-beams with corrugated walls. PhD Abstract]. Khabarovsk, 2001. 48 p. (rus)
4. *Ostrikov G.M., Maksimov Yu.S., Dolinskii V.V.* Issledovanie nesushchei sposobnosti stal'nykh dvutavrovykh balok s vertikal'no gofrirovannoi stenkoi [Bearing capacity of steel I-beams with vertical corrugated walls]. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii*. 1983. No. 1. Pp. 68–70. (rus)
5. *Chan C.L., Khalid, Y.A., Sahari B.B., Hamouda A.M.S.* Finite element analysis of corrugated web beams under bending. *Journal of Constructional Steel Research*. 2002. No. 58 (11). Pp. 1391–1406. (rus)
6. *Denan F., Osman M.H., Saad S.* The study of lateral torsional buckling behaviour of beam with trapezoid web steel section by experimental and finite element analysis. *International Journal of Applied Engineering Research*. 2010. No. 2 (2). Pp. 232. (rus)
7. *Elgaaly M., Seshadri A.* Steel built-up girders with trapezoidally corrugated webs. *Engineering Journal*. London: AISC, 1988.
8. *Johnson R.P., Caffola J.* Local flange buckling in plate girders with corrugated webs. Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Structures and Buildings. 1997.
9. *Khalid Y.A., Chan C.L., Sahari B.B., Hamouda A.M.S.* Bending behaviour of corrugated web beams. *Journal of Materials Processing Technology*. 2004. No. 150 (3). Pp. 242–254.
10. *Kovesdi B., Braun B., Kuhlmann U., Dunai L.* Patch loading resistance of girders with corrugated webs. *Journal of Constructional Steel Research*. 2010. No. 66 (12). Pp. 1445–1454.
11. *De'nan F., Shoong K.K., Hashim N.S., Ken C.W.* Nonlinear analysis of triangular web profile steel section under bending behavior. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2019. No. 9. Pp. 463–472.
12. *Osman M.H.* Shear buckling of trapezoid web profile section. *Proc. Int. Conf. 'Numerical Method in Structural Engineering'*. Indonesia, 2001.
13. *Stepanenko A.N.* Stal'nye dvutavrovye sterzhni s volnistoi stenkoi [Steel I-rods with wavy walls]. Khabarovsk, 1999. 115 p. (rus)
14. LIRA-SAPR. Verifikatsionnyi otchet [LIRA-CAD. Verification report]. Vol. I. Moscow, 2015. 51 p. (rus)
15. *Stepanenko A.N., Tishkov N.L.* O dopolnitel'nykh usiliyakh v poyasakh stal'nykh balok s tonkimi poperechno-gofrirovannymi stenkami [Additional loads on steel beams with thin transverse corrugated walls]. *Vestnik TOGU*. 2014. No. 4 (35). Pp. 49–52. (rus)

Сведения об авторах

Тишков Николай Леонидович, канд. техн. наук, Тихоокеанский государственный университет, 680035, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136, n.tishkov87@gmail.com

Степаненко Анатолий Николаевич, докт. техн. наук, профессор, Тихоокеанский государственный университет, 680035, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136, stepanenko1941@mail.ru

Шипелев Иван Леонидович, преподаватель, Тихоокеанский государственный университет, 680035, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136, iva-shipelev@mail.ru

Устименко Мария Борисовна, преподаватель, Тихоокеанский государственный университет, 680035, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136, mariyabelyakova1991@mail.ru

Authors Details

Nikolay L. Tishkov, PhD, Pacific National University, 136, Tikhookeanskaya Str., 680035, Khabarovsk, Russia, n.tishkov87@gmail.com

Anatoly N. Stepanenko, DSc Engeneering, Professor, Pacific National University, 136, Tikhookeanskaya Str., 680035, Khabarovsk, Russia, stepanenko1941@mail.ru

Ivan L. Shipelev, Lecturer, Pacific National University, 136, Tikhookeanskaya Str., 680035, Khabarovsk, Russia, iva-shipelev@mail.ru

Maria B. Ustimenko, Lecturer, Pacific National University, 136, Tikhookeanskaya Str., 680035, Khabarovsk, Russia, mariyabelyakova1991@mail.ru

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 666.712 DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-112-119

Н.К. СКРИПНИКОВА, Д.К. ГРИГОРЕВСКАЯ, М.А. СЕМЕНОВЫХ,
Томский государственный архитектурно-строительный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗОЛЬНЫХ МИКРОСФЕР НА СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Рассмотрены возможности получения теплоизоляционного керамического кирпича с использованием зольных микросфер. Исследовано влияние основных технологических факторов на свойства керамических материалов и физико-химических процессов, происходящих при получении композиций.

Для проведения исследований использовались глинистое сырье Верхового месторождения Томской области и зольные полые микросферы Беловской ГРЭС. Было установлено, что применение зольных микросфер в составе шихты в количестве 80 % приводит к уменьшению средней плотности образцов по сравнению с эталоном на 50 %, водопоглощения на 28 % и теплопроводности до 50 %, при этом увеличивается средняя прочность при сжатии на 22 % и при изгибе на 30 %. По данным рентгенофазового анализа выявлено, что лабораторные образцы представлены в основном следующими кристаллическими фазами: кварцем, геленитом, альбитом, кианитом, анортитоподобными и муллитоподобными соединениями. Присутствие данных минералов в составе обеспечивает прочностные свойства полученных обожженных композиций. Микроскопическое исследование показало, что структура образцов в основном однородна, при этом наблюдается значительное количество закрытых и полузакрытых пор, труднодоступных и недоступных для воды. Этот фактор оказывает существенное влияние на повышение морозостойкости изделия, вызывая релаксацию напряжений, возникающих при замерзании воды в порах. Как результат были получены лабораторные образцы с улучшенными теплофизическими качествами.

Ключевые слова: теплоизоляционные материалы; керамический кирпич; зольные микросферы; золошлаковые отходы, обжиговые изделия.

Для цитирования: Скрипникова Н.К., Григоревская Д.К., Семеновых М.А. Исследование влияния зольных микросфер на свойства керамических изделий // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 2. С. 112–119.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-112-119

N.K SKRIPNIKOVA, D.K. GRIGOREVSKAYA, M.A. SEMENOVYKH,
Tomsk State University of Architecture and Building

THE INFLUENCE OF ASH MICROSPHERES ON CERAMIC PROPERTIES

The paper deals with the problem of producing heat-insulating ceramic bricks using ash microspheres. The influence of the main technological factors on the ceramic material properties and

© Скрипникова Н.К., Григоревская Д.К., Семеновых М.А., 2020

physicochemical processes in composition preparation is investigated. Clay raw materials of the Verkhovaya deposit of the Tomsk region and ash hollow microspheres of the Belovskaya power plant are studied. It is found that 80 % ash microspheres in the mixture composition reduces the average density by 50 % and water absorption by 28 %; and increases thermal conductivity by 50 %, average compressive strength by 22 % and flexural strength by 30 %. According to the X-ray analysis, laboratory samples represent the following crystalline phases: quartz, gehlenite, albite, kyanite, anorthite- and mullite-like compounds. The presence of these minerals in the composition improves the strength properties of the resulting calcined compositions. Microscopy observations show that the structure of the samples is mostly uniform, with a significant number of closed and half-closed pores, that are difficult to reach and inaccessible to water. This factor significantly affects the frost resistance of the product, causing stress relaxation arising from water frozen in pores. As a result, the obtained laboratory samples have the improved thermophysical quality.

Keywords: heat-insulating materials; ceramic brick; ash microspheres; ash and slag waste; burning products.

For citation: Skripnikova N.K, Grigorevskaya D.K., Semenovykh M.A. Issledovanie vliyaniya zol"nykh mikrosfer na svoistva keramicheskikh izdelii [The influence of ash microspheres on ceramic properties]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2020. V. 22. No. 2. Pp. 112–119.

DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-112-119

В настоящее время показатели энергоэффективности зданий и сооружений перестали носить рекомендательный характер и стали обязательными. В России энергосбережение считается одной из главных приоритетных задач, решение которой может существенно сократить затраты на выработку энергии в будущем. В связи с этим обеспечение экономических и энергосберегающих условий эксплуатации современного жилья предопределяет широкое использование теплоизоляционных керамических изделий.

Для достижения установленного СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий» уровня теплоизоляции из условий энергосбережения в настоящее время широко используются стены из облегченной кладки [1]. В качестве облицовочного слоя в них, как правило, используют теплоизоляционный керамический кирпич. К сожалению, промышленный объем запасов глины, используемой на кирпичных заводах, быстро истощается. Поэтому, как ни парадоксально, для современного керамического производства все чаще встает вопрос «сырьевого голода» на фоне повсеместно распространенных залеганий глинистых пород. Особенно характерна эта ситуация для большинства районов Западной Сибири и регионов Дальнего Востока [2, 3].

Решением данной актуальной народнохозяйственной проблемы может стать использование золошлаковых отходов тепловых электростанций (далее ТЭС) в качестве вторичного сырья для изготовления обжиговых штучных изделий. Так, например, одним из наиболее ценных компонентов угольной золы ТЭС являются зольные микросферы, представляющие собой мелкодисперсный сыпучий порошок, состоящий из полых тонкостенных частиц сферической формы, алюмосиликатного состава, диаметром в несколько десятков или сотен микрон [4, 5]. Важной особенностью микросфер, выгодно отличающей их от традиционных наполнителей, является высокая прочность, наличие полой

структуры, отсутствие открытых пор и, как следствие, низкое водопоглощение [6–8]. Помимо этого зольные полые микросферы являются нетоксичным техногенным сырьем и могут использоваться при строительстве жилых и общественных зданий без каких-либо ограничений согласно ГОСТ 30108–94 «Материалы и изделия строительные». Применение данного перспективного техногенного сырья в промышленности строительных материалов позволит не только предотвратить негативное воздействие на окружающую среду путем уменьшения объемов золошлаковых отвалов, но и поспособствует развитию экологически безопасных энергоэффективных технологий.

Ранее уже проводились исследования зольных микросфер и была установлена возможность их использования для изготовления керамических изделий, однако нигде не были представлены конкретные составы шихты для изготовления теплоизоляционного кирпича [9, 10].

Целью настоящей работы является разработка составов керамического сырья и исследование свойств полученных лабораторных образцов с применением зольных микросфер.

Для проведения эксперимента использовались глинистое сырье Верхового месторождения Томской области и зольные микросферы Беловской ГРЭС. В табл. 1 указан химический состав данных сырьевых материалов.

Таблица 1

Химический состав используемых сырьевых материалов

Наименование материала	Содержание оксидов, %							
	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	MgO	R_2O	TiO_2	п.п.п.
Зольная микросфера ГРЭС г. Белово	62,30	23,40	4,00	4,21	1,71	1,34	1,30	1,74
Томская глина	65,84	14,28	5,20	3,33	2,45	2,67	0,63	5,60

Как видно из данных табл. 1, зольные микросферы относятся к низкокальциевым, кислым золам (содержание CaO менее 10 %). Помимо этого данные микросферы характерезуются высоким содержанием суммы оксидов Al_2O_3 и SiO_2 – 85,7 %, что говорит о возможности получения керамического кирпича высокой прочности [11].

Содержащиеся в глине оксиды кальция и магния находятся в качестве карбонатных соединений, которые, как и оксид железа, являются флюсующей составляющей сырья. Представленные соединения в сочетании с оксидом алюминия говорят о легкоплавкости глины и пригодности ее для изготовления изделий строительной керамики [12].

Экспериментальные исследования настоящей работы ставили своей целью разработать материал с необходимыми конструкционными и теплоизоляционными свойствами. Для этого в лабораторных условиях был осуществлен подбор рационального состава исходных компонентов смеси кирпича, а также ее влажности, режима формования, сушки и обжига.

Методом математического планирования было определено процентное содержание техногенного сырья – 20, 40, 50 и 80 %.

Формование образцов проводилось полусухим методом, формовочная влажность при этом составляла 10 %. Прессование сырья было проведено при давлении 15–25 МПа. Сушка лабораторных образцов проводилась в сушильном шкафу при температуре 80 °С. Температура обжига подбиралась в диапазоне от 800 до 1000 °С из условий обеспечения максимальной прочности и минимальной усадки керамического материала.

Для статистической обработки экспериментальных данных изготавливалось по 10 образцов каждого состава.

Исследование полученных лабораторных композиций проводилось путем изучения их физико-механических характеристик, таких как прочность при сжатии и изгибе, плотность, теплопроводность и водопоглощение. Все испытания были проведены в соответствии с ГОСТ 530–2012 «Кирпич и камень керамические». Полученные данные представлены в табл. 2.

Таблица 2

Режимы получения и физико-механические показатели образцов с использованием зольной микросферы

Состав	Средняя плотность, кг/м^3	Предел прочности, МПа		Теплопроводность, Вт/м·°С	Водопоглощение, %
		при сжатии	при изгибе		
Глина 100 %	2200	29,61	4,3	0,507	14,3
Глина 80 % Зольная микросфера 20 %	1430	32,3	5,1	0,410	12,8
Глина 60 % Зольная микросфера 40 %	1352	34,9	6,4	0,309	11,5
Глина 50 % Зольная микросфера 50 %	1280	35,6	6,8	0,289	11,2
Глина 20 % Зольная микросфера 80 %	1100	38,1	7,3	0,189	10,3

Из представленных в табл. 2 результатов физико-механических характеристик следует, что оптимальным можно считать состав керамической шихты с содержанием зольных микросфер до 80 %. У образцов с данным количеством техногенного сырья наблюдается снижение средней плотности на 50 %, водопоглощения на 28 % и теплопроводности до 50 %, при этом увеличивается средняя прочность при сжатии на 22 % и при изгибе на 30 %.

В рамках исследования полученных лабораторных образцов был также проведен рентгенофазовый анализ (рис. 1).

Из дифрактограммы следует, что обожженные композиции представлены следующими кристаллическими фазами: кварцем (d = 4,26; d = 1,82 нм), геленитом (d = 2,29; d = 3,06 нм), альбитом (d = 3,19; d = 3,68 нм), кианитом (d = 3,18; d = 2,70 нм), анортито- (d = 6,52 нм) и муллитоподобными соединениями (d = 1,27; d = 2,20 нм). Наличие данных минералов в составе керамического сырья обеспечивает высокие прочностные свойства у образцов.

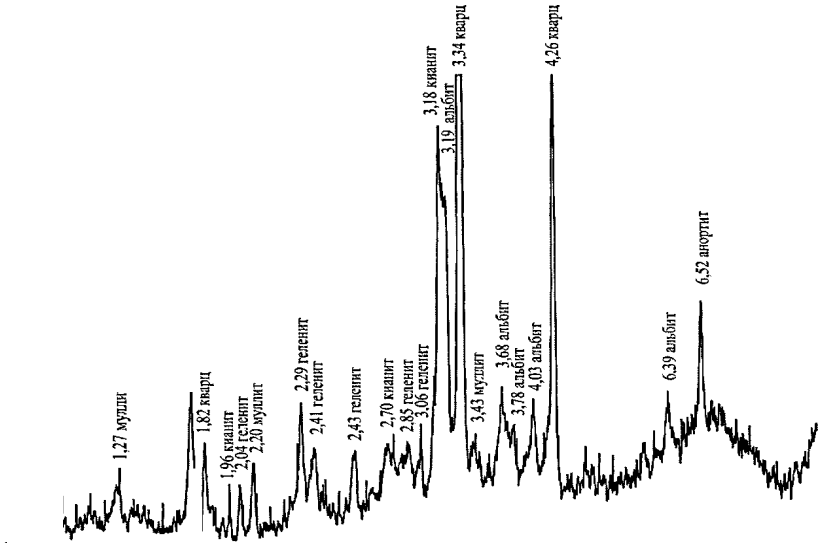


Рис. 1. Дифрактограмма полученных образцов с содержанием микросфер 80 %

Микроскопическое исследование керамических композиций (рис. 2) показало, что структура образцов в основном однородна, при этом наблюдаются поры, как замкнутые, так и сообщающиеся. Имеется незначительный разброс в их размерах.

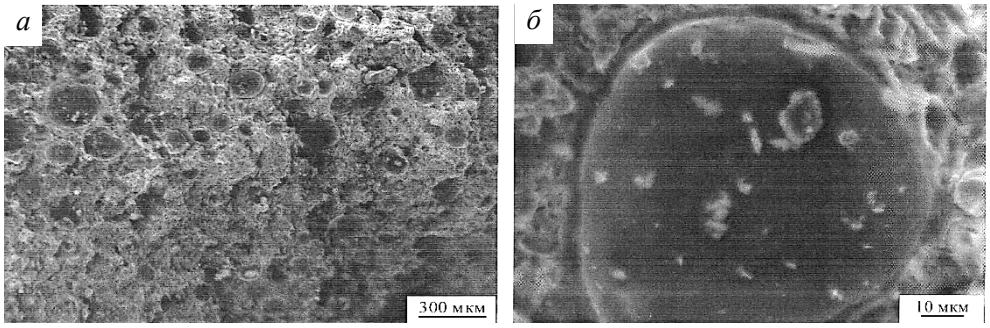


Рис. 2. Микрофотографии образцов из глины и зольных полых микросфер:
а – увеличение ×100; *б* – увеличение ×2000

Как видно из рис. 3, наряду со сферическими стекловидными частицами наблюдаются участки застывшего расплава.

Данный расплав согласно РФА образует муллитоподобные и анортитоподобные соединения, которые, в свою очередь, способствуют упрочнению алюмосиликатного каркаса материала. Также исследования показали, что кирпич с зольной микросферой имеет значительное количество закрытых и полузакрытых пор, труднодоступных и недоступных для воды. Этот фактор оказывает существенное влияние на повышение морозостойкости изделия, вызывая релаксацию напряжений, возникающих при замерзании воды в порах [13].

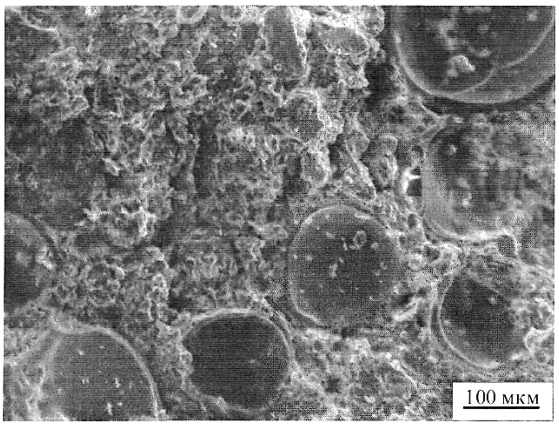


Рис. 3. Структура образцов после спекания при 1000 °С: глина 80 %, микросфера 20 %

В ходе проделанной работы было установлено, что благодаря своим уникальным свойствам зольные полые микросферы способны повысить качество производимых изделий. Как результат были получены лабораторные образцы марки М150–175 с пониженной средней плотностью (1100 кг/м^3), сравнительно низким коэффициентом теплопроводности (0,189 Вт/м·°С), низким водопоглощением (10,3 %) и высокой морозостойкостью при эксплуатации. Таким образом, полученные образцы керамических изделий по своим свойствам могут быть отнесены к конструкционно-теплоизоляционным материалам.

Библиографический список

1. *Ананьев А.И., Ананьев А.А.* Долговечность и энергоэффективность наружных стен из облегченной кирпичной кладки // ACADEMIA. Архитектура и строительство. 2010. № 3.
2. *Салахов А.М., Морозов В.П., Туктарова Г.Р.* Совершенствование технологии производства строительной керамики и расширение номенклатуры изделий // Стекло и керамика. 2005. № 3. С. 23.
3. *Столбоушкин А.Ю., Фомина О.А., Сыромясов В.А., Семин А.П.* Перспективные разработки технологии керамических стеновых материалов из низкокачественного сырья // Вестник Тувинского государственного университета. Технические и физико-математические науки. 2017. Вып. № 3 (34). С. 107–118.
4. *Дрожжин В.С.* Полые микросферы в золах уноса электростанций : сборник научных статей / под редакцией В.С. Дрожжина. Саров : ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2009. 125 с.
5. *Joonwon, Bae*. Fabrication of carbon microcapsules containing silicon nanoparticles – carbon nanotubes nanocomposite by sol–gel method for anode in lithium ion battery // Journal of Solid State Chemistry. 2011. V. 184 (7). P. 1749–1755.
6. *Дрожжин В.С., Куваев М.Д., Пикулин И.В. и др*. Процессы образования и основные свойства полых алюмосиликатных микросфер в золах уноса тепловых электростанций // Химия твердого топлива. 2008. № 2. С. 53–66.
7. *Sundaram S.K., Fox Kevin, Ohji Tatsuki, Hoffman E.* Titanium-Dioxide-Coated Silica Microspheres for HighEfficiency Dye-Sensitized Solar Cell // Advances in Materials Science for Environmental and Nuclear Technology II. 2011. V. 227. P. 27–32.
8. *Todea M., Frentiu B., Turcu R.F.V., Simon S.* Structural properties of yttrium aluminosilicates microspheres // Journal of Physics and Chemistry of Solids. 2011. V. 72 (3). P. 164–168.
9. *Скрипникова Н.К., Юрьев И.Ю.* Строительные керамические изделия на основе микродисперсных золошлаковых соединений // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2011. № 4. С. 127–131.

10. *Гладких И.* Оценка качества техногенного сырья Кузбасса для производства огнеупорных и теплоизоляционных материалов // Экология и промышленность России. 2016. № 20 (7). С. 13–17.
11. *Вакалова Т.В., Хабас Т.А., Ревва И.Б., Павлова И.А.* Теплоизоляционные керамические материалы с нанопористой структурой, изготовленные с использованием золосодержащих отходов ТЭЦ // Новые огнеупоры. 2014; (12):6-1/1.
12. *Купряхин А.Н.* Получение теплоизоляционно-конструкционных материалов с добавлением техногенных отходов // Огнеупоры и техническая керамика. 2004. № 2. С. 20–22.
13. *Скрипникова Н.К., Литвинова В.А., Волокитин Г.Г., Луценко А.В., Волокитин О.Г., Семеновых М.А.* Обжиговые строительные материалы на основе алюмосиликатных отходов нефтедобывающей промышленности // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2017; (2):141-14.

References

1. *Anan'ev A.I., Anan'ev A.A.* Dolgovechnost' i energoeffektivnost' naruzhnykh sten iz oblegchennoi kirpichnoi kladki [Durability and energy efficiency of lightweight masonry exterior walls]. *ACADEMIA. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2010. No. 3. (rus)
2. *Salakhov A.M., Morozov V.P., Tuktarov G.R.* Sovershenstvovanie tekhnologii proizvodstva stroitel'noi keramiki i rasshirenie nomenklatury izdelii [Improvement of production technology of building ceramics and expanding the range of products]. *Steklo i keramika*. 2005. No. 3. P. 23. (rus)
3. *Stolboushkin, A.Yu., Fomin A.A., Sharomazov V.A., Semin A.P.* Perspektivnye razrabotki tekhnologii keramicheskikh stenovykh materialov iz nizkokachestvennogo syr'ya [Advanced production technology of ceramic wall materials using low-quality raw materials]. *Vestnik Tuvinskogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie i fiziko-matematicheskie nauki*.2017. V. No. 3 (34). Pp. 107–118. (rus)
4. *Drozhzhin B.C. (Ed.)* Polye mikrosfery v zolakh unosa elektrostantsii: sbornik nauchnykh statei [Hollow microspheres in ashes of ablation of plants]. Sarov, 2009. 125 S. (rus)
5. *Joonwon Bae*. Fabrication of carbon microcapsules containing silicon nanoparticles – carbon nanotubes nanocomposite by sol–gel method for anode in lithium ion battery. *Journal of Solid State Chemistry*. 2011. V. 184. No. 7. Pp. 1749–1755.
6. *Drozhzhin V.S., Kuvaev, M.D., Pikulin I.V., et al.* Protsessy obrazovaniya i osnovnye svoistva polykh alyumosilikatnykh mikrosfer v zolakh unosa teplovykh elektrostantsii [Formation and main properties of hollow aluminosilicate microspheres in fly ashes produced by thermal power plants]. *Khimiya tverdogo topliva*. 2008. No. 2. Pp. 53–66. (rus)
7. *Sundaram S.K., Fox Kevin, Ohji Tatsuki, Hoffman E.* Titanium-dioxide-coated silica microspheres for high-efficiency dye-sensitized solar cell. *Advances in Materials Science for Environmental and Nuclear Technology II*. 2011. V. 227. Pp. 27–32.
8. *Todea M. Frentiu B., Turcu R.F.V., Simon S.* Structural properties of yttrium aluminosilicates microspheres. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*. 2011. V. 72. No. 3. Pp. 164–168.
9. *Skripnikova N.K., Yuriev E.Y.* Stroitel'nye keramicheskie izdeliya na osnove mikrodispersnykh zoloshlakovykh soedinenii [Ceramic building products based on fine ash compounds]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2011. No. 4. Pp. 127–131. (rus)
10. *Gladkikh I.* Otsenka kachestva tekhnogennogo syr'ya Kuzbassa dlya proizvodstva ogneupornykh i teploizolyatsionnykh materialov [Quality of Kuzbass technogenic raw materials for refractory and insulating material production]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2016. V. 20. No. 7. Pp. 13–17. (rus)
11. *Vakulova T.V., Habas T.A., Revva I.B., Pavlov I.A.* Teploizolyatsionnye keramicheskie materialy s nanoporistoi strukturoi, izgotovlennye s ispol'zovaniem zolosoderzhashchikh otkhodov TETs [Ash-containing ceramic insulating material production]. *Novye ogneupory*. 2014. V. 12. No. 6. (rus)
12. *Kupryakhin A.N.* Poluchenie teploizolyatsionno-konstruktsionnykh materialov s dobavleniem tekhnogennykh otkhodov [Insulating material production with addition of industrial wastes]. *Ogneupory i tekhnicheskaya keramika*. 2004. No. 2. Pp. 20–22. (rus)
13. *Skripnikova N.K., Litvinova V.A., Volokitin G.G., Lutsenko A.V., Volokitin O.G., Semenovykh M.A.* Obzhigovye stroitel'nye materialy na osnove alyumosilikatnykh otkhodov

neftedobyvayushchei promyshlennosti [Fired construction materials based on alumino-silicate wastes of oil-extracting industry]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2017. No. 2. Pp. 141–147. (rus)

Сведения об авторах

Скрипникова Нелли Карповна, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, nks2003@mail.ru

Григоревская Дарья Константиновна, магистрант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, rebeccali@mail.ru

Семеновых Марк Андреевич, аспирант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, semenovykhmark@gmail.com

Authors Details

Nelli K. Skripnikova, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, nks2003@mail.ru

Dar'ya K. Grigorevskaya, Undergraduate, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, rebeccali@mail.ru

Mark A. Semenovykh, Research Assistant, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, semenovykhmark@gmail.com

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 504.4:502.65:556.3 DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-120-128

О.Д. ЛУКАШЕВИЧ,
Томский государственный архитектурно-строительный университет

ИДЕИ Г.М. РОГОВА И ЕГО НАУЧНОЙ ШКОЛЫ В РАБОТАХ ПО ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИМ, ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИМ ПРОБЛЕМАМ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В связи с 90-летием ученого представлен обзор основных публикаций доктора геолого-минералогических наук, профессора Г.М. Рогова (1930–2008). Охарактеризована деятельность ученого как организатора эффективной научной и образовательной деятельности в высшей школе. Г.М. Рогов и его ученики внесли значительный вклад в исследование геоэкологических проблем водных ресурсов юга Сибири, в разработку теоретических основ и технологий для реализации государственных программ по обеспечению населения питьевой водой. Научное наследие Г.М. Рогова стало классикой и востребовано при формировании банков данных по запасам и качеству минеральных вод Западно-Сибирского региона; при оценке экологических и гидрогеологических последствий интенсивной эксплуатации подземных вод крупными водозаборными сооружениями; при изучении вопросов геоэкологической безопасности урбанизированных территорий.

Ключевые слова: высшее профессиональное образование; геоэкологические проблемы; гидрогеология; водные ресурсы; подземные воды; минеральные воды.

Для цитирования: Лукашевич О.Д. Идеи Г.М. Рогова и его научной школы в работах по геоэкологическим, инженерно-геологическим и гидрогеологическим проблемам Западной Сибири // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 2. С. 120–128. DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-120-128

O.D. LUKASHEVICH,
Tomsk State University of Architecture and Building

G.M. ROGOV'S SCIENTIFIC SCHOOL IDEAS IN GEOECOLOGICAL, GEOTECHNICAL AND HYDRO-GEOLOGICAL PROBLEMS OF WEST SIBERIA

In connection with the 90th anniversary of Professor Rogov, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, (1930-2008) the paper presents a review of his main publications. The

© Лукашевич О.Д., 2020

activity of the scientist as an organizer of research and academic activities at higher school is described. Prof. Rogov and his students have made a significant contribution to the study of geo-ecological problems of water resources in southern Siberia, the development of theoretical foundations and technologies for the implementation of governmental programs to provide the population with drinking water. The scientific heritage of Prof. Rogov became a classic and is in demand for databases on reserves and quality of mineral waters in the West Siberian region; estimation of ecological and hydrogeological consequences of intensive operation of underground waters by large water intake facilities; studying the problems geo-ecological safety of urbanized territories.

Keywords: higher vocational education; geo-ecological problems; hydrogeology; water resources; underground water; mineral water.

For citation: Lukashevich O.D. Idei G.M. Rogova i ego nauchnoi shkoly v rabotakh po geoekologicheskim, inzhenerno-geologicheskim i gidrogeologicheskim problemam Zapadnoi Sibiri [G.M. Rogov's scientific school ideas in geoecological, geotechnical and hydro-geological problems of West Siberia]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2020. V. 22. No. 2. Pp. 120–128.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-120-128

7 апреля 2020 г. исполняется 90 лет со дня рождения замечательного человека, видного ученого, общественного деятеля и организатора науки Геннадия Маркеловича Рогова. В связи с этой датой на правах одного из учеников и последователей хочется еще раз обратиться к его научному наследию, которое остается в наши дни важным и современным.

Г.М. Рогов занимает особое место среди томских ученых-гидрогеологов. Он не просто оставил научное наследие в виде ряда очень значимых публикаций по гидрогеологии подземных вод Западной Сибири, но, пребывая на посту ректора в течение рекордного 37-летнего срока (1968–2005 гг.) и будучи председателем Совета ректоров г. Томска, затем вице-президентом Совета ректоров России, внес неоценимый вклад в развитие высшего профессионального технического образования нашей страны [12, 16, 19]. В самые тяжелые 1990-е гг. безденежья, сокращения лабораторий и институтов, падения престижа образования Геннадий Маркелович был уверен, что все изменится к лучшему и твердо отстаивал позиции развития перспективных направлений высшей школы на самом высоком уровне. Благодаря широкой эрудиции, умению видеть перспективу, способности выявлять талантливых коллег, студентов и аспирантов Г.М. Рогов создал условия для формирования и развития новых научных направлений и самоподдерживаемой, готовой к постоянному обновлению образовательной системы нашего вуза – ТГАСУ, в прошлом ТГАСА, ТИСИ. Важным событием было открытие диссертационного совета Д 212.265.02, ставшего первым советом в г. Томске, которому было поручено принимать к защите кандидатские и докторские диссертации по научной специальности 25.00.36 «Геоэкология», тогда еще новой, переживающей этап становления. Благодаря деятельности этого совета в томских вузах появились доктора и кандидаты наук по направлению геоэкологии (профессора Е.Г. Язиков, Д.С. Покровский, О.Д. Лукашевич и др.). В свое время Г.М. Рогов как председатель комиссии способствовал успешной аккредитации специальности «Геоэкология» в Том-

ском политехническом университете, которая сегодня в российском рейтинге занимает передовые позиции.

Среди других научных направлений современного ТГАСУ продолжают успешно развиваться основанные научной школой Г.М. Рогова геоэкологическое и инженерно-геологическое направления: обучаются студенты, магистранты и аспиранты, выполняются серьезные практико-ориентированные исследования.

Первые научные поиски Г.М. Рогова связаны со студенчеством. В Томском политехническом институте (ныне НИ ТПУ) он активно включился в исследования, проводившиеся на кафедре гидрогеологии и инженерной геологии под руководством профессора П.А. Удодова – основоположника гидрогеохимического метода поисков месторождений полезных ископаемых. В 1955 г. полученные профессиональные навыки позволили молодому ученому приступить к самостоятельной научно-исследовательской работе по гидрогеологии Кузнецкого угольного бассейна. В 1959 г. он успешно защитил кандидатскую диссертацию «Подземные воды Беловского геолого-экономического района Кузбасса» [14], в 1961 г. был избран на должность заведующего кафедрой гидрогеологии и инженерной геологии ТПИ. Под его руководством и при непосредственном участии проведены исследования и оценка ресурсов подземных вод Присалаирской полосы и Центрального юрского артезианского бассейна Кузбасса, изучались гидрогеологические условия Осиновского, Уропского, Караканского и ряда других месторождений угля, гидрогеохимические особенности угленосных отложений, проводились изыскания источников водоснабжения комплексов Никитинских и Ильинских шахт в Ленинском и Ерунаковском районах. Проведенные исследования легли в основу докторской диссертации «Гидрогеология Кузнецкого угольного бассейна», которую ученый защитил в 1967 г. по специальности «Гидрогеология». Дальнейшие его научные исследования были направлены на решение актуальной проблемы изучения запасов и качества водных ресурсов Западной Сибири. Доклад о результатах и перспективах этих работ был сделан в декабре 1967 г. перед президентом АН СССР академиком М.В. Келдышем, председателем Госкомитета по науке и технике В.А. Кириллиным, министром высшего и среднего специального образования РСФСР В.Н. Столетовым, председателем президиума СО АН СССР академиком М.В. Лаврентьевым, приехавшими в г. Томск. Именно тогда закладывался фундамент томского научно-образовательного комплекса, высокие позиции которого известны за пределами нашей страны.

Благодаря выдающимся организаторским способностям, таланту перспективно мыслящего ученого, высоким нравственным принципам Г.М. Рогов был назначен ректором нашего вуза. Никогда не оставляя работу по гидрогеологической тематике в ТПИ, Геннадий Маркелович одновременно участвовал в становлении геоэкологического и инженерно-геологического направлений в ТГАСУ. Благодаря его поддержке на развитие этих направлений была направлена деятельность сотрудников кафедр и лабораторий («Водоснабжение и водоотведение», «Основания и фундаменты» и др.), открыты новые специальности «Инженерная защита окружающей среды», «Безопасность технологических процессов и производств», «Экономика и управление городским хозяйством», обеспечена возможность подготовки инженеров-строителей, способных решать вопросы

экологически обоснованного градостроительства. И это не дань моде всеобщей экологизации, а ответ на возрастающую угрозу глобального экологического кризиса, проявления которого становятся все явственнее.

О широте научных интересов Г.М. Рогова свидетельствует тематика публикаций, подготовленных им лично и в соавторстве. Среди них особое место занимают обширные разделы многотомной монографии «Гидрогеология СССР» [20, 21]. Многие годы она была настольной книгой российских гидрогеологов и не потеряла своего энциклопедического значения в настоящее время.

Результаты исследований гидрогеохимических и гидрогеодинамических условий и особенностей формирования подземных вод Кузбасса отражены в цикле работ, датируемых 1962–1968 гг. [16]. Г.М. Роговым и его последователем В.К. Поповым разработаны основы органической гидрогеохимии угольных бассейнов. Впервые были выявлены гидрогеологические закономерности механизма катагенетического преобразования осадочных пород и роль процессов формирования геохимического облика подземных вод в их аутигенно-минералогической зональности [17, 23].

Выдвинутая Г.М. Роговым на основе анализа палеогидрогеологических условий гипотеза о возможной нефтегазоносности Кузнецкого бассейна нашла сегодня подтверждение при проведении исследований на современном, более совершенном оборудовании. В настоящее время реальность возможности добычи и использования природного газа угольных месторождений не вызывает сомнений.

Интерес у современных исследователей вызывают работы по изучению Терсинского и других месторождений минеральных вод. Не теряют актуальности проблемы, связанные с изучением гидрогеологических условий ликвидационного тампонажа разведочных скважин. Результаты проведенных гидрогеологических и гидрогеохимических исследований минеральных ресурсов озер юга Сибири используются сегодня специалистами для решения проблемы водоснабжения и развития курортной базы [2, 10].

Работы Г.М. Рогова в разные годы были посвящены также гидрогеохимическим исследованиям Колывань-Томской складчатой зоны, разработке научных основ охраны природы в Томской области [1–3].

Для решения задач экономического развития Западной Сибири послужили труды по инженерно-геологическим условиям строительства крупных угольных карьеров в Сибири [8], гидрогеоэкологической безопасности и многие другие [4, 5, 15, 18]. Все эти проблемы имеют широкие перспективы развития как при разработке теоретических вопросов, так и при решении важнейших прикладных задач.

Ряд работ Г.М. Рогова с соавторами содержат обобщения, анализ и разработку путей решения проблем инженерной геологии и геоэкологии урбанизированных территорий [6, 7, 28, 29]. Вопросы гидрогеоэкологической безопасности в Верхнем и Среднем Приобье нашли отражение в монографиях, статьях, выступлениях на конференциях [22]. Все эти направления имеют широкие перспективы развития как при разработке теоретических вопросов, так и при решении важнейших прикладных задач в водохозяйственной деятельности [10].

Заслуживает самой высокой оценки гражданская позиция Г.М. Рогова в отношении сохранения природных богатств для будущих поколений,

которую он отстаивал и как ученый, и как патриот России. Разработка научных основ охраны природы в Томской области всегда была приоритетной задачей для ученого [1, 7, 11]. Его волновала судьба р. Томи, русло которой уже более 30 лет служит местом добычи гравия. Выступления Г.М. Рогова в областной газете «Красное знамя» – не только забота о благополучии реки, но и серьезное обоснование важности учета законов гидрогеологии при планировании хозяйственной деятельности, своеобразный «экологический ликбез» для непрофессионалов [16]. И такая популяризация гидрогеоэкологических знаний не менее важна, чем научные публикации.

В последние годы жизни большая часть публикаций Г.М. Рогова была посвящена изучению экологических проблем хозяйственно-питьевого водопользования [9, 11, 13]. Его всегда волновала экологическая безопасность Обь-Томского междуречья – уникальной для г. Томска и Томского района территории, служащей местом хранения запасов чистых подземных вод питьевого качества [24–27]. В научных статьях, монографиях и газетных публикацией авторитетный голос Г.М. Рогова в защиту этой территории от застройки и интенсивного хозяйственного использования звучал всегда обоснованно, ярко, весомо. Его авторитетного мнения не хватает сегодня при решении многих вопросов рационального природопользования, охраны водных ресурсов, когда нужно найти компромиссное решение между экологическими, социальными и экономическими интересами, касающимися природных вод.

Говоря о роли Геннадия Маркеловича в развитии геоэкологии и гидрогеологии, следует подчеркнуть, что он не только сам был замечательным ученым, способным ставить и решать серьезные задачи, но и талантливым учителем, сумевшим привить свои взгляды, идеи и передовое научное мировоззрение целой плеяде ученых и практиков, являющихся его последователями и единомышленниками, проводящими его идеи в жизнь.

Библиографический список

1. *Лаптев И.П., Удодов П.А., Рогов Г.М., Воробьева А.И.* Задачи научно-исследовательской работы в области научных основ охраны природы в Томской области // Охраняй природу : материалы науч.-техн. конф. по охране природы Томской области. Томск : Зап.-Сиб. кн. изд-во, Том. отд-ние, 1967. С. 101–107.
2. *Инженерная геология*, гидрогеология и минеральные озера Западной Сибири : сборник статей / под редакцией Г.М. Рогова. Томск : Изд-во ТГУ, 1977. 153 с.
3. *Инженерно-геологические условия* строительства крупных карьеров Сибири / под редакцией Г.М. Рогова. Томск : Изд-во ТГУ, 1977. 196 с.
4. *Лукашевич О.Д.* Совершенствование промышленного и хозяйственно-питьевого водопользования для повышения уровня экологической безопасности / под редакцией Г.М. Рогова. Томск : Изд-во ТГАСУ, 2006. 350 с.
5. *Лукашевич О.Д., Рогов Г.М.* Техногенные и природные изменения подземного пространства при эксплуатации водозаборов // Инженерная экология. 2004. № 2. С. 15–24.
6. *Ольховатенко В.Е., Рогов Г.М., Полищук А.И., Рутман М.Г.* Опасные оползневые процессы на территории города Томска и устойчивость природно-технических систем // Инженерно-геологические проблемы урбанизированных территорий : материалы Междунар. симпозиума, Екатеринбург, 30 июля – 2 авг. 2001 г. Екатеринбург : Аква-Пресс, 2001. Т. 1. С. 325–330.
7. *Ольховатенко В.Е., Рогов Г.М.* Геоэкологические проблемы территории г. Томска и мероприятия по ее инженерной защите // Сергеевские чтения. Вып. 3 : матер. науч. годичной

сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (22–23 марта 2001 г.). Москва : ГЕОС. С. 237–241.

8. *Ольховатенко В.Е., Рогов Г.М., Пуляев В.Н. и др.* Инженерная геология угольных месторождений Сибири и Дальнего Востока. Т. 1. Закономерности формирования инженерно-геологических условий угольных месторождений. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1991, 286 с.; Том. 2. Инженерно-геологическая типизация угольных месторождений и оценка устойчивости бортов карьеров / под общей редакцией В.Е. Ольховатенко. Томск : Изд-во ТГУ, 1992. 258 с.
9. *Покровский Д.С., Дутова Е.М., Рогов Г.М.* Качество природных питьевых вод и технологии водоподготовки в условиях юга Сибирского региона. Томск : Изд-во ТГАСУ, 2006. 96 с.
10. *Проблемы инженерной геологии* Западной Сибири : сборник статей / под редакцией Г.М. Рогова, В.Е. Ольховатенко. Томск : Изд-во ТГУ, 1984. 114 с.
11. *Покровский Д.С., Ермашова Н.А., Рогов Г.М., Рехтин А.Ф.* Районирование территории Томской области по условиям подготовки подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения // Труды Томских ученых по системам водоснабжения. Томск : Цхай и К, 2005. С. 87–101.
12. *Рогов Г.М.* Об управлении качеством высшего образования // Национальные системы высшего образования в условиях глобализации : материалы междунар. конф. (15–18 мая 2001 г.) / Северо-Казахст. гос. ун-т ; Омск. гос. техн. ун-т. Петропавловск, 2001. Т. 1 С. 49–51.
13. *Рогов Г.М., Покровский Д.С., Лукашевич О.Д.* Региональные программы по обеспечению населения питьевой водой: принципы формирования и условия реализации (на примере Западной Сибири) // Вода: технология и экология. 2008. № 1. С. 3–5.
14. *Рогов Г.М.* Подземные воды Беловского геолого-экономического района Кузбасса : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Томск : ТПИ, 1959. 14 с.
15. *Рогов Г.М., Лукашевич О.Д., Попов В.К.* Водно-экологические проблемы г. Томска в контексте экологической безопасности // Безопасность жизнедеятельности. 2008. № 1. С. 25–29.
16. *Рогов Геннадий Маркелович* : биобиблиографический указатель / составитель И.Р. Носкова ; под редакцией О.Д. Лукашевич, Д.С. Покровского, В.К. Попова. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2009. 106 с.
17. *Рогов Г.М., Попов В.К.* Гидрогеология и катагенез пород Кузбасса. Томск : Изд-во ТГУ, 1985. 191 с.
18. *Рогов Г.М., Лукашевич О.Д., Попов В.К.* Геоэкологические проблемы и водохозяйственная деятельность города // Вестн. Иркут. гос. технич. ун-та. 2005. № 1. С. 15–16.
19. *Рогов Г.М., Лукашевич О.Д.* Институт независимых экспертиз и исследований: миссия, востребованность, перспективы // Современное образование: вызовам времени – новые подходы : материалы Междунар. науч.-методич. конф., 31 янв. – 1 февр. 2008 г. Томск, 2008. С. 57–58.
20. *Рогов Г.М., Плевако Г.А.* Каменноугольные месторождения Кузбасса // Гидрогеология СССР. Москва : Недра, 1972. Т. XVII: Кемеровская область и Алтайский край. Гл. VIII. С. 331–339.
21. *Рогов Г.М., Соломко Л.А.* Подземные воды Кузнецкого бассейна // Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. Москва : Недра, 1969. Т. 7: Кузнецкий, Горловский бассейны и другие угольные месторождения Западной Сибири. Гл. 11. С. 312–336.
22. *Рогов Г.М., Попов В.К., Осипова Е.Ю.* Проблемы использования природных вод бассейна реки Томи для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Томск : Том. гос. архит.-строит. ун-т, 2003. 217 с.
23. *Рогов Г.М.* Гидрогеология и геоэкология Кузнецкого угольного бассейна. Томск : Изд-во ТГАСУ, 2000. 166 с.
24. *Рогов Г.М., Букаты М.Б.* Как начинался Томский водозабор // Томский вестник. 2003. 5 марта.
25. *Покровский Д.С., Дутова Е.М., Рогов Г.М., Вологдина И.В.* Состав минеральных новообразований на водозаборах из подземных источников Томской области // Известия вузов. Строительство. 2002. № 4. С. 92–95.

26. *Попов В.К., Коробкин В.А., Рогов Г.М., Лукашевич О.Д. и др.* Формирование и эксплуатация подземных вод Обь-Томского междуречья. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та : Печатная мануфактура, 2002. 143 с.
27. *Попов В.К., Лукашевич О.Д., Коробкин В.А. и др.* Эколого-экономические аспекты эксплуатации подземных вод Обь-Томского междуречья / под редакцией Г.М. Рогова. Томск : Изд-во ТГАСУ, 2003. 173 с.
28. *Olkhovatenko V.E., Rogov G.M.* The effects of engineering geology on opencut coat mining and deep quarry flange stability // Proc. Seventh International Assotiation of Geology 5–9 September 1994 (Lisbof) Portugal / A.A. Balkema (Rotterdam). Brookfi eic. 1994. P. 4129–4133.
29. *Olkhovatenko V.E., Rogov G.M.* Slope stability and lansslide hazard on Tomsk territory // Proc. Eighth International Cong. International Congress Geology Association for Engineering Geology and the Environment. 21–25 september 1998, Vancouver. Canada. Pp. 1029–1031.

REFERENCES

1. *Laptev I.P., Udodov P.A., Rogov G.M., Vorob'eva A.I.* Zadachi nauchno-issledovatel'skoj raboty v oblasti nauchnyh osnov ohrany prirody v Tomskoj oblasti [Tasks of research work in the field of scientific foundations of nature protection in the Tomsk region]. In: Ohranyaj prirodu: materialy nauch.-tekhn. konf. po ohrane prirody Tomskoj oblasti (*Proc. Sci. Conf. 'Nature Protection in the Tomsk Region'*). Tomsk, 1967. Pp. 101–107. (rus)
2. *Rogov G.M. (Ed.).* Inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya i mineral'nye ozera Zapadnoj Sibiri [Engineering geology, hydrogeology and mineral lakes of West Siberia]. Tomsk: TSU. 1977. 153 p. (rus)
3. *Rogov G.M. (Ed.).* Inzhenerno-geologicheskie usloviya stroitel'stva krupnyh kar'erov Sibiri [Engineering and geological conditions for construction of large quarries in Siberia]. Tomsk: TSU, 1977. 196 p. (rus)
4. *Lukashevich O.D.* Sovershenstvovanie promyshlennogo i hozyajstvenno-pit'evogo vodopol'zovaniya dlya povysheniya urovnya ekologicheskoj bezopasnosti [Improvement of industrial and drinking water use to increase the level of environmental safety], G.M. Rogov, ed., Tomsk: TSUAB, 2006. 350 p. (rus)
5. *Lukashevich O.D., Rogov G.M.* Tekhnogennye i prirodnye izmeneniya podzemnogo prostranstva pri ekspluatacii vodozaborov [Technogenic and natural changes in underground space of water intakes]. *Inzhenernaya ekologiya*. 2004. No. 2. Pp. 15–24. (rus)
6. *Ol'hovatenko V.E., Rogov G.M., Polishchuk A.I., Rutman M.G.* Opasnye opolznevye processy na territorii goroda Tomska i ustojchivost' prirodno-tekhnicheskih sistem [Dangerous landslide processes on the Tomsk territory and stability of natural and engineering systems]. In: Inzhenerno-geologicheskie problemy urbanizirovannyh territorij: materialy mezhdunar. simpoziuma (*Proc. Int. Symp. 'Engineering and Geological Problems of Urbanized Areas'*). Ekaterinburg: Akva-Press, 2001. V. 1. Pp. 325–330. (rus)
7. *Ol'hovatenko V.E., Rogov G.M.* Geoekologicheskie problemy territorii g. Tomska i meropriyatiya po ee inzhenernoj zashchite [Geoecological problems of the Tomsk territory and its engineering protection]. In: Sergeevskie chteniya. Ed. 3. Mater. Nauchn. godichnoj sessii Nauchnogo soveta RAN po problemam geoekologii, inzhenernoj geologii i gidrogeologii (*Annual Session of the RAS Scientific Council on Geoecology, Geotechnology and Hydrogeology in memory of Sergeev 'Sergeev Readings'*). Moscow: GEOS. Pp. 237–241. (rus)
8. *Ol'hovatenko V.E., Rogov G.M., Pulyaev V.N., et al.* Inzhenernaya geologiya ugol'nyh mestorozhdenij Sibiri i Dal'nego Vostoka [Engineering geology of coal deposits in Siberia and the Far East]. Vol. 1. Zakonomernosti formirovaniya inzhenerno-geologicheskih uslovij ugol'nyh mestorozhdenij [Engineering and geological conditions of coal deposits]. Tomsk: TSU, 1991, 286 p.; Vol. 2. Inzhenerno-geologicheskaya tipizaciya ugol'nyh mestorozhdenij i ocenka ustojchivosti bortov kar'erov [Engineering and geological typification of coal deposits and assessment of pit stability]. V.E. Ol'hovatenko ed., Tomsk: TSU,1992. 258 p. (rus)
9. *Pokrovskij D.S., Dutova E.M., Rogov G.M.* Kachestvo prirodnyh pit'evyh vod i tekhnologii vodopodgotovki v usloviyah yuga Sibirskogo regiona [Quality of natural drinking water and water treatment technologies in South Siberia]. Tomsk: TSUAB, 2006. 96 p. (rus)

10. *Rogov G.M., Ol'hovatenko V.E. (Ed.).* Problemy inzhenernoj geologii Zapadnoj Sibiri [Problems of geotechnology in West Siberia]. Tomsk: TSU, 1984. 114 p. (rus)
11. *Pokrovskij D.S., Ermashova N.A., Rogov G.M., Rekhtin A.F.* Rajonirovanie territorii Tomskoj oblasti po usloviyam podgotovki podzemnyh vod dlya hozyajstvenno-pit'evogo vodosnabzheniya [The Tomsk region zoning according to underground water preparation for drinking water supply]. In: Trudy Tomskih uchenyh po sistemam vodosnabzheniya (*Coll. Papers of Tomsk scientists on Water Supply Systems*). Tomsk: Tskhai i K, 2005. Pp. 87–101. (rus)
12. *Rogov G.M.* Ob upravlenii kachestvom vysshego obrazovaniya [Quality management in higher education]. In: Nacional'nye sistemy vysshego obrazovaniya v usloviyah globalizacii. Materials of the international conference (*Proc. Int. Sci. Conf. 'National Higher Education Systems in the Context of Globalization Process'*). Petropavlovsk, 2001. V. 1. Pp. 49–51. (rus)
13. *Rogov G.M., Pokrovskij D.S., Lukashevich O.D.* Regional'nye programmy po obespecheniyu naseleniya pit'evoj vodoj: principy formirovaniya i usloviya realizacii (na primere Zapadnoj Sibiri) [Regional programs for providing the population with drinking water: principles of formation and conditions of implementation (in West Siberia)]. *Voda: tekhnologiya i ekologiya*. 2008. No. 1. Pp. 3–5. (rus)
14. *Rogov G.M.* Podzemnye vody Belovskogo geologo-ekonomicheskogo rajona Kuzbassa, avtoref. dis. … kand. geologo-mineralog. nauk [Underground water of geological and economic Belovsky district in Kuzbass. PhD Abstract]. Tomsk: TPI, 1959. 14 p. (rus)
15. *Rogov G.M., Lukashevich O.D., Popov V.K.* Vodno-ekologicheskie problemy g. Tomska v kontekste ekologicheskoj bezopasnosti [Water and environmental problems of Tomsk in the context of environmental safety]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2008. No. 1. Pp. 25–29. (rus)
16. *Noskova I.R.* Rogov Gennadij Markelovich: biobibliograficheskij ukazatel' [Gennady Markelovich Rogov: biobibliography]. O.D. Lukashevich, D.S. Pokrovsky, V.K. Popov, Eds., Tomsk: TGASU Publ., 2009. 106 p. (rus)
17. *Rogov G.M., Popov V.K.* Gidrogeologiya i katagenez porod Kuzbassa. [Hydrogeology and catagenesis of Kuzbass rocks]. Tomsk: TSU, 1985. 191 p. (rus)
18. *Rogov G.M., Lukashevich O.D., Popov V.K.* Geoekologicheskie problemy i vodohozyajstvennaya deyatel'nost' goroda [Geoecological problems and water management in a city]. *Vestn. Irkut. gos. tekhnich. un-ta*. 2005. No. 1. Pp. 15–16. (rus)
19. *Rogov G.M., Lukashevich O.D.* Institut nezavisimyh ekspertiz i issledovanij: missiya, vostrebovannost', perspektivy [Institute of independent expertise and research: mission, relevance, prospects]. In: Sovremennoe obrazovanie: vyzovam vremeni – novye podhody: materialy mezhdunar. nauch.-metodich. konf (*Proc. Int. Sci. Conf. 'Modern Education: New Approaches to Challenges of Time'*). Tomsk, 2008. Pp. 57–58. (rus)
20. *Rogov G.M., Plevako G.A.* Kamennougol'nye mestorozhdeniya Kuzbassa [Coal deposits of Kuzbass]. Gidrogeologiya SSSR. Moscow: Nedra, 1972, Pp. 331–339. (rus)
21. *Rogov G.M., Solomko L.A.* Podzemnye vody Kuzneckogo bassejna [Underground water of Kuznetsk basin]. In: Geologiya mestorozhdenij uglya i goryuchih slancev SSSR [Geology of coal and oil shale deposits of the USSR]. Moscow: Nedra, 1969. V. 7. Pp. 312–336. (rus)
22. *Rogov G.M., Popov V. K., Osipova E.Yu.* Problemy ispol'zovaniya prirodnyh vod bassejna reki Tomi dlya hozyajstvenno-pit'evogo vodosnabzheniya [Problems of using natural water of the Tom river basin for drinking water supply]. Tomsk: TSUAB, 2003. 217 p. (rus)
23. *Rogov G.M.* Gidrogeologiya i geoekologiya Kuzneckogo ugol'nogo bassejna [Hydrogeology and geoecology of Kuznetsk coal basin]. Tomsk: TSUAB. 2000.166 p. (rus)
24. *Rogov G.M., Bukaty M.B.* Kak nachinalsya Tomskij vodozabor [How Tomsk water intake began]. Tomskii vestnik. 2003. (rus)
25. *Pokrovskij D.S., Dutova E.M., Rogov G.M., Vologdina I.V.* Sostav mineral'nyh novoobrazovanij na vodozaborah iz podzemnyh istochnikov Tomskoj oblasti [Composition of mineral neoplasms on water intakes from underground sources of the Tomsk region]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2002. No. 4. Pp. 92–95. (rus)
26. *Popov V.K., Korobkin V.A., Rogov G.M., Lukashevich O.D.* Formirovanie i ekspluataciya podzemnyh vod Ob'-Tomskogo mezhdurech'ya [Formation and use of underground water of the Ob-Tomsk interfluve]. Tomsk: TSUAB, 2002. 143 p. (rus)

27. *Popov V.K., Lukashevich O.D., Korobkin V.A.* Ekologo-ekonomicheskie aspekty ekspluatacii podzemnyh vod Ob'-Tomskogo mezhdurech'ya [Formation and use of underground water of the Ob-Tomsk interfluve]. G.M. Rogov, ed., Tomsk: TSUAB, 2003. 173 p. (rus)
28. *Olkhovatenko V.E., Rogov G.M.* The effects of engineering geology on opencut coat mining and deep quarry flange stability In: *Proc. 7th Congress of Int. Association of Engineering Geology*, 5–9 September 1994, Lisboa, Portugal; A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands. 1994. Pp. 4129–4133.
29. *Olkhovatenko V.E., Rogov G.M.* Slope stability and landslide hazard on Tomsk territory. In: *Proc. 8th Int. Congress of Int. Association on Engineering Geology*. 21–25 September 1998, Vancouver, Canada. Pp. 1029–1031.

Сведения об авторе

Лукашевич Ольга Дмитриевна, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, odluk@yandex.ru

Author Details

Olga D. Lukashevich, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, odluk@yandex.ru

УДК 665.455:006.354 DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-129-144

О.В. МАТВИЕНКО[1,2], В.П. БАЗУЕВ[1], И.С. ЧЕРКАСОВ[2], А.Е. АСЕЕВА[2],
[1]Томский государственный архитектурно-строительный университет,
[2]Национальный исследовательский Томский государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКА ВОДНО-ПЕСЧАНОЙ СУСПЕНЗИИ В ТРУБЕ

В работе проведено исследование течения водно-песчаной суспензии, описываемой моделью Оствальда – де Вейля, в цилиндрической трубе, определена зависимость расхода жидкости от перепада давления, получены зависимости для радиального распределения скорости и эффективной вязкости течения. Установлено, что распределение эффективной вязкости характеризуется монотонным увеличением по мере приближения к стенкам канала. С увеличением значений параметра консистенции k возрастает диссипация механической энергии потока, что приводит к росту гидравлического сопротивления. При течении дилатантных сред с невысоким значением показателя нелинейности $1<n<2$ происходит уменьшение гидравлического сопротивления с ростом перепада давления. При $n=2$ коэффициент гидравлического сопротивления перестает зависеть от перепада давления и определяется только свойствами жидкости и размерами канала. При высоких значениях показателя нелинейности $2<n$ с ростом перепада давления происходит рост гидравлического сопротивления.

Ключевые слова: реология; суспензии; вязкость; неньютоновские жидкости; модель Оствальда – де Вейля, гидротранспорт.

Для цитирования: Матвиенко О.В., Базуев В.П., Черкасов И.С., Асеева А.Е. Исследование гидравлических характеристик потока водно-песчаной суспензии в трубе // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 2. С. 129–144.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-129-144

O.V. MATVIENKO[1,2], V.P. BAZUEV[1], I.S. CHERKASOV[2], A.E. ASEEVA[2],
[1]Tomsk State University of Architecture and Building,
[2]National Research Tomsk State University

HYDRAULIC PROPERTIES OF SAND SLURRY FLOW IN A PIPE

The sand slurry flow in a cylindrical pipe is investigated using the Ostwald de Waele model. The dependence of the fluid flow rate on the pressure drop is determined, dependencies for the radial distribution of velocity and effective viscosity of flow are obtained. It is shown that the distribution of effective viscosity is characterized by a monotonic increase as it approaches the pipe walls. As the consistency increases, the mechanical energy dissipation of the flow also increases leading to an increase in hydraulic resistance. During the flow of dilatant media with the low nonlinearity index, the hydraulic resistance decreases with increasing pressure drop. When this index is 2, the hydraulic resistance does not depend on the pressure drop and is determined only by the liquid properties and the channel size. At highe values of the nonlinearity index, the increased pressure drop leads to an increase in hydraulic resistance.

Keywords: rheology; suspension; viscosity; non-Newtonian fluids; Ostwald de Waele model; hydrotransport.

© Матвиенко О.В., Базуев В.П., Черкасов И.С., Асеева А.Е., 2020

For citation: Matvienko O.V., Bazuev V.P., Cherkasov I.S., Aseeva A.E. Issledovanie gidravlicheskikh kharakteristik potoka vodno-peschanoi suspenzii v trube [Hydraulic properties of sand slurry flow in a pipe]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2020. V. 22. No. 2. Pp. 129–144.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-129-144

Введение

Гидротранспорт как способ перемещения твердых материалов потоком жидкости является неотъемлемой частью в технологических схемах при добыче и переработке нерудных строительных материалов, при гидротехническом и транспортном строительстве, при намыве территорий под объекты промышленного и гражданского строительства [1, 2].

Известно, что на тепловых электростанциях транспортировка отходов (золы и шлака) производится обычно по трубопроводам гидравлическим способом в виде золовой или золошлаковой гидросмеси. Являясь отходами тепловых электростанций и доменного производства, золошлаковые материалы и гранулированные шлаки представляют собой ценное сырье для цементной промышленности, для производства железобетонных изделий и многих видов строительных материалов. Эти материалы доставляются на предприятия строительной индустрии, как правило, автомобильным или железнодорожным транспортом. При этом при производстве строительных материалов золошлаковая смесь идет в технологический процесс в виде шламов-растворов с водой, что создает благоприятные возможности применения трубопроводного гидротранспорта и создания единой транспортной схемы от поставщика до потребителя с единым технологическим процессом [3].

Таким образом, применение трубопроводного транспорта обеспечивает транспортировку материалов непрерывным технологическим потоком, при котором погрузочно-разгрузочные работы сводятся к минимуму и создаются благоприятные условия с точки зрения охраны окружающей среды.

Одним из основных параметров, определяющих производительность гидротранспортных систем, является гидравлическое сопротивление [4]. В настоящее время расчет параметров гидротранспорта производится по формулам, полученным на основе экспериментальных данных [5]. Однако применение подобных формул ограничено диапазоном параметров, для которых производились эксперименты [6, 7]. Потери давления, как и любой другой параметр, можно определить не только экспериментальным, но и теоретическим путем с помощью математических моделей современной механики вязкой жидкости [8].

Для описания динамики многофазной неоднородной среды в системах гидротранспорта можно использовать концепцию квазигомогенного потока. При этом предполагается, что за характерное время основного процесса не происходят существенные изменения параметров суспензии, вызванные относительным движением фаз и компонентов [9, 10].

Высококонцентрированные и грубодисперсные суспензии, с которыми приходится иметь дело на практике, являются многокомпонентными, многофазными и дисперсными средами. Вязкость таких сред зависит от соотношения

фаз, степени дисперсности, параметров течения [11–15] и описывается сложной функциональной зависимостью от градиента скорости.

Известно, что песчаные суспензии, золошлаковые гидросмеси обладают дилатантными свойствами [10, 16, 17]. В состоянии покоя подобные системы имеют минимальный объем жидких прослоек между твердыми частицами. При небольших значениях скорости сдвига жидкость служит смазкой между частицами и уменьшает трение их друг о друга, при этом действующие напряжения оказываются небольшими. При высоких скоростях жидкость не успевает заполнять свободные пространства, образующиеся между движущимися частицами, и поэтому трение между частичками сильно возрастает, что приводит к увеличению вязкости [18]. Таким образом, эффективная вязкость дилатантных сред возрастает при увеличении интенсивности скоростей сдвиговых деформаций [11, 19].

В настоящее время известно несколько десятков, в основном эмпирических, реологических моделей нелинейно-вязких жидкостей. Такое положение обусловлено различной физической природой существующих текущих систем и отсутствием на сегодня теории, которая позволяла бы достаточно строго, как это делается в молекулярно-кинетической теории газов, вычислять характеристики молекулярного переноса и механического поведения среды, исходя из ее внутренней, микроскопической структуры. Подробный анализ течений реологически сложных сред приведен в работах [20–28].

Математическая модель

Рассмотрим установившееся осесимметричное течение водно-песчаной суспензии, описываемой реологическим соотношением Оствальда – де Вейля, в прямой горизонтальной трубе круглого сечения радиусом R, которое происходит под действием заданного постоянного градиента давления.

В случае стабилизированного осесимметричного течения уравнение динамики вязкой жидкости приобретает вид

$$\frac{1}{r}\frac{d\tau_{rx}r}{dr} = -\left|\frac{dp}{dx}\right|. \qquad (1)$$

Реологический закон Оствальда – де Вейля для установившегося течения в канале можно записать в виде [29]

$$\tau_{rx} = k\left|\frac{du}{dr}\right|^{n-1}\frac{du}{dr}. \qquad (2)$$

Интегрирование уравнения (2) с учетом граничных условий

$$r = 0: \quad \frac{du}{dr} = 0; \quad r = R: \quad u = 0 \qquad (3)$$

позволяет определить радиальное распределение осевой скорости в канале:

$$u = \frac{n}{n+1}\frac{R^{(n+1)/n}}{(2k)^{1/n}}\left|\frac{\partial p}{\partial x}\right|^{1/n}\left(1-\left(\frac{r}{R}\right)^{(n+1)/n}\right). \qquad (4)$$

Расход жидкости через поперечное сечение трубы вычисляется по формуле

$$Q = 2\pi\int_0^R urdr = \frac{\pi n R^3}{3n+1}\left(\frac{R}{2k}\left|\frac{dp}{dx}\right|\right)^{1/n}, \tag{5}$$

а среднерасходная скорость определяется как

$$\bar{u} = \frac{Q}{\pi R^2} = \frac{n}{3n+1}R\left(\frac{R}{2k}\left|\frac{dp}{dx}\right|\right)^{1/n}. \tag{6}$$

Эффективная вязкость жидкости Оствальда – де Вейля μ_{eff} для гидродинамически стабилизированного течения в цилиндрической трубе может быть рассчитана с помощью соотношения

$$\mu_{eff} = k^{1/n}\left(\left|\frac{dp}{dx}\right|\frac{r}{2}\right)^{1-1/n}. \tag{7}$$

Определим среднерасходную вязкость неньютоновской жидкости $\bar{\mu}$ как вязкость ньютоновской жидкости, движущейся со среднерасходной скоростью $\bar{u}$ в трубе радиусом R под действием перепада давления $\left|\frac{dp}{dx}\right|$.

Для степенной жидкости Оствальда – де Вейля среднерасходная вязкость потока $\bar{\mu}$ будет равна

$$\bar{\mu} = \frac{3n+1}{8n}(2k)^{1/n}R^{1-1/n}\left|\frac{dp}{dx}\right|^{1-1/n}. \tag{8}$$

В технических расчетах принято связывать перепад давления со среднерасходной скоростью течения с использованием коэффициента гидравлического сопротивления ζ, который характеризует безразмерное падение давления на единицу длины канала. При этом перепад давления пропорционален динамическому напору и определяется зависимостью Дарси – Вейсбаха:

$$\left|\frac{dp}{dx}\right| = \zeta\frac{\rho\bar{u}^2}{4R}. \tag{9}$$

В случае степенной жидкости Оствальда – де Вейля выражение для определения коэффициента гидравлического сопротивления имеет вид

$$\zeta = \left(\frac{6n+2}{n}\right)^2\frac{(2k)^{2/n}}{\rho R^{1+2/n}}\left|\frac{dp}{dx}\right|^{1-2/n}. \tag{10}$$

Результаты математического моделирования

Перейдем к анализу полученных результатов. При математическом моделировании диапазон изменения параметров был выбран следующим: параметр консистенции изменялся в диапазоне $k = 0{,}001–0{,}1$ Па·с^n; показатель нелинейности – $n = 1–4$, перепад давления – $|dp/dx| = 100–2000$ Па/м. Выбранный диапазон изменения параметров соответствует свойствам водно-песчаной суспензии, применяемой в производстве строительных материалов. Радиус канала составлял $R = 0{,}1$ м.

Радиальное распределение скорости потока, рассчитанное для различных значений перепада давления и реологических параметров, представлено на рис. 1–3.

На рис. 1 представлены радиальные распределения скорости, рассчитанные для одних и тех же значений реологических параметров k, n, но различных перепадов давления. С ростом перепада давления увеличивается энергия, сообщаемая потоку. В результате этого скорость потока возрастает.

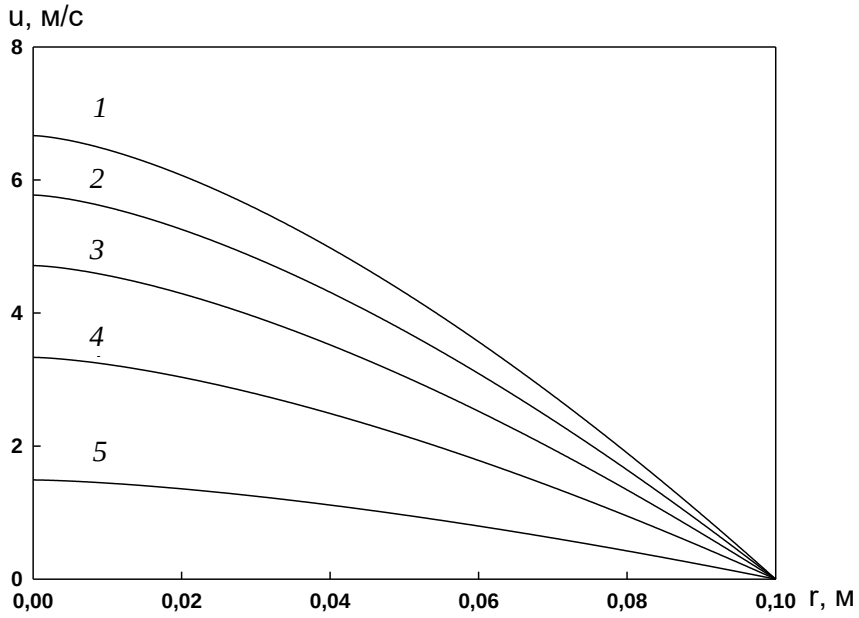


Рис. 1. Радиальное распределение скорости: $n = 2$, $k = 0{,}01$ Па·с^2:
1 – $|dp/dx| = 2000$ Па/м; *2* – $|dp/dx| = 1500$ Па/м; *3* – $|dp/dx| = 1000$ Па/м; *4* – $|dp/dx| = 500$ Па/м; *5* – $|dp/dx| = 100$ Па/м

С увеличением значений консистенции среда становится менее подвижной. Это приводит к росту гидравлического сопротивления. В результате расход жидкости уменьшается. При этом значения скорости уменьшаются по всему сечению трубы (рис. 2).

На рис. 3 представлено распределение зависимости скорости по радиусу трубы, рассчитанное для одного и того же значения перепада давления и расхода жидкости, но разных значений показателя нелинейности. Отметим, что при этих условиях величина среднерасходной вязкости $\bar{\mu}$ будет оставаться постоянной. Зависимость между консистенцией и среднерасходной вязкостью с учетом полученных ранее соотношений можно представить в виде

$$k = \frac{1}{2}\left(\frac{8n}{3n+1}\right)^n \bar{\mu}^n R^{1-n} \left|\frac{dp}{dx}\right|^{1-n}. \qquad (11)$$

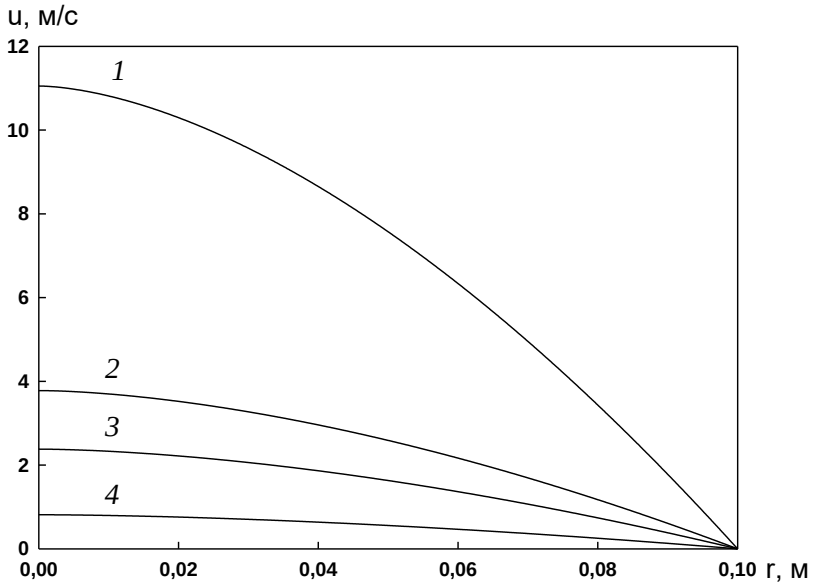


Рис. 2. Радиальное распределение скорости: $n = 1{,}5$, $|dp/dx| = 50$ Па/м:
1 – $k = 0{,}001$ Па·с$^{1.5}$; *2* – $k = 0{,}005$ Па·с^{1,5}; *3* – $k = 0{,}01$ Па·с^{1,5}; *4* – $k = 0{,}05$ Па·с^{1,5}

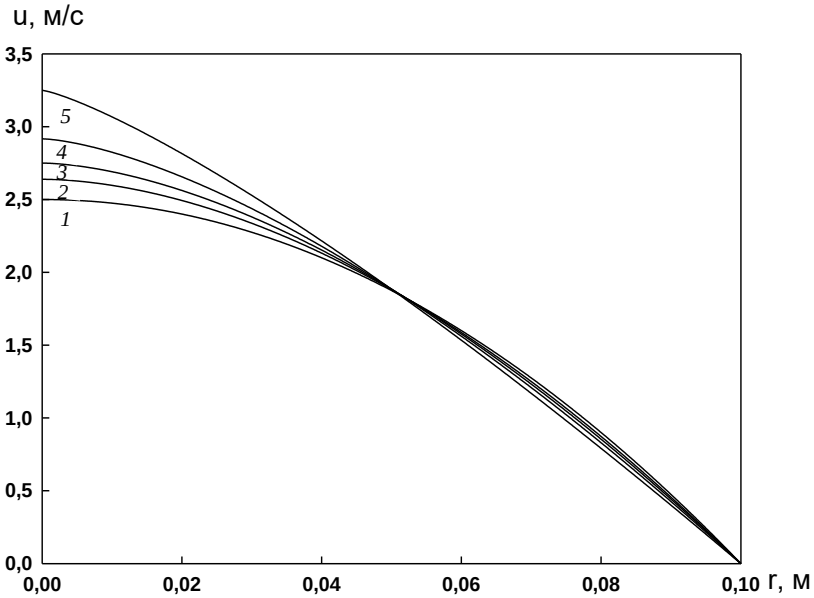


Рис. 3. Радиальное распределение скорости: $\bar{\mu} = 0{,}1$ Па·с, $|dp/dx| = 100$ Па/м:
1 – ньютоновская жидкость: $n = 1$ ($k = \mu = 0{,}1$ Па·с); *2* – $n = 1{,}25$ ($k = 0{,}04$ Па·с$^{1.25}$); *3* – $n = 1{,}5$ ($k = 0{,}016$ Па·с$^{1.5}$); *4* – $n = 2$ ($k = 2{,}6 \cdot 10^{-3}$ Па·с^{2}); *5* – $n = 4$ ($k = 1{,}8 \cdot 10^{-6}$ Па·с^{4})

Из рис. 3 видно, что с увеличением показателя нелинейности происходит трансформация профиля скорости от параболического ($n=1$) к линейному. Поскольку расход жидкости при выбранных параметрах остается неизменным, скорость потока в ядре потока возрастает, а в пограничном слое уменьшается.

Заполненность профиля скорости характеризует параметр $\lambda = 2\bar{u}/u_{\max}$, представляющий отношение удвоенного значения среднерасходной скорости к скорости на оси течения. Для ньютоновской жидкости $\lambda = 1$. При течении степенной жидкости Оствальда – де Вейля λ является показателем нелинейности n:

$$\lambda = \frac{2\bar{u}}{u_{\max}} = \frac{2(n+1)}{3n+1}. \qquad (12)$$

Результаты расчетов показывают, что для дилатантных сред ($n>1$) величина коэффициента заполненности меньше единицы: $\lambda < 1$. Это свидетельствует о меньшей заполненности профиля скорости псевдопластической среды по сравнению с ньютоновской жидкостью. При $n \to \infty$ коэффициент заполненности стремится к своему минимальному значению $\lambda = 2/3$, которое соответствует линейному профилю скорости. С уменьшением значений n ньютоновские свойства становятся доминирующими. В результате этого профиль скорости становится менее заполненным, а значения $\lambda \to 1$ (рис. 4).

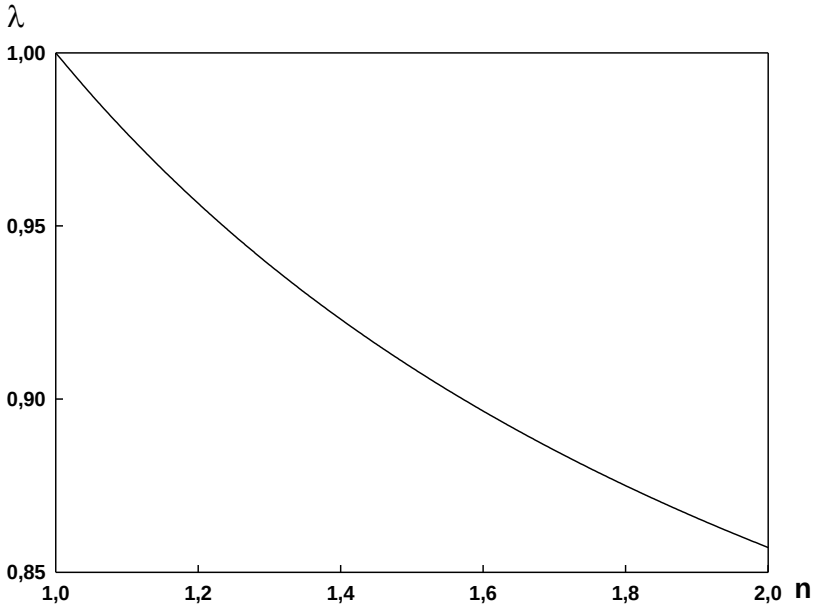


Рис. 4. Зависимость коэффициента заполненности профиля скорости от числа Бингама

На рис. 5–7 показана зависимость эффективной вязкости μ_{eff} от радиальной координаты r. Это распределение является типичным для дилатантных сред и характеризуется монотонным увеличением вязкости по мере приближения к стенкам канала. Вблизи оси течения наблюдается резкий рост значений эффективной

вязкости. В периферийной и пристеночной областях темп возрастания вязкости замедляется. Увеличение эффективной вязкости дилатантных сред с ростом скоростей сдвиговых деформаций в реологии объясняется процессами структурирования [19, 25]. При малых скоростях сдвига контактное взаимодействие частиц дисперсной фазы, окруженных водной прослойкой, незначительно. Поэтому вклад дисперсных частиц в увеличение гидравлического сопротивления и эффективной вязкости при малых скоростях сдвига невысок. С увеличением скорости сдвига интенсифицируется контактное взаимодействие между частицами дисперсной фазы. В результате этого сопротивление среды значительно возрастает, что приводит к увеличению эффективной вязкости.

С увеличением перепада давления интенсифицируются процессы структурирования среды, что приводит к росту эффективной вязкости потока (рис. 5).

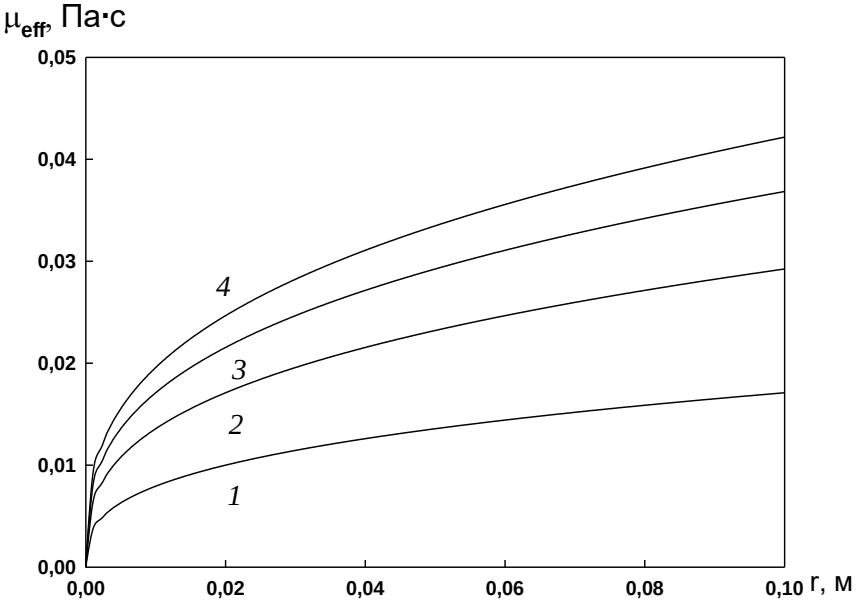


Рис. 5. Радиальное распределение эффективной вязкости: $n = 1{,}5$, $k = 0{,}001$ Па·с$^{1.5}$: *1* – $|dp/dx| = 100$ Па/м; *2* – $|dp/dx| = 500$ Па/м; *3* – $|dp/dx| = 1000$ Па/м; *4* – $|dp/dx| = 1500$ Па/м

Увеличение значений параметра консистенции k приводит к росту эффективной вязкости во всей области течения (рис. 6).

На рис. 7 представлено радиальное распределение эффективной вязкости, рассчитанное для различных значений показателя нелинейности, но одних и тех же значений среднерасходнлой вязкости и перепада давления. Для значений показателя нелинейности, близких к единице $n \approx 1$, радиальное распределение эффективной вязкости характеризуется резким скачкообразным ростом значений в приосевой области. Однако в пристеночной и периферийной областях течения радиальное распределение эффективной вязкости близко к однородному.

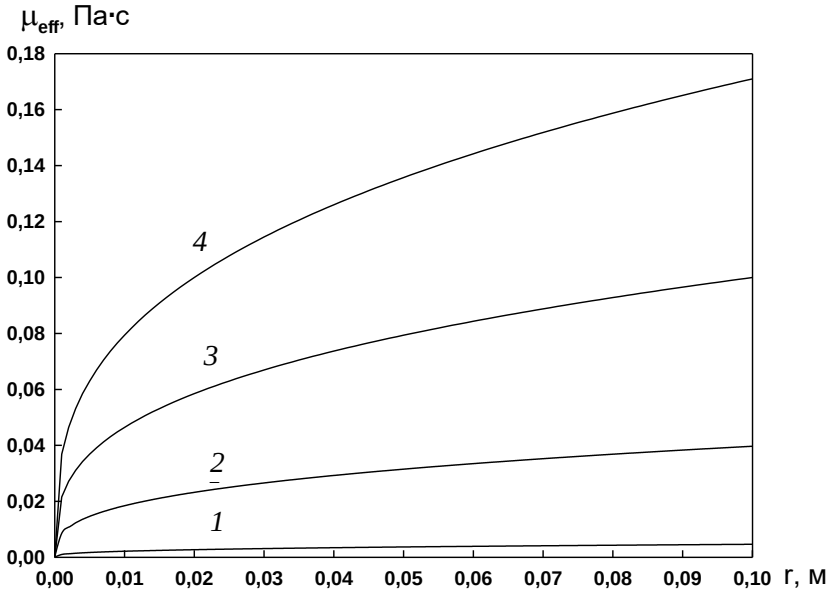


Рис. 6. Радиальное распределение эффективной вязкости: $n = 1{,}5$, $|dp/dx| = 100$ Па/м: *1* – $k = 0{,}001$ Па·с$^{1.5}$; *2* – $k = 0{,}005$ Па·с^{1,5}; *3* – $k = 0{,}01$ Па·с^{1,5}; *4* – $k = 0{,}05$ Па·с^{1,5}

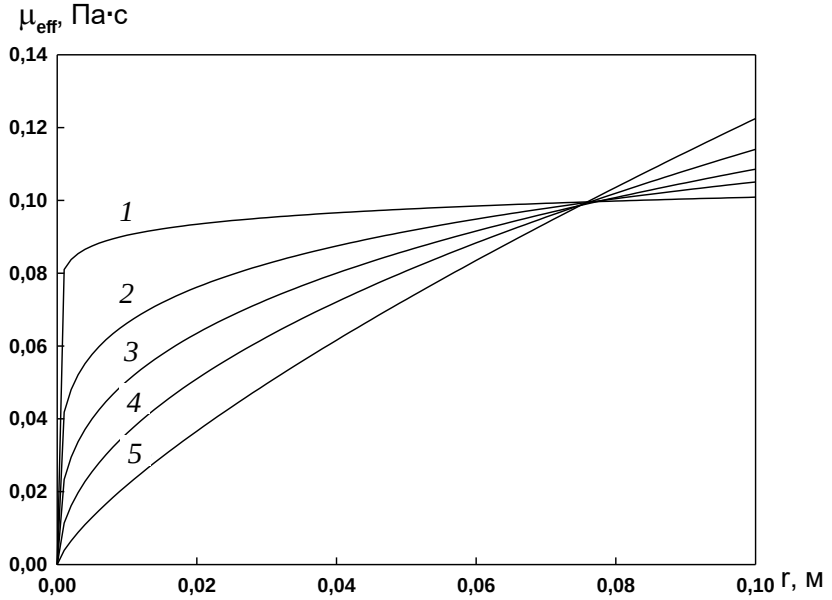


Рис. 7. Радиальное распределение эффективной вязкости: $\bar{\mu} = 0{,}1$ Па·с, $|dp/dx| = 100$ Па/м: *1* – $n = 1{,}05$ ($k = 0{,}083$ Па·с^{1,05}); *2* – $n = 1{,}25$ ($k = 0{,}04$ Па·с^{1,25}); *3* – $n = 1{,}5$ ($k = 0{,}016$ Па·с^{1,5}); *4* – $n = 2$ ($k = 2{,}6 \cdot 10^{-3}$ Па·с^{2}); *5* – $n = 4$ ($k = 1{,}8 \cdot 10^{-6}$ Па·с^{4})

С увеличением показателя нелинейности n скачок значений вязкости в приосевой зоне течения становится менее выраженным. При этом радиальное

распределение вязкости приближается к линейному. Анализ полученных результатов показывает, что в приосевой и периферийной областях течения величина эффективной вязкости меньше среднерасходной. Однако вблизи стенки эффективная вязкость потока превышает среднерасходную. Таким образом, в потоке существует поверхность, определяемая радиальной координатой r_*, на которой эффективная вязкость равна среднерасходной. Уравнения (7), (8) позволяют определить эту координату:

$$\frac{r_*}{R} = \left(\frac{3n+1}{4n}\right)^{\frac{n}{n-1}}. \qquad (13)$$

Интересно отметить, что отношение r_* определяется только показателем нелинейности n. При этом r_*/R изменяется в достаточно узком диапазоне от $r_*/R = e^{-1/4} \approx 0{,}779$ при $n \to 1$ до 0,75 при $n \to \infty$. Эффективная вязкость во внутренней части потока ($r < r_*$) с увеличением показателя нелинейности убывает, а во внешней ($r_* < r$) – возрастает. В результате этого во внутренней части потока с ростом показателя нелинейности при одном и том же значении среднерасходной вязкости происходит увеличение скорости потока, а во внешней – уменьшение (см. рис. 3).

На рис. 8 показана зависимость среднерасходной вязкости $\bar{\mu}$ от перепада давления $|dp/dx|$, рассчитанная для различных значений реологических параметров.

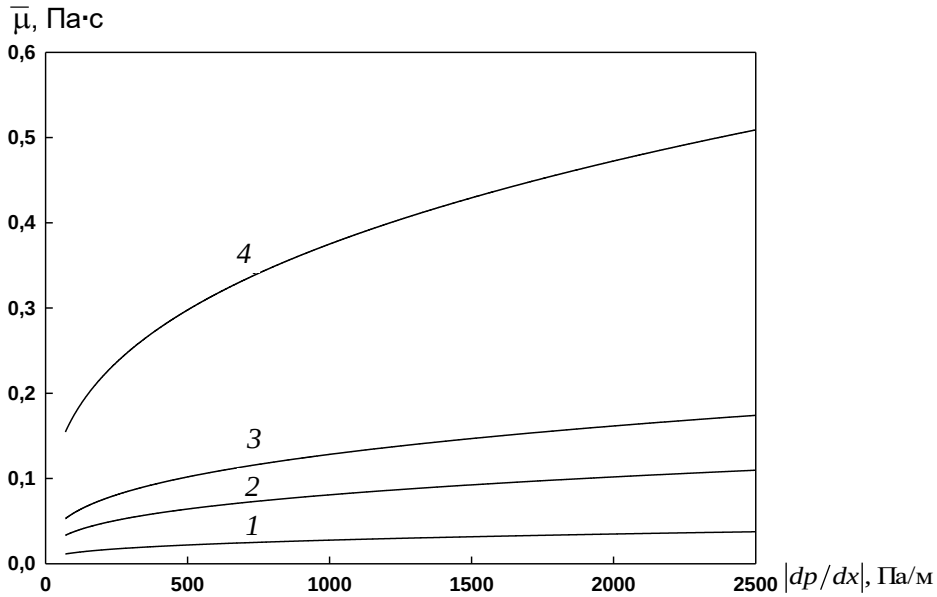


Рис. 8. Зависимость среднерасходной вязкости $\bar{\mu}$ от перепада давления $|dp/dx|$, $n = 1{,}5$: *1* – $k = 0{,}001$ Па·с^{1,5}; *2* – $k = 0{,}005$ Па·с^{1,5}; *3* – $k = 0{,}01$ Па·с^{1,5}; *4* – $k = 0{,}05$ Па·с^{1,5}

Как видно из рис. 8, величина среднерасходной вязкости в дилатантных средах монотонно возрастает с ростом перепада давления. С увеличением значений $|dp/dx|$ суспензия становится менее подвижной. Это приводит к росту значений $\bar{\mu}$. Увеличение вязкости суспензий с ростом перепада давления объясняется особенностями их структуры. При низких значениях $|dp/dx|$ происходит перенос дисперсной фазы потоком жидкости [19]. Гидравлическое сопротивление в этом случае невелико, что и обуславливает невысокие значения вязкости при низких значениях перепада давления. При высоких значениях $|dp/dx|$ дисперсная фаза формирует структуру, обладающую определенной прочностью, приводящую к увеличению вязкости. Прочность этой структуры характеризуется показателем консистенции. Поэтому с увеличением консистенции среды k происходит рост среднерасходной вязкости.

На рис. 9–11 показано изменение коэффициента гидравлического сопротивления ζ с ростом перепада давления $|dp/dx|$ для различных значений консистенции k и показателя нелинейности n.

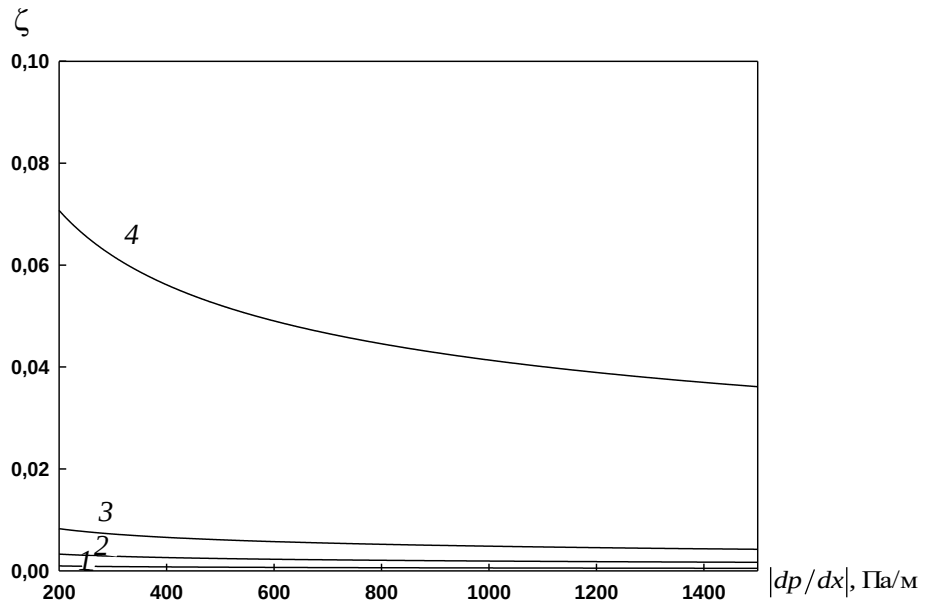


Рис. 9. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления ζ от перепада давления $|dp/dx|$, $\rho = 1300$ кг/м^3, $n = 1{,}5$:
1 – $k = 0{,}001$ Па·с^{1,5}; *2* – $k = 0{,}005$ Па·с^{1,5}; *3* – $k = 0{,}01$ Па·с^{1,5}; *4* – $k = 0{,}05$ Па·с^{1,5}

Известно, что при течении ньютоновской жидкости коэффициент гидравлического сопротивления уменьшается с ростом перепада давления. При этом коэффициент ζ обратно пропорционален $|dp/dx|$. При течении дилатантных сред с невысоким значением показателя нелинейности $1 < n < 2$ также происходит уменьшение гидравлического сопротивления с ростом перепада давления (рис. 9). Однако зависимость ζ от $|dp/dx|$ становится менее выраженной.

При n = 2 коэффициент гидравлического сопротивления перестает зависеть от перепада давления и определяется только свойствами жидкости и размерами канала (рис. 10):

$$\zeta = 98\frac{k}{\rho R^2}. \qquad (14)$$

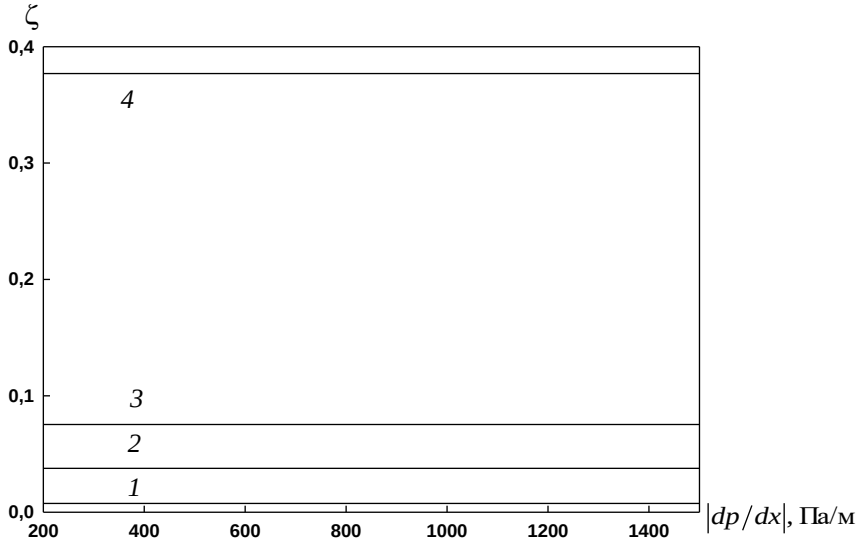


Рис. 10. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления ζ от перепада давления $|dp/dx|$, $\rho = 1300$ кг/м^3, $n = 2$:
1 – $k = 0{,}001$ Па·с^2; *2* – $k = 0{,}005$ Па·с^2; *3* – $k = 0{,}01$ Па·с^2; *4* – $k = 0{,}05$ Па·с^2

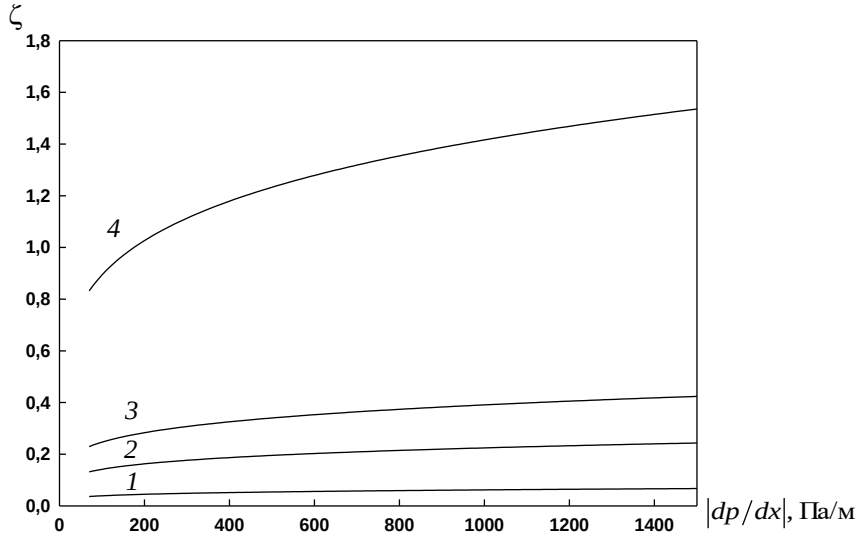


Рис. 11. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления ζ от перепада давления $|dp/dx|$, $\rho = 1300$ кг/м^3, $n = 2{,}5$:
1 – $k = 0{,}001$ Па·с^{2,5}; *2* – $k = 0{,}005$ Па·с^{2,5}; *3* – $k = 0{,}01$ Па·с^{2,5}; *4* – $k = 0{,}05$ Па·с^{2,5}

При высоких значениях показателя нелинейности $2 < n$ с ростом перепада давления происходит рост гидравлического сопротивления (рис. 11).

Заключение

С увеличением показателя нелинейности происходит трансформация профиля скорости от параболического для ньютоновских жидкостей к линейному. При неизменном расходе жидкости с увеличением показателя нелинейности скорость в ядре потока возрастает, а в пограничном слое – уменьшается.

Распределение эффективной вязкости характеризуется монотонным увеличением по мере приближения к стенкам канала. Вблизи оси течения наблюдается резкий рост значений эффективной вязкости. В периферийной и пристеночной областях темп возрастания вязкости замедляется.

С увеличением значений параметра консистенции k возрастает диссипация механической энергии потока, что приводит к росту гидравлического сопротивления. При течении дилатантных сред с невысоким значением показателя нелинейности $1 < n < 2$ происходит уменьшение гидравлического сопротивления с ростом перепада давления. При $n = 2$ коэффициент гидравлического сопротивления перестает зависеть от перепада давления и определяется только свойствами жидкости и размерами канала. При высоких значениях показателя нелинейности $2 < n$ с ростом перепада давления происходит рост гидравлического сопротивления.

Библиографический список

1. *Покровская В.Н.* Трубопроводный транспорт в горной промышленности. Москва : Недра, 1985. 192 с.
2. *Смолдырев А.Е., Сафонов Ю.К.* Трубопроводный транспорт концентрированных гидросмесей. Москва : Машиностроение, 1989. 256 с.
3. *Карпеев В.А.* Производство высококачественных строительных песков и утилизация золошлаковых отходов // Строительные материалы. 1998. № 10. С. 22–23.
4. *Баранов Ю.Д., Блюсс Б.А., Семененко Е.В., Шурыгин В.Д.* Обоснование параметров и режимов работы систем гидротранспорта горных предприятий. Днепропетровск : Новая идеология, 2006. 416 с.
5. *Васильева М.А.* Экспериментальное определение расходно-напорных характеристик грунтовых насосов в системе гидротранспорта хвостов обогащения железной руды // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2013. № 6. С. 111–119.
6. *Криль С.И.* Напорные взвесенесущие потоки. Киев : Наукова думка, 1990. 170 с.
7. *Криль С.И., Семененко Е.В.* Методика расчета параметров трубопроводного гидротранспорта разноплотностных полидисперсных материалов // Прикладная гидромеханика. 2010. Т. 12 (84). № 1. С. 48–54.
8. *Кутепов А. М., Полянин Л.Д., Запрянов З.Д., Вязьмин А.В., Казенин Д.А.* Химическая гидродинамика : справочное пособие. Москва : Бюро Квантум, 1996.
9. *Островский Г.М.* Прикладная механика неоднородных сред. Санкт-Петербург : Наука, 2000. 359 с.
10. *Prosvetov V.I., Sumets P.P., Verveyko N.D.* Modeling of Flow of Medium with Homogeneous Microstructure. International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences. 2011. V. 5. No. 1. P. 508–516.
11. *Малкин А.Я., Исаев А.И.* Реология: концепции, методы, приложения. Санкт-Петербург : Профессия, 2007. 560 с.

12. *Матвиенко О.В., Унгер Ф.Г., Базуев В.П.* Математические модели производственных процессов для приготовления битумных дисперсных систем. Томск : Изд-во ТГАСУ, 2015.
13. *Климов Д.М., Петров А.Г., Георгиевский Д.В.* Вязкопластические течения: динамический хаос, устойчивость и перемешивание. Москва : Наука, 2005.
14. *Уилкинсон У.Л.* Неньютоновские жидкости. Москва : Мир, 1964.
15. *Barnes, H.A.* A handbook of elementary rheology. Institute of Non−Newtonian Fluid Mechanics, University of Wales. 2000.
16. *Jiao D., Sharma M.M.* Investigation of Dynamic Mud Cake Formation: The Concept of Minimum Overbalance Pressure // SPE 26323, Proceedings of the SPE 68th Annual Technical Conference & Exhibition, Houston, TX, October 3–6, 1993.
17. *Ferraris C.* Measurement of the Rheological Properties of High Performance Concrete // Journal Research of the National Institute of Standards and Technology. 1999. V. 104. P. 461–466.
18. *Erdem T.K., Khayat K.H., Yahia A.* Correlating Rheology of Self-Consolidating Concrete to Corresponding Concrete-Equivalent Mortar // Journal ACI Materials. 2009. V. 106. № 2. P. 154–160.
19. *Tattersall G.H., Banfill P.F.G.* The rheology of fresh concrete. Pitman. 1983.
20. *Matvienko O.V., Bazuev V.P., Venik V.N., Smirnova N.G.* Numerical investigation of Herschel - Bulkley fluids mixing // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Advanced Materials in Construction and Engineering. Сер. «International Scientific Conference of Young Scientists: Advanced Materials in Construction and Engineering, TSUAB 2014» 2015. P. 012034.
21. *Матвиенко О.В., Базуев В.П., Сабылина Н.Р., Асеева А.Е., Суртаева А.А.* Исследование установившегося течения вязкопластического битумного вяжущего, описываемого моделью Шведова – Бингама, в цилиндрической трубе // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 3. С. 158–177.
22. *Матвиенко О.В., Базуев В.П., Дульзон Н.К.* Математическое моделирование течения закрученного потока вязкопластической жидкости в цилиндрическом канале // Инженерно-физический журнал. 2014. Т. 87. № 5. С. 1129–1137.
23. *Матвиенко О.В., Базуев В.П., Асеева А.Е.* Математическое моделирование течения закрученного потока псевдопластической жидкости Балкли – Гершеля в цилиндрическом канале // Инженерно-физический журнал. 2019. Т. 92. № 1. С. 215–226.
24. *Матвиенко О.В., Базуев В.П., Асеева А.Е.* Математическое моделирование течения закрученного потока дилатантной жидкости Балкли – Гершеля в цилиндрическом канале // Инженерно-физический журнал. 2019. Т. 92. № 6. С. 2641–2651.
25. *Матвиенко О.В., Базуев В.П., Южанова Н.К.* Математическое моделирование течения закрученного потока дилатантной жидкости в цилиндрическом канале // Инженерно-физический журнал. 2014. Т. 87. № 1. С. 192–199.
26. *Матвиенко О.В., Базуев В.П., Южанова Н.К.* Математическое моделирование течения закрученного потока псевдопластической жидкости в цилиндрическом канале // Инженерно-физический журнал. 2011. Т. 84. № 3. С. 544–547.
27. *Матвиенко О.В.* Исследование установившегося течения псевдопластической жидкости, описываемой моделью Сиско, в цилиндрической трубе // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. 2018. № 55. С. 99–112.
28. *Матвиенко О.В.* Численное исследование течения неньютоновских жидкостей в цилиндрическом канале // Известия высших учебных заведений. Физика. 2014. Т. 57. № 8-2. С. 183–189.
29. *Матвиенко О.В., Базуев В.П., Черкасов И.С., Асеева А.Е., Веник В.Н.* Течение битумного вяжущего, описываемого моделью Оствальда – де Вейля, в цилиндрической трубе // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 1. С. 171–192.

References

1. *Pokrovskaya V.N.* Truboprovodniy transport v gornoy promyshlennosti [Pipelines in mining]. Moscow: Nedra, 1985. (rus)
2. *Smoldyrev A.Ye., Safronov Yu.K.* Truboprovodniy transport kontsentrirovannykh gidrosmesey [Pipeline transportation of concentrated slurries]. Moscow: Mashinostroenie, 1989. (rus)

3. *Karpeyev V.A.* Proizvodstvo vysokokachestvennykh stroitel'nykh peskov i utilizatsiya zoloshlakovykh otkhodov [Pipeline transport of concentrated hydromixtures]. *Stroitel'nyye materialy*. 1998. No. 10. Pp. 22–23. (rus)
4. *Baranov Yu.D., Bljuss B.A., Semenenko E.V., Shurigin V.D.* Obosnovanie parametrov i rezhimov raboty system hidrotransporta gornykh predpriyatiy [Justification of parameters and hydrotransport system operation at mining enterprises]. Dnepropetrovsk: Novaya ideologiya, 2006. (rus)
5. *Vasil'eva M.A.* Eksperimental'noe opredelenie raskhodno-napornykh kharakteristik gruntovykh nasosov v sisteme gidrotransporta khvostov obogashcheniya zheleznoy rudy [Experimental determination of flow-pressure characteristics of groundwater pumps in hydraulic system of iron ore tailing]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*. 2013. No. 6. Pp. 111–119. (rus)
6. *Kril S.I.* Napornie vzvesenesushchie potoki [Pressure slurry flows]. Kiev: Naukova dumka, 1990. (rus)
7. *Kril S.I., Semenenko E.V.* Metodika rascheta parametrov truboprovodnogo gidrotransporta raznoplotnostnykh polidispersnykh materialov [Parameter calculation of pipeline hydrotransport of disperse materials of different density]. *Prikladnaya gidromekhanika*. 2010. V. 12. No. 1. Pp. 48–54. (rus)
8. *Kutepov A.M., Polyanin L.D. Zapryanov Z.D. Vyaz'min A.V., Kazenin D.A.* Khimicheskaya gidrodinamnka: spravochnoye posobiye [Chemical hydrodynamics: manual]. Moscow: Byuro Kvantum, 1996. (rus)
9. *Ostrovskiy G.M.* Prikladnaya mekhanika neodnorodnykh sred [Applied mechanics of heterogeneous media]. St.-Petersburg: Nauka, 2000. (rus)
10. *Prosvetov V.I., Sumets P.P., Verveyko N.D.* Modeling of medium flow with homogeneous microstructure. *International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*. 2011. V. 5. No. 1. Pp. 508–516.
11. *Malkin A.Ya., Isayev A.I.* Reologiya: kontseptsii, metody, prilozheniyav [Rheology: concepts, methods, applications]. St.-Petersburg: Professiya, 2007. 560 p. (rus)
12. *Matviyenko O.V., Unger F.G., Bazuyev V.P.* Matematicheskiye modeli proizvodstvennykh protsessov dlya prigotovleniya bitumnykh dispersnykh system [Mathematical models of production processes for preparation of bituminous dispersion systems]. Tomsk: TSUAB, 2015. (rus)
13. *Klimov D.M., Petrov A.G., Georgiyevskiy D.V.* Vyazkoplasticheskiye techeniya: dinamicheskiy khaos, ustoychivost' i peremeshivaniye [Viscoplastic currents: dynamic chaos, stability and mixing]. Moscow: Nauka, 2005. (rus)
14. *Wilkinson U.L.* Nen'yutonovskiye zhidkosti [Non−Newtonian fluids]. Moscow: Mir, 1964. (rus)
15. *Barnes, H.A.* A handbook of elementary rheology. Institute of Non−Newtonian Fluid Mechanics, University of Wales. 2000.
16. *Jiao D., Sharma M.M.* Investigation of dynamic mud cake formation: The concept of minimum overbalance pressure. SPE 26323, *Proc. SPE 68th Annual Tech. Conf. and Exhibition*, Houston, TX, 1993.
17. *Ferraris C.* Measurement of the rheological properties of high-performance concrete. *Journal Research of the National Institute of Standards and Technology*. 1999. V. 104. Pp. 461–466.
18. *Erdem T.K., Khayat K.H., Yahia A.* Correlating rheology of self-consolidating concrete to corresponding concrete-equivalent mortar. *Journal ACI Materials*. 2009. V. 106. No. 2. Pp. 154–160.
19. *Tattersall G.H., Banfill P.F.G.* The rheology of fresh concrete. Pitman. 1983.
20. *Matvienko O.V., Bazuev V.P., Venik V.N., Smirnova N.G.* Numerical investigation of Herschel - Bulkley fluids mixing. In: *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering Advanced Materials in Construction and Engineering. Ser. 'International Scientific Conference of Young Scientists: Advanced Materials in Construction and Engineering, TSUAB 2014'*. 2015. P. 012034.
21. *Matvienko O.V., Bazuev V.P., Sabylina N.R., Aseeva A.E., Surtaeva A.A.* Issledovanie ustanovivshegosya techeniya vyazkoplasticheskogo bitumnogo vyazhushchego, opisyvaemogo model"yu Shvedova – Bingama, v tsilindricheskoi trube [Shvedov-Bingham model of steady flow of visco-plastic bitumen binder in cylindrical tube]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturnostroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2019. V. 20. No. 3. Pp. 158–177. DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-3-158-177. (rus)
22. *Matvienko O.V., Bazuyev V.P., Dul'zon N.K.* Matematicheskoye modelirovaniye techeniya zakruchennogo potoka vyazkoplasticheskoy zhidkosti v tsilindricheskom kanale [Mathematical

simulation of twisted flow of viscoplastic liquid in cylindrical channel]. *Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal*. 2014. V. 87. No. 5. Pp. 1129–1137. (rus)

23. *Matvienko O.V., Bazuyev V.P., Aseeva A.E.* Matematicheskoye modelirovaniye techeniya zakruchennogo potoka psevdoplasticheskoy zhidkosti Balkli–Gershelya v tsilindricheskom kanale. *Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal*. 2019. V. 92. No. 1. Pp. 215–226. (rus)
24. *Matvienko O.V., Bazuyev V.P., Aseeva A.E.* Matematicheskoye modelirovaniye techeniya zakruchennogo potoka dilatantnoy zhidkosti Balkli–Gershelya v tsilindricheskom kanale [Mathematical simulation of Herschel–Bulkley fluid in a cylindrical channel]. *Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal*. 2019. V. 92. No. 6. Pp. 2641–2651. (rus)
25. *Matvienko O.V., Bazuyev V.P., Yuzhanova N.K.* Matematicheskoye modelirovaniye techeniya zakruchennogo potoka dilatantnoy zhidkosti v tsilindricheskom kanale [Mathematical simulation of twisted dilatant fluid in cylindrical channel]. *Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal*. 2014. V. 87. No. 1. Pp. 192–199. (rus)
26. *Matvienko O.V., Bazuyev V.P., Yuzhanova N.K.* Matematicheskoye modelirovaniye techeniya zakruchennogo potoka psevdoplasticheskoy zhidkosti v tsilindricheskom kanale [Mathematical simulation of swirling flow of pseudoplastic fluid in a cylindrical channel]. *Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal*. 2011. V. 84. No. 3. Pp. 544–547. (rus)
27. *Matvienko O.V.* Issledovaniye ustanovivshegosya techeniya psevdoplasticheskoy zhidkosti, opisyvayemoy model'yu Sisko, v tsilindricheskoy trube [Stable flow of a pseudoplastic liquid described by the Sisko model in cylindrical tube]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Matematika i mekhanika*. 2018. No. 55. Pp. 99–112.
28. *Matvienko O.V.* Chislennoye issledovaniye techeniya nen'yutonovskikh zhidkostey v tsilindricheskom kanale [Numerical study of non-Newtonian fluids in cylindrical channel]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Fizika*. 2014. V. 57. No. 8-2. Pp. 183–189. (rus)
29. *Matvienko O.V., Bazuev V.P., Cherkasov I.S., Litvinova A.E.* Techenie bitumnogo vyazhushchego, opisyvaemogo model"yu Ostval"da – de Veilya, v tsilindricheskoi trube [Liquid asphalt binders in cylindrical tube in terms of the Ostwald-de Waele model]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturnostroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2020. V. 22. No. 1. Pp. 171–192. DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-1-171-192 (rus)

Сведения об авторах

Матвиенко Олег Викторович, докт. физ.-мат. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2; профессор, Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.

Базуев Виктор Павлович, канд. физ.-мат. наук, ст. научный сотрудник, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.

Черкасов Илья Сергеевич, магистрант, Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.

Литвинова Алёна Евгеньевна, магистрант, Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.

Authors Details

Oleg V. Matvienko, DSc, Professor, Department of Theoretical Mechanics, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyannaya Sq., 634003, Tomsk, Russia; Department of Physical and Computational Mechanics, National Research Tomsk State University, 36, Lenin Ave., 634050, Tomsk, Russia.

Viktor P. Bazuev, PhD, Senior Scientist, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyannaya Sq., 634003, Tomsk, Russia.

Ilya S. Cherkasov, Graduate Student, National Research Tomsk State University, 36, Lenin Ave., 634050, Tomsk, Russia.

Alyona E. Litvinova, Graduate Student, National Research Tomsk State University, 36, Lenin Ave., 634050, Tomsk, Russia.

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

УДК 693.22:624.04 DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-145-161

С.В. ЮЩУБЕ, И.И. ПОДШИВАЛОВ,
Томский государственный архитектурно-строительный университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СВАЙНОГО ФУНДАМЕНТА С ПЛИТНЫМ РОСТВЕРКОМ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ С УЧЕТОМ НЕДОПОГРУЖЕНИЯ СВАЙ

Объектом исследования является свайный фундамент с плитным ростверком в виде монолитной фундаментной плиты (МФП) толщиной 180 см высотного 25-этажного здания, выполненного из монолитного железобетонного каркаса.

При устройстве свайного фундамента отдельные сваи оказались недопогруженными до проектных отметок. В связи с этим возникла необходимость установить причины недопогружения свай, их несущую способность с учетом уплотнения грунтов в межсвайном пространстве и под острием свай и возможность использования недопогруженных свай при дальнейшем возведении здания.

После изучения материалов инженерно-геологических изысканий, анализа залегания, состава и физико-механических свойств грунтов, исследования свайного поля было выполнено моделирование напряженно-деформированного состояния свайного фундамента с плитным ростверком в ПВК MicroFe с разработкой расчетной модели системы «основание – фундамент – здание».

В уплотненном состоянии грунтов в межсвайном пространстве и под острием свай, при фактической глубине погружения свай для свайного фундамента с плитным ростверком, выполняются условия по первой и по второй группам предельных состояний.

Ключевые слова: свайный фундамент с плитным ростверком; недопогружение свай; уплотнение грунта; моделирование; расчетная модель; расчетная схема.

Для цитирования: Ющубе С.В., Подшивалов И.И. Моделирование напряженно-деформированного состояния свайного фундамента с плитным ростверком высотного здания с учетом недопогружения свай // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 2. С. 145–161.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-145-161

© Ющубе С.В., Подшивалов И.И., 2020

S.V. YUSHCHUBE, I.I. PODSHIVALOV,
Tomsk State University of Architecture and Building

MODELING OF STRESS-STRAIN STATE OF HIGH-RISE BUILDING PILE RAFT FOUNDATION WITH INCOMPLETE PILE INSTALLATION

The object of the study is a pile-raft foundation or mat foundation 180 cm thick of a 25-storey building made of a reinforced concrete frame. When constructing a pile foundation, some of piles are not completely sank down to the reference points. In this connection, it is necessary to identify the reasons and load-bearing capacity of piles, given the soil compaction between piles and under their tips and the possibility of using such piles for further building construction.

After studying the materials of soil investigation, the analysis of occurrence, composition, physical-mechanical properties of soils, and the pile field, the stress-strain state model is developed for the pile-raft foundation using the MicroFe software application with the development of design model for the foundation-base-building system.

In the compacted soil state between the piles and under the pile tips, the conditions of the ultimate and service limit states are met at the actual depth of pile sinking for the raft foundation.

Keywords: pile raft foundation; incomplete pile installation; soil compaction; modelling; design model; design diagram.

For citation: Yushchube S.V., Podshivalov I.I. Modelirovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya svainogo fundamenta s plitnym rostverkom vysotnogo zdaniya s uchetom nedopogruzheniya svai [Modeling of stress-strain state of high-rise building pile raft foundation with incomplete pile installation]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2020. V. 22. No. 2. Pp. 145–161.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-145-161

При устройстве свайного фундамента высотного 25-этажного здания часть свай оказалась недопогруженной до проектных отметок. В этой связи возникла необходимость установить причины недопогружения свай, их несущую способность с учетом уплотнения грунтов в межсвайном пространстве и под острием свай и возможность использования недопогруженных свай при дальнейшем возведении здания.

В соответствии с поставленной задачей были изучены материалы инженерно-геологических изысканий, проанализированы условия залегания, состав и физико-механические свойства грунтов, план фактически погруженных свай, журналы их забивки, а также материалы испытаний контрольных свай статическими вдавливающими нагрузками, выполненных перед массовым погружением свай.

Решение осуществлено моделированием напряженно-деформированного состояния свайного фундамента с плитным ростверком с разработкой расчетной модели системы «основание – фундамент – здание» с учетом количественной оценки степени уплотнения грунтов в межсвайном пространстве и под острием свай, а также несущей способности свай, в том числе с учетом уплотнения грунта.

Рассматриваемая площадка расположена в северо-восточной части г. Томска в пределах Томь-Яйского водораздела. На данной площадке инженерно-геологический разрез изучен до глубины 43,0 м (рис. 1).

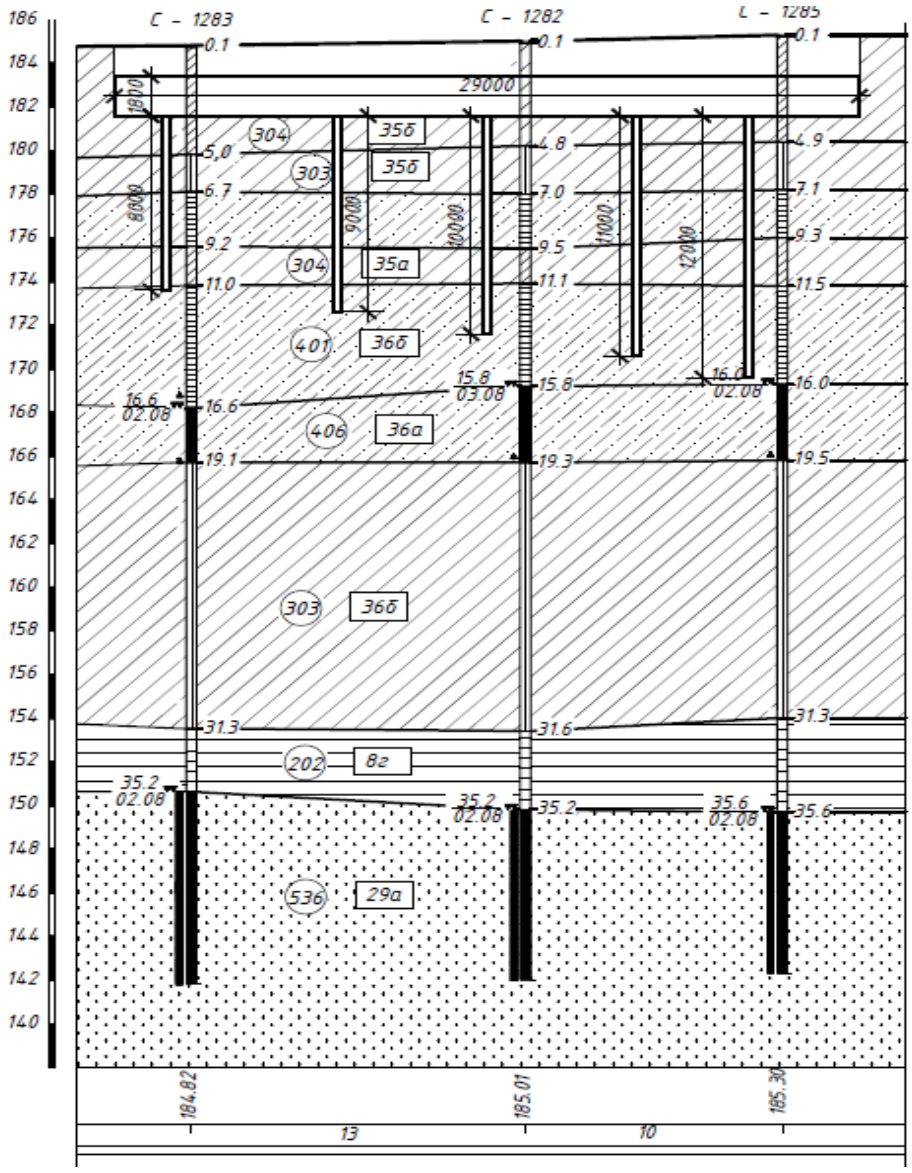


Рис. 1. Инженерно-геологический разрез

Верхнюю часть разреза до глубины 6,7–7,3 м слагают аллювиально-озерные суглинки мягкопластичной и тугопластичной консистенций. Ниже до глубины 19,1–19,5 м залегают супеси, которые в интервале 9,1–11,2 м содержат прослой суглинка мягкопластичного. До глубины 16,0–16,4 м супеси имеют твердую консистенцию, ниже – до глубины 19,2–19,5 м – текучую консистенцию. Далее с глубины 19,2–19,5 м и до 31,3–31,8 м залегают суглинки тугопластичные с тонкими прослоями и линзами супеси и песка мелкого. Ниже, в интервале 31,3–34,2 м залегает глина зеленовато-серого цвета полутвердой консистенции. С глубины 34,2 до 43,0 м расположены пески средние, обводненные.

В пределах разреза выделено два водоносных горизонта. Верхний водоносный горизонт залегает в интервале 16,6–19,2 м, а нижний – от 34,2 до 43,0 м и ниже. Водовмещающими слоями для верхнего водоносного горизонта являются супеси текучие, а для нижнего – пески средние водонасыщенные. Подземные воды порово-пластового типа, безнапорные. Питание их осуществляется за счет атмосферных осадков. Область разгрузки находится за пределами площадки.

Анализ изменения физико-механических свойств инженерно-геологических элементов (ИГЭ) для суглинков, супесей и глин показывает, что они имеют различную степень уплотнения, показателями которой являются плотность сухого (скелета) грунта ρ_d и коэффициент пористости (e). Для суглинка мягкопластичного (ИГЭ-304) ρ_d изменяется от 1,47 до 1,66 г/см^3, e – от 0,63 до 0,82. Для суглинка тугопластичной консистенции (ИГЭ-303) ρ_d изменяется от 1,42 до 1,75 г/см^3, e – от 0,55 до 0,88. Супесь текучей консистенции (ИГЭ-406) имеет разброс значений ρ_d от 1,53 до 1,72 г/см^3, e – от 0,57 до 0,76. Супесь твердой консистенции (ИГЭ-401) имеет разброс значений по ρ_d от 1,53 до 1,91 г/см^3, а по e – от 0,41 до 0,77. Для глин полутвердой консистенции (ИГЭ-202) ρ_d колеблется от 1,59 до 1,74 г/см^3, e – от 0,57 до 0,65.

В пределах разреза выделено два водоносных горизонта. Верхний водоносный горизонт залегает в интервале 16,6–19,2 м, а нижний – от 34,2 до 43,0 м и ниже. Водовмещающими слоями для верхнего водоносного горизонта являются супеси текучие, а для нижнего – пески средние водонасыщенные. Подземные воды порово-пластового типа, безнапорные. Питание их осуществляется за счет атмосферных осадков. Область разгрузки находится за пределами площадки.

Анализ изменения физико-механических свойств инженерно-геологических элементов для суглинков, супесей и глин показывает, что они имеют различную степень уплотнения, показателями которой являются плотность сухого (скелета) грунта ρ_d и коэффициент пористости (e). Для суглинка мягкопластичного (ИГЭ-304) ρ_d изменяется от 1,47 до 1,66 г/см^3, e – от 0,63 до 0,82. Для суглинка тугопластичной консистенции (ИГЭ-303) ρ_d изменяется от 1,42 до 1,75 г/см^3, e – от 0,55 до 0,88. Супесь текучей консистенции (ИГЭ-406) имеет разброс значений ρ_d от 1,53 до 1,72 г/см^3, e – от 0,57 до 0,76. Супесь твердой консистенции (ИГЭ-401) имеет разброс значений по ρ_d от 1,53 до 1,91 г/см^3, а по e – от 0,41 до 0,77. Для глин полутвердой консистенции (ИГЭ-202) ρ_d колеблется от 1,59 до 1,74 г/см^3, e – от 0,57 до 0,65.

Как видно из приведенных минимальных и максимальных значений показателей плотности сухого грунта и коэффициента пористости, изученная толща по этим показателям неоднородна и характеризуется чередованием уплотненных и недоуплотненных зон, образовавшихся в процессе формирования отложений в условиях фильтрационной (нормального оттока поровой воды) и нефильтрационной (затрудненного оттока) консолидации грунтов.

Использование методов математической статистики, при обработке частных значений показателей свойств грунтов, способствует сглаживанию и усреднению их неоднородности. Результатом такой обработки является получение нормативных и расчетных показателей для выделенных инженерно-

геологических элементов. Усредненные значения показателей свойств грунтов и их расчетные значения используются при проектировании фундаментов. При этом практически не учитывается степень уплотнения грунтов в межсвайном пространстве.

При забивке свай происходит уплотнение грунта за счет внедрения в массив дополнительного объема. При этом считается, что зона уплотнения грунта вокруг сваи составляет примерно полтора ее диаметра, а за пределами зоны уплотнение грунта незначительно, и им можно пренебречь. Однако граница зоны уплотнения грунта может достигать 6–7 диаметров свай. При забивке второй и последующих свай на расстоянии 3–4 диаметров плотность грунтов постепенно увеличивается, что приводит к тому, что последующие сваи забиваются с большими усилиями, чем предыдущие, а в ряде случаев сваи становятся недопогруженными до проектных отметок.

Забивка свай сопровождается уплотнением грунтов, отжатием поровой воды, изменением порового пространства и ориентировки частиц грунта. В свою очередь, увеличение плотности скелета и уменьшение коэффициента пористости способствуют снижению первичной влажности и переходу, например, глинистых грунтов, в более низкую категорию по показателю текучести (из мягкопластичной в полутвердую). При массовой забивке свай в котловане степень уплотнения грунтов достигает максимальных значений. При этом резко уменьшается влажность грунтов, и они переходят в разряд твердых или полутвердых по показателю текучести.

Для решения поставленной задачи о причинах недопогружения свай и оценке их несущей способности были использованы теоретические разработки в области теории гравитационного уплотнения горных пород [1], согласно которым масса грунта при его уплотнении остается постоянной, изменяется только его объем. Учитывая, что нормативная плотность частиц грунта ρ_s при уплотнении грунта не меняется и является его константой, то, определив плотность скелета грунта после погружения свай, можно вычислить влажность, коэффициент пористости, показатель текучести и другие показатели грунта. Основные результаты расчета показателей свойств грунтов, выполненного автором [1], приведены в табл. 1. Как видно из данных табл.1, природные суглинки мягкопластичные (ИГЭ-304) и тугопластичные (ИГЭ-303) приобрели после забивки свай твердое состояние и повышенные прочностные и деформационные характеристики.

Результаты расчета несущей способности свай длиной погружения 8, 9, 10, 11 и 12 м в грунтах природного состояния и с учетом их уплотнения в сравнении с результатами статического зондирования приведены в табл. 2. Результаты расчета имеют хорошую сходимость с данными статического зондирования.

Из анализа результатов забивки свай следует, что все сваи в конце забивки независимо от их глубины погружения имели примерно одинаковые отказы. Следовательно, можно полагать, что и их несущая способность для дальнейших расчетов с учетом уплотнения грунтов может быть принята одинаковая и независящая от их фактической глубины погружения. Так максимальная расчетная нагрузка на сваю в грунтах природного сложения принята $N_{р\ пр.гр}$ = 474,5 кН, в уплотненных – $N_{р\ упл.гр}$ = 648,0 кН.

Таблица 1

Основные физико-механические свойства грунтов до и после забивки свай

№ п/п	№ ИГЭ	Разновидность грунта	Мощность слоя, м	Плотность скелета, г/см^3	Коэффициент пористости	Показатель текучести	Удельное сцепление, кПА	Угол внутреннего трения, град.	Модуль общей деформации, МПа
1	304	Суглинок мягкопластичный	2,8	1,570/ 1,719	0,720/ 0,576	0,60/ < 0	20,0/ 37,0	18,0/ 28,0	13,0/ 28,0
2	303	Суглинок тугопластичный	2,1	1,570/ 1,719	0,726/ 0,576	0,37/ < 0	30,9/ 37,0	20,1/ 28,0	21,8/ 28,0
4	401	Супесь твердая	7,1	1,740/ 1,853	0,550/ 0,457	< 0/ < 0	16,8/ 21,0	26,3/ 36,0	24,7/ 36,0

Примечание. Приведены свойства: в числителе – до, в знаменателе – после забивки свай.

Таблица 2

Результаты определения несущей способности свай с различной глубиной погружения

№ п/п	Способ определения	Параметры сваи, кН	Длина погружения сваи, м				
			8	9	10	11	12
1	Расчет одиночной сваи	Несущая способность	–/656,57	–/715,85	–/775,13	–/834,41	664,32/ 907,19
2		Расчетная нагрузка	–/468,99	–/511,32	–/553,66	–/596,00	474,51/ 648,00
3	Статическое зондирование	Несущая способность	700	722	744	766	790
4		Расчетная нагрузка	560	580	600	620	630

Примечание. Приведены результаты расчета: в числителе – в природном состоянии грунтов, в знаменателе – в уплотненных грунтах

Моделирование взаимодействия надземных конструкций и свайных фундаментов с грунтовым основанием, анализ распределения нагрузки между сваями в настоящее время является достаточно актуальным [2, 3]. В качестве основных критериев рассматривается не только несущая способность одиночной сваи, но и деформации (осадки) здания в целом [4, 5]. По [6–8], в соответствии с результатами мониторинга высотных зданий и выполненного моделирования их напряженно-деформированного состояния, распределение усилий между

сваями в свайном фундаменте рекомендуется определять на основании расчетов в объемной постановке системы «основание – фундамент – здание».

Расчетная модель, которая может наиболее полно отразить конструктивную схему здания, является одним из важнейших факторов при определении напряженно-деформированного состояния строительных конструкций и фундаментов [9, 10]. Верифицированный ПВК MicroFe [11] позволяет реализовать конечно-элементное моделирование системы «основание – фундамент – здание».

На основании выполненных исследований по изменению физико-механических характеристик грунтов в процессе забивки свай, а также полученных результатов по определению несущей способности и допустимой расчетной нагрузки на сваи различной длины, в расчетной модели ПВК MicroFe были разработаны три расчетные схемы:

– расчетная схема № 1, в которой была принята фактическая длина погружения свай по данным журнала забивки свай, состояние грунтов природное;

– расчетная схема № 2, в которой использовалась фактическая длина погружения свай, состояние грунтов природное, сваи в грунте работают по конструктивно нелинейной схеме с ограничением допускаемой расчетной нагрузки;

– расчетная схема № 3, где приняты исходные данные такие же, как и в расчетной схеме № 2, за исключением того, что вместо природного состояния грунта в межсвайном пространстве и под острием свай принято его упрочненное состояние после забивки свай.

Во всех расчетных схемах деформации грунтов и свай в грунтах линейные.

25-этажное высотное каркасное здание размером в плане по осям 29,6×29,0 м высотой 79,94 м с подвалом и техническим этажом имеет систему монолитных железобетонных колонн и диафрагм жесткости, а также лифтовую шахту, являющуюся ядром жесткости каркаса. Элементы каркаса представляют собой колонны Г-образного и прямоугольного сечений с толщиной стенки 20 см на нижних 12 этажах, вышерасположенные колонны квадратного сечения 40×40 см, диафрагмы жесткости и стены лифтовой шахты имеют толщину 20 см. Класс бетона элементов каркаса – В30. Несущие элементы перекрытий и покрытия – сборно-монолитные ригели по системе «Рекон» с жестким сопряжением с колоннами и с заполнением в пределах ячейки из сборных железобетонных многопустотных плит толщиной 220 мм.

Фундамент – плоская МФП толщиной 180 см размером в плане по осям 29,6×29,0 м на забивных сваях сечением 30×30 см с погружением в грунт от 8 до 12 м. Под МФП устроена бетонная подготовка толщиной 150 мм. Отпор под МФП отсутствует.

Геометрическая неизменяемость каркаса здания обеспечивается образованием жесткого соединения колонн с МФП, жесткого сопряжения колонн с ригелями, монолитными диафрагмами жесткости, стенами подвала и горизонтальными дисками перекрытий.

В расчетной модели железобетонные монолитные стены, стены-колонны, диафрагмы жесткости, диски перекрытий и МФП моделировались конечным элементом типа «плоский прямоугольный элемент оболочки», колонны и сваи моделировались конечным элементом типа «стержень». Грунтовое основание

под ростверком принималось в виде семислойного основания из объемных конечных элементов с послойным заданием модуля деформаций и коэффициента Пуассона. Сопряжение свай с МФП жесткое. Конструктивная и расчетная конечно-элементная модель высотного здания дана на рис. 2.

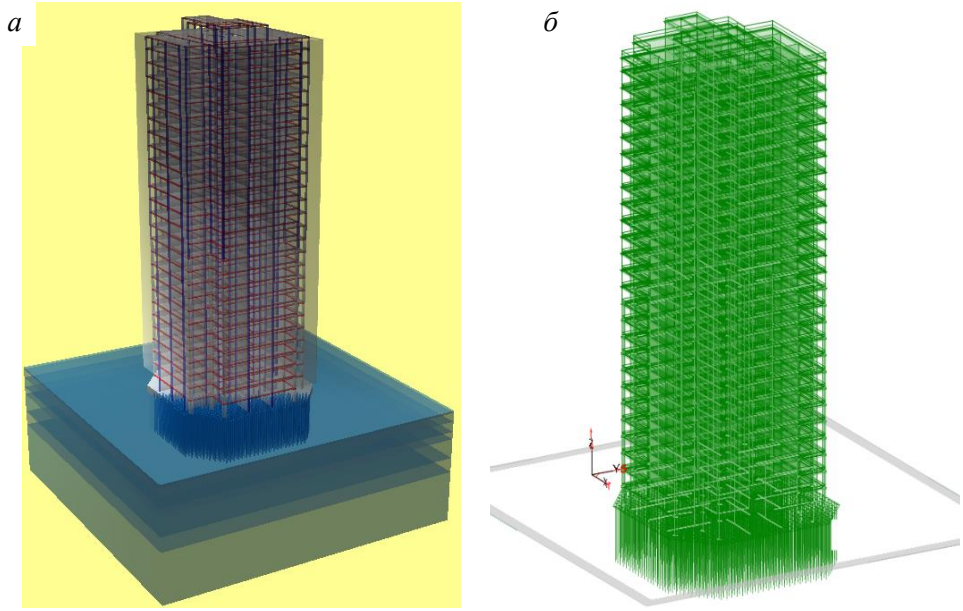


Рис. 2. Конструктивная *(а)* и расчетная *(б)* конечно-элементные модели

Расчет проводился в такой последовательности:

1. На первом этапе в расчетной схеме № 1 при фактической длине погружения свай и природном состоянии грунтов в линейной постановке были определены продольные усилия и вертикальные перемещения свай, максимальные значения которых составили $N_{max}^{рс№1}$ = 642,9 кН и и $f_{max}^{рс№1}$ = 203,2 мм (рис. 3, 4), что превысило допускаемую расчетную нагрузку на сваи в природном состоянии грунта $N_{р\ пр.\ гр}$ = 474,5 кН и предельные осадки основания фундамента s_u^{max} = 150 · 1,2 = 180 мм. При превышении величины продольных усилий в сваях расчетного значения скорость вертикального перемещения сваи увеличивается, она становится более податливой и практически перестает воспринимать дополнительную нагрузку, превышающую расчетную величину в системе «свая – ростверк». Таким образом, в высотных зданиях, где наибольшие продольные усилия в сваях, как правило, превышают расчетную нагрузку, линейный статический расчет приводит к некорректному результату [12].

2. На втором этапе в расчетной схеме № 2 вводилось ограничение по величине предельной нагрузки на сваи, равной расчетному значению $N_{р\ пр.гр}$ = 474,5 кН. В этом случае расчет проводился с учетом конструктивной нелинейности с односторонними связями с изменяющейся жесткостью между стержневыми элементами сваи и объемными элементами грунта. Односторонние связи по контакту свай с грунтом допускают вертикальные перемещения свай только вниз.

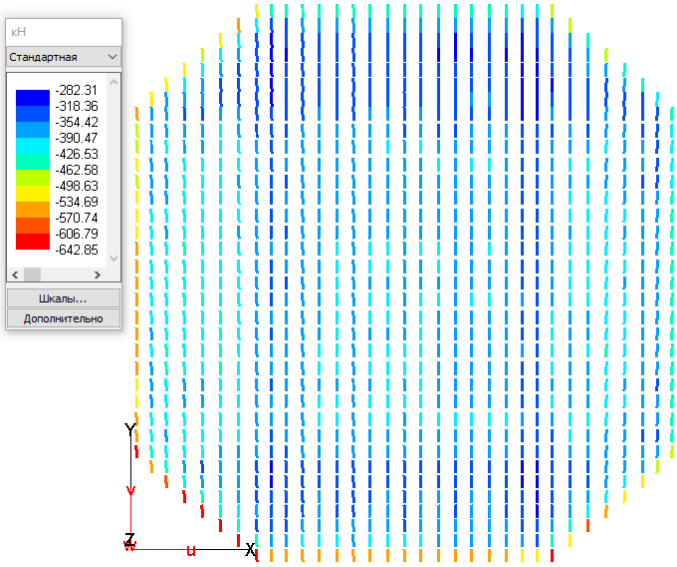


Рис. 3. Продольные усилия в сваях в расчетной схеме № 1

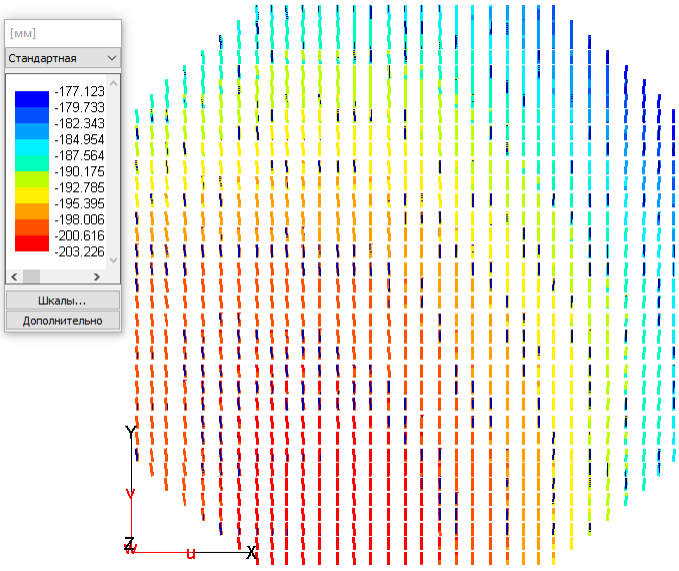


Рис. 4. Вертикальные перемещения свай в расчетной схеме № 1

При превышении ограничения величины предельной нагрузки на сваи меняется жесткость этих односторонних связей, после чего расчет проводится для новой схемы. В протоколе статического анализа было выполнено пять нелинейных итераций при точности 0,001. Данный подход позволяет получить более равномерные и правдоподобные продольные усилия в сваях (рис. 5). Таким образом, в расчетной схеме № 2 условие по первой группе предельных состояний выполняется. В то же время в природном состоянии грунтов условие во второй группе

предельных состояний не выполняется, т. к. максимальные вертикальные перемещения свай $f_{max}^{рс№2}$ = 203,8 мм (рис. 6) превысили предельные осадки основания фундамента s_u^{max} = 180 мм.

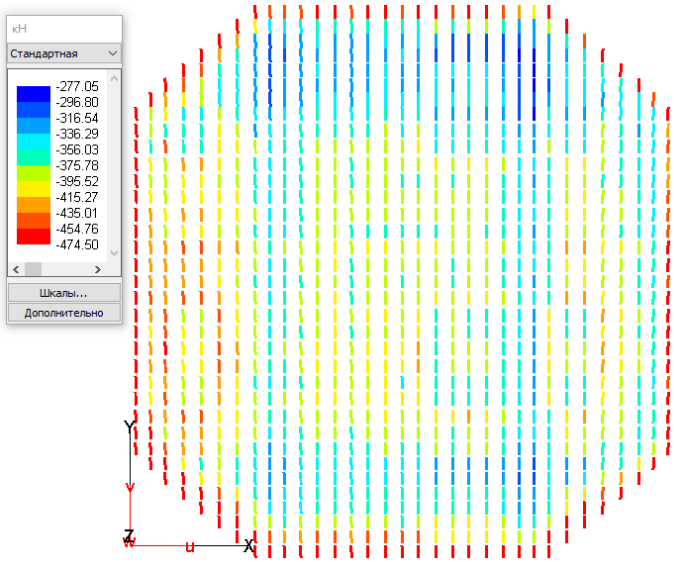


Рис. 5. Продольные усилия в сваях в расчетной схеме № 2

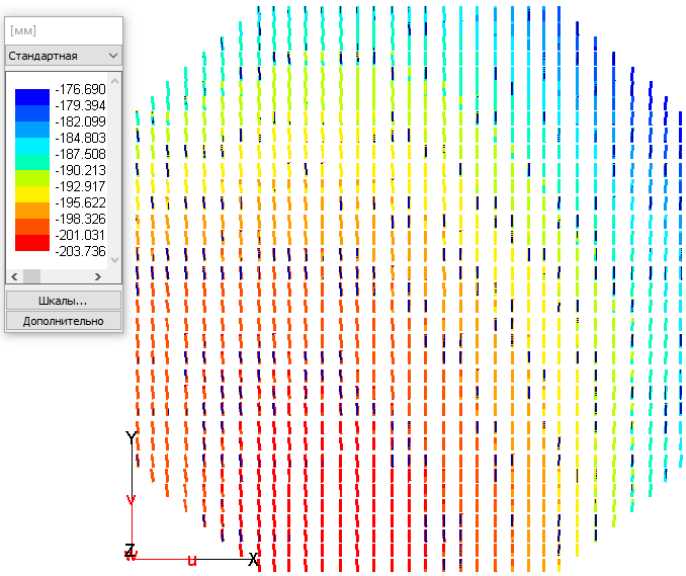


Рис. 6. Вертикальные перемещения свай в расчетной схеме № 2

На третьем этапе в расчетной схеме № 3 при уплотненном состоянии грунтов в межсвайном пространстве и под острием свай величина допускаемой расчетной нагрузки на сваи увеличилась по сравнению с природным состоянием грунтов до значения $N_{р\ упл.\ гр}$ = 648,0 кН. Расчет проводился в условиях

линейной работы свай в грунте (рис. 7), т. к. наибольшее продольное усилие в крайней свае $N_{\text{max. упл. гр}}$ = 586,0 кН не достигло допускаемой расчетной нагрузки на сваи $N_{\text{р упл. гр}}$ = 648,0 кН. Анализ полученных результатов показал, что в уплотненном состоянии грунтов условие во второй группе предельных состояний выполняется, в этом случае максимальные вертикальные перемещения свай $f_{\max}^{\text{рс№3}}$ = 165,4 мм не превысили предельные осадки основания фундамента $s_u^{\max}$ = 180 мм (рис. 8).

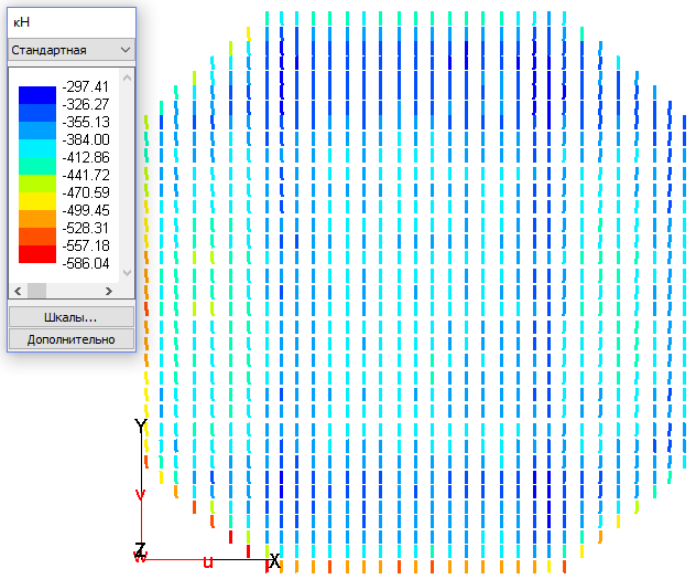


Рис. 7. Продольные усилия в сваях в расчетной схеме № 3

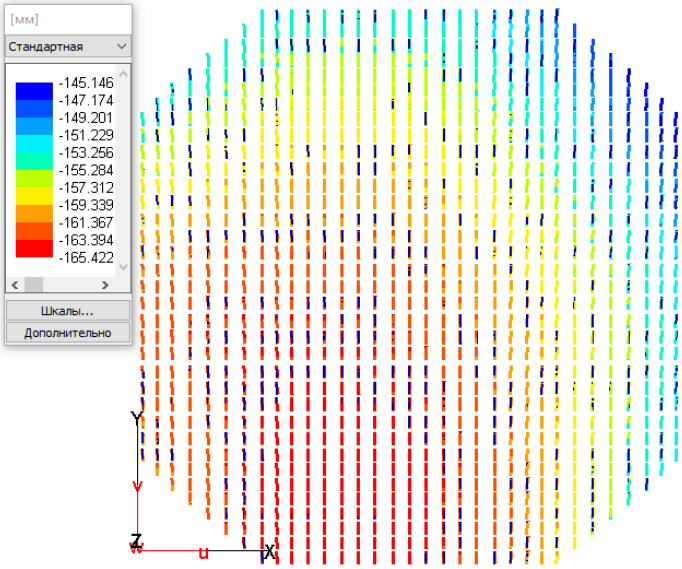


Рис. 8. Вертикальные перемещения свай в расчетной схеме № 3

Относительная разность вертикальных перемещений свайно-грунтового основания составила 0,0007, что меньше предельно допустимого значения относительной разности осадок [0,003].

В расчетной модели контур рассматриваемого грунтового массива выходит за габариты МФП на 20 м (двойная средняя глубина погружения свай). В расчетной схеме № 3 из анализа полученных значений изополей вертикальных нормальных напряжений (далее напряжения) в грунте по характерным сечениям (рис. 9) можно отметить следующее:

– уровень верха свай на отм. –0,500 от низа МФП. За контуром МФП напряжения изменяются от растягивающих значений 13,29 кН/м^2 до сжимающих значений –5,29 кН/м^2. Под МФП напряжения в грунте только сжимающие, находятся в интервале значений от –5,29 до –61,04 кН/м^2;

– уровень середины свай. За контуром МФП напряжения только сжимающие (кроме угловых зон грунтового массива), их значения находятся в интервале от –0,78 до –54,92 кН/м^2. Под внешним контуром МФП на глубину до 2 м сжимающие напряжения достигают наибольших значений и находятся в интервале от –54,92 до –65,75 кН/м^2. Далее внутри грунтового массива под МФП напряжения практически отсутствуют;

– уровень острия свай. За контуром МФП напряжения изменяются от сжимающих значений –218,96 до растягивающих значений 7,06 кН/м^2 по краю грунтового массива. Внутри межсвайного грунтового пространства, под внешним контуром МФП, сжимающие напряжения достигают максимальных значений и находятся в интервале от –309,37 до –444,98 кН/м^2. В центральной части под МФП напряжения в грунте уменьшаются и находятся в интервале от –218,96 до –309,37 кН/м^2.

Наличие растягивающих напряжений в грунте можно объяснить тем, что в расчетной модели при решении задачи теории упругости объем грунта не меняется, следовательно, если есть сжимающие деформации, то будут и растягивающие деформации, которые вызывают соответствующие напряжения.

Анализ результатов вертикальных перемещений грунтов в основании высотного здания по трем характерным сечениям: уровень верха свай на отм. –0,500 от низа МФП, уровень середины свай, уровень острия свай – показал следующее (рис. 10):

– за внешним контуром грунтового массива диаметром ≈ 70 м возникают вертикальные перемещения: от положительных значений 2,48–3,99 мм (подъем вверх) по периферии до отрицательных значений (осадка) –8,83…–10,28 мм ближе к центру;

– наибольшие вертикальные перемещения появляются в центральной части под МФП и равны –111,42…–124,21 мм с незначительным уменьшением в направлении внешнего контура под МФП со значениями –98,63…–111,42 мм.

Максимальные значения вертикальных перемещений грунтового массива в основании высотного здания составляют 124,21 мм и не превышают предельное значение деформации основания фундаментов для рассматриваемого типа зданий – [180 мм].

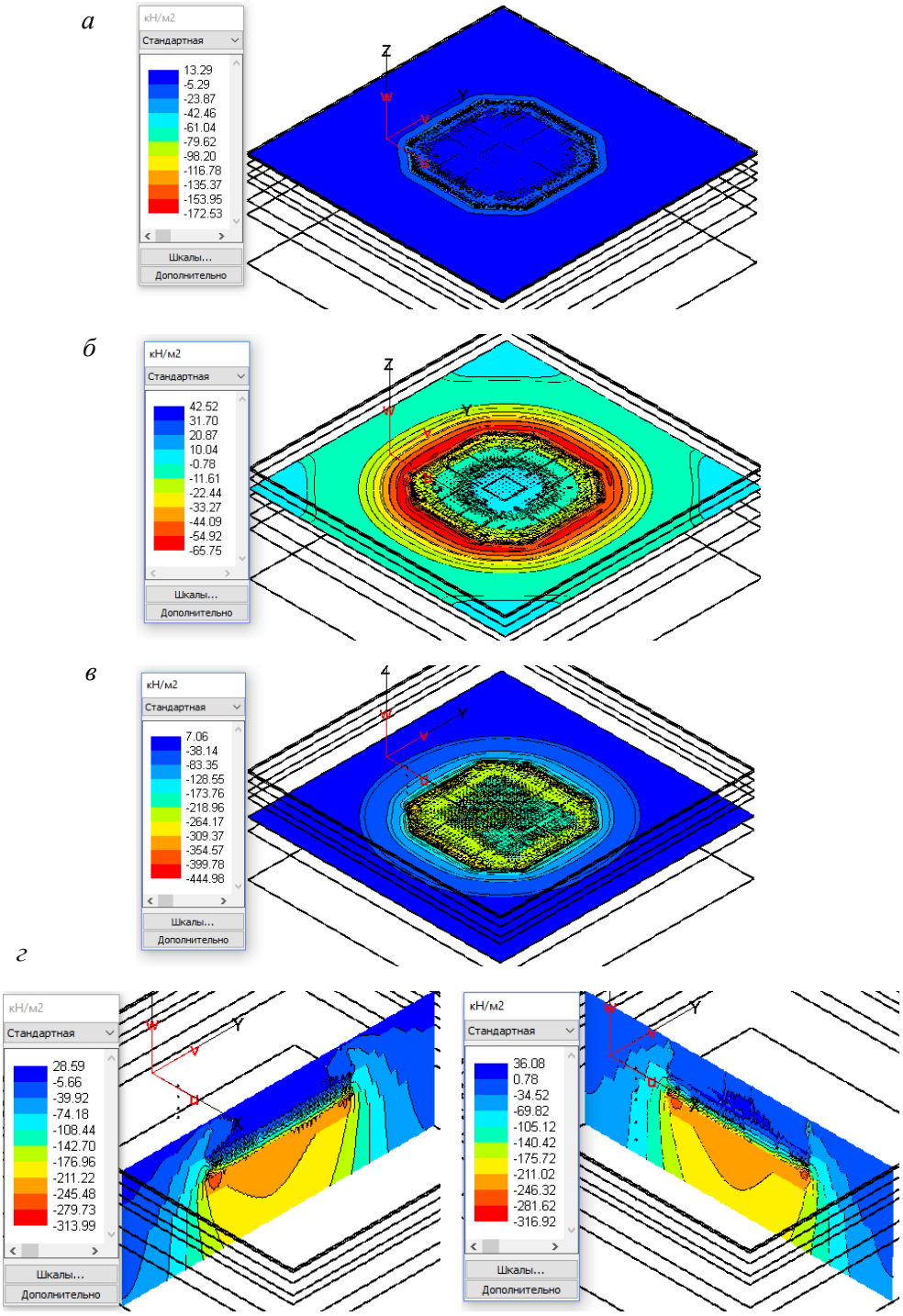


Рис. 9. В расчетной схеме № 3 изополя вертикальных нормальных напряжений в грунте по сечениям:
а, б, в – на уровне верха, середины и острия свай; *г* – в поперечных разрезах

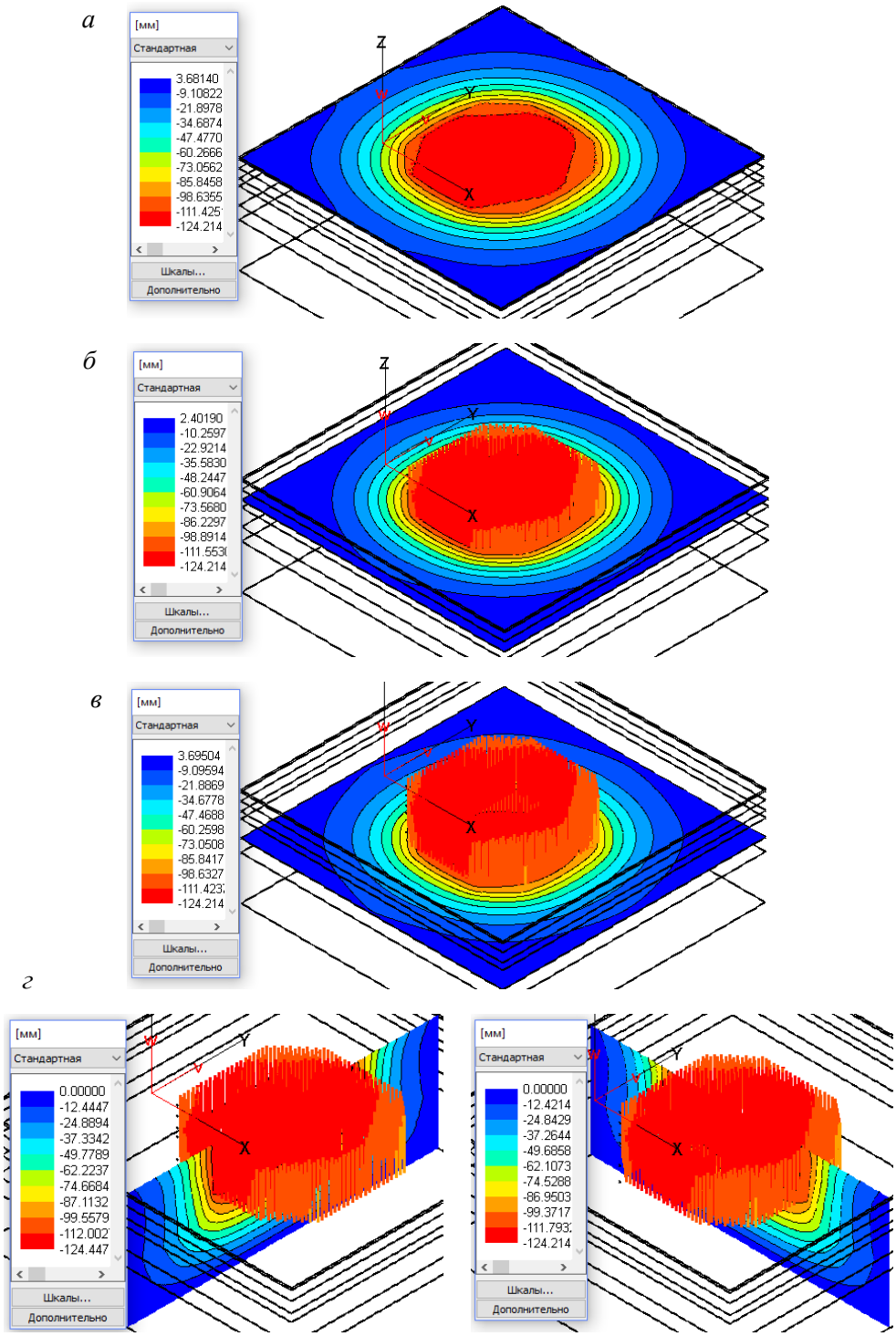


Рис. 10. В расчетной схеме № 3 изополя вертикальных перемещений в грунте по сечениям: *а, б, в* – на уровне верха, середины и острия свай; *г* – в поперечных разрезах

Расчет осадок свайных фундаментов с использованием расчетных схем, основанных на модели грунта как линейно деформируемой среды, по действующим нормам допускается производить при обязательном выполнения условия, обеспечивающего несущую способность свай в составе свайного фундамента. Следовательно, справедливо можно полагать, что при напряжениях в уровне нижних концов свай, не превышающих нормируемого расчетного сопротивления грунта, применение линейной расчетной модели вполне оправданно. В нашем случае расчетное сопротивление твердых супесей под нижним концом забивных свай на глубине 10 м по нормам проектирования значительно больше полученных значений при моделировании.

Основные выводы

1. Решение задачи выполнено моделированием напряженно-деформированного состояния свайного фундамента с плитным ростверком с разработкой расчетной модели системы «основание – фундамент – здание» с учетом количественной оценки степени уплотнения грунтов в межсвайном пространстве и под острием свай, а также несущей способности свай, в том числе с учетом уплотнения грунта.

2. Расчетным путем установлено, что при фактической длине погружения свай и природном состоянии грунтов без учета их уплотнения продольные усилия и вертикальные перемещения свай превысили допускаемую расчетную нагрузку на сваи и предельные осадки основания фундамента.

3. В уплотненном состоянии грунтов в межсвайном пространстве и под острием свай при фактической глубине погружения свай для свайного фундамента с плитным ростверком условия по первой и по второй группам предельных состояний выполняются.

4. Если при моделировании максимальные напряжения под острием свай не превышают нормируемого расчетного сопротивления грунта, то расчеты вполне корректно можно выполнять в линейной постановке.

Библиографический список

1. *Щербак Г.Г.* Теоретические основы гравитационного уплотнения и формирования физико-механических свойств горных пород // РАН. Сергиевские чтения. Вып. 4. Москва : ГНОС, 2002. С. 83–88.
2. *Шашкин В.А.* Эффекты взаимодействия оснований и сооружений // Развитие городов и геотехническое строительство. 2012. № 14. С. 141–167.
3. *Шашкин А.Г., Шашкин К.Г.* Взаимодействие здания и основания: методика расчета и практическое применение при проектировании / под редакцией В.М. Улицкого. Санкт-Петербург : Стройиздат СПб, 2002. 48 с.
4. *Шулятьев О.А.* Основания и фундаменты высотных зданий. Москва, 2016. 392 с.
5. *Шулятьев О.А.* Фундаменты высотных зданий // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2014. № 4. С. 202–244.
6. *Карпенко Н.И., Карпенко С.Н., Кузнецов Е.Н.* О современных проблемах расчета высотных зданий из монолитного железобетона // II Всерос. (Междунар.) конф. «Бетон и железобетон – пути развития» : научные тр. конф.: в пяти книгах. Т. 1. Пленарные доклады. Москва, 2005. С. 149–166.
7. *Кабанцев О.В., Тамразян А.Г.* Учет изменений расчетной схемы при анализе работы конструкции // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 5. С. 15–26.

8. *Алмазов В.О., Климов А.Н.* Экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния конструкций высотного здания // Вестник МГСУ. 2013. № 10. С. 102–109.
9. *Нуждин Л.В., Михайлов В.С.* Численное моделирование свайных фундаментов в расчетно-аналитическом комплексе SCAD Office // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2018. № 1. С. 5–18.
10. *Михайлов В.С., Теплых А.В.* Учет характерных особенностей различных моделей основания при расчете взаимного влияния зданий на больших фундаментных плитах с использованием расчетно-аналитической системы SCAD Office // VI Международный симпозиум. Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений. Владивосток, 2016. С. 133–134.
11. *MicroFe-СДК*. Программный комплекс конечно-элементных расчетов пространственных конструкций на прочность, устойчивость и колебания // ООО «ТЕХСОФТ». 2015. URL: http://www.tech-soft.ru
12. *Ющубе С.В., Подшивалов И.И., Филиппович А.А., Тряпицин А.Е.* Моделирование напряженно-деформированного состояния кирпичного здания повышенной этажности на свайном фундаменте // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 4 (69). С. 72–77.

REFERENCES

1. *Shcherbak G.G.* Teoreticheskie osnovy gravitatsionnogo uplotneniya i formirovaniya fiziko-mekhanicheskikh svoistv gornykh porod [Theory of gravitational compaction and formation of physical and mechanical properties of rocks]. In: RAN. Sergievskie chteniya (*Proc. Annu. Sci. Conf.*), Moscow. 2002. No. 4. Pp. 83–88. (rus)
2. *Shashkin V.A.* Effekty vzaimodeistviya osnovanii i sooruzhenii [Interaction between foundations and structures]. *Razvitie gorodov i geotekhnicheskoe stroitel'stvo*. 2012. No. 14. Pp. 141–167. (rus)
3. *Shashkin A.G., Shashkin K.G.* Vzaimodeistvie zdaniya i osnovaniya: metodika rascheta i prakticheskoe primenenie pri proektirovanii [Building and foundation interaction: calculation methodology and practical application in design]. V.M. Ulitskii, ed., St.-Petersburg: Stroiizdat, 2002. 48 p. (rus)
4. *Shulyat'ev O.A.* Osnovaniya i fundamenty vysotnykh zdanii [Bases and foundations of high-rise buildings]. Moscow, 2016. 392 p. (rus)
5. *Shulyat'ev O.A.* Fundamenty vysotnykh zdanii [Foundations of high-rise buildings]. *Vestnik PNIPU. Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2014. No. 4. Pp. 202–244. (rus)
6. *Karpenko N.I., Karpenko S.N., Kuznetsov E.N.* O sovremennykh problemakh rascheta vysotnykh zdanii 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)
7. *Kabantsev O.V., Tamrazyan A.G.* Uchet izmenenii raschetnoi skhemy pri analize raboty konstruktsii [Consideration of changes in design diagram in structural analysis]. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2014. No. 5. Pp. 15–26. (rus)
8. *Almazov V.O., Klimov A.N.* Eksperimental'noe issledovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya konstruktsii vysotnogo zdaniya [Experimental investigation of stress-strain state of high-rise buildings]. *Vestnik MGSU*. 2013. No. 10. Pp. 102–109. (rus)
9. *Nuzhdin L.V., Mikhailov V.S.* Chislennoe modelirovanie svainykh fundamentov v raschetno-analiticheskom komplekse SCAD Office [Creation of solid 3D CAD pile foundations in SCAD software]. *Vestnik PNIPU. Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2018. No. 1. Pp. 5–18. (rus)
10. *Mikhailov V.S., Teplykh A.V.* Uchet kharakternykh osobennostei razlichnykh modelei osnovaniya pri raschete vzaimnogo vliyaniya zdanii na bol'shikh fundamentnykh plitakh s ispol'zovaniem raschetno-analiticheskoi sistemy SCAD Office [Allowing for characteristics of various design models in calculating mutual influence of buildings on pile-raft foundation in SCAD software]. In: VI Mezhdunarodnyi simpozium. Aktual'nye problemy komp'yuternogo modelirovaniya konstruktsii i sooruzhenii (*Proc. 6th Int. Sci. Symp. ‘Relevant Computer Modeling Problems of Structures’*).Vladivostok, 2016. Pp. 133–134. (rus)

11. MicroFe-SDK. Programmnyi kompleks konechno-elementnykh raschetov prostranstvennykh konstruktsii na prochnost', ustoichivost' i kolebaniya [MicroFe-SDC software application for finite-element strength, stability and vabration analyses]. 2015. Available: www.tech-soft.ru (rus)
12. *Yushchube S.V., Podshivalov I.I., Filippovich A.A., Tryapitsin A.E.* Modelirovanie 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)

Сведения об авторах

Ющубе Сергей Васильевич, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, s v@tsuab.ru

Подшивалов Иван Иванович, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, ivanpodchivalov@list.ru

Authors Details

Sergei V. Yushchube, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia; sv@tsuab.ru

Ivan I. Podshivalov, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia; ivanpodchivalov@list.ru

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 628.16 DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-162-173

Л.И. МАКСИМОВ, В.В. МИРОНОВ,
Тюменский индустриальный университет

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЖЕЛЕЗА ИЗ ОСАДКА СТАНЦИИ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ

Осадок станций обезжелезивания подземных вод является источником загрязнения окружающей среды. Необходим поиск эффективных и экологически чистых методов утилизации осадка станций обезжелезивания. Были исследованы свойства железосодержащего осадка с целью разработки технологии его обработки для дальнейшей утилизации. По результатам исследований химического и фракционного состава был сделан вывод о том, что для осадка станции обезжелезивания Велижанского водозабора характерен стабильный химический состав с массовой долей Fe_2O_3 около 70 % и стабильный гранулометрический состав (≈ 87 % частиц имеют размеры менее 20 мкм). Указанные характеристики осадка позволили разработать технологическую схему восстановления железа в среде разогретого монооксида углерода. Вовлечение осадка станций обезжелезивания подземных вод в производство исключает депонирование осадка на полигонах или в накопителях и создает новую сырьевую базу для аддитивных технологий.

Ключевые слова: обезжелезивание; осадок станций водоподготовки; порошки железа; утилизация; восстановление железа.

Для цитирования: Максимов Л.И., Миронов В.В. Совершенствование технологии получения высокодисперсных порошков металлического железа из осадка станции обезжелезивания // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 2. С. 162–173.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-162-173

L.I. MAKSIMOV, V.V. MIRONOV,
Tyumen State Oil and Gas University

TECHNOLOGY IMPROVEMENT OF HIGH-DISPERSIVE METALLIC IRON POWDERS BASED ON SEDIMENTS OF IRON REMOVAL STATION

Sediments from iron removal stations are a source of environmental pollution. It is necessary to find effective and eco-friendly methods of sediment disposal. The paper investigates the

© Максимов Л.И., Миронов В.В., 2020

properties of iron-containing sediment in order to develop a technology for its further utilization. It is shown that sediments from the iron removal station of Velizhansky water intake have a stable chemical composition with about 70 % Fe_2O_3, and a stable particle size distribution, i.e. 20 μm for ≈ 87 % of particles. These parameters allow developing a flow chart for iron reduction in heated carbon monoxide. The involvement of sediments from iron removal stations in the high-dispersive metallic iron powder production eliminates the sediment deposit at landfills or storage tanks and creates a new raw material base for additive technologies.

Keywords: iron removal; sediments; iron removal stations; iron powders; utilization; iron reduction.

For citation: Maksimov L.I., Mironov V.V. Sovershenstvovanie tekhnologii polucheniya vysokodispersnykh poroshkov me-tallicheskogo zheleza iz osadka stantsii obezzhelezivaniya [Technology improvement of high-dispersive metallic iron powders based on sediments of iron removal station]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2020. V. 22. No. 2. Pp. 162–173.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-162-173

Введение

Для более чем в 60 % населенных пунктов Западно-Сибирской равнины централизованное водоснабжение осуществляется из подземных источников. Для подземных вод Западно-Сибирского артезианского бассейна характерны повышенные концентрации железа, высокая цветность и перманганатная окисляемость, что связано с региональными особенностями, такими как избыточная увлажненность, слабая дренированность, интенсивная заболоченность территории, присутствие органики и железистых минералов [1].

Формами существования железа в подземных водах территории являются ионы двухвалентного железа, коллоидные органические и неорганические соединения, истинные растворы органических соединений двух- и трехвалентного железа [2].

Все технологические схемы обезжелезивания подземных вод после окисления железа (аэрацией или с использованием реагентов) включают этап фильтрования на завершающей стадии подготовки воды [3]. На промывку фильтров обезжелезивания тратится до 28 % общего расхода воды станции. Промывные воды загрязнены в основном соединениями железа с концентрациями до 170–210 мг/дм^3 [4].

Для сокращения расхода воды на собственные нужды станции, исключения сброса промывных вод в окружающую среду на строящихся и реконструируемых станциях предусматривается оборот промывных вод. Самые простые технологические схемы систем оборота промывных вод фильтров обезжелезивания включают в себя безреагентное отстаивание, после которого отстоянная вода возвращается в начало сооружений, смешиваясь с исходной водой, или после дополнительного этапа очистки используется для промывки фильтров. Для интенсификации процесса очистки промывных вод станций обезжелезивания используют реагентное отстаивание, электрофлотацию, фильтрование через модифицированную сорбционную загрузку [4, 5].

Депонирование обезвоженного осадка на полигонах представляет серьезную экологическую проблему из-за опасности загрязнения атмосферы и почв

железосодержащей пылью [6]. Необходим поиск эффективных и экологически чистых методов утилизации осадка станций обезжелезивания, в частности, в качестве сырья для производства продукции [7, 8].

Такие свойства железосодержащих шламов, как интенсивная окраска, однородный химический состав с преобладанием гетита, высокодисперсное состояние, позволили рассматривать данный вид техногенных отходов в качестве сырья для производства пигментов. Варьируя температуру обработки от 600 до 1050 °С, можно получить пигменты разного цвета: желтого, кирпично-красного, коричневого, черного. Сравнение полученного кирпично-красного пигмента с железным суриком марки Г по физико-химическим свойствам показало их практически полное сходство [9].

Авторы указанной технологии предлагают использовать пигменты из железосодержащих шламов в строительной отрасли, например при производстве цветных бетонов [Там же]. Кроме улучшения внешнего вида добавление пигментов увеличивает прочность изделий за счет создания центров кристаллизации. Исследования, проведенные в Томском государственном архитектурно-строительном университете, показали, что массовая доля пигмента до 5 % в цементно-песчаной смеси не вызывает уменьшения прочности и морозостойкости образцов ниже нормативных требований [10].

Введение в состав сырья для мелкоштучных строительных изделий небольшого количества (до 8 %) осадка станций обезжелезивания приводит к увеличению прочности изделий, являющейся важной характеристикой строительных материалов.

Применение железооксидного пигмента из осадка станций обезжелезивания в качестве добавки к составу для производства кирпичей на жидкостекольном вяжущем вызвало повышение прочности изделий [11].

Авторами статьи был разработан состав керамической массы на основе глины с добавлением осадка станций обезжелезивания. Исследования показали, что добавка указанного осадка в количестве 0,5–5,5 масс.% вызывает увеличение прочности изделий до 22,5 МПа [12].

Исследование влияния оксида железа при добавлении осадка станций водоподготовки на качество керамзита показало, что при содержании Fe_2O_3 6–8 % керамзит имеет повышенную прочность [8].

Осадок станций обезжелезивания по составу близок к «красному шламу» глиноземных заводов черной металлургии, который используется для производства железосодержащих коагулянтов. Основываясь на этом, исследователи из Казанского государственного архитектурно-строительного университета разработали технологию получения коагулянта из железосодержащего осадка путем растворения его в 20%-й серной кислоте. Полученный коагулянт оказался особенно эффективным при обработке производственных сточных вод с высокой мутностью [13].

Производство сорбентов из осадка станций обезжелезивания одновременно решает две задачи: утилизация техногенного отхода и получение дешевых сорбентов для очистки сточных вод. Гранулированный композиционный сорбционный материал был получен из железосодержащего шлама, жидкого стекла и извести. Обработка сформованных гранул в печи при температуре

200 °С или в СВЧ-печи позволяет получить прочные водостойкие образцы, характеризующиеся достаточно высокой степенью извлечения ионов тяжелых металлов [14].

В настоящее время ведется поиск источников сырья, включая нетрадиционные ресурсы, для аддитивных технологий. Порошки железа производят двумя основными методами: распыление расплава металла с помощью водяных струй под большим давлением и производство губчатого железа и железного порошка с восстановлением высококачественной железной руды [15]. Оба метода являются технологически сложными и экономически затратными. По данным электронно-микроскопических исследований, размеры большинства частиц не превышают 0,035 мкм, а размеры агломератов – 1,7 мкм [14]. Следовательно, осадки станций обезжелезивания можно рассматривать в качестве сырьевой базы для аддитивных технологий, требующих размеров частиц менее границы в 40–60 мкм.

Целью исследования осадка станции обезжелезивания Велижанского водозабора (г. Тюмень) является выявление его свойств как сырья для производства продукции, обладающей потребительской ценностью, и разработка технологии его обработки для дальнейшей утилизации.

Материалы и методы исследования

После предварительного отстаивания промывной воды фильтров обезжелезивания и дальнейшего снижения влажности осадок станции обезжелезивания представляет собой густую водонасыщенную массу, окрашенную в коричневый цвет за счет присутствия оксида железа. После высушивания осадок приобретает светло-коричневый цвет и без особых усилий может быть переведен в мелкодисперсное состояние (рис. 1). Для высушенного осадка истинная плотность составляет 2 150 кг/м^3, насыпная плотность – 370 кг/м^3.

Рис. 1. Фото высушенного осадка промывных вод станции обезжелезивания

При силикатном анализе образцов железосодержащего шлама применялся атомно-эмиссионный метод НСАМ 487-ХС. Исследования проводились на спектрометре эмиссионном Optima 2100 DV.

При поиске способов применения осадка станций обезжелезивания в качестве сырьевого источника производств важно оценить гранулометрический состав осадка. Например, частицы гематита в составе пигментов марки Micronox, используемых в строительной индустрии, имеют размеры от 3 до 50 мкм.

Гранулометрический состав осадка Велижанской станции был проведен на лазерном дифракционном анализаторе размера частиц FRITSCH ANALYSETTE 22 NanoTec. Прибор оснащен модулем Wet Dispersion Unit, позволяющим провести диспергирование нерастворимых материалов в жидкой среде. Для этого сухой осадок Велижанской станции обезжелезивания был помещен в бидистиллированную воду на 24 ч. Затем осадок был размешан в течение 30 мин на магнитной мешалке со скоростью 60 об/мин. После чего был проведен моментальной отбор пробы до осаждения осадка на дно пробирки. Отобранная проба отстаивалась в течение 48 ч перед проведением испытаний.

Возможные способы утилизации осадка станций обезжелезивания связаны с нагреванием сырья, поэтому важно исследовать физико-химические изменения осадка при изменении температуры.

Термогравиметрический (ТГ) и дифференциальный сканирующий калориметрический (ДСК) анализ осадка станций обезжелезивания проводился на термоанализаторе STA 499 F5 Jupiter NETZSCH (Германия) в потоке аргона. Исследование образцов проводили в алундовых тиглях. Скорость нагревания 3 °С/мин. Для определения энтальпии процессов прибор откалиброван по следующим реперным веществам: In, Sn, Bi, Zn, Al, Ag, Au, Ni. Площадь пиков тепловых эффектов определена в программе Proteus 6 2012, температуры проявления пиков и их площадь в параллельных опытах воспроизводятся с погрешностью, которая не превышает 3 %.

В процессе эксперимента одновременно регистрировались изменения массы образца (ТГ) и фазовые превращения, сопровождающиеся выделением или поглощением теплоты (ДСК). Термогравиметрический анализ позволяет определить изменение массы вещества в процессе изменения температуры. Дифференциальный сканирующий калориметрический анализ дополняет термогравиметрию.

Результаты исследований

Полученные результаты силикатного анализа представлены в табл. 1. Для сравнения в таблицу включены данные химического состава осадка Томского водозабора [16].

В осадке обеих станций преобладает оксид железа. Причем в осадке Велижанской станции среднее значение содержания Fe_2O_3 выше, что может определяться разным генезисом подземных вод. Массовое содержание остальных компонентов относительно невысоко. Потери при прокаливании составили не более 15 % от общей массы.

Гранулометрический состав осадка Велижанской станции представлен в табл. 2 и на рис. 2. Из данных табл. 2 видно, что при смачивании исследуемого

сухого осадка количество частиц размером до 5,281 мкм увеличилось почти на 20 % за счет растворения связей между частицами осадка. Подключение устройства ультразвукового дробления мощностью 100 Вт позволило разделить агломераты с более крепкими связями, что дало возможность увеличить долю частиц с размером 5,281 мкм еще на 10 %. 88,3 % частиц имеют размеры менее 21,345 мкм, следовательно, железосодержащий осадок применим в качестве сырья для производства железоокисных пигментов и для аддитивных технологий.

Таблица 1

Химический состав осадка станций обезжелезивания

Компоненты осадка	Содержание, %	
	Велижанский водозабор	Томский водозабор
SiO_2	1,5–6,5	5,48
Al_2O_3	0,2–0,7	1,02
TiO_2	0,0–0,42	Не опр.
MnO	0,04–0,35	Не опр.
Na_2O	0,0–1,4	Не опр.
Fe_2O_3	58,0–82,0	42,45
CaO	9,8–17,4	4,20
MgO	0,3–1,5	2,00
P_2O_5	0,95–4,55	Не опр.
K_2O	0,02–0,24	Не опр.
п.п.п.	8,0–14,6	30,34

Таблица 2

Фракционный состав частиц осадка промывных вод станции обезжелезивания Велижанского водозабора

Размер частиц, мкм	Q3(*x*), % при состоянии осадка перед проведением исследования			
	Без предварительного смачивания		Смоченный в жидкой среде	
	без ультразвукового дробления	с обработкой ультразвуком	без ультразвукового дробления	с обработкой ультразвуком
0,532	3,7	5,2	6,0	7,9
1,070	7,2	10,6	13,1	17,9
2,152	14,8	21,1	27,9	37,1
5,281	29,2	37,4	50,5	60,3
10,618	44,1	52,2	67,6	73,0
21,345	54,7	69,5	84,8	88,3
52,386	68,4	91,9	98,2	99,8

Примечание. Q3(*x*) – доля от общего количества частиц, лежащих в пределах до указанного размера в мкм.

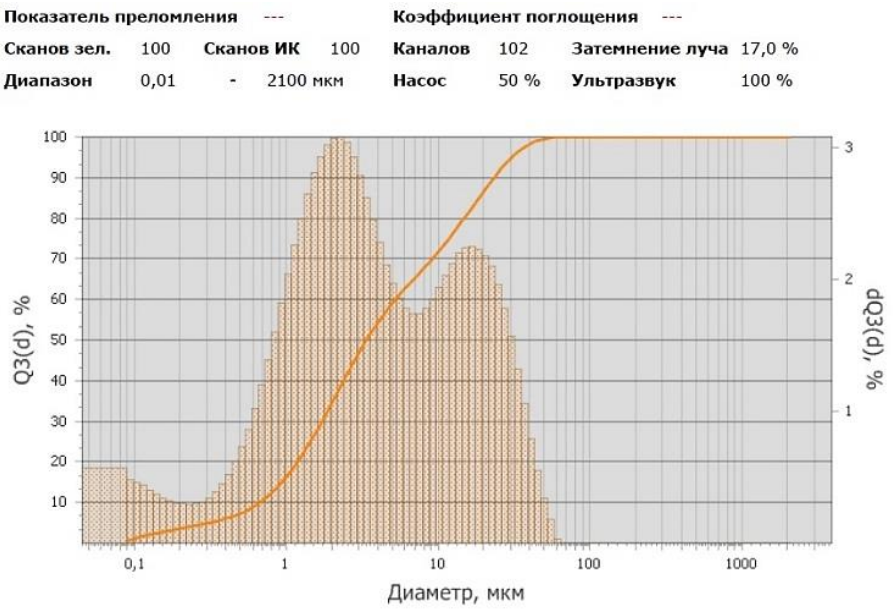


Рис. 2. Результаты гранулометрического анализа осадка промывных вод станции обезжелезивания Велижанского водозабора на приборе FRITSCH ANALYSETTE 22 NanoTec

Термограмма осадка станции обезжелезивания представлена на рис. 3. Первый эндоэффект наблюдается в интервале температур 50–200 °С с максимумом при 120 °С, что связано с удалением влаги, адсорбированной осадком. Экзоэффект в интервале 200–350 °С с максимумом при 250 °С соответствует выгоранию органической составляющей осадка. В этом же температурном интервале происходит кристаллизация аморфной фазы, в результате которой лимонит ($FeOOH\cdot(Fe_2O_3\cdot nH_2O)$), гетит (α-FeOOH), сидерит ($FeCO_3$) и лепиидокрокит (γ-FeOOH) переходят, соответственно, в соединения гематита (α-Fe_2O_3) и маггемита (γ- Fe_2O_3).

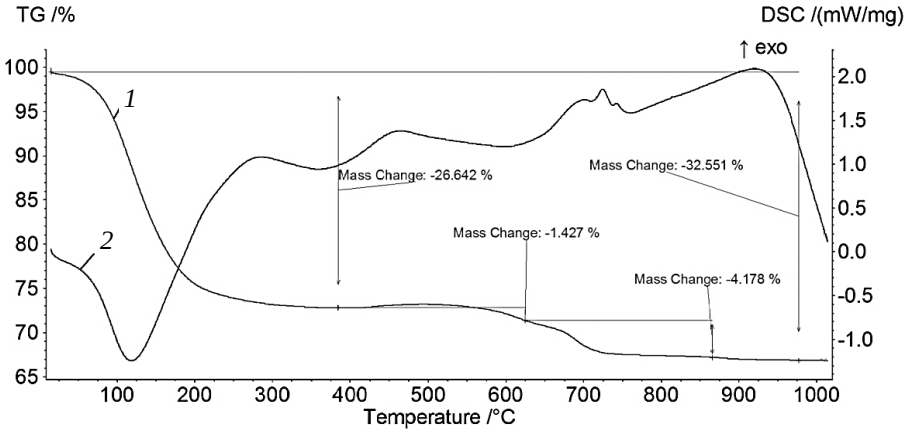


Рис. 3. Термограмма осадка станции обезжелезивания:
1 – термогравиметрия (TG); *2* – дифференциальная сканирующая калориметрия (DSC)

Согласно экспериментальным данным по химическому и фракционному составу, осадок станции обезжелезивания обладает следующими свойствами:

– стабильный химический состав (массовая доля Fe_2O_3 составляет около 70 %);

– стабильный гранулометрический состав (≈ 87 % частиц от общего объёма имеют размеры менее 20 мкм);

– низкая себестоимость. В настоящее время осадок является техногенным отходом.

Указанные свойства позволяют рассматривать осадок станции обезжелезивания в качестве сырьевой базы для производства порошковых материалов для аддитивных технологий.

Основные этапы технологического процесса включают: извлечение железосодержащего осадка из промывных вод станций обезжелезивания, обезвоживание, нагрев до температуры 450–900 °С и восстановление железа в среде разогретого монооксида углерода (CO) (рис. 4).

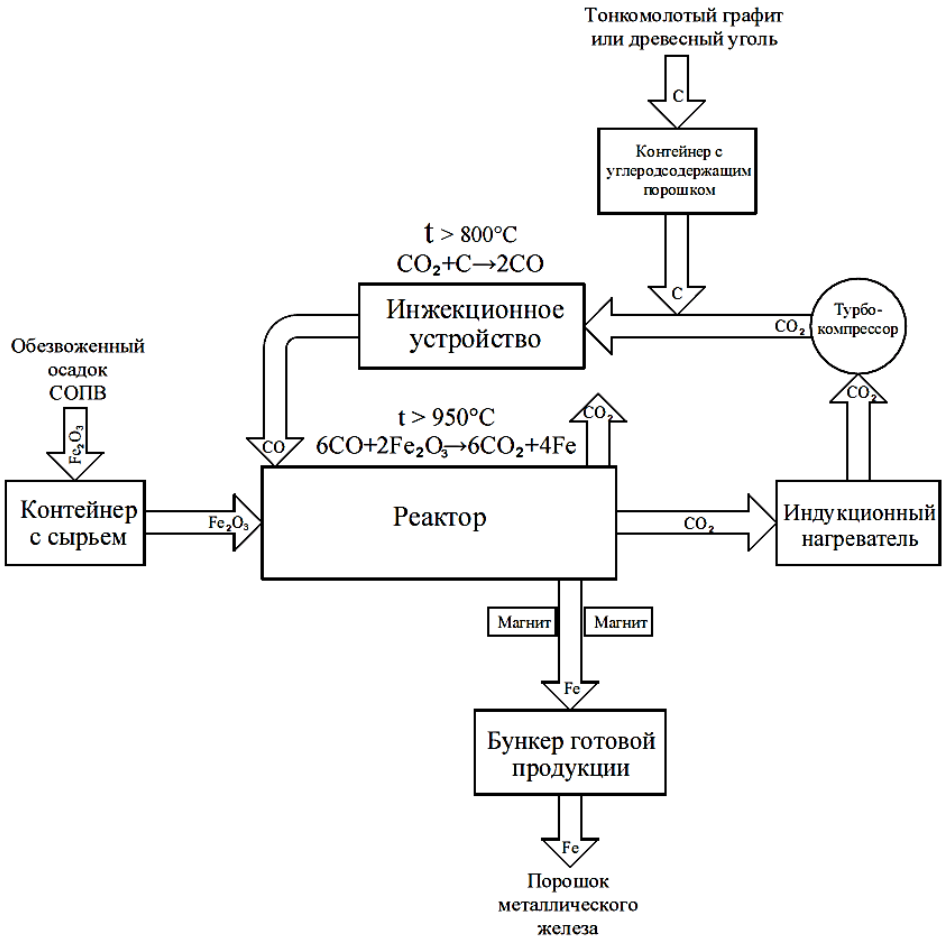


Рис. 4. Технологическая схема получения порошка металлического железа из осадка станции обезжелезивания

При разработке технологического процесса важно обеспечить максимально полное протекание реакции, а также энергоэффективность за счёт рекуперации тепловой энергии. Исходя из предложенной концепции углекислый газ (CO_2) будет нагреваться в нейтральной среде индукционным элементом до температуры 800–1000 °С. Это условие необходимо для наиболее полного протекания дальнейших химических реакций. После этого углекислый газ насыщается углеродсодержащим порошком (тонкомолотый графит или древесный уголь), и в инжекционном устройстве идет процесс получения угарного газа для дальнейшего технологического процесса по уравнению

$$CO_2 + C \xrightarrow{t>800\ ^\circ C} 2CO \qquad (1)$$

Далее разогретый угарный газ подаётся в камеру реактора, работающую по принципу воздушного циклона. Данный физический эффект используется для полного и равномерного перемешивания порошкообразного шлама в газовой среде.

Из контейнера с сырьем обезвоженный осадок станции обезжелезивания подземных вод (СОПВ) поступает в реактор, в котором происходит восстановление железа по уравнению

$$6CO + 2Fe_2O_3 \xrightarrow{t>950\ ^\circ C} 6CO_2 + 4Fe \qquad (2)$$

Отбор восстановленного железа происходит на выходе из реактора. Часть оксида железа из осадка СОПВ может не вступить в реакцию с монооксидом углерода. Кроме оксида железа в осадке присутствует 18–42 % других компонентов (см. табл. 1). Необходимо исключить попадание в бункер готовой продукции побочных продуктов.

Сотрудниками Донского государственного технического университета установлено, что использование электромагнитных полей позволяет отделить порошки магнитных материалов от немагнитной фракции и получить продукты высокой чистоты [17]. Метод основан на принципе, что оксид железа не является ферромагнетиком, а значит, не будет вовлекаться магнитом в бункер готовой продукции. Отбор восстановленного порошка металлического железа осуществляется в отдельный бункер посредством цикличной работы электромагнита. Данный способ позволяет обеспечить достаточную чистоту конечного продукта.

Образовавшийся в процессе реакции (2) углекислый газ поступает в индукционный нагреватель. Непрерывное движение газовой смеси внутри установки осуществляется за счет работы турбокомпрессора.

Заключение

В результате проведенных исследований определен химический и фракционный состав осадка станции обезжелезивания Велижанского водозабора (г. Тюмень). Стабильный химический состав осадка, характеризующегося высоким содержанием Fe_2O_3, однородным гранулометрическим составом с преобладанием частиц размером менее 20 мкм, низкой себестоимостью сырья, позволяет рассматривать осадок станции обезжелезивания в качестве альтернативного сырьевого источника для производства металлопорошков для аддитивных технологий. Разработанная технологическая схема получения порошка металлического

железа из осадка станции обезжелезивания учитывает все значимые физические и химические параметры техногенного сырья и может быть масштабирована для реального внедрения.

Библиографический список

1. *Доклад об экологической ситуации* в Тюменской области в 2018 году. URL: https://admtyumen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11653171@cmsArticle (дата обращения: 06.02.2020).
2. *Лукашевич О.Д., Патрушев Е.И., Филичев С.А.* Кондиционирование состава маломинерализованных железосодержащих подземных вод // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 2. С. 158–170.
3. *Munter R., Ojaste H., Sutt J.* Complexed iron removal from groundwater. Journal of Environmental Engineering. 2005. V. 131. № 7. P. 1014–1020.
4. *Москвичева Е.В., Сахарова А.А., Москвичева А.В., Геращенко А.А., Катеринин К.В., Шишенин Д.С., Иванников Е.О.* Повышение экологической безопасности станции обезжелезивания // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47 (66). С. 270–281.
5. *Аверина Ю.М., Павлов Д.В., Вараксин С.О.* Обезжелезивание воды с замкнутым циклом водопользования // Вода: химия и экология. 2011. № 2. С. 18–22. URL: http://watchemec.ru/article/23446/
6. *Popov V.K., Pasechnik E.Yu., Karmanova A.* Recycling of iron-containing deposits – the main way to increase the efficiency of waterprotective measures on the territory of the Tom lower course // MATEC Web of Conferences. 2016. V. 85. 01013. URL: https://doi.org/10.1051/matecconf/2016 8501013.
7. *Meng L., Chan Y., Wang H., Dai Y., Wang X., Zou J.* Recycling of iron and silicon from drinking water treatment sludge for synthesis of magnetic iron oxide@SiO_2 composites // Environmental Science and Pollution Research. 2016. V. 23. P. 5122–5133. URL: https://doi.org/10.1007/s11356-015-5742-6.
8. *Zou J.L., Xu G.R., Li G.B.* Ceramsite obtained from water and wastewater sludge and its characteristics affected by Fe_2O_3, CaO and MgO // J Hazard Mater. 2009. V.165. P. 995–1001. URL: https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.10.113.
9. *Усова Н.Т., Лукашевич О.Д.* Получение пигментов из железосодержащих шламов водоподготовки для использования в строительной отрасли // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 4 (45). С. 198–207.
10. *Лукашевич О.Д.* Получение цветного бетона с использованием пигментов из железосодержащих шламов водоподготовки // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 5. С. 127–137.
11. *Усова Н.Т., Лотов В.А., Лукашевич О.Д.* Водостойкие безавтоклавные силикатные строительные материалы на основе песка, жидкостекольных композиций и шламов водоочистки // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2013. № 2. С. 276–284.
12. *Пат. 2610603, Российская Федерация*. Керамическая масса на основе глины с добавлением осадка станций обезжелезивания / Л.И. Максимов, С.В. Максимова, А.В. Пешева, М.В. Кудоманов, С.С. Радаев, Бюл. № 5 от 14.02.2017.
13. *Сундукова Е.Н., Шешегова И.Г.* Проблемы ресурсосбережения в процессах обезжелезивания подземных вод // Фундаментальные исследования. 2016. № 12. С. 542–546.
14. *Лукашевич О.Д., Усова Н.Т.* Сорбент из железистого шлама для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. Т. 20. № 1. С. 148–159. URL: https://doi.org/10.31675/1607-1859-2018-20-1-148-159.
15. *Залазинский Г.Г., Щенникова Т.Л., Кишкопаров Н.В., Жидовинова С.В., Золотухина Л.В., Гельчинский Б.Р.* О получении металлических порошков методами диспергирования расплава и газофазного синтеза // Физическая химия и технология в металлургии : сб., посв. 60-летию ИМЕТ УрО РАН. Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук. Екатеринбург, 2015. С. 374–383.

16. *Усова Н.Т., Кутугин В.А., Лотов В.А., Лукашевич О.Д.* Композиционные материалы на основе высокожелезистого шлама водоподготовки // Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 319. № 3. С. 36–39.
17. *Vernigorov Yu., Lebedev V., Chunakhova L.* Selection of non-magnetic fraction from the slime wastes of metal production in the electromagnetic field // MATEC Web of Conferences. 2019. V. 297. 04002. URL: https://doi.org/10.1051/matecconf/201929704002.

REFERENCES

1. Doklad ob ekologicheskoi situatsii v Tyumenskoi oblasti v 2018 godu [Report on the environmental situation in the Tyumen region in 2018]. Available: https://admtyumen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11653171@cmsArticle (accessed February 2, 2020). (rus)
2. *Lukashevich O.D., Patrushev E.I., Filichev S.A.* Konditsionirovanie sostava malomineralizovannykh zhelezosoderzhashchikh podzemnykh vod [Conditioning of low-mineralized iron-containing underground water]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Journal of Construction and Architecture*. 2017. No. 2. Pp. 158–170. (rus)
3. *Munter R., Ojaste H., Sutt J.* Complexed iron removal from groundwater. *Journal of Environmental Engineering*. 2005. V. 131. No. 7. Pp. 1014–1020.
4. *Moskvicheva E.V., Sakharova A.A., Moskvicheva A.V., et al.* Povyshenie ekologicheskoi bezopasnosti stantsii obezzhelezivaniya [Improving the environmental safety of the deferrization station]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2017. V. 47 (66). Pp. 270–281. (rus)
5. *Averina Yu.M., Pavlov D.V., Varaksin S.O.* Obezzhelezivanie vody s zamknutym tsiklom vodopol'zovaniya [Iron removal in closed cycle water management]. *Water: Chemistry and Ecology*. 2011. No. 2. Pp. 18–22. http://watchemec.ru/en/article/23446/ (rus)
6. *Popov V.K., Pasechnik E.Yu., Karmanova A.* Recycling of iron-containing deposits – the main way to increase the efficiency of waterprotective measures on the territory of the Tom lower course. *MATEC Web of Conferences*. 2016. V. 85. 01013. https://doi.org/10.1051/ matecconf/2016 8501013
7. *Meng L., Chan Y., Wang H., Dai Y., Wang X., Zou J.* Recycling of iron and silicon from drinking water treatment sludge for synthesis of magnetic iron oxide@SiO2 composites. *Environmental Science and Pollution Research*. 2016. V. 23. Pp. 5122–5133. https://doi.org/10.1007/s11356-015-5742-6
8. *Zou J.L., Xu G.R., Li G.B.* Ceramsite obtained from water and wastewater sludge and its characteristics affected by Fe2O3, CaO and MgO. *Journal of Hazardous Materials*. 2009. V. 165. Pp. 995–1001. Available: https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.10.113
9. *Usova N.T., Lukashevich O.D.* Poluchenie pigmentov iz zhelezosoderzhashchikh shlamov vodopodgotovki dlya ispol'zovaniya v stroitel'noi otrasli [Pigments produced from iron-containing sludge and their use in construction industry]. Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building. 2014. No. 4 (45). Pp. 198-207. (rus)
10. *Lukashevich O.D.* Poluchenie tsvetnogo betona s ispol'zovaniem pigmentov iz zhelezosoderzhashchikh shlamov vodopodgotovki [Concrete pigmented with iron-oxide pigments obtained from sewage sludge]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2015. No. 5. Pp. 127–137. (rus)
11. *Usova N.T., Lotov V.A., Lukashevich O.D.* Vodostoikie bezavtoklavnye silikatnye stroitel'nye materialy na osnove peska, zhidkostekol'nykh kompozitsii i shlamov vodoochistki [Waterproof autoclaveless silicate building materials based on sand, soluble glass compositions and water-purification mud]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2013. No. 2. Pp. 276–284. (rus)
12. *Maksimov L.I., Maksimova S.V., Pesheva A.V., Kudomanov M.V., Radaev S.S.* Keramicheskaya massa na osnove gliny s dobavleniem osadka stantsii obezzhelezivaniya [Ceramic mixture based on clay with addition of sediments from iron removal stations]. Patent Rus. Fed. N 2610603. 2017. 5 p. (rus)
13. *Sundukova E.N., Sheshegova I.G.* Problemy resursosberezheniya v protsessakh obezzhelezivaniya podzemnykh vod [Resource issues in the process of underground water iron removal]. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2016. No. 12. Pp. 542–546. (rus)

14. *Lukashevich O.D., Usova N.T.* Sorbent iz zhelezistogo shlama dlya ochistki stochnykh vod ot ionov tyazhelykh metallov [Iron sludge sorbing agent for sewage purification from heavy metal ions]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Journal of Construction and Architecture*. 2018. V. 20. No. 1. Pp. 148–159. https://doi.org/10.31675/1607-1859-2018-20-1-148-159 (rus)
15. *Zalazinskii G.G., Shchennikova T.L., Kishkoparov N.V., Zhidovinova S.V., Zolotukhina L.V., Gel'chinskii B.R.* O poluchenii metallicheskikh poroshkov metodami dispergirovaniya rasplava i gazofaznogo sinteza [Production of metal powder by dispersion methods and gas-phase synthesis]. In: Fizicheskaya khimiya i tekhnologiya v metallurgii: sb., posv. 60-letiyu IMET UrO RAN (*Coll. Papers 'Physical Chemistry and Technology in Metallurgy'*). Ekaterinburg, 2015. Pp. 374–383. (rus)
16. *Usova N.T., Kutugin V.A., Lotov V.A., Lukashevich O.D.* Kompozitsionnye materialy na osnove vysokozhelezistogo shlama vodopodgotovki [Composite materials based on highly iron sludge for water treatment]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*. 2011. V. 319. No. 3. Pp. 36–39. (rus)
17. *Vernigorov Yu., Lebedev V., Chunakhova L.* Selection of non-magnetic fraction from the slime wastes of metal production in the electromagnetic field. *MATEC Web of Conferences*. 2019. V. 297. 04002. https://doi.org/10.1051/matecconf/201929704002

Сведения об авторах

Максимов Лев Игоревич, аспирант, Тюменский индустриальный университет, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38, maksimovli@tyuiu.ru

Миронов Виктор Владимирович, докт. техн. наук, профессор, Тюменский индустриальный университет, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38, mironovvv@tyuiu.ru

Authors Details

Lev I. Maksimov, Research Assistant, Tyumen State Oil and Gas University, 38, Volodarskii Str., 625000, Tyumen, Russia, maksimovli@tyuiu.ru

Viktor V. Mirinov, DSc, Professor, Tyumen State Oil and Gas University, 38, Volodarskii Str., 625000, Tyumen, Russia, mironovvv@tyuiu.ru

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

УДК 624.21 DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-174-184

С.Ю. ПОЛЯКОВ,
Сибирский государственный университет путей сообщения

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МОСТОВ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ХАРАКТЕРА РАБОТЫ ОДЕЖДЫ ЕЗДОВОГО ПОЛОТНА

Одежда ездового полотна автодорожных мостов – элемент, в течение срока службы воспринимающий миллионы циклов приложения подвижной нагрузки. Поэтому для нее нередко на первый план выходят дефекты усталостного характера, связанные не с недостаточной прочностью, а с малой выносливостью асфальтобетона – нисходящие трещины, возникающие после нескольких лет эксплуатации. Недопущение их появления является актуальной задачей, поскольку их развитие сопряжено с более серьезными неисправностями. Поэтому целью настоящей работы являлось повышение бездефектного срока эксплуатации асфальтобетонного покрытия путем совершенствования методики проектирования конструкции одежды ездового полотна. Для ее достижения выполнен расчет данного элемента на выносливость в широком температурном диапазоне – определены напряженно-деформированное состояние материала при воздействии транспортных средств и уровень напряжений, при котором асфальтобетон способен воспринять необходимое количество циклов приложения нагрузки, выявлена необходимость существенного увеличения жесткости проезжей части. С целью снижения напряжений в покрытии до требуемого уровня рассмотрено несколько способов и оценена их эффективность. Также обозначены проблемы, требующие решения для дальнейшего развития методики расчета одежды ездового полотна и применения ее на практике.

Ключевые слова: мост; пролетное строение; ортотропная плита; одежда ездового полотна; асфальтобетон; напряженно-деформированное состояние; выносливость.

Для цитирования: Поляков С.Ю. Совершенствование конструкции проезжей части металлических мостов с учетом особенностей характера работы одежды ездового полотна // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 2. С. 174–184.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-174-184

© Поляков С.Ю., 2020

S.Yu. POLYAKOV,
Siberian State Transport University

IMPROVEMENT OF METAL BRIDGE ROADWAY STRUCTURE DEPENDING ON DECK PAVEMENT OPERATING BEHAVIOR

The bridge pavement perceives millions of live load application cycles during its service life. Therefore, fatigue defects often occur in asphalt. These defects are associated with insufficient fatigue strength, for example, top-bottom cracks that appear after several years of operation and grow from top to bottom. These cracks cause more serious defects. It is necessary to prevent their occurrence. The **purpose** of this article is to increase the asphalt service life on bridge superstructures by developing the pavement design method. To achieve this goal, the pavement fatigue strength is analyzed. Firstly, asphalt stress-strain state is determined under the heavy load. Secondly, a safe stress level is prescribed. At this stress level, asphalt receives the required load cycles without failure. A significant increase in the orthotropic steel deck stiffness is determined to be necessary. The **practical significance** is the analysis of several ways to reduce asphalt stresses to the required level. The effectiveness of these methods is evaluated. New problems are identified that will enable the development of the computation method for the bridge pavement and its practical applications. The **originally** includes the pavement fatigue strength analysis on road bridges with regard to the temperature influence on the asphalt fatigue strength.

Keywords: bridge; superstructure; orthotropic steel deck; pavement; asphalt; stress-strain state; fatigue strength.

For citation: Polyakov S.Yu. Sovershenstvovanie konstruktsii proezzhei chasti metallicheskikh mostov s uche-tom osobennostei kharaktera raboty odezhdy ezdovogo polotna [Improvement of metal bridge roadway structure depending on deck pavement operating behavior]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2020. V. 22. No. 2. Pp. 174–184. DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-174-184

Введение

Согласно Постановлению Правительства РФ № 658 от 30.05.2017 г., межремонтные сроки эксплуатации автомобильных дорог федерального значения с усовершенствованным типом покрытия (к которому относится и одежда ездового полотна мостов на федеральных трассах) увеличены до 12 лет, а сроки между капитальными ремонтами – до 24 лет. При этом по результатам наблюдений первые дефекты в асфальтобетоне, уложенном на ортотропную плиту пролетного строения, проявляются существенно раньше – уже в первые несколько лет эксплуатации [1, 2]. Как правило, это продольные и поперечные трещины в местах наибольшей локальной жесткости проезжей части (над стенками главных и, реже, поперечных балок). Недопущение возникновения подобных дефектов в дальнейшем является актуальной задачей, требующей решения.

Цель настоящей работы – увеличение бездефектного срока эксплуатации асфальтобетонного покрытия на ортотропной плите металлических мостов путем совершенствования методики проектирования конструкции ездового полотна. Для ее достижения были поставлены следующие задачи:

– анализ работоспособности имеющихся материалов типовых конструкций ездового полотна;

– определение напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкции одежды ездового полотна на ортотропной плите и сравнение расчетных значений силовых факторов с предельными для рассматриваемого материала;

– разработка и анализ мер по продлению срока службы асфальтобетонного покрытия.

Исследования характера работы одежды ездового полотна на ортотропной плите за рубежом берут свое начало еще в конце 1950-х гг. [3]. Длительные обширные наблюдения за поведением покрытия на внеклассных мостах показали наличие прямой зависимости состояния асфальтобетона от жесткости элементов проезжей части [1], чем подтверждается тезис об определяющем влиянии деформаций основания на НДС одежды ездового полотна [4]. Данный факт нашел свое отражение в зарубежной нормативной документации путем ограничения минимальной жесткости ортотропной плиты [1,2].

В отечественной нормативной документации в области проектирования мостов учету особенностей характера работы одежды ездового полотна на искусственных сооружениях уделено намного меньше внимания, о чем подробнее сказано в работе [5]. Подобные упомянутым дефекты возникали и на мостах других стран, где трещины также отмечены над стенками продольных коробчатых ребер жесткости [6, 7].

Безусловно, нельзя говорить, что исследований характера работы одежды ездового полотна на искусственных сооружениях в нашей стране не проводится. Данное направление активно развивается И.Г. Овчинниковым с соавторами – О.Н. Распоровым, И.И. Овчинниковым, Е.Д. Ильченко, А.В. Покровским, В.Н. Морозовым, О.А. Деревякиным [8, 9]. Им же совместно с А.Г. Щербаковым, Г.А. Наумовой и А.В. Бочкаревым изучались проблемы расчета многослойных конструкций одежды ездового полотна на мостах при совместном действии нагрузки, температуры и агрессивной хлоридсодержащей среды [10]. Р.А. Каюмовым, И.В. Гришиным и Г.П. Ивановым выполнялась оценка температурных напряжений в покрытии на ортотропной плите [11]. Специалистами АО «Институт Стройпроект» под руководством Н.Н. Беляева изучались причины возникновения трещин в асфальтобетоне на мостах КАД г. Санкт-Петербурга в зимний период [4]. М.А. Телегиным в диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук [1] рассмотрены особенности совместной работы одежды ездового полотна и металлоконструкций пролетного строения.

При этом обозначенная в статье проблема в нашей стране все еще проработана не в полной мере, особенно в сравнении с достигнутыми результатами за рубежом и их внедрением в инженерную практику. Подходы отечественных ученых отличаются разнообразием, но исследования, как правило, являются обособленными друг от друга и не в полной мере учитывают уже имеющийся опыт; специализированные методики расчета одежды ездового полотна на мостах отсутствуют; дефекты как возникали, так и продолжают возникать.

---

[1] Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 2: Steel Bridges. URL: https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/12/en.1993.2.2006.pdf (дата обращения: 21.02.2019).

[2] Manual for design, construction, and maintenance of orthotropic steel deck bridges. US Department of Transportation Federal Highway Administration. 2012. 291 p.

Это послужило причинами для проводимой в настоящее время разработки способа расчета покрытия на ортотропной плите. В его основе, так же как в работе [1], лежит предположение о возникновении рассматриваемых трещин как следствии неспособности асфальтобетона воспринимать воздействие транспортных средств (ТС). При этом предлагается учитывать влияние температуры на механические характеристики рассчитываемого материала и перейти от проверки на прочность к проверке на выносливость, т. к. подобные дефекты, как правило, не образуются сразу, а являются результатом постепенного накопления микроповреждений при многократном приложении нагрузки.

Методы исследования

Расчет на выносливость подразумевает ограничение возникающих напряжений таким уровнем, при котором материал воспринимает требуемое количество циклов приложения нагрузки без разрушения. Применительно к асфальтобетону данную величину можно определить несколькими способами, которые относятся к трем различным группам. Первая из них основана на непосредственном подсчете количества циклов до наступления предельного состояния, вторая – на исследовании диссипации энергии в ходе испытания, третья – на методах механики разрушения [12–16]. В нашей стране в настоящее время наиболее распространены способы, относящиеся к первой группе, на них же основываются и положения зарубежных нормативов.

Подобные испытания для асфальтобетона проводились О.В. Дровалевой [17]. Определялась выносливость асфальтобетона типа Б при различной величине напряжений в зависимости от температуры, изменяющейся в диапазоне от –10 до +25 °С. При этом условия испытания для каждого образца были неизменными. В реальности покрытие на мосту подвергается нагружениям в различных климатических условиях, из-за чего единичный проезд одной и той же нагрузки при разных температурах вызовет различную долю повреждений в материале.

Учесть факт зависимости выносливости от температуры позволяет правило Пальмгрена – Майнера о линейном суммировании повреждений, возможность применения которого при расчете нежестких дорожных одежд на земляном полотне отмечалась Б.С. Радовским [18] и Е.В. Угловой [19]. Вариант адаптации данного правила применительно к условиям работы одежды ездового полотна на искусственном сооружении выполнен в одной из прошлых работ [20]. Условие обеспечения достаточной выносливости асфальтобетона в течение заданного срока службы в этом случае имеет вид

$$d = \frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + 2\frac{n_3}{N_3} \le 1, \qquad (1)$$

где d – накопленная поврежденность материала после требуемого количества циклов приложения нагрузки; $n_{1,2,3}$ – количество циклов загружения покрытия в зимний, летний и переходной периоды; $N_{1,2,3}$ – предельное количество циклов до разрушения в зимний, летний и переходной периоды.

Чтобы определить предельное количество циклов, которое может выдержать асфальтобетон до разрушения, необходимо знать, какие напряжения

возникают в нем при воздействии нагрузки. При этом асфальтобетон – упруго-вязко-пластичный материал, и температура будет влиять не только на его выносливость, но и на НДС покрытия через изменение значений модуля деформации и коэффициента Пуассона.

Характер деформирования асфальтобетона в различных условиях является предметом исследования многих ученых, среди которых Papazian, M. Witczak, Van der Poel, T. Hirsch, D. Christensen, T. Pellinen, R. Bonaquist, Al-Khateeb, Н.Н. Иванов, Н.Н. Беляев, Г.Н. Кирюхин, Б.С. Радовский, Б.Б. Телтаев, В.А. Золотарев, А.М. Кириллов, М.А. Завьялов, А.Г. Щербаков, И.Г. Овчинников и др. [4, 10, 21–25]. Для расчета значений механических характеристик асфальтобетона может быть использована комплексная расчетная модель, которая прошла апробацию на практике и показала удовлетворительную сходимость ожидаемых результатов с полученными в ходе эксперимента [26].

Ранее проведена оценка выносливости типичной одежды ездового полотна на искусственном сооружении с ортотропной плитой проезжей части [20]. Схема поперечного сечения пролетного строения приведена на рис. 1.

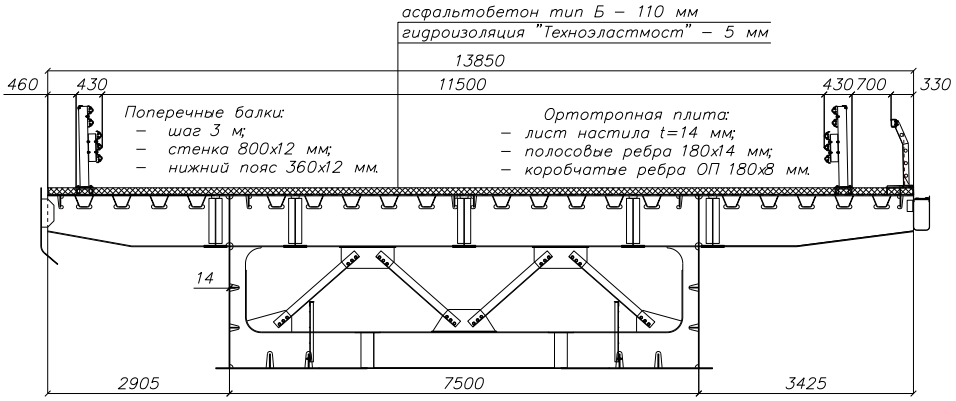


Рис. 1. Поперечное сечение пролетного строения

В результате расчетов установлено, что сумма поврежденностей, накопленных асфальтобетоном за планируемый срок службы, существенно больше единицы, соответственно, условие обеспечения выносливости не выполнено. Необходимо изменение конструкции с целью снижения напряжений в покрытии. Достичь этого можно несколькими способами.

Первый, наиболее простой и очевидный – это увеличение толщины покрытия. Расчеты показывают, что добиться требуемого снижения напряжений можно, лишь доведя этот параметр до 26,5 см. Тогда значения максимальных поперечных растягивающих напряжений в покрытии: при температуре (–10 °С) – 0,56 МПа, при +10 °С – 0,49 МПа, при +25 °С – 0,33 МПа. На основании этого с использованием экспериментальных данных О.В. Дровалевой [17] определено количество циклов, которое сможет воспринять асфальтобетон до разрушения на рассматриваемой конструкции (рис. 2). Подставив полученные данные в формулу (1), оценим поврежденность материала за весь срок службы:

$$d = \frac{375000}{10000000} + \frac{375000}{900000} + 2\frac{375000}{2100000} = 0{,}811 < 1.$$

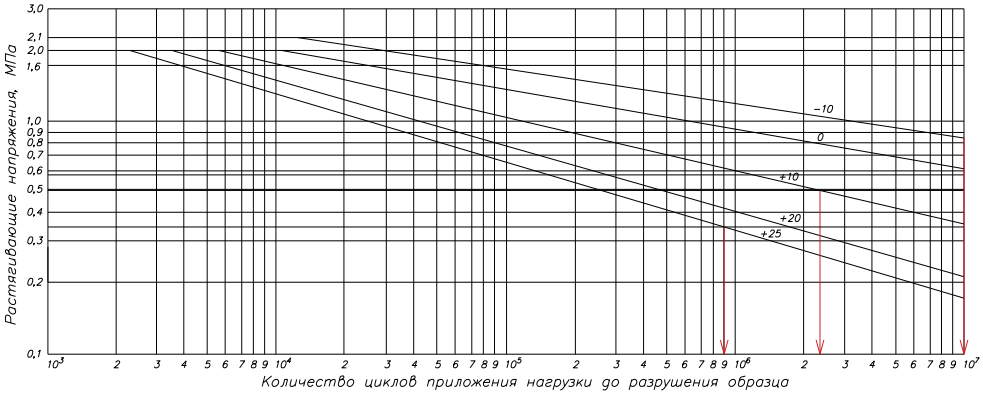


Рис. 2. Выносливость асфальтобетона на рассматриваемом сооружении с увеличенной толщиной одежды ездового полотна [17]

Более чем двукратное увеличение толщины одежды ездового полотна по сравнению с исходной величиной приведет к существенному увеличению постоянной нагрузки на сооружение и поэтому не может рассматриваться как действенный и эффективный метод снижения напряжений. Поэтому в качестве второго способа принято местное увеличение жесткости ортотропной плиты в соответствии с рекомендациями [1]. Измененные геометрические характеристики элементов проезжей части, при которых покрытие способно воспринять необходимое количество циклов воздействия нагрузки, изображены на рис. 3. Отметим, что толщина центральных коробчатых ребер увеличена до 10 мм с целью снижения продольных растягивающих напряжений в асфальтобетоне над стенками поперечных балок. С учетом этого поврежденность материала за весь планируемый срок службы составила

$$d = \frac{375000}{6600000} + \frac{375000}{1900000} + 2\frac{375000}{1000000} = 1{,}0 = 1.$$

Снижение шага расположения поперечных балок с 3 до 2 м только для уменьшения напряжений в асфальтобетоне не выглядит оправданным, т. к. поперечные балки устанавливаются с целью распределения нагрузки между главными несущими элементами, а не обеспечения достаточной жесткости проезжей части. Поэтому в качестве третьего способа рассмотрено иное инженерное решение, не связанное с изменением размеров элементов, но увеличивающее местную жесткость ортотропной плиты у стенок главных балок путем постановки дополнительных полудиафрагм (рис. 4) [27]. Отметим, что с целью снижения продольных растягивающих напряжений в асфальтобетоне над стенками поперечных балок толщина коробчатых стрингеров увеличена до 12 мм.

В этом случае поврежденность покрытия за планируемый срок службы составит

$$d = \frac{375000}{3000000} + \frac{375000}{2300000} + 2\frac{375000}{1000000} = 0,99 < 1.$$

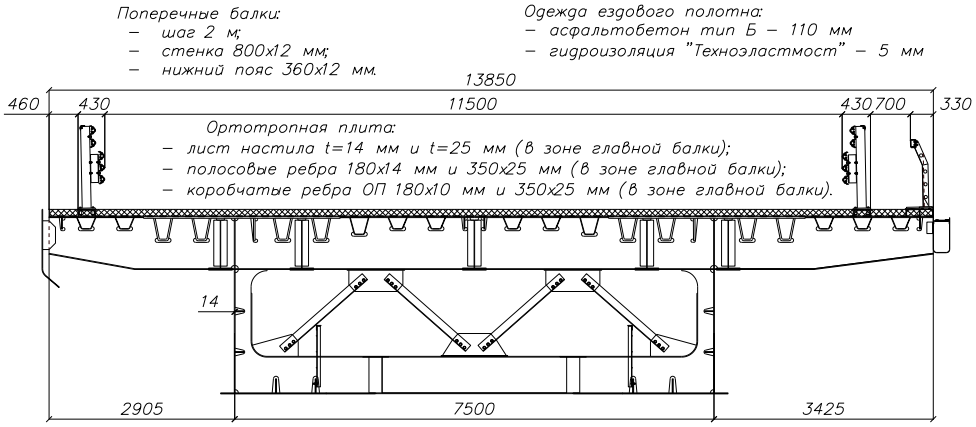


Рис. 3. Измененная конструкция ортотропной плиты

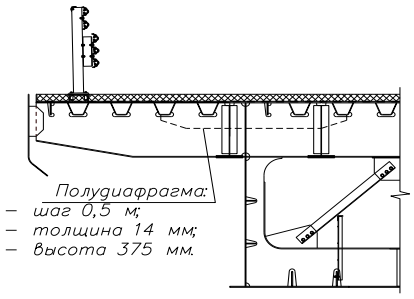


Рис. 4. Схема местного усиления ортотропной плиты полудиафрагмами

Эффективность каждого из рассмотренных способов можно оценить по требуемым затратам на погонный метр пролетного строения. Согласно [1], стоимость укладки 1 м^2 слоя одежды ездового полотна толщиной 40 мм из плотного асфальтобетона типа Б составляет 2327 р., средняя стоимость 1 т металла 15ХСНД с изготовлением и монтажом равна 205377 р. Результаты сведены в таблицу. Наиболее эффективным оказался вариант с постановкой дополнительных полудиафрагм. Кроме того, минимально и увеличение постоянной нагрузки на главные несущие элементы.

Эффективность рассмотренных способов снижения напряжений

Варианты	Вариант № 1	Вариант № 2	Вариант № 3
Объем/пог. м	2,15 м^3	1,91 т	0,553 т
Цена, за ед., руб.	58 175	205 377	205 377
Затраты, руб./м	125 076	393 237	113 573

Заключение

По результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы:

– в ходе проведенных расчетов НДС одежды ездового полотна металлического моста было установлено, что рассмотренная типичная конструкция проезжей части не в состоянии обеспечить восприятие покрытием требуемого числа воздействий подвижной нагрузки, т. е. неизбежно возникновение усталостных трещин. Об этом же свидетельствуют дефекты, возникающие в асфальтобетоне на подобных сооружениях уже через несколько лет эксплуатации;

– недостаточная жесткость конструкции ездового полотна приводит к быстрому накоплению повреждений и усталостному разрушению, что подтверждается и расчетами покрытия на выносливость;

– предложенный способ увеличения местной жесткости ортотропной плиты путем постановки дополнительных полудиафрагм приводит к снижению растягивающих напряжений в асфальтобетоне с наибольшей эффективностью. Остальные проанализированные способы чрезмерно материалоемки и приводят к значительному увеличению постоянной нагрузки на главные несущие элементы.

Библиографический список

1. *Телегин М.А.* Особенности расчета цельнометаллических пролетных строений автодорожных мостов с учетом совместной работы ортотропной плиты с главными балками и одеждой ездового полотна : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.23.11 / Телегин Максим Александрович. Омск, 2016. 213 с.
2. *Яшнов А.Н.* Проблемы назначения и эксплуатации покрытий на ортотропной плите пролетных строений металлических мостов // Материалы XLI Международной научно-практической конференции. Алматы : Казахская академия транспорта и коммуникаций (КазАТК), 2017. С. 354–358.
3. *Design Manual* for Orthotropic Steel Plate Deck Bridges. American Institute of Steel Construction. 1963. 237 с. URL: https://www.aisc.org/globalassets/aisc/publications/out-of-print/design-manual-for-orthotropic-steel-plate-deck-bridges.pdf (дата обращения: 21.02.2019).
4. *Беляев Н.Н.* Опыт численного моделирования работы асфальтобетонных покрытий на ортотропной плите // Труды первого всеросс. дорожн. конгр. Москва, 2009. С. 60–70.
5. *Яшнов А.Н., Поляков С.Ю.* Об одном способе назначения конструкции одежды ездового полотна на ортотропной плите металлических мостов // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2018. № 4 (47). С. 58–65.
6. *Xianhua Chen, Xueyan Liu, Zhendong Qian, Zhang Lei.* State-of-art of Asphalt surfacings on long-spanned orthotropic steel deck in China. URL: https://pdfs.semanticscholar.org/2053/7a40b17c3e787cdbfec5d5003a38ff9ef00b.pdf (дата обращения: 21.02.2019).
7. *Sang Luo, Qing Lu.* Condition survey and analysis of first epoxy asphalt concrete pavement on orthotropic bridges in China. A ten-year review. URL: http://qlu.myweb.usf.edu/epoxy_asphalt_manuscript_10.30.pdf (дата обращения: 21.02.19).
8. *Овчинников И.Г. и др.* Проблемы ремонта дорожной одежды на железобетонном мосту через Волгу Саратов – Энгельс // Науковедение : интернет-журнал. 2014. № 5 (24). URL: http://naukovedenie.ru/PDF/01KO514.pdf (дата обращения: 21.02.19).
9. *Овчинников И.Г. и др.* Семнадцать лет эксплуатации мостового перехода через Волгу у села Пристанное Саратовской области // Транспортные сооружения : интернет-журнал. 2017. Т. 4. № 1. URL: http://t-s.today/issues/vol4-no1.html (дата обращения: 21.02.19).
10. *Щербаков А.Г. и др.* Прикладная механика дорожных одежд на мостовых сооружениях ; Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. Волгоград : ВолгГАСУ, 2006. 220 с.
11. *Каюмов Р.А., Гришин И.В., Иванов Г.П.* К расчету покрытий металлических мостов с ортотропной плитой на температурные воздействия // Известия КГАСУ. 2011. №3 (17). С. 171–178.

12. *Mbaraga A.N., K.J. Jenkins, J Van den Heever*. Laboratory evaluation of fatigue and flexural stiffness of warm mix asphalt Flexural Stiffness of Warm Mix Asphalt // 3rd conference on Four-point Bending Beam held in the University of California, Davis, CA, USA, 2012.
13. *Бахрах Г.С.* Эволюция методов оценки выносливости асфальтобетона // Дороги и мосты. 2016. № 2 (36). С. 288–300.
14. *Кирюхин Г.Н.* Термофлуктуационная и фрактальная модель долговечности асфальтобетона // Дороги и мосты. 2014. № 1 (31). С. 247–268.
15. *Телтаев Б.Б.* Усталостная деструкция асфальтобетонного покрытия. Самоорганизация и механическое толкование // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан, 2017. № 3. С. 256–275.
16. *Yazhen Sun, Chenze Fang, Jinchang Wang, Zuoxin Ma, Yolin Ye.* Energy-Based Approach to Predict Fatigue Life of Asphalt Mixture Using Three-Point Bending Fatigue Test. URL: https://www.mdpi.com/1996-1944/11/9/1696/pdf (дата обращения: 21.02.2019).
17. *Дровалева О.В.* Усталостная долговечность асфальтобетона при воздействии интенсивных транспортных нагрузок : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.23.05 / Дровалева Ольга Валериевна. Ростов-на-Дону, 2009. 201 с.
18. *Радовский Б.С., Супрун А.С., Козаков И.И.* Проектирование дорожных одежд для движения большегрузных автомобилей. Киев : Будивэльнык, 1989. 168 с.
19. *Углова Е.В., Шило О.А.* Анализ критериев расчета нежестких дорожных одежд в условиях воздействия интенсивного транспортного потока // Транспортные сооружения : интернет-журнал. 2018. № 3. URL: https://t-s.today/PDF/14SATS318.pdf (дата обращения: 21.02.2019).
20. *Поляков С.Ю.* Проверка выносливости асфальтобетонного покрытия на ортотропной плите с учетом температурного фактора // Транспортные сооружения : интернет-журнал. 2019. № 3. DOI: 10.15862/09SATS319 (дата обращения: 29.09.2019).
21. *Радовский Б.С., Телтаев Б.Б.* Вязкоупругие характеристики битума и их оценка по стандартным показателям. Алматы : «Білім» баспасы, 2013. 152 с.
22. *Teltayev B.B., Radovskiy B.S.* Predicting thermal cracking of asphalt pavements from bitumen and mix properties // Road Materials and Pavement Design. 2017. URL: https://www.researchgate.net/publication/318430967_Predicting_thermal_cracking_of_asphalt_pavements_from_bitumen_and_mix_properties (дата обращения: 21.02.2019).
23. *Кирюхин Г.Н.* Обратимое деформирование асфальтобетона в зависимости от условий нагружения // Дороги и мосты. 2016. № 1 (35). С. 1–26.
24. *Иванов Н.Н. и др.* Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд / под редакцией Н.Н. Иванова. Москва : Транспорт, 1973. 317 с.
25. *Завьялов М.А., Кириллов А.М.* Моделирование изменения модуля упругости асфальтобетона при нагружении // Инженерно-строительный журнал. 2015. № 2. С. 70–76.
26. *Яшнов А.Н., Поляков С.Ю.* Экспериментальное определение напряженно-деформированного состояния асфальтобетонного покрытия на металлических мостах // Научный журнал строительства и архитектуры. 2018. № 2 (50). С. 82–93.
27. *Пат. 173855,* Российская Федерация. Пролетное строение моста / Л.Ю. Соловьев, Н.Е. Борисовская. Опубл. 14.09.2017.

References

1. *Telegin M.A.* Osobennosti rascheta tsel'nometallicheskikh proletnykh stroenii avtodorozhnykh mostov s uchetom sovmestnoi raboty ortotropnoi plity s glavnymi balkami i odezhdoi ezdovogo polotna. Diss. kand. tekhn. nauk. [Structural analysis of metal bridge span structures based on joint work of orthotropic steel deck with main beams and pavement. PhD Thesis]. Omsk, 2016. 213 p. (rus)
2. *Yashnov A.N.* Problemy naznacheniya i ekspluatatsii pokrytii na ortotropnoi plite proletnykh stroenii metallicheskikh mostov [Problems of application and operation of coatings on orthotropic plate of metal bridge span structures]. In: Materialy XLI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (*Proc. 41st Int. Sci. Conf.*). Almaty : KazATK, 2017. Pp. 354–358. (rus)
3. Design Manual for Orthotropic Steel Plate Deck Bridges. American Institute of Steel Construction. 1963, 237 p. Available: www.aisc.org/globalassets/aisc/publications/out-of-print/design-manual-for-orthotropic-steel-plate-deck-bridges.pdf (accessed February 21, 2019)

4. *Belyaev N.N.* Opyt chislennogo modelirovaniya raboty asfal'tobetonnykh pokrytii na ortotropnoi plite [Numerical simulation of asphalt concrete pavement on orthotropic plate]. In: Trudy pervogo vseross. dorozhn. kongressa (*Proc. 1st All-Russ. Road Congress*). Moscow, 2009. Pp. 60–70. (rus)
5. *Yashnov A.N., Polyakov S.Yu.* Ob odnom sposobe naznacheniya konstruktsii odezhdy ezdovogo polotna na ortotropnoi plite metallicheskikh mostov [Design method of deck pavement of metal bridges]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya*. 2018. No. 4 (47). Pp. 58–65. (rus)
6. *Xianhua Chen, Xueyan Liu, Zhendong Qian, Zhang Lei.* State-of-art of asphalt surfacing on long-spanned orthotropic steel deck in China. Available: https://pdfs.semanticscholar.org/2053/7a40b17c3e787cdbfec5d5003a38ff9ef00b.pdf (accessed February 21, 2019)
7. *Sang Luo, Qing Lu.* Condition survey and analysis of first epoxy asphalt concrete pavement on orthotropic bridges in China. A ten-year review. Available: http://qlu.myweb.usf.edu/epoxy_asphalt_manuscript_10.30.pdf (accessed February 21, 2019)
8. *Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I., Il'chenko E.D., Pokrovskiy A.V., Morozov V.N., Derevyakin O.A.* Problemy remonta dorozhnoi odezhdy na zhelezobetonnom mostu cherez Volgu [Problems of pavement repair of reinforced concrete bridge across the Volga Saratov – Engels]. *Naukovedenie*. 2014. No. 5 (24). Available: http://naukovedenie.ru/PDF/01KO514.pdf (accessed February 21, 2019)
9. *Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I., Rasporov O.N., Rasporov K.O.* Semnadtsat' let ekspluatatsii mostovogo perekhoda cherez Volgu u sela Pristannoe Saratovskoi oblasti [Seventeen years of operation and maintenance of the Volga river bridge crossing near the Pristannoye village, Saratov region]. *Transportnye sooruzheniya*. 2017. V. 4. No. 1. Available: http://t-s.today/issues/vol4-no1.html (accessed February 21, 2019)
10. *Shcherbakov A.G. e. a.* Prikladnaya mekhanika dorozhnykh odezhd na mostovykh sooruzheniyakh [Applied mechanics of road pavement on bridge structures]. Volgograd: VolgGASU, 2006. 220 p. (rus)
11. *Kayumov R.A., Grishin I.V., Ivanov G.P.* K raschetu pokrytii metallicheskikh mostov s ortotropnoi plitoi na temperaturnye vozdeistviya [Stress-strain state of steel bridge pavement on orthotropic slab]. *Izvestiya KGASU*. 2011. No. 3 (17). Pp. 171–178. (rus)
12. *Mbaraga A.N., Jenkins K.J., J Van den Heever*. Laboratory evaluation of fatigue and flexural stiffness of warm mix asphalt. *Proc. 3rd Conf. 'Four-Point Bending Beam'*. University of California, Davis, CA, USA, 2012.
13. *Bakhrakh G.S.* Evolyutsiya metodov otsenki vynoslivosti asfal'tobetona [Development of methods for evaluating asphalt concrete endurance]. *Dorogi i mosty*. 2016. No. 2 (36). Pp. 288–300. (rus)
14. *Kiryukhin G.N.* Termofluktuatsionnaya i fraktal'naya model' dolgovechnosti asfal'tobetona [Thermal fluctuation and fractal model of asphalt concrete durability]. *Dorogi i mosty*. 2014. No. 1 (31). Pp. 247–268. (rus)
15. *Teltaev B.B.* Ustalostnaya destruktsiya asfal'tobetonnogo pokrytiya. Samoorganizatsiya i mekhanicheskoe tolkovanie [Fatigue failure of asphalt concrete pavement. 1. Self-organization and mechanical interpretation]. *Izvestiya Natsional'noi akademii nauk Respubliki Kazakhstan*. 2017. No. 3. Pp. 256–275. (rus)
16. *Yazhen Sun, Chenze Fang, Jinchang Wang, Zuoxin Ma, Yolin Ye*. Energy-based approach to predict fatigue life of asphalt mixture using three-point bending fatigue test. Available: www.mdpi.com/1996-1944/11/9/1696/pdf (accessed February 21, 2019)
17. *Drovaleva O.V.* Ustalostnaya dolgovechnost' asfal'tobetona pri vozdeistvii intensivnykh transportnykh nagruzok. Diss. kand. tekhn. nauk. [Fatigue life of asphalt concrete under intensive transport loads. PhD Thesis]. Rostov-on-Don, 2009. 201 p. (rus)
18. *Radovskii B.S., Suprun A.S., Kozakov I.I.* Proektirovanie dorozhnykh odezhd dlya dvizheniya bol'shegruznykh avtomobilei [Pavement design for heavy vehicles]. Kiev: Budivel'nik, 1989. 168 p. (rus)
19. *Uglova E.V., Shilo O.A.* Analiz kriteriev rascheta nezhestkikh dorozhnykh odezhd v usloviyakh vozdeistviya intensivnogo transportnogo potoka [Analysis of criteria for calculating non-rigid pavements in intense traffic flow]. *Transportnye sooruzheniya*. 2018. No. 3. Available: https://t-s.today/PDF/14SATS318.pdf (accessed February 21, 2019)

20. *Polyakov S.Yu.* Proverka vynoslivosti asfal'tobetonnogo pokrytiya na ortotropnoi plite s uchetom temperaturnogo faktora [Endurance of asphalt concrete surface on n orthotropic slab under temperature factor]. *Transportnye sooruzheniya*. 2019. No. 3. DOI: 10.15862/09SATS319 (accessed September 29, 2019).
21. *Radovskii B.S., Teltaev B.B.* Vyazkouprugie kharakteristiki bituma i ikh otsenka po standartnym pokazatelyam [Viscoelastic bitumen properties and their evaluation by standard parameters]. Almaty: Bilim baspasy, 2013. 152 p. (rus)
22. *Teltayev B.B., Radovskiy B.S.* Predicting thermal cracking of asphalt pavements from bitumen and mix properties. Road Materials and Pavement Design, 2017. Available: www.researchgate.net/publication/318430967_Predicting_thermal_cracking_of_asphalt_pavements_from_bitumen_and_mix_properties (accessed February 21, 2019)
23. *Kiryukhin G.N.* Obratimoe deformirovanie asfal'tobetona v zavisimosti ot uslovii nagru-zheniya [Reversible deformation of asphalt concrete under loading conditions]. *Dorogi i mosty*. 2017. No. 35. Pp. 233–256. (rus)
24. *Ivanov N.N. e. a.* Konstruirovanie i raschet nezhestkikh dorozhnykh odezhd [Design and calculation of nonrigid pavement]. Moscow: Transport, 1973. 317 p. (rus)
25. *Zav'yalov M.A., Kirillov A.M.* Modelirovanie izmeneniya modulya uprugosti asfal'tobetona pri nagruzhenii [Modeling of change in asphalt concrete dynamic modulus]. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2015. No. 2. Pp. 70–76. (rus)
26. *Yashnov A.N., Polyakov S.Yu.* Eksperimental'noe opredelenie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya asfal'tobetonnogo pokrytiya na metallicheskikh mostakh [Experimental determination of the stress-strain state of asphalt concrete surface on metal bridges]. *Nauchnyi zhurnal stroitel'stva i arkhitektury*. 2018. No. 2 (50). Pp. 82–93. (rus)
27. *Solov'ev L.Yu., Borisovskaya N.E.* Proletnoe stroenie mosta [Bridge superstructure]. Patent Russ. Fed. N 173855. 2017. 4 p. (rus)

Сведения об авторе

Поляков Сергей Юрьевич, инженер, Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, sergey19920@mail.ru

Author Details

Sergei Yu. Polyakov, Engineer, Siberian State Transport University, 191, Koval'chuk Str., 630049, Novosibirsk, Russia, sergey19920@mail.ru

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

7 апреля 2020 г. исполняется 90 лет со дня рождения Геннадия Маркеловича Рогова – ученого, педагога и руководителя, на протяжении 37 лет возглавлявшего на посту ректора Томский государственный архитектурно-строительный университет.

Геннадий Маркелович был личностью во многом уникальной.

Он был признанным главой одной из ведущих школ гидрогеологов, из которой вышло несколько десятков кандидатов и докторов наук. Школа была признана в России, ее знали за рубежом.

Геннадий Маркелович был великолепным организатором высшей школы. Быть ректором 37 лет – это свидетельство признания. Когда Г.М. Рогов пришел в вуз, ТИСИ был на начальном этапе своего развития. За время работы ректором Томского инженерно-строительного института (ныне архитектурно-строительного университета) ему удалось создать многоуровневую работоспособную команду, наметить стратегию развития вуза и успешно реализовать ее. В 1968 году, когда Г.М. Рогов стал ректором, он был единственным в вузе доктором наук, а многие кафедры возглавляли преподаватели без ученой степени. За время работы ректором Г.М. Рогов неоднократно «проходил аттестацию» на совете вуза и всегда получал единодушную поддержку.

О признании Г.М. Рогова как ученого и Учителя говорят его отношения с многочисленным отрядом учеников. Деловые и теплые человеческие отношения поддерживались не только с теми, кто под его руководством стал доктором или кандидатом наук, но и с выпускниками ТГАСУ и ТПУ – строителями, гидрогеологами, руководителями предприятий и фирм, работниками органов власти.

Авторитет Геннадия Маркеловича подтверждается еще и тем, что он в таком крупнейшем в России научно-образовательном центре, как Томск, был много лет председателем Совета ректоров вузов Томской области. Свидетельством его признания является также и то, что он с момента создания Союза ректоров России до последних дней своей жизни был его вице-президентом. Он пользовался уважением среди всех, кто его знал. Это были и студенты, и преподаватели, и выпускники, и ученые, и представители власти. И хотя все говорили о нем по-разному, но у всех была одна общая фраза: «Геннадий Маркелович – это Человек!» Это слово произносилось так, что писать его можно только с большой буквы. И это самое главное в его личности. В той гармонии,

которая в нем сочеталась: ученый – педагог – организатор, самым главным было: «он глубоко порядочный, умный, талантливый человек».

Просто так нельзя стать таким человеком, каким был Геннадий Маркелович. Для этого нужно призвание. Одна из составляющих таланта руководителя – это чувство самоконтроля. У Геннадия Маркеловича оно было. Другая составляющая таланта состоит в том, чтобы постоянно следить за изменениями в нашей сложной, быстро меняющейся жизни и вовремя, адекватно на эти изменения реагировать. И это он мог. Талант многогранен. И все грани таланта Геннадия Маркеловича яркие. С талантом нужно родиться. А уж если этот талант настоящий, то он сам себя и других будет воспитывать и развивать.

Геннадий Маркелович был подлинным лидером, за которым осознанно, а не по принуждению шли коллеги.

О признании Геннадия Маркеловича Рогова говорят как общественное признание, так и многочисленные звания и награды. Вот только некоторые из них: медаль маршала И.Н. Кожедуба; орден Почета; звания: «Заслуженный деятель науки и техники РСФСР»; «Почетный строитель России»; «Почетный работник высшего профессионального образования РФ»; «Почетный член Российской академии архитектуры и строительных наук»; «Почетный профессор Международной ассоциации строительных высших учебных заведений».

Основное содержание его научных работ изложено в статьях и монографиях, ценность которых не устаревает. Специалисты-гидрогеологи разберутся в этом наследии сами. Следует только отметить комплексность подхода, который учитывает не только чисто промышленные цели, но и исследует экологические проблемы, неизбежно сопутствующие промышленным.

И сегодня научное наследие Геннадия Маркеловича Рогова, его многогранная деятельность крупного ученого, педагога, авторитетного организатора высшей школы, замечательного Человека не утратили своей актуальности.

Л.С. Ляхович,
доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки и техники,
академик РААСН