

Томский государственный
архитектурно-строительный университет

ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА

№ 5 2019
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ляхович Л.С., докт. техн. наук, профессор, академик РААСН, 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; vvg-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
Князя 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
Кумляк 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

ВЕСТИНИК ТГАСУ № 5 – 2019

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 24.10.2019. Формат 70×108/16. Гарнитура Таймс.
Уч.-изд. л. 15,84. Усл. печ. л. 18,81. Тираж 200 экз.
Зак. № 205.

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, 2019

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

VESTNIK
TOMSKOGO GOSUDARSTVENNOGO
ARKHITEKTURNO-STROITEL'NOGO UNIVERSITETA

JOURNAL

OF CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Volume 21

№ 5 2019
SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

Published since April 1999

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

EDITORIAL STAFF

1. Lyakhovich L.S., DSc, Professor, RAACS Academician, Chief Editor, Head of Structural Mechanics Dept., TSUAB; lls@tsuab.ru, Tomsk, Russia
2. Akimov P.A., DSc, Professor, RAACS Academician, RAACS Chief Academic Secretary; pavelakimov@gmail.com, Moscow, Russia
3. Belostotskii A.M., DSc, Professor, RAACS Corresponding Member, Director General Research Center StaDiO; amb@stadyo.ru, Moscow, Russia
4. Bondarenko I.A., DSc, Professor, RAACS Academician, Director Scientific Research Institute of Theory and History of Architecture and Urban Planning, Branch of the Central Institute for Research and Design of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation; 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. Kudiyakov A.I., DSc, Professor; RAACS Adviser, Head of Construction Engineering Technology Dept., TSUAB (Tomsk, Russia); kudiyakov@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; ovsn@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 № 5 – 2019

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: 24.10.2019. Paper size: 70×108/16. Typeface: Times New Roman
Published sheets: 15,84. Conventional printed sheets: 18,81. Print run: 200 copies
Order N 205.

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, 2019

С О Д Е Р Ж А Н И Е

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

Поляков Е.Н., Дончук Т.В. Становление французской версии стиля модерн в ранних работах Эктора Гимара (ТГАСУ, г. Томск).....	9
Царёв В.И., Царёв В.В. Особенности формирования деревянных храмов Красноярска XVII–XVIII вв. (ИАиД СФУ, г. Красноярск, НИИТИАГ, г. Москва).....	36
Литвинова О.Г. Формирование антропогенного ландшафта в прибрежной зоне Обь-Енисейского водного пути XVIII–XIX вв. (Обской бассейн) (ТГАСУ, г. Томск)	53
Костычева А.А., Астахова Е.С. Архитектура детских технопарков (ААИ ЮФУ, г. Ростов-на-Дону)	62
Шульгина В.С. Архитектурно-пространственная структура прибрежной территории города Томска (НГАСУ, г. Новосибирск)	74
Лечунова О.А. Становление и градостроительное развитие малых городов Западной Сибири (на примере Новосибирской области) (НГУАДИ, г. Новосибирск)	85

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Гусакова Н.В., Филюшина К.Э., Романова Т.И., Ярлакабов А.А. Комплексная оценка теплотехнических параметров при строительстве и эксплуатации малоэтажных зданий (ТГАСУ, г. Томск)	99
Герасимов Е.П. К вопросу нормирования надежности по деформациям железобетонных изгибаемых конструкций (НГУАДИ, г. Новосибирск)	115

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

Козлобродов А.Н., Иванова Е.А. Исследование влияния нагревательного кабеля на тепловое состояние ограждающей конструкции в области наружного угла (ТГАСУ, г. Томск).....	127
---	-----

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Коробков С.В., Гныря А.И., Терехов В.И. Динамическая и тепловая интерференция в системе из двух моделей зданий (ТГАСУ, г. Томск, ИТ СО РАН, г. Новосибирск)	138
--	-----

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Шабанов Е.А., Простов С.М., Герасимов О.В. Натурные исследования процессов загрязнения нефтепродуктами и электрохимической очистки грунтов оснований сооружений на опытном полигоне (КузГТУ, г. Кемерово)	151
--	-----

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

Ефименко В.Н., Ефименко С.В., Самойлова А.В. Пути обеспечения качества проектирования дорожных одежд в природно-климатических условиях Западно-Сибирского региона (ТГАСУ, г. Томск)	165
Ястремский Д.А., Абайдуллина Т.Н., Кудяков А.И. Исследование щебеночно-мастичного асфальтобетона с комплексной целлюлозосодержащей добавкой (ТИУ, г. Тюмень, ТГАСУ, г. Томск)	180
Смолин Ю.П., Востриков К.В. Уплотнение водонасыщенных грунтов с учетом сжимаемой поровой жидкости и ползучести грунта (СГУПС, г. Новосибирск)	192
Кириков Е.И., Кужевская И.В., Волкова М.А., Нечепуренко О.Е. Обоснование показателей случаев образования зимней скользкости на сети автомобильных дорог регионального или муниципального значения ХМАО – Югры (ТГАСУ, НИ ТГУ, г. Томск)	200

ХРОНИКА. СОБЫТИЯ

85 лет со дня рождения	213
------------------------------	-----

C O N T E N T S

ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING

Polyakov E.N., Donchuk T.V. Formation of French Art Nouveau style in early works of Hector Guimard (Tomsk)	9
Tsarev V.I., Tsarev V.V. Wooden churches of Krasnoyarsk in the 17–18th centuries (Krasnoyarsk, Moscow).....	36
Litvinova O.G. Anthropogenic landscape in Ob-Yenisei waterway in the 18–19th centuries (Tomsk)	53
Kostycheva A.A., Astakhova E.S. Architecture of children technoparks (Rostov-on-Don).....	62
Shulgina V.S. Architectural space structure of riverside territories in Tomsk (Novosibirsk)	74
Lechunova O.A. The development of small cities in West Siberia (the Novosibirsk case studies) (Novosibirsk)	85

BUILDING AND CONSTRUCTION

Gusakova N.V., Filushina K.E., Romanova T.I., Yarlakabov A.A. Integrated assessment of thermal parameters in construction and servicing low-rise buildings (Tomsk)	99
Gerasimov E.P. Determination of regulatory reliability for deformation of reinforced-concrete flexible structures (Novosibirsk)	115

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

Kozlobrodov A.N., Ivanova E.A. Walling thermal properties influenced by heat-stressed elements in external corner area (Tomsk).....	127
--	-----

CONSTRUCTION TECHNOLOGY AND MANAGEMENT

Korobkov S.V., Gnyrya A.I., Terekhov V.I. Dynamic and thermal interference effects on two neighbouring building models (Tomsk, Novosibirsk)	138
--	-----

BASES, FOUNDATIONS AND SUBSTRUCTURES

Shabanov E.A., Prostov S.M., Gerasimov O.V. Field studies of electrochemical purification of foundation soil from oil products (Kemerovo)	151
--	-----

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

Efimenko V.N., Efimenko S.V., Samoilova A.V. Quality design of road pavements in West Siberian climatic conditions (Tomsk)	165
Yastremskiy D.A., Abaydullina T.N., Kudykov A.I. Crushed-stone and mastic asphalt with cellulose containing additive (Tyumen, Tomsk)	180
Smolin Yu.P., Vostrikov K.V. Compaction of saturated soils with regard to compressible pore fluid and soil creep (Novosibirsk)	192
Kiryakov E.I., Kuzhevskaya I.V., Volkova M.A., Nechepurenko O.E. Ice covering of regional and municipal roads of Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra (Tomsk)	200

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 72.036

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-9-35

*Е.Н. ПОЛЯКОВ, Т.В. ДОНЧУК,
Томский государственный архитектурно-строительный университет*

СТАНОВЛЕНИЕ ФРАНЦУЗСКОЙ ВЕРСИИ СТИЛЯ МОДЕРН В РАННИХ РАБОТАХ ЭКТОРА ГИМАРА

Статья посвящена начальному этапу в проектной деятельности знаменитого архитектора Эктора (Гектора) Жермена Гимара (1867–1942), который считается создателем французской версии стиля модерн (Art Nouveau). В этот период (1891–1900 гг.) зодчий успешно совмещал проектную работу с преподаванием в Парижской школе декоративных искусств. Э. Гимар опробовал самые различные эклектические стили, шли активные поиски своего собственного направления в архитектуре. Познакомившись в 1894 г. с творчеством бельгийского архитектора Виктора Орта (1861–1947), он взял на вооружение основные элементы стиля модерн. В статье рассмотрены самые ранние проектные работы Э. Гимара, отобразившие основные направления его творческих поисков, – парижские жилые особняки (1891–1894 гг.), доходный дом Капель Беранже (Castel Béranje, 1894–1898 гг.), Дом Coilliot в г. Лилле (1898 г.), входные павильоны станций Парижского метрополитена (1898–1912 гг.).

Ключевые слова: Франция; Париж; стиль Art Nouveau; Эктор Гимар; проекты жилых особняков Rosze, Jassede and Delfau; доходный дом Капель Беранже (г. Париж); Дом Coilliot (г. Лилль); входные павильоны станций Парижского метрополитена.

Для цитирования: Поляков Е.Н., Дончук Т.В. Становление французской версии стиля модерн в ранних работах Эктора Гимара // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 5. С. 9–35.

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-9-35

*E.N. POLYAKOV, T.V. DONCHUK,
Tomsk State University of Architecture and Building*

FORMATION OF FRENCH ART NOUVEAU STYLE IN EARLY WORKS OF HECTOR GUIMARD

The article is devoted to the early activity of the famous architect Hector Guimard (1867–1942), the creator of French Art Nouveau. During this period (1891–1900) he successfully combined project work with teaching at the École Nationale Supérieure des Beaux-Arts.

He searched for own directions in the architecture. Testing a variety of eclectic styles, in 1894 year Guimard acquainted himself with the work of Belgian architect Victor Horta (1861–1947) and adopted the main elements of the Art Nouveau. The article considers the earliest design works of E. Guimard, which reflected the main directions of his creative search, including Parisian mansions (1891–1894), Castel Beranger (1894–1898), Coilliot House in Lille (1898), Paris Metro (1898–1912).

Keywords: France; Paris; Art Nouveau; Hector Guimard; Rose Garden Manor House; Delphi House; Castel Beranger; Coilliot House in Lille; Paris Metro.

For citation: Polyakov E.N., Donchuk T.V. Stanovlenie frantsuzskoi versii stilya modern v rannikh rabotakh Ektora Gimara [Formation of french Art Nouveau style in early works of Hector Guimard]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturo-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2019. V. 21. No. 5. Pp. 9–35.

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-9-35

Настоящая статья посвящена истории зарождения одного из самых интересных и загадочных стилистических направлений в западноевропейской архитектуре конца XIX – начала XX столетия. Речь идет о стиле модерн («новом искусстве»), имеющем самые различные наименования и интерпретации в мировой культуре. По этой тематике мы уже опубликовали две статьи о творческом наследии шотландского зодчего Чарльза Ренни Макинтоша и его жены Маргарет Макдональд-Макинтош, работавших в стиле «Глазго» – шотландской версии модерна [1, 2]. Нами также опубликована статья, посвященная архитектурно-дизайнерскому наследию бельгийского зодчего Виктора Орта (1861–1947), который считается одним из создателей европейского стиля модерн [3]. В ней был систематизирован накопленный по данной тематике материал и обоснована правомерность утверждения о «природном» («бионическом») происхождении лучших произведений этого выдающегося мастера. Данное же исследование посвящено архитектурно-дизайнерскому наследию поклонника и убежденного последователя Виктора Орта – французского зодчего Гектора (Эктора) Жермена Гимара (1867–1942). Именно этот зодчий создал французскую версию стиля модерн – Le Style Guimard. В этой и последующих статьях нами будут рассмотрены важнейшие этапы его биографии и профессионального становления, наиболее значимые произведения.

Нами установлено, что французской версии стиля модерн в нашей стране, вплоть до начала 80-х гг. прошлого столетия, практически не уделялось никакого внимания. Даже в переводном издании немецкого искусствоведа Зигфрида Гидиона [4], достаточно много страниц посвятившего архитектурному наследию Франции, о творческом наследии Э. Гимара не написано ни строчки. Краткую информацию о нем удалось найти лишь в Интернете [5–20]. Поэтому возникло желание упорядочить собранный нами материал в данной статье, посвященной началу творческой деятельности зодчего.

О ранних годах жизни этого неординарного архитектора и дизайнера известно немного. Эктор (Гектор) Жермен Гимар (*фр.* Hector Guimard) родился 10 марта 1867 г. в Лионе – третьем по численности населения городе на юге Франции (рис. 1). В 1882 г. его семья переехала в Париж. В том же году одаренный подросток поступил в Национальную школу декоративных ис-

кусств. Через год он перевелся на ее архитектурное отделение, а в 1885 г. продолжил обучение в столичной Школе изящных искусств. Здесь Эктор познакомился с архитектурными теориями Эжена Эммануэля Виолле-ле-Дюка (1814–1879), в том числе и с его «неоготическими тенденциями»: «Положения из “Бесед об Архитектуре” сложились в его сознании в целостную теорию, а из нее неожиданно и естественно выросли принципы будущего Ар Нуво или «стиля Гимар...» [9].



Рис. 1. Эктор Гимар (1867–1942) (URL: <https://i.pinimg.com/736x/e9/4f/b8/e94fb87772765412c3f5261eabe7330d--paris-paris-paris-.jpg>; https://s3.amazonaws.com/photos.geni.com/p13/79/8c/69/25/5344483e561c22a0/imageschbf81jk_original.jpg)

Уже тогда молодого Гимара очень заинтересовали новые стилевые веяния, происходившие в западноевропейской архитектуре второй половины XIX столетия. Речь идет о так называемом флореальном направлении стиля модерн. Его создатели черпали творческое вдохновение в растительном мире, ассоциируемом с «молодостью, свободой и душевной чистотой» [20]: «Стиль этот сплавил осколки разных эпох и культур с современными материалами и технологиями в фантастическую, трепещущую, наполненную комфортом и функциональностью окружающую среду. Он вырос из противоречий и сам до краев был переполнен ими, поэтому и просуществовал так недолго. Новое искусство признает лишь язык красоты. В его идеальном мире безобразного не существует. Подобно средневековым строителям готических соборов, его адепты верят, что безобразие является не отсутствием, а просто нехваткой красоты, а зло – это лишь маленькая степень добра...» [9].

Свое увлечение бионическими аналогиями подросток проявлял сначала в учебных рисунках и моделях, а затем и в профессиональных творческих работах: «Он много экспериментировал с растительными орнаментами и виньетками в духе рококо, при этом активно используя такие современные материалы, как стекло и сталь...» [7].

В 1887 г. Эктор Гимар получил свой первый архитектурный заказ. Это был проект небольшого кафе-ресторана в Париже. По окончании этой работы появились другие заказы. Во всех его усадебных домах, возведенных в XVI округе Парижа, судя по отзывам благодарных заказчиков, «было приятно и удобно жить» [5]. Прихотливый декор для зодчего не был самоцелью, хотя все эти дома украсили изящные балконы, замысловатые решетки и декоративные элементы, отлитые из металла [6, 10]. По меткому выражению газеты «Фигаро», «это был настоящий архитектурный балет, легкий, как шампанское» [5]. Очень похоже, что в этих первых своих проектах начинающий архитектор творчески экспериментировал с самыми различными отделочными материалами, изучал их композиционный потенциал.

На улице Буало, 34, находится одно из первых произведений Гимара – **особняк Roszé (1891 г.)**: «Его псевдо-флорентийский элегантный фасад украшен шлифованным камнем цвета охры, который местами дополнен кирпичами бирюзового цвета...» [7] (рис. 2).



Рис. 2. Отель Roszé в Париже на ул. Буало, 34 (1891 г.) (URL: https://pastvu.com/_p/a/1/1/a/11a8lvrp4hwinol77n.jpg; https://otvet.imgsmail.ru/download/08262527b9a3d8835d6fd693ea6f2044_i-6268.jpg)

Окна разного размера обрамлены кирпичом, камнем и лепниной (рис. 3).

В проекте **виллы Jassede (Rue Chardon-Lagache, 41, 1893 г.)** Э. Гимар отверг классическую симметрию как в решении фасадов, так и кровли: «Здание возведено из кирпича, который во Франции не считался “благородным”

строительным материалом. В отделке фасадов были использованы гипс, шлифованный камень, терракотовые и глазурованные керамические плитки, сделанные по авторским рисункам...» [7]. Особняк Жассед был построен в 1893 г. буквально за несколько месяцев. Декоративные керамические панно изготовлены в мастерских Эмиля Мюллера (рис. 4).

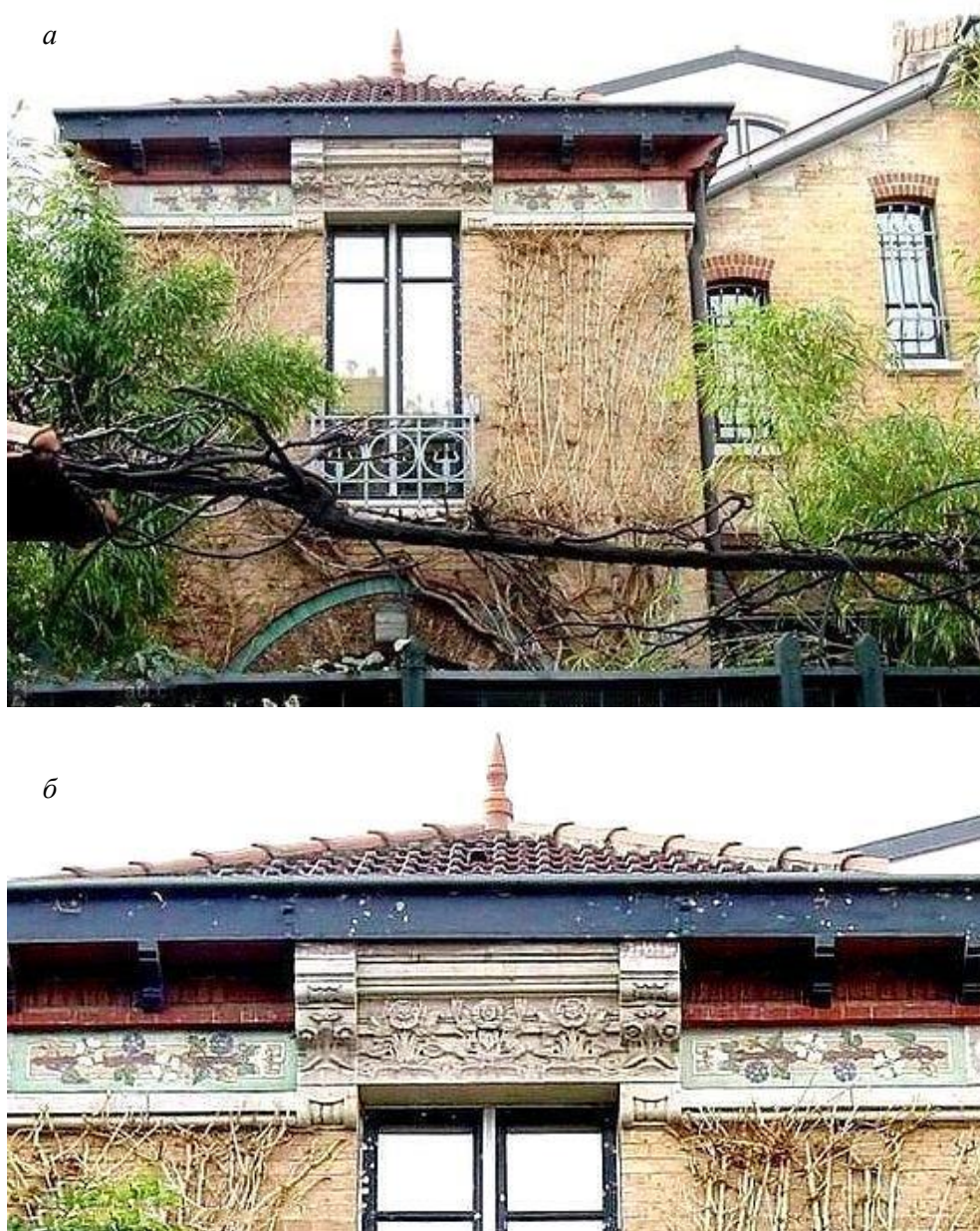


Рис. 3. Отель Rosze в Париже на ул. Буало, 34 (1891 г.) (URL: http://lartnouveau.com/artistes/guimard/boileau_34/1boil_mais2.jpg):
а – фасад; б – фрагмент карниза



Рис. 4. Вилла Jassede (г. Париж, ул. Шардон Лагаш, 41, 1893 г.) (URL: <http://3.bp.blogspot.com/-NqIGWgNb78M/U2JBLD3ifNI/AAAAAAA AAA7g/71dKaF3yILQ/s1600/Villa+Jassede,+pavillon+à+deux+étages+41,+rue+Chardon+Lagache,+XVIème+arr.jpg>):
а – главный фасад; б – декоративный элемент

Фасад отеля Delfau на ул. Молитор (Rue Molitor, 1, 1894 г.) выполнен в классическом стиле из кирпича и камня. Архитектор не стал украшать его цветочным орнаментом или изображениями фантастических животных: «Композиционным центром главного фасада стала металлическая фигура петуха – патриотического символа Франции...» [7] (рис. 5). В 1920 г. отель был преобразован в медицинскую клинику.

С 1894 по 1898 г. Эктор Гимар успешно совмещал проектную работу с преподаванием в Школе декоративных искусств. За выдающиеся успехи в творческой деятельности он был награжден командировкой в Бельгию [16].

В 1894 г. Гимар посетил Брюссель. Здесь он познакомился с творчеством Виктора Орта (1861–1947), который по праву считается основателем стиля модерн (ар-нуво, Art nouveau) в западноевропейской архитектуре. В душу Гимара навсегда запали слова знаменитого бельгийца: «В элементах отделки зданий я люблю брать не цветок, но его стебель...!» [5]. Более всего Эктора восхитили интерьеры Дома Тасселя (1892–1893 гг.). Отныне певучие линии, прихотливые извивы, растительные орнаменты кардинально изменили творческий почерк французского зодчего: «С этого в творчестве Гимара начался тот период, который раскрывает суть парижского Art nouveau: ушли в прошлое отсылки к архитектуре средних веков, появилась линия “удар хлыста”, асимметрия стала его постоянным художественным приемом...» [19].

Вернувшись в Париж, Эктор Гимар стал убежденным последователем бельгийского мастера. Со временем, набравшись практического опыта, он создал свой собственный уникальный «стиль Гимар». «Гимара можно причислить к числу наиболее значительных французских представителей “флорального модерна”... Его собственный стиль («стиль Гимар») характеризуется особой линией, игрой света и контрастов...» [8]. «В своем творчестве он руководствовался тремя принципами, почерпнутыми из “великой книги” природы, – логикой, гармонией и чувством, и критиковал тех, кто использовал стиль модерн только как внешний декор...» [15].

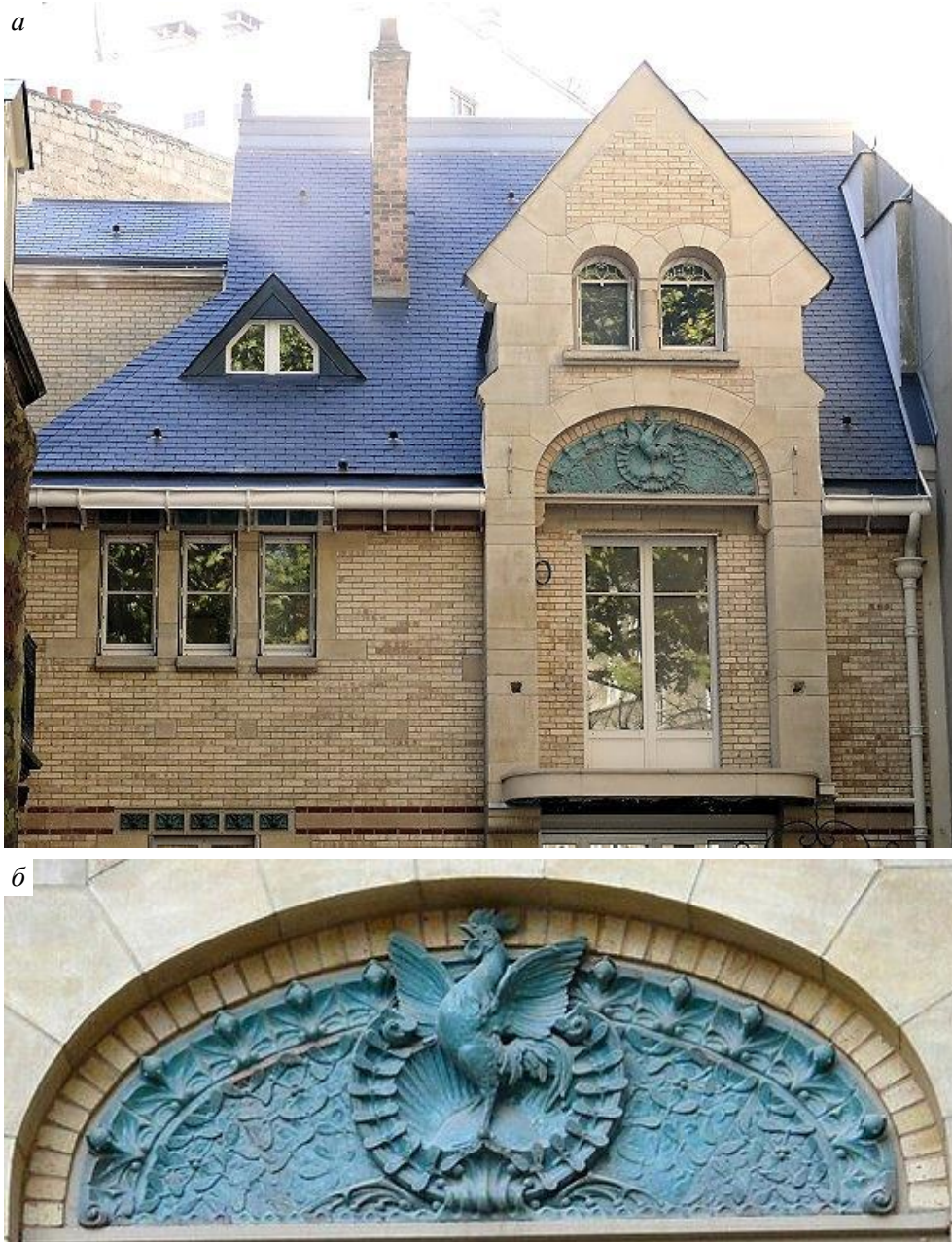


Рис. 5. Отель Delfau на ул. Молитор (Rue Molitor), 1 (1894 г.) (URL: https://files1.structurae.de/files/photos/64/paris_16eme_arrondissement/p1220339.jpg):
 а – главный фасад; б – декоративный элемент с изображением петуха

Не исключено, что «стиль Гимар» формировался, опираясь не только на идеи Виолле-ле-Дюка и модернистские традиции Гильдии века, но и на архитектурное наследие стран Востока – от мавританской Испании до Японии: «В постройках Гимара изысканные изгибы линий как бы повторяют формы

живой природы. Внимание к эстетике “живого” порождает фонари, напоминающие не то ландыши, не то головы кузнечиков. Нередко появляются изящные, как бы парящие в воздухе, металлические решетки и угловые окна, похожие на “сторожевые” проемы в средневековых замках...” [20].

Именно в этом стиле были выполнены его наиболее значимые произведения, о которых будет сказано далее. До начала Первой мировой войны Эктор Гимар построил в Париже и в других городах Франции довольно много зданий, доведя свой стиль до совершенства: «Он проектировал загородные виллы, жилые особняки и многоэтажные дома. Кроме того, он издал альбом с изображениями металлических решеток и прочих архитектурных деталей, выполненных в технике литья. То есть вел активную жизнь успешного архитектора и дизайнера. Во многих французских и американских музеях бережно хранятся разработанные им образцы мебели и бытового оборудования...” [19].

А теперь рассмотрим основные этапы творческой деятельности и наиболее уникальные проекты и постройки зодчего, выполненные в «стиле Гимар» в конце XIX столетия.

В 1894–1898 гг. Э. Гимар построил для вдовы Фурнье (Fournier) доходный дом **Кастель Беранже (Castel Béranger, Замок Беранже)**. Боковой фасад этого здания обращен на улицу Rue Jean de la Fontaine, 16 (рис. 6, 7).

Его главным фасадом и входными воротами можно полюбоваться с переулка Nameau Béranger, 18: «Пилоны ворот замка по своим очертаниям напоминают таинственных сфинксов Одилона Редона, одного из основателей символизма и Общества независимых художников [5] (рис. 8).

Обширный пустырь, на котором был возведен замок, занимал центральную часть одного из парижских предместий. Заказчица планировала сдавать здесь комнаты небогатым постояльцам за умеренную плату. На первом этаже разместились жилые апартаменты и проектная студия самого Э. Гимара. Это сказалось на общей стоимости объекта. Молодой архитектор, предельно ограниченный в финансировании, был просто вынужден строить это здание из недорогих материалов. Поэтому он постарался как можно богаче его декорировать: «Линии фасадов можно даже назвать строгими. Только окна обрамлены цветочным орнаментом. Чугунное литье ограждений и балконных решеток выполнено по проекту Гимара...” [11] (рис. 9).

Castel Béranger продемонстрировал главный концептуальный принцип дальнейшего творчества французского зодчего – геометрические очертания конструкций и декоративных деталей во всех его зданиях неизменно выполнялись с символикой «удар бича» В. Орта, привезенной из Бельгии. Следует также отметить, что декоративные элементы, украсившие фасады и интерьеры этого необычного здания, изготавливались серийно. Практически все детали декора (оконные и дверные рамы, ограждения лестниц и балконов, каминные, дымовые и вентиляционные трубы, мозаичные панно, рисунки витражей и обоев, дверные ручки) Э. Гимар разрабатывал лично, следуя принципу «тотального дизайна»: «Гимар уже в Кастель Беранже смело комбинирует разные отделочные материалы, располагая *в пределах одного фасада* кирпич, необработанный камень и туф, а затем помещает практически рядом стилизованное скульптурное изображение кошки или экзотической рыбы из кованого железа.

Удивительное чувство меры, присущее Гимару, позволило столь разным элементам конструкции и декора служить частями целого...» [19] (рис. 10).

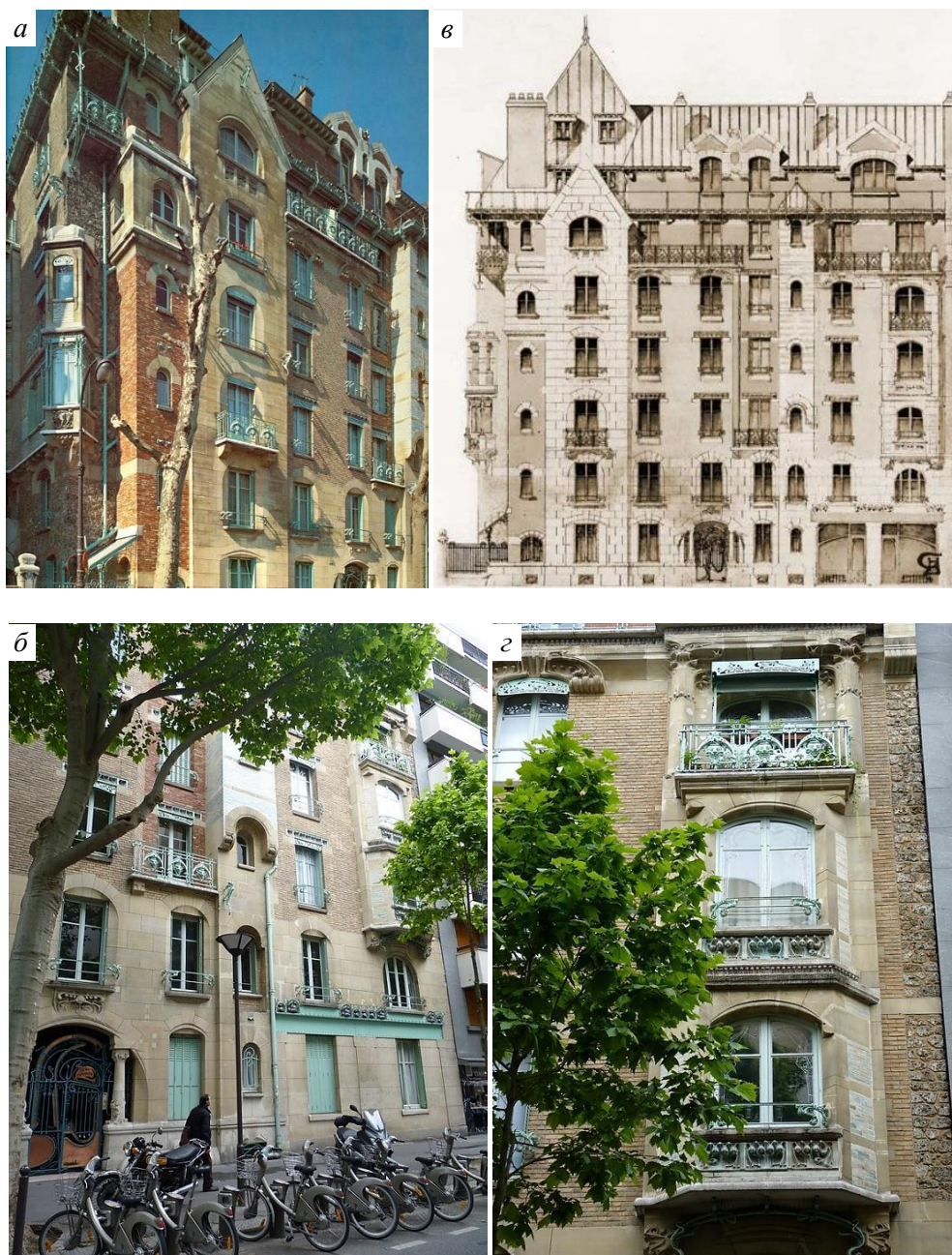


Рис. 6. Замок (Кастель) Беранже (URL: <http://interior.lv/ru/brinumaina-gimara-pasaule/>):
а, б – видовые точки со стороны Rue Jean de la Fontaine; в – проект фасада [5]; г –
деталь эркера



Рис. 7. Замок (Кастель) Беранже. Фрагменты фасада со стороны Rue Jean de la Fontaine [11] (URL: <http://interior.lv/ru/brinumaina-gimara-pasaule/>)



Рис. 8. Замок (Кастель) Беранже. Видовая точка (а) и фрагмент фасада со стороны переул-ка Hameau Beranger (б) [11] (URL: <http://interior.lv/ru/brinumaina-gimara-pasaule/>)

В каменную арку главного входа зодчий вписал асимметричную композицию кованых ворот, в рисунке которых не было ни одной повторяющейся линии. Этот причудливый металлический декор был продолжен в вестибюле и других помещениях (рис. 11, 12).



Рис. 9. Замок (Кастель) Беранже. Видовые точки фасада со стороны переулка Hameau Beranger [11] (URL: <http://interior.lv/ru/brinumaina-gimara-pasaule/>)



Рис. 10. Замок (Кастель) Беранже. Видовые точки фасада со стороны переулка Hameau Beranger [5] (URL: <http://interior.lv/ru/brinumaina-gimara-pasaule/>)

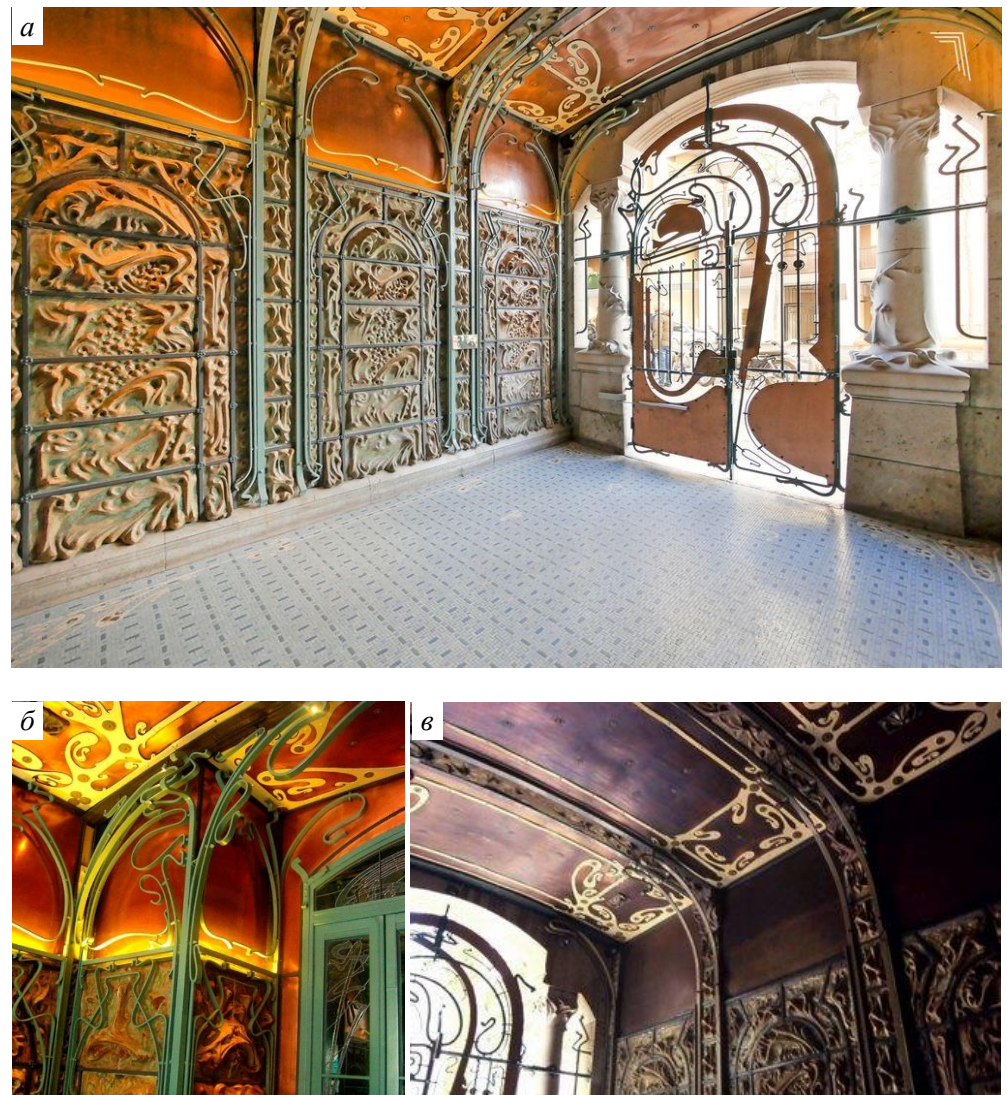


Рис. 11. Вестибюль доходного дома Кастель Беранже (а); дизайн потолка (б, в) (URL: <http://www.hguimard.fr/wp-content/uploads/2017/02/g005.jpg>)

Оригинальный дизайн здания, необычные декоративные украшения его фасадов, экстравагантные интерьеры сделали Кастель Беранже одним из самых популярных зданий Парижа. Проект Э. Гимара занял первое место на конкурсе фасадов, организованном Парижской мэрией, а уже завершенное здание в 1898 г. получило первый приз за «самый красивый фасад Парижа» на конкурсе, организованном газетой «Фигаро». Об этом свидетельствует надпись, украшающая входную арку в это здание (рис. 13).

В том же году Э. Гимар опубликовал об этом доме книгу «L'art dans l'habitation modern. Le Castel Béranger» (Р., Librairie Rouam, 1898), украшенную 65 иллюстрациями [19] (рис. 14).



Рис. 12. Интерьеры Кастель Беранже (URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4d/Vestibule_Castel_Béranger_Hector_Guimard.jpg; <https://interior.lv/wp-content/uploads/2016/09/Guimard-008.jpg>)



Рис. 13. Замок (Кастель) Беранже. Надпись о победе Э. Гимара на конкурсе фасадов, 1898 г. [11] (URL: <http://interior.lv/ru/brinumaina-gimara-pasaule/>)

Однако общественное признание пришло к архитектору не сразу. Пона-
чалу неискующенная в «современном искусстве» парижская публика окрестила

это здание *Castel Dé-rangé* («Сумасшедшим домом»). В какой-то мере с этим утверждением можно согласиться, изучая отдельные «мистические» сюжеты металлических декораций. В этих сюжетах явно прослеживается давнее увлечение зодчего языческой культурой и бионическими (флоральными) мотивами (рис. 15–17).



Рис. 14. Иллюстрации из книги «L'art dans l'habitation modern. Le Castel Béranger» (1898) (URL: <http://catalogue.drouot.com/images/perso/full/LOT/97/89706/45.jpg>)



Рис. 15. Украшения окон доходного дома Кастель Беранже [5] (URL: <http://trv-science.ru/2015/06/30/hector-guimard-i-ego-arkhitekturnye-fantazii/>)

Были также критические замечания со стороны профессиональных зодчих, приверженцев неоклассицизма: «Мало того, что Гимар там впервые сделал металлические конструкции элементами архитектурного решения, он также вписал в каменную арку входа вызывающе асимметричную композицию кованых ворот, в рисунке которых не было ни одной повторяющейся линии...» [19].



Рис. 16. Металлические декоративные детали доходного дома Кастель Беранже [11]
(URL: <https://i.pinimg.com/originals/d9/b6/d2/d9b6d2acddade856fd7c1f15dffb76d3.jpg>)



Рис. 17. Металлические декоративные детали Кастель Беранже [11] (URL: <https://i.pinimg.com/originals/d9/b6/d2/d9b6d2acddade856fd7c1f15dffb76d3.jpg>)

«Главная особенность особняка – его асимметричность: расстановка окон лесенкой, «неровное» расположение порталов, балконов и перегородок. Со стороны улицы ля Фонтен – боковой фасад замка. Здесь – знаменитый вход с зеленовато-голубой решеткой, обрамленной двумя столбами-колоннами, основание которых «разъедают» существа, напоминающие львов...» [5] (рис. 18).

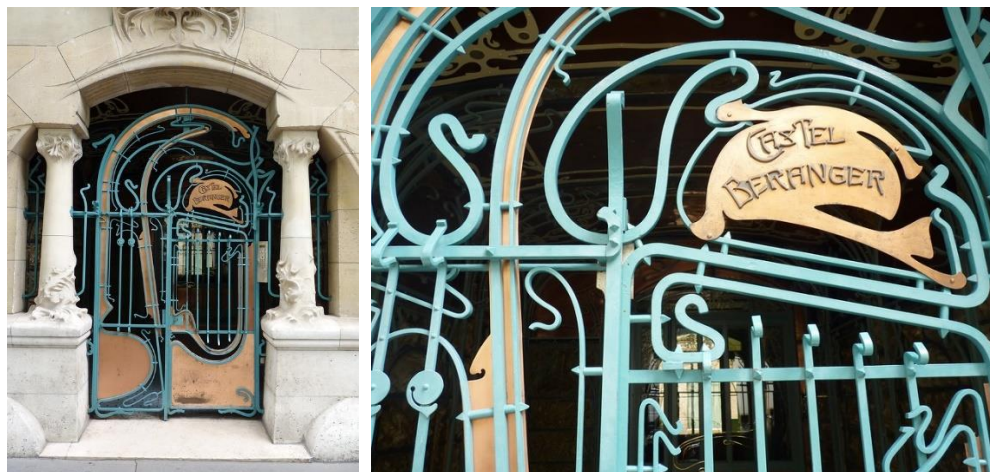


Рис. 18. Кованые ворота Кастель Беранже [5]

Но в любом случае Castel Beranger сделал имя его создателя широко известным. Множество заказов, которые были им получены и реализованы позже, позволили Эктору Гимару продолжать свои эстетические поиски и добиваться в своих произведениях стилистической гармонии.

Очень интересным примером этого творческого поиска является главный фасад **административного здания компании Coilliot**, расположенного **на улице Флерюса (Rue de Fleurus, 12)** в г. Лилле (центр региона О-де-Франс и департамента Нор). Заказчиком здесь выступил Луи Коиллио (Louis Coilliot) – владелец компании, занимающейся производством керамических материалов, покрытых глазурованной эмалью. В 1897 г. он встретился с Эктором Гимаром на выставке керамических изделий и предложил ему разработать фасад его штаб-квартиры на Rue de Fleurus, 12. Отделочным материалом должна была стать продукция его предприятия, производственные здания которого находились рядом – на улице Фабрицци, 13–17. То есть фасад здания должен был превратиться в монументальный рекламный баннер компании Coilliot. Э. Гимар выполнил этот заказ в 1898–1900 гг.

Здание включает четыре этажа. На первом этаже расположен магазин, а на остальных трех – квартиры. Дом имеет два фасада, оснащенных балконами на уровнях второго и третьего этажей. Главный фасад, выходящий на Rue de Fleurus, облицован фирменной глазурованной плиткой темно-зеленого цвета, изготовленной на фабрике заказчика. Кроме того, заостренный кверху ризалит на уровне 2–3 этажей украшен деревянными изогнутыми опорами и балконной решеткой. На первом этаже предусмотрены широкие ворота для

транспортировки фабричной продукции, справа от них – входная дверь в магазин с каплевидным окном сверху (рис. 19).



Рис. 19. Здание компании Coilliot, Lille (URL: <https://i.pinimg.com/736x/bd/22/2f/bd222f0083c3d8a1534ce5409483fe25--art-nouveau-architecture-planet-earth.jpg>; https://www.arch2o.com/wp-content/uploads/2015/10/Maison_Coilliot_1.jpg)

Над входом размещена рекламная информация о магазине и его владельцах (рис. 20). Шрифт очень похож на тот, которым Э. Гимар в 1900–1904 гг. украшал входы в парижское метро.



Рис. 20. Дом Coilliot (г. Лилль, Франция, 1898 г.) (URL: https://en.wikiarquitectura.com/wp-content/uploads/2017/01/Casa_Coilliot_28329-1024x681.jpg)

Верхний этаж покрыт серой скатной кровлей, опирающейся на деревянный пространственный каркас. В кровле предусмотрены три окна. Нижнее окно изящно вписано в «замок» деревянной стрельчатой арки. Два верхних окна расположены по обе стороны от нижнего. Они покрыты небольшим навесом, визуально объединившим их. В своей совокупности все эти три окна образуют перевернутый пространственный треугольник. Интерьеры входного холла и лестничной клетки, с их ажурными витражными перегородками и потолками, флореальными сюжетами фресок на стенах, решены в традициях Дома Э. Тасселя (Hôtel Tassel, 1892–1893 гг.), особенно восхитившего Э. Гимара во время его творческой стажировки в Бельгии (1894 г.) [3] (рис. 21).

В задней части дома Louis Coilliot заказчик также построил конюшни, склад и здание бухгалтерии с видом на улицу Фабрицы (Rue de Fabricy). Все эти постройки были выполнены из бетона по инновационной технике компании Hennebique.

В марте 1971 г. и в мае 2009 г. здания на Rue de Fleurus, 12, и Rue de Fabricy, 13–17, были признаны историческими памятниками.

В 1898 г. Гимар получил заказ на оформление **входных навильонов станций Парижского метрополитена.**



Рис. 21. Дом Coilliot (г. Лилль, Франция, 1898 г.). Интерьер входного холла и лестничной клетки (URL: https://en.wikiarquitectura.com/wp-content/uploads/2017/01/Casa_Coilliot_28329-1024x681.jpg)

Метро в Париже открылось 19 июля 1900 г., т. е. почти на сорок лет позже Лондонского. Открытие его было приурочено к Всемирной парижской выставке, главенствующим стилем которой был наимоднейший тогда ар-нуво. Строительство первой линии было завершено в рекордно короткие сроки. Работы были начаты 4 октября 1898 г., а уже 15 июня 1900 г. был пущен первый пробный поезд. Большинство из существующих ныне линий и станций в центре столицы были завершены к началу Первой мировой войны. Особенности парижского метрополитена являются короткие перегоны между станциями, большая плотность сети в центре города и входные павильоны первых станций, выполненные Э. Гимаром (рис. 22).



Рис. 22. Станции метро Etienne Marcel (слева) и Gare de Lyon (справа) [13] (URL: <https://samiznaetekto.livejournal.com/99237.html>)

«Отцом» парижского метро является знаменитый французский инженер Ф.М.О. Бьенвеню. Он разработал проект метро, а затем на протяжении 35 лет руководил его строительством. 6 декабря 1932 г. в возрасте 80 лет Бьенвеню вышел на пенсию. Тогда в Париже насчитывалось уже 300 станций метро. Но, помимо инженерной части, немаловажную роль играет внешний вид станций и наземных павильонов. В этот период, в ожидании Всемирной промышленной выставки в Париже 1900 г., мэрия Парижа была озабочена художественным оформлением столицы. Административный комитет парижского метрополитена объявил конкурс на лучший проект входных групп подземных станций. Согласно условиям конкурса, легкие и элегантные постройки должны были иметь оригинальные решения. Размещать их в цокольных этажах общественных зданий городские власти запретили, поэтому было решено возводить отдельно стоящие павильоны в общедоступных местах.

В этом конкурсе приняли участие многие известные архитекторы Франции: «Президент компании-организатора отметил работу архитектора и инженера Жана-Камиля Формиже. В качестве компромисса Э. Гимар предложил свои варианты. Учитывая то, с каким энтузиазмом публика отреагировала на его Кастель Беранже, заказ в конечном счете был отдан именно ему...» [14]. Причиной этого решения конкурсной комиссии может служить то, что президенту Административного комитета, банкиру Адриану Бенару, очень понравилась французская версия стиля ар-нуво, проповедуемая Эктором Гимаром, поэтому в 1899 г. он и получил данный заказ. В этой градостроительной программе он смог в полной мере раскрыть композиционный потенциал металлических решеток (в том числе мотив «удар бича»), апробированный им ранее в Кастель Беранже. Проектированием павильонов архитектор занимался до 1904 г., а строительством – до начала Первой мировой войны [13, 14].

Считается, что именно эти проекты Гимара – первая в истории мирового дизайна попытка придать транспортному сооружению художественный облик. По мнению их автора, «метро должно привлекать внимание не только как вид транспорта, но и как произведение искусства». Эктор Гимар разработал четыре варианта входов [5, 18]:

«Простой» – лестницу опоясывает «прозрачная» литая решетка (станция метро Place d'Italie).

«С фонарями» – вход в метро украшен двумя длинными чугунными «стеблями», которые венчают красные фонари в виде «цветочных бутонов» или «голов кузнечиков»: «Оранжевые огни на их вершинах окружены листьями, похожими на листья ландыша – традиционного цветка, который дарят во Франции на День матери...» [14]. Стебли сплетены «оплывающей» надписью Metropolitain, выполненной в стилистике ар-нуво (станция метро Mopseau) (рис. 23).

Открытая беседка-эдикула (edicule) с сильно выступающим застекленным козырьком, напоминающим раскрытый павлиний хвост (станция «Аббес», фр. Abesses на Монмартре). Эта станция была открыта в 1912 г. Ее входная часть была перевезена сюда с Hôtel de Ville и смонтирована в 1974 г. Интересной особенностью станции является ее длинная винтовая лестница и стены, расписанные видами Монмартра (рис. 24).



Рис. 23. Станция метро Монсеау (г. Париж, Парк Монсо) [14]



Рис. 24. Станция метро Abesses (г. Париж, Монмартр, 1912 г.) [14]

Закрытая беседка-киоск с прозрачной кровлей, у которой промежутки между чугунными арками заполнены непрозрачным матовым стеклом с цветочными мотивами (станция «Порт Дофин», *фр.* Porte Dauphine). Это единственный сохранившийся пример стиля, который сам Гимар называл «дизайном стрекозы» (рис. 25).

Все эти сооружения собирались из ограниченного набора стандартных элементов, выполненных из чугуна, цветного стекла и эмали. Это позволило наладить их серийное производство с обеспечением различных вариантов сборки: «В 1907 году вышел каталог металлических элементов... “Художественный металл, стиль Гимар”...» [17]. Монтаж построек происходил достаточно быстро и без технических сложностей. «Их прихотливо изогнутые силуэты напоминают бабочек, стрекоз или жуков...» [7]. Благодаря зеленоватому оттенку «бронзовой патины» творения Э. Гимара прекрасно вписались в светло-серую за-

стройку французской столицы. Архитектор также разработал несколько вариантов дизайнерского оформления помещений касс и залов ожидания.



Рис. 25. Станция метро Porte Dauphine (г. Париж, 1900 г.) [13, 14]

Следует отметить, что отношение современников к работам мастера было неоднозначным. Его стиль, манеру творчества некоторые категорически не воспринимали. К примеру, 17 марта 1902 г. на страницах парижской газеты *La Croix* была опубликована статья священника Августина Коттара «Провокационная порнография мсье Гимара и Бенара»: «Автор гневно обрушился на архитектора, а заодно и на банкира, погрязших во всех смертных грехах, да еще пропагандирующих разврат и мерзость. Посчитав искусство Гимара “оскорбительным” и “кошунственным”, викарий объявил его работу “порнографическим мусором”, который буквально затягивает честных людей в пучину разврата. Адриану Бенару досталось за “сомнительный” вкус и преступную деятельность. В итоге автор требовал разрушить творения архитектора, его самого поместить в психиатрическую лечебницу, а мсье Бенара уволить. Что послужит, по мнению Коттара, немедленному оздоровлению захворавшего общества...» [5].

С 1900 по 1912 г. Э. Гимар реализовал 141 проект входов (до настоящего времени сохранилось лишь 86). Многие из них в свое время подвергались частичным и кардинальным переделкам: «Установка их прекратилась во время Первой мировой войны. А после того, как стиль ар-нуво потерял своих приверженцев, началась замена композиций Гимара. После Второй мировой войны демонтаж возобновился. Демонтированные элементы поступали на склады Парижского управления транспорта для хранения, хорошо сохранившиеся использовались для реконструкции оставшихся входов в метро...» [Там же].

Уцелевшие постройки в 1978 г. были объявлены национальным достоянием страны. Благодаря Э. Гимару во Франции родился термин «стиль метро» – одно из многочисленных наименований стиля модерн [7]. В этом же стиле были выполнены входные павильоны Венского метрополитена [5]. Их также отличает простота, изящество и чистота линий, плавно очерчивающих оконные, витражные и дверные проемы.

Часть этих изящных сооружений была использована в качестве подарков и знаковых символов стиля ар-нуво: «Три музея удостоились чести получить выходы из метро в бессрочную аренду: Музей современного искусства в Нью-Йорке в 1958 году, Городской музей современного искусства в Мюнхене в 1960 году и Музей современного искусства в Париже в 1961 году. В 1966 году оригинальная архитектурная композиция Гимара была установлена в Монреале к столетнему юбилею со дня рождения автора. В 1994 году – в Лиссабоне, в 1998 – в Мехико, а в 2002 году – в Чикаго. Пятым городом стала Москва, в которой станция метро «Киевская» украсилась композицией Гимара...» [9].

В ноябре 2006 г. Парижская мэрия подарила один из павильонов России. Он был установлен в Москве над станцией метро «Киевская» (площадь Киевского вокзала, выход № 3): «Входная группа в характерном для Парижа стиле Ар-Нуво заимствует природные мотивы и украшена витыми чугунными решетками, напоминающими лианы, светильниками в виде гигантских стеблей и нарядным парапетом. Над входом красуется аутентичная табличка *Metropolitain*, а позади нее размещено стилизованное название станции – “Киевская”. За исключением таблички с названием станции, этот вход в метро является точной копией парижской станции метро “Пер-Лашез” (Pere Lachaise)...

Необычное оформление входного павильона «Киевской» – результат культурного обмена между французской и российской столицами, дар Московскому метрополитену от Парижской компании городского общественного транспорта (RATP)...» [11] (рис. 26).



Рис. 26. Вход в станцию метро «Киевская» – подарок Москве от мэрии Парижа (ноябрь 2006 г.) [11] (URL: http://mosprogulka.ru/places/kievskaja_parizhscoe_metro)

Завершая исследование, можно сделать ряд выводов, касающихся начального этапа в архитектурно-дизайнерской деятельности Эктора Гимара.

1. Установлено, что будущий архитектор получил профессиональное образование в Париже (архитектурное отделение Национальной школы декоративных искусств и Школа изящных искусств). Здесь Эктор познакомился с архитектурными теориями Эжена Эммануэля Виолле-ле-Дюка (1814–1879), его «неоготическими тенденциями». Уже тогда молодого Гимара очень заинтересовало флореальное направление в стиле модерн, создатели которого черпали творческое вдохновение в растительном мире. Сначала в учебных рисунках и моделях, а затем и в профессиональных творческих работах Эктор экспериментировал с растительными орнаментами и виньетками в духе рококо, при этом активно используя стекло и сталь. Многие решения, найденные в этих экспериментах, легли в основу неповторимого «стиля Гимар».

2. Отмечено, что в 1887–1894 гг. Э. Гимар активно занимался проектной практикой. В усадебных домах, возведенных им в XVI округе Парижа, судя по отзывам благодарных заказчиков, «было приятно и удобно жить». Выпол-

нен анализ трех проектов, осуществленных молодым зодчим в этот период – отель Rosze в Париже на ул. Буало, 34. (1891 г.), вилла Jassede (г. Париж, ул. Шардон Лагаш, 41, 1893 г.), отель Delfau на ул. Молитор (Rue Molitor), 1 (1894 г.). Очень похоже, что в этих проектах начинающий архитектор творчески экспериментировал с самыми различными конструктивными и отделочными материалами, оценивая их композиционный потенциал.

3. Показано, что ключевым событием, которое повлияло на дальнейшую судьбу и творчество Э. Гимара, стало его посещение Брюсселя в 1894 г. и знакомство с творчеством Виктора Орта (1861–1947). Вернувшись в Париж, Эктор Гимар стал убежденным последователем бельгийского мастера. В его творчестве наступил зрелый период, во многом определивший суть парижского Art Nouveau. В его проектах появилась линия «удар хлыста», постоянным художественным приемом стала асимметрия. Со временем, набравшись практического опыта, он создал свой уникальный «стиль Гимар». Именно в этом стиле были выполнены его наиболее значимые произведения.

4. В статье рассмотрены только три его проекта, выполненные в «стиле Гимар», – Кастель (Замок) Беранже (Castel Béranger, 1894–1898 гг.), фасад административного здания компании Coilliot в г. Лилле (1898–1900 гг.), четыре типа входных павильонов станций Парижского метрополитена (1898–1912 гг.). В этих проектах Э. Гимар максимально раскрыл свой талант архитектора и «тотального» дизайнера. Бесценный опыт, который был обретен им в процессе их реализации, очень помог ему в работе над другими творческими работами, которые будут рассмотрены в наших следующих публикациях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Поляков Е.Н., Дончук Т.В. Шотландская версия стиля модерн в дизайнерских работах Ч.Р. Макинтоша и М. Макдональд // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. Т. 20. № 5. С. 9–34.
2. Поляков Е.Н., Дончук Т.В. Архитектурное наследие Ч.Р. Макинтоша // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. Т. 20. № 6. С. 9–32.
3. Поляков Е.Н., Дончук Т.В. Архитектурное наследие Виктора Орта // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 1. С. 29–59.
4. Гидион З. Пространство, время, архитектура : сокр. пер. с нем. 3-е изд. Москва : Стройиздат, 1984. 455 с.
5. Ар-нуво. Причудливый мир Гимара. URL: <http://interior.lv/ru/brinumaina-gimara-pasaule/>
6. Ар-нуво в Париже. Исцеление красотой. URL: <https://turbina.ru/guide/Parizh-Frantsiya-118086/Zametki/Ar-nuvo-v-Parizhe-Istselenie-crasotoy-70002/>
7. Архитектор и дизайнер Эктор Гимар (Hector Guimard). URL: https://www.liveinternet.ru/users/stroitelstvo_remont_piter/post_206467476
8. Гимар Гектор (1867–1942). URL: <http://www.build-online.ru>
9. Европейский модерн: Париж – «Стиль Гимара». URL: <https://mif-medya.ru/2016/>
10. Париж. Дома Эктора Гимара. URL: <https://babs71.livejournal.com/956922.html>
11. Париж. «Кастель Беранже» и другие здания архитектора Эктора Гимара. URL: <https://nathalie-zh.livejournal.com/134119.html>
12. Парижский вход на станцию метро «Киевская». URL: http://mosprogulka.ru/places/kievskaja_parizhskoe_metro
13. Парижский метрополитен. Арт-нуво. URL: https://sami_znaetekt.livejournal.com/99237.html
14. Самые красивые станции Парижского метрополитена. URL: <https://ruparis.ru/destination/parizh/metro-station/>

15. *Французская архитектура XIX–XX вв.* URL: <http://web-kapiche.ru/899-francuzskaya-arhitektura.html>
16. *Эктор Гимар.* URL: http://nado.znate.ru/Эктор_Гимар
17. *Эктор (Гектор) Гимар (1867–1942 гг.).* URL: <http://arch-house.ru/Biblioteka/mastera/Gimar/index.html>
18. *Эктор (Гектор) Гимар:* архитектор, дизайнер, стиль модерн (Ар-нуво). URL: <http://arch-house.ru/Biblioteka/mastera/Gimar/index.html>
19. *Эктор Гимар и его архитектурные фантазии.* URL: <http://trv-science.ru/2015/06/30/hector-guimard-i-ego-arkhitekturnye-fantazii/>
20. *Эктор Гимар* (Лион, 10 марта 1867 – Нью-Йорк 20 мая 1942). Главный представитель искусства Nouveau во Франции. URL: <http://media-knowledge.ru>

REFERENCES

1. *Polyakov E.N., Donchuk T.V.* Shotlandskaya versiya stilya modern v dizajnerskikh rabotakh Ch.R. Makintosh i M. Makdonal'd [Scottish modern in design works of C.R. Mackintosh and M. MacDonald]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2018. V. 20. No. 5, Pp. 9–34. (rus)
2. *Polyakov E.N., Donchuk T.V.* Arkhitekturnoe nasledie Ch.R. Makintosh [Architectural heritage of C.R. Mackintosh]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2018. V. 20. No. 6, Pp. 9–32. (rus)
3. *Polyakov E.N., Donchuk T.V.* Arkhitekturnoe nasledie Viktora Orta (1861–1947) [Architectural heritage of Victor Horta (1861–1945)]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2019. V. 21. No. 1. Pp. 29–59. (rus)
4. *Giedion S.* Prostranstvo, vremia, arhitektura [Space, time and architecture]. Moscow: Stroyizdat, 1984. 455 p. (transl. from Germ.)
5. *Ar nuvo. Prichudlivy mir Gimara* [Art Nouveau. The bizarre world of Guimar]. Available: <http://interior.lv/ru/brinumaina-gimara-pasaule/> (rus)
6. *Ar-nuvo v Perije. Istselenie krasotoy* [Art Nouveau in Paris. Healing by beauty]. Available: <https://turbina.ru/guide/Parizh-Frantsiya-118086/Zametki/Ar-nuvo-v-Parizhe-Istselenie-krasotoy-70002/> (rus)
7. *Arhitektor i dizainer Ektor Gimara (Hector Guimard)* [Architect and designer Hector Guimard]. Available: www.liveinternet.ru/users/stroitelstvo_remont_piter/post_206467476 (rus)
8. *Gimar Gektor (1867–1942)* [Hector Guimard (1867–1942)]. Available: www.build-online.ru (rus)
9. *Evropeiskiy modern: Parij – Stil Gimara* [European Art Nouveau: Guimard style]. Available: <https://mif-medya.ru/2016/> (rus)
10. *Parij. Doma Ektora Gimara* [Paris. Hector Guimard's House]. Available: <https://babs71.livejournal.com/956922.html> (rus)
11. *Parij. Kasteli Berange i drugie zdaniya arhitekтора Ektora Gimara* [Paris. Castel Beranger and other buildings by architect Hector Guimard]. Available: <https://nathalie-zh.livejournal.com/134119.html> (rus)
12. *Parijsky vhod na stantsiyu metro «Kievskaja»* [Paris Metro, Kievskaya station]. Available: http://mosprogulka.ru/places/kiievskaja_parizhskoe_metro (rus)
13. *Parijsky metropoliten. Art-nuvo* [Paris metro. Art Nouveau]. Available: <https://sami.znaet-tekto.livejournal.com/99237.html> (rus)
14. *Samye krasivye stantsii parijskogo metropolitena* [The most beautiful stations of the Paris Metro]. Available: <https://ruparis.ru/destination/parizh/metro-station/> (rus)
15. *Frantsuzskaia arhitektura XIX–XX veka* [French architecture in the 19–20th centuries]. Available: <http://web-kapiche.ru/899-francuzskaya-arhitektura.html> (rus)
16. *Ektor Gimara* [Hector Guimard]. Available: http://nado.znate.ru/Эктор_Гимар (rus)
17. *Ektor (Gektor) Gimara (1867–1942)* [Ector (Hector) Guimard (1867–1942.)]. Available: <http://arch-house.ru/Biblioteka/mastera/Gimar/index.html> (rus)
18. *Ektor (Gektor) Gimara: arhitektor, dizainer, stil modern (Ar nuvo)* [Ector (Hector) Guimard: architect, designer, modernist style (Art Nouveau)]. Available: <http://arch-house.ru/Biblioteka/mastera/Gimar/index.html> (rus)

19. *Ektor Gimar i ego arhitekturnye fantazii* [Hector Guimard and his architectural fantasies]. Available: <http://trv-science.ru/2015/06/30/hector-guimard-i-ego-arkhitekturnye-fantazii/> (rus)
20. *Ektor Gimar* (Lion, 10 marta 1867 – Niu-Iork 20 maia 1942). Glavny predstavitel iskusstva Nouveau vo Frantsii [Hector Guimard (Lyon, March 10, 1867, New York, May 20, 1942). The main representative of Art Nouveau in France]. Available: [http:// media-knowledge.ru](http://media-knowledge.ru) (rus)

Сведения об авторах

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

Дончук Татьяна Владимировна, аспирант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, kapitel-nsk@mail.ru

Authors Details

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

Tat'yana V. Donchuk, Research Assistant, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, kapitel-nsk@mail.ru

УДК 726.5(571.51)

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-36-52

*В.И. ЦАРЁВ^{1,3}, В.В. ЦАРЁВ^{2,3},**¹Институт архитектуры и дизайна**Сибирского федерального университета,**²Министерство строительства Красноярского края,**³Научно-исследовательский институт**теории и истории архитектуры и градостроительства*

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ ХРАМОВ КРАСНОЯРСКА XVII–XVIII ВВ.

В статье представлены результаты исследования процесса формирования церковных построек Красноярска, возведенных в первые два столетия существования крепости-города, которые получены на основе анализа материалов центральных и местных архивов страны. Архитектурные преобразования русских городов в семнадцатом и восемнадцатом веках являются наименее заполненными страницами исторической летописи Сибири, что определяет необходимость дальнейшего изучения ранее известных и вновь выявленных документальных источников, позволяющих показать наиболее полную картину архитектурно-градостроительной деятельности в рассматриваемый период. По сведениям, содержащимся в архивных документах, определены основные этапы возведения первых храмов и некоторые архитектурные особенности культовых строений Красноярска XVII–XVIII вв.

Ключевые слова: Сибирь; русские крепости; острог; храм; деревянная архитектура; Красноярск.

Для цитирования: Царёв В.И., Царёв В.В. Особенности формирования деревянных храмов Красноярска XVII–XVIII вв. // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 5. С. 36–52.

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-36-52

*V.I. TSAREV^{1,3}, V.V. TSAREV^{2,3},**¹Siberian Federal University,**²Ministry of Construction of The Krasnoyarsk Region,**³Research Institute of Theory and History of Architecture and Urban Planning*

WOODEN CHURCHES OF KRASNOYARSK IN THE 17–18th CENTURIES

The article presents a study of Krasnoyarsk churches, built in the first two centuries of the existence of the fortress-city. The research results are based on the analysis of archival materials of the country. Architectural transformations of the Russian cities in the 17–18th centuries are the least filled pages of the historical chronicle of Siberia, which determine the need for further study of previously known and newly identified documentary sources which provide the most complete information on architectural and urban planning activities in that period. The construction of the first temples and some architectural features of religious buildings of Krasnoyarsk in the 17–18th centuries are described.

Keywords: Siberia; Russian fortresses; gaol; temple; wooden architecture; Krasnoyarsk.

For citation: Tsarev V.I., Tsarev V.V. Osobennosti formirovaniya derevyannykh khramov Krasnoyarska XVII–XVIII vv. [Wooden churches of Krasnoyarsk in the 17–18th centuries]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2019. V. 21. No. 5. Pp. 36–52. DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-36-52

Красноярск – второй (после Енисейска, 1619 г.) русский город в Центральной Сибири, который был основан в 1628 г. отрядом служилых людей под руководством воеводы А.А. Дубенского. Преодолев все трудности похода от Тобольска до берегов Енисея, отряд из трех сотен человек, большинство из которых были рядовые казаки, выполнил наказ московского правительства по «острожному ставлению» в новых сибирских землях. «Во 7137 (1629) году писали ко государю царю и великому князю Михаилу Федоровичу всея Руси из Сибири из Тоболска воеводы князь Алексей Трубецкой с товарищи в нынешнем де в 7137 (1629) году октября в 15 день писал к нам в Тоболеск из качинские земли с Красново яру Ондрей Дубенской с атаманом с Иваном Астраханцом что в прошлом во 7136 (1628) году пришед Ондрей Дубенской с служилыми людьми в качинской земле на верхней изголови красного яру на реке на Каче острог поставили и крепости всякие поделали и в остроге съезжую избу и для государевы казны анбар и дворы себе поставили и около де Красноярского острогу пашенные земли а в качинской земле пашут и родитца ячмень и курлук и санных покосов много» [1].

1629–50-е гг. Поставив острог, служилые люди ходатайствовали о разрешении воздвигнуть в нем храм, о присылке «церковного строения» (икон, книг, колоколов) и о выдаче всего необходимого для богослужения. В челобитной, отправленной из новой крепости царю Михаилу Федоровичу в 1629 г., сообщалось о том, что вопрос о постройке в остроге церкви возник ещё в Тобольске перед началом похода, но ни тобольский воевода, ни сибирский архиепископ не смогли его решить без дополнительных указаний из Москвы. «Во 7136 (1628) году посланы мы холопи твои государевы ис Тоболска на твою государеву дальню службу в качинскую землю на краснай яр для разны острожные ставки и мы холопи твои государевы в Тоболском били челом тебе государю о священнике и воевода нам в Тоболском князь Ондрей Ондреевич Хованской священника не дал а мне де о церковном строение и о священнике не указана и после тово мы ж холопи твои в Тоболском били челом преосвященному архиепископу Макарию и он нам священника не дал же» [2, л. 44].

Из Тобольска отряд вышел в дальний поход без священника и указа о строительстве церкви в остроге на Красном яру. В тексте челобитной служилые люди сообщают о трудностях, встретившихся им в пути, проходившему по рекам Тоболу, Оби, Кети и Енисею, приведших к смерти некоторых членов отряда. «И мы государь холопи твои государевы будучи на твоеи государеваи службе идучи вверх по Кети реке от водянова брожения и снимаючи суды с мели и со всякие нужи многие перецынжали и перепухли и пришед в Макотцкой острог многие перемерли без отца душевнава и без отпевания погребены из Маковского острогу перешед заволоч на Енисей реку во 7136 (1628) году поделав суды Енисеем рекою пошли в качинскую землю на красной яр и божиею милостию и твоим государским счастьем пришед берег

взяли и острог поставили на боголепное преображение бога нашего Иисуса Христа и на Успениев день острог весь отделали и в остроге же государь осталиси многие перепухли и перецынжали и переранены смертными ранами а священника государь у нас нету смертном часу покаятца некому и храма воздвигнут не с кем» [2, л. 45].

Указанная в челобитной дата «постановки» Красноярского острога (Преображение Господне, 6 августа по старому стилю) была приведена неслучайно, именно факт совпадения начального периода возведения русской крепости с православным праздником определил название будущего храма – во имя Преображения Господня. Кроме главного престола красноярские служилые люди планировали разместить в пространстве церкви два дополнительных престола, один из которых был посвящен чтимой в XVII в. иконе богородицы Владимирской, а другой по обычаю посвящался «царскому ангелу» – Михаилу Малеину: «и вели государь нам в новой казинской землице в Красном острошке храм воздвигнути во имя боголепное преображения господа нашего Иисуса Христа и другой престол пресвятые Владимирские и третей престол твоево государева ангела хранителя Михаила Малеина и вели государь к нам прислати божия милосердия образы местные и деисусы и царские двери на три престола и священника и книги и колокола и все церковное строение» [Там же, л. 46].

В Москве заслуги красноярских служилых людей по укреплению рубежей Русского государства были высоко оценены царским правительством, которое наградило участников «острожного ставления» дополнительным денежным и материальным жалованием, а также распорядилось выделить из казны всё необходимое для строительства храма в новом остроге на Красном яру. Для перевозки церковного имущества в Москву прибыли красноярские служилые люди – пятидесятник Василий Яковлев и десятник Петр Андреев, которым поручалось сопровождать обоз подвод (грузовых телег) на огромном расстоянии по маршруту, подробно прописанному в царском указе. «Лета 7137 (1629) года апреля в 22 день государеву цареву и великого князя Михаила Федоровича всея Руси указу боярину князю Борису Михайловичу Лыкову да дьяком Федору Опраксину да Петру Копнину велети им дати от Москвы до Володимера и до Муромы и до Нижнего нова города и до Кузмодемьянска и до Казани и до Лаищева и до Соли до Камские и до Сибирских городов до Верхотуря и до Туринского острогу и до Тюмени и до Тоболска и до Сургута и до Нарымского острогу и до Томского города и до Кетцкого острогу и до Енисейского острогу и до нового Красноярского острогу сибирским служилым людем нового Красноярского острогу казаком пятидесятнику Васке Яковлеву да десятнику Петрушке Ондрееву под церковное строение под образы под трои деисусы большие да под трои двери царские да под три местные иконы большие да по три иконы пречистые запрестольные да под колокола и под ризы и подо всякое церковное строение шесть подвод с телегами и с проводниками да казаком пятидесятнику Васке Яковлеву да десятнику Петрушке Ондрееву по подводе человеку с седлы и с уздами и с проводниками ж да им же велети дати под церковное строение под воск и под ладон и под вино церковное подводу с телегою и с проводником а водяным путем велети давати судно и кормщика и гребцов счетчи против подвод» [Там же, л. 60–61].

Одновременно с указом о транспортировке церковного имущества из Москвы была отправлена царская грамота архиепископу Сибирскому и Тобольскому Макарию, в которой вновь повторялась просьба красноярских служилых людей о необходимости священника и постройке храма; сообщалось о царском указе, разрешавшем строительство церкви, для которой отправлялись предметы богослужения; а также были приведены сведения о направлявшемся в новый острог московском священнике Дмитрие Климовиче Попове, ставшем первым церковным служителем на красноярской земле. В грамоте архиепископу предписывалось, чтобы по прибытии в Тобольск В. Яковлева и П. Андреева он забрал у них «церковное строение» в казну до постройки храма, а после возведения организовал его освящение. «По нашему указу послано в новой острог на красной яр церковное строение образы да книги и ризы и все церковное строение и колокола и кадило и поп Дмитрие Климов сын Попов с Москвы и как к тебе ся наша грамота придет Красноярского острогу челобитчики пятидесятник Васка Яковлев да десятник Петрушка Ондреев и поп Дмитрие в Тобольск приедут и ты б по ся нашей грамоте в новом остроге на красном яру благословил храм воздвигнути» [2, л. 65–67].

По датам, приведенным в царском указе и грамоте, можно предположить, что обоз с «церковным строением» и священником отправился из Москвы в Тобольск и далее до Красноярского острога в последних числах апреля 7137 (1629) г. Продолжительность всего пути при самых благоприятных обстоятельствах могла составить около полугода. Следовательно, обряд освящения места под храм и постройка первой красноярской церкви определяются 7138 (1630) г., который в то время начинался 1 сентября.

Документальное описание деревянной Преображенской церкви до сих пор остается невыявленным в фондах архивов. Из текста челобитной красноярских служилых людей в Москву можно судить о том, что формы церкви, по их замыслу, должны были иметь довольно значительные размеры, т. к. предполагалось построить трехпрестольный храм, который должен был вмещать одновременно не менее 200 человек. Мастерами-плотниками, возводившими церковь, были, вероятно, выходцы из числа служилых людей, которые доказали своё мастерство при строительстве укреплений Красноярского острога в 1628 г. Архитектурными образцами возводимого храма могли стать первые деревянные церкви Енисейска и деревянный Софийский собор, построенный в Тобольске в 1621–1622 гг., которые встречались отряду во время похода. Например, из сохранившихся описаний тобольской церкви следует, что её размеры составляли следующие величины: «И та церковь не малая: от западных дверей до царских 3,5 сажени, а в алтаре от царских дверей до горнего места 2 сажени без четверти, а от южных до северных 5 сажень» [3, с. 77]. В формах деревянных церквей рассматриваемого периода активно использовались кровли криволинейного очертания с килевидным завершением (бочечная кровля), а высокие колокольни ставились отдельно от основного объема храма, они покрывались шатровым типом кровли. Высота тобольской соборной церкви от уровня земли до яблока была 13,5–14 сажень (более 28 м) [4, с. 8]. Подобные архитектурно-конструктивные элементы вполне могли быть присущи первой деревянной церкви во имя Преображения Господня, возведенной в Красноярском остроге в 1630 г.

1650–70-е гг. В 1652 г. в одной из челобитных красноярского воеводы Михаила Скрыбина царю Алексею Михайловичу сообщалось о том, что присланный в Красноярский острог к церкви боголепного Преображения «священник Дмитрий Климантов ныне стар и очми болен и к церкви ходит с великою нужею» [5, л. 146]. Далее воевода приводит сведения, которые являются ценными для нашего исследования и касаются строительства новой церкви: «Да в Красноярском же государь остроге на посаде воздвигнута вново церковь Пресвятые богородицы честного и славного ея одегитрея престол освящен да в той же церкви пределы святого праведного Алексея человека божия да великого чудотворца Николы а книг государь ни колоколов у той церкви нет и те пределы не освящены» [Там же]. Вторая деревянная церковь, получившая в дальнейшем более простое название – во имя Покрова Богородицы, находилась на территории посада, возникшем за стенами малого острога, где селились красноярские служилые люди. Воевода М. Скрыбин сообщал царю: «И тем государь священникам которые ныне в Красноярском остроге одне быть невозможно многие люди государь в Красноярском остроге и в уезде во всех ближних и далних деревнях умирают без покаяния и радилницы лежат без молитвы и младенцы некрещены... к тем церквам священников неприслано а собою священники не заходят и призвать неоткуды» [Там же, л. 147].

Первая деревянная Преображенская церковь простояла почти пятьдесят лет до тех пор, когда 26 апреля 1679 г. в Красноярске «учинился пожар, и от того меншой острог выгорел, и соборная церковь и иконы и книги и колокола, и... великого государя анбар, где была яшашная соболиная казна, и... государевы хлебные запасы, и приказная изба с... государевыми делами, и воевоцкой и аманацкой дворы, и судовые всякие припасы и ружье сгорело, и зелейной погреб с порохом взорвало» [6].

1680–1720-е гг. По принятым в те времена правилам соборную церковь восстановили вновь в деревянных конструкциях, сохранив её прежнее наименование. Она оказалась запечатленной на рисунке Красноярского города в «Чертежной книге Сибири», составленной Семеном Ульяновичем Ремезовым в 1701 г. [7, л. 15] (рис. 1).

Преображенская церковь изображена в центральной части малого острога. В соответствии с условно выполненным рисунком можно предположить, что она представляла традиционный в русском деревянном зодчестве тип храма, формы которого составляли три основных объема-сруба: большой центральный (четверик) – для самой церкви, с шатровым завершением, и двух меньших – для алтаря (пятигранного очертания), завершенного небольшим шатриком, и трапезной, перекрытой на два ската. К трапезной примыкало входное крыльцо с высокой лестницей. Церковь стояла на подклете, в котором находилось жилое помещение, о чем свидетельствуют архивные документы: «Якушко Святогоров в допросе сказал столник де Семен Дурново приехал из Енисейска в Красноярск августа 2 числа нынешня 7207 (1699) году по утру а сколь рано того он Якушко не видал и не ведает потому что спал у соборные церкви в малом городе под трапезою для того что живет у той церкви а двора своего у него нет» [8].

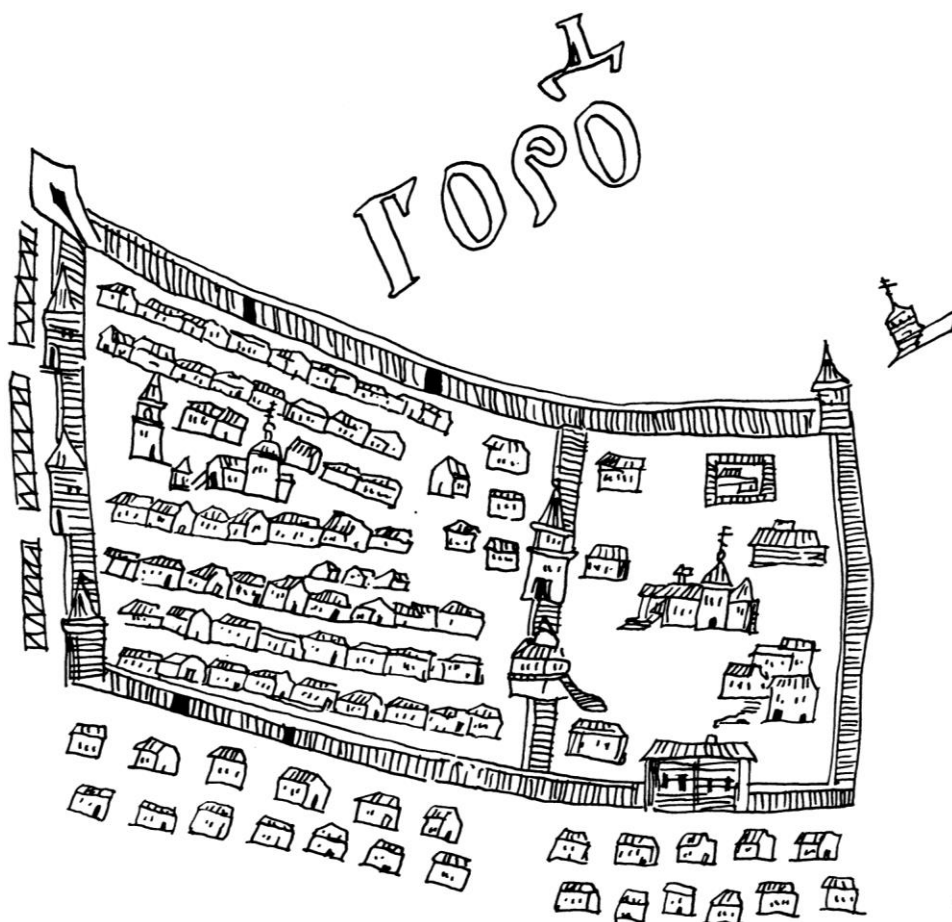


Рис. 1. Красноярский город в «Чертежной книге Сибири» С.У. Ремезова. Л. 15. Фрагмент. 1701 г.

Чертеж дополняют сведения из расписного списка Красноярска за 7207 (1699) г.: «Малой острог мерою кругом старого строения 71 сажень, да нового 120 сажень а по тому острогу 2 башни старые проезжие на башне часовня Спасская да колоколя крыта тесом а у той колоколяне часы боевые да колокол вестовой которой прислан с Москвы весом 19 пуд 32 гривенки. Другая башня крыта драницами, да потому ж острогу 3 башни новые» [9]. В документе сообщается о главной городской башне – Спасской, находившейся, как показано на рисунке С.У. Ремезова, в западной стене малого острога, имевшей шестигранные очертания внешнего вида. В ней были устроены проездные ворота, часовня с иконами, колоколяна соборной церкви, а также первые башенные городские часы.

Ремезовский чертеж дает некоторые сведения о формах второй церкви – Покровской, построенной в городском посаде в середине XVII в. Она представляла собой, судя по рисунку, тип храма, подобный Преображенской соборной церкви, но с иным (не шатровым) завершением центрального объема. Точную

конструкцию покрытия храма установить по данному изображению не представляется возможным. Однако отметим, что по другим графическим документам, рассмотренным ниже, завершение Покровского храма можно отнести к так называемому одноглавому кубоватому, отличавшемуся от шатрового своими криволинейными очертаниями. Появление этой формы покрытия храмов в России относится к XVII в., что характеризует довольно активное распространение новых приемов художественной выразительности произведений деревянного зодчества в отдаленных районах Сибири. На чертеже рядом с церковью показана мощная вертикаль отдельно стоявшей колокольни.

Следует дополнительно отметить, что на рисунке С.У. Ремезова вблизи малого острога показано условное изображение деревянного строения, завершенного крестом, – часовни, которая находилась на месте дозорного поста – на Караульной сопке.

1726 г. – 1770-е гг. Дальнейшие изменения в судьбе храмов Красноярска, произошедшие за три первых десятилетия XVIII в., позволяют проследить документальные материалы, собранные участниками Второй Камчатской экспедиции в 1730–40-х гг. Например, профессор Г.Ф. Миллер привел свидетельство о дате утраты второго соборного храма Преображения Господня: «Да по справке ж в Красноярской канцелярии записною книгою в прошлом 1726-м году в сентябре в 14 число в ночи в третьем часу в малом городе соборная церковь волею божиею згорела безостатку и ничего не осталось» [10, л. 39]. Далее Г.Ф. Миллер сообщает о строительстве нового, третьего по счету, соборного храма: «Потому пожарному случаю поставлена церковь во имя тож деревянная ж и з двумя пределами ис которых один по правую сторону во имя пресвятыя богородицы другой по левую Николая чудотворца» [Там же, л. 94]. В составленном им описании Красноярска сообщается о Спасской башне, уточняется название одного из приделов соборного храма и даны краткие сведения о Покровской церкви: «Пятая башня (Спасская. – *авт.*) проезжая створчетыми воротами на ней семь колоколов церковных да часы боявые казенные руския а в малом городе строения церковь Преображения господня о двух приделах первой Владимирския богородицы второй Николая чудотворца... в болшем городе церковь строением деревянная Покрова богородицы да колоколня на ней шесть колоколов церковных» [Там же, л. 38]. В описании подтверждается факт благополучного сохранения до середины 1730-х гг. второго красноярского храма, находившегося в посаде: «Церковь пресвятыя богородицы Покрова деревянная и в прошедших летех оной церкви перемены никакой не бывало» [Там же, л. 94]. Местоположения храмов в городской застройке можно проследить на фиксационном плане Красноярска, снятом глазомерной съемкой участниками Камчатской экспедиции [11], на котором видно, что в малом городе главным строением оставалась соборная церковь Преображения Господня, а в большом городе вокруг Покровского храма сформировалась площадь посада (рис. 2).

Некоторые черты архитектурного облика красноярских храмов третьего десятилетия XVIII в. отображены на панораме города, выполненной художником И.-В. Люрсениусом, участником экспедиционного отряда Г.Ф. Миллера, дошедшей до наших дней в гравюре А.Я. Колпашникова [12] (рис. 3). Изображение города художник передает с противоположного (левого) берега р. Качи.

В городской застройке выделены доминанты двух деревянных храмов с колокольнями. В центральной части панорамы показаны Преображенская соборная церковь (вновь построенная после пожара 1726 г.) и Спасская шестигранная башня, являвшаяся колокольней. Оба строения имели шатровые завершения. Другая церковь города – Покровская (существовавшая со середины XVII в.), судя по рисунку, выделялась оригинальным пространственно-конструктивным решением – ее кубоватое одноглавие было поставлено на восьмерик. Изображенная на панораме церковная колокольня показана отдельно стоящим четырехугольным столпом с высоким шатровым завершением.

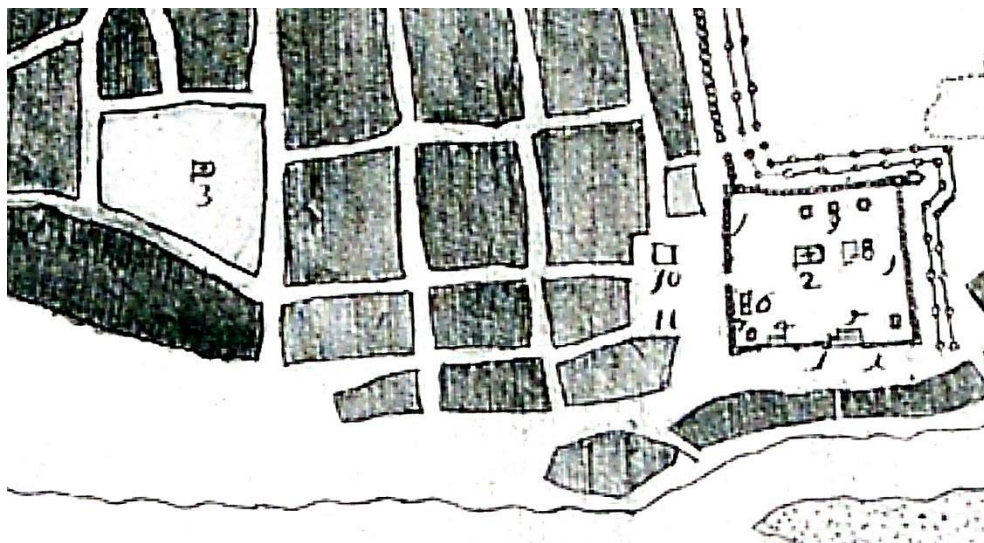


Рис. 2. План Красноярска 1730-х гг. Фрагмент. Филиал архива РАН СПб

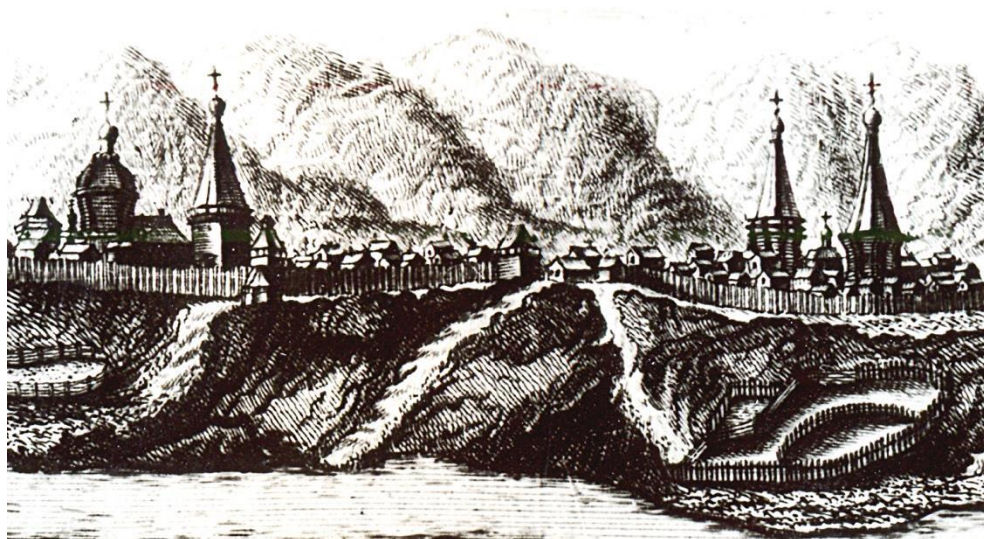


Рис. 3. Вид Красноярска 1730-х гг. Фрагмент. РГВИА

На фиксационном плане Красноярска, составленном в 1748 г. командой военных геодезистов, возглавляемой инженер-майором Сергеем Плаутиным, присутствуют планировочные изображения двух городских храмов и Спасской проездной башни [13] (рис. 4).



Рис. 4. План Красноярска 1748 г. Фрагмент. РГВИА

Интерес вызывают очертания храмовой части Преображенской соборной церкви, находившейся в малом городе, которая с южной и северной сторон имела две пристройки Т-образной формы, вероятно, боковые крыльца. Графическая реконструкция Спасской башни-колокольни была выполнена авторами по выявленным чертежам профилей-разрезов, составленным той же командой геодезистов в 1748 г. [14]. Посадская церковь во имя Покрова Пресвятой Богородицы показана на плане в большом городе в центре огороженного участка, вход на который осуществлялся через ворота, располагавшиеся в нижнем ярусе отдельно стоявшей четырехугольной колокольни.

В 1759 г. в Красноярске приступили к возведению первого в городе каменного здания – новой церкви во имя Воскресения Иисуса Христа. Место постройки храма было выбрано в малом остроге «при соборной Преображенской церкви» [15, с. 162].

О неудовлетворительном состоянии некоторых конструкций деревянной соборной церкви сообщал красноярский протопоп Алексей Михайловский в своем «доношении» митрополиту Тобольскому и Сибирскому Павлу в конце марта 1761 г. «Понеже города Красноярска соборной Преображения господня церкви в олтаре под полом матицы подгнили и пол весь трясется и на оном полу стоящей престол також весма от хождения человеческого по тем тесницам трясется и весма на нем совершати святую литургию опасно» [16, л. 2]. Вскоре из Тобольска пришло распоряжение отремонтировать пол в алтаре церкви: «Того ради благославляем ненадежное исправить» [Там же, л. 4].

Интересные сведения о храмах города содержатся в ответах красноярской воеводской канцелярии о состоянии Красноярска и уезда на анкету, присланную из Шляхетского корпуса в 1761 г., разработанную в связи с подготовкой географического описания Российского государства. В ответе на вопрос о наличии в городе церквей и «каких оне времени от построения», сказано: «Внутри того города церквей деревянных имеетца две, потому числитца приходов два. А построены те церкви: соборная Преображенская в 728-м, а другая Покровская –

в 753 годах» [15, с. 173]. Согласно полученным ответам, уточняется дата восстановления сгоревшей в пожаре соборной церкви – 1728 г. и определяется новый этап в строительной истории посадской Покровской церкви – 1753 г., когда было осуществлено её обновление (если в ответе не была допущена ошибка в указании года постройки). Основной причиной перестройки храма стала, вероятнее всего, ветхость его столетних деревянных конструкций.

В архивных делах за 1769 и 1772 гг. сохранились сведения о неоднократных попытках жителей Красноярска получить разрешение на строительство новой деревянной церкви «в версте от города на горе сопке». Одним из инициаторов предполагаемого строительства храма являлся красноярский дворянин Матвей Толшин, от имени которого отправлялись прошения архиепископу в Тобольск. В одном из них сообщалась предыстория дела: «В прошлых давних летех еще при заведении города Красноярска поставлен был на горе сопке состоящей от города Красноярска в версте честный животворящий крест господен и потом зделана часовня. В кажды год по дважды в юле: в пост святых апостолов Петра и Павла; сентября 14 числа то есть в день воздвижения честного и животворящего креста господня с процессиею хождение бывает; которая часовня чрез много прошедшия времена в крайнее обвещание пришла для чего прихожане желание и обещание свое возымели чтоб вместо оной обедшалои часовни на том же месте внов деревянную церков небольшую построить» [17, л. 1а]. В период рассмотрения прошения с главным инициатором произошли неприятности, повлиявшие на ход дела: «Да и проситель Толшин по касающемуся до него по своей команде делу по наказании публично кнутом ис Красноярска выслан на поселение в Бийскую крепость, а других охотников к тому строению не сыскивается церковь строить, а желают толко построить градо красноярские жители на оной упоминаемой сопке крест святой и по кресте хорошие строение наподобие часовни» [Там же, л. 4]. В Тобольской духовной консистории после получения справок о состоянии красноярских церквей и количестве прихожан было принято отрицательное решение: «Усмотрено что около оной сопки никакого жила неимеется, да и по указом внов часовни строить запрещено того ради з доклада ево преосвещения приказали послать в красноярское духовное правление указ и велеть на оной сопке часовни не строить и крестного хождения туда неиметь» [Там же, л. 5].

Однако рассматриваемое дело получило продолжение в феврале 1772 г., когда к архиепископу Тобольскому и Сибирскому Варлааму вновь поступило прошение от «города Красноярска бывшего дворянина Матвея Толшина». «Ныне тот поставленной на горе крест пришел в обетшание; чего ради ваше преосвященство всенижайше прошу вышеписанной состоящей при городе Красноярску на горе святой крест мне нижеименованному по учиненному мною обещанию дозволить переправить и обнести оградой» [18, л. 1–1 об.]. В ответ на прошение архиепископ затребовал от красноярского духовного правления новые сведения: «Почьему дозволению и с коих лет ходят крестным ходом и прилично ль на пустом месте быть кресту и городить ограду» [Там же, л. 2 об.]. В красноярском духовном правлении текст резолюции архиепископа вызвал предчувствие недовольства вышестоящего начальства. Поэтому в ответном рапорте красноярский протопоп А. Михайловский напи-

сал о том, что «крестное хождение на ту гору ко кресту учинено теми ж казаками и протчими гражданами без указа самопроизвольно... да и быть на пустом месте кресту и городить ограду усматривается неприлично» [18, л. 4]. Несмотря на полученный отказ о ремонте деревянной часовни, она продолжала стоять на Караульной горе-сопке до замены её каменным строением в середине XIX в. Сохранилось художественное изображение города 1840-х гг. с деревянной часовней (рис. 5).



Рис. 5. Вид Красноярска 1840-х гг. с деревянной часовней (Красноярский краевой краеведческий музей)

В мае 1852 г. красноярский священник Александр Иноземцев отправил сведения о состоянии часовни в Томскую духовную консисторию, в которых сообщалось: «Деревянная часовня ныне состоит лишь из четырех столбов, покрытых крышею с железным на оной крестом и деревянным на земле помостом. Вместо боковых стен под крышею стояли иконы большого размера с изображением Святителей, а в середине между оными водружен был образный животворящий крест с изображением Распятого. Иконы сии и крест, за обветшанием часовни, были взяты около 1825-го года и перенесены в красноярский Воскресенский собор, где и поныне хранятся: иконы на паперти и крест в самой церкви; и потому помянутая часовня как остались при ней только одни столбы с крышею и помост, не введена бывшими благочинными в число прочих часовен и по клировым ведомостям» [19, л. 6 об.]. Эта часовня являлась предшественницей каменной часовни, построенной в середине девятнадцатого столетия, впоследствии ставшей главным символом Красноярска.

1771 г. – 1790-е гг. Строительство следующего деревянного храма в Красноярске было определено императорским указом, датируемым 22 ноября 1771 г., в котором предписывалось: «Во всякую предосторожность от заразительной болезни... чтоб по городам при церквях никого не хоронили, а отвели господа губернаторы для того особая кладбища за городом на выгонных землях где способнее построив при оных на первой случай хотя небольшие деревянные церкви» [20, л. 3]. Воеводской канцелярией были предприняты необходимые меры, в результате которых «место отведено за городом Красноярском на выгонной земле, а именно от городской выездной башни в осто девяносте двух саженьях по течению реки Качи на городской стороне на яру под ограду длиннику сто поперешнику пятидесят сажень» [Там же, л. 1а об.]. В марте 1773 г. красноярские жители приняли решение о строительстве церкви на кладбище, о котором сообщили архи-

епископу Тобольскому и Сибирскому Варлааму для получения от него соответствующего разрешения. «Тем доношением означенныя граждане реченной канцелярии просили чтоб де соблаговолено было дозволить или отколь принадлежит истребовать повеление на вышеозначенном месте за городом, где мертвые тела погребаютца, построить деревянную со обнесением подлежащей ко освящению, яко уже от всего града к погребению мертвых тел; ограды святую церковь, во имя Всех Святых» [20, л. 1а–1а об.]. Архиепископ дал благословение «на назначенном от красноярской воеводской канцелярии месте вновь деревянную во имя всех святых церковь по чиноположению церковному соборне обложить и по обложении велеть строить по подобию прочих грекороссийских церквей с поспешанием» [Там же, л. 4 об.]. Благословенная грамота была отправлена из Тобольска 31 июля 1773 г., немногим более чем через месяц после трагедии, постигшей Красноярск, – разрушительного пожара, произошедшего 25 июня 1773 г., в результате которого выгорел почти весь город. Однако, несмотря на наступившее для красноярских жителей тяжелое время, дело по строительству кладбищенской церкви продолжалось. В ноябре того же года протопоп А. Михайловский в своем рапорте архиепископу Варлааму докладывал о том, что «за городом Красноярском на выгонном и отведенном от красноярской воеводской канцелярии месте для погребения умерших, вновь деревянная во имя Всех святых церковь по чиноположению церковному сего 1773 года ноября 2 числа соборне обложена» [Там же, л. 5]. В сентябре 1774 г. А. Михайловский извещал архиепископа: «Сего сентября 10-го числа в поданном в красноярское духовное правление староста церковный красноярской отставной дворянин Степан Нашивошников с товарищи доношении объявили что по присланной от вашего преосвященства благословенной грамоте обложена была к построению за городом Красноярским для погребения мертвых тел, вновь деревянная во имя Всех святых церковь которая уже в совершенное строением окончание приведена» [Там же, л. 6–6 об.]. Архитектурный облик деревянной Всехсвятской церкви по архивным документам выявить до сих пор не удалось. Это связано, вероятно, с относительно кратковременным периодом её существования, который продлился немногим более двух десятилетий.

Пожаром, произошедшим в Красноярске 25 июня 1773 г., были уничтожены оба деревянных городских храма – соборная Преображенская церковь и приходская – Покровская, печально завершившая свое более чем 120-летнее существование. О мерах, предпринятых жителями по восстановлению храмов, сообщал протопоп А. Михайловский архиепископу Варлааму в своем донесении, составленном 29 июня 1773 г.: «Сего 1773 года июня 25 числа в учинившейся в городе Красноярске пожар, как соборная Преображенская, так и приходская Покровская церкви; а соборная и со всею церковною утварью без остатку згорели; и затем в городе Красноярске священнодействия отправлять негде; а понеже во оном городе Красноярске имеетца соборная вновь каменная Воскресения Христова церковь, коя строением приведена уже ко окончанию, толко иконостаса в ней еще не зделано и не написано; ныне ж имеетца иконостас вынесенной во время пожару из вышепоминаемой Покровской церкви; весь в целости; того ради вашему преосвященству красноярское духовное правление сим представляя вовсенижающей покорности просит, чтоб

соизволено было помянутой вынесенной во время пожара ис Покровской церкви иконостас в вышепоказаную вновь построенную каменную церковь поставить дозволить; и при ней оную посветить, для коего освящения и святыи антиминс прислать; а когда во оную каменную церковь по подряду иконостас сделан и написан будет, тогда и означенной покровской церкви (по построении ее) имеем быть отдать обратно и об оном наме представление учинить милостивую вашего преосвященства резолюцию» [21, л. 1а–1а об.]. Архиепископ дал свое благословение на то, чтобы красноярские жители могли вынесенный «из згоревшей Покровской церкви иконостас во вновь построенную во имя Воскресения Христова каменную церковь поставить» [Там же, л. 2]. Воскресенская церковь – первое каменное здание Красноярска – после установки иконостаса была соборно освящена 10 ноября 1773 г. [Там же, л. 4].

В январе 1774 г. прихожане подали в красноярское духовное правление донесение, в котором сообщалось об «усердном их желании» построить новую деревянную церковь во имя Покрова Пресвятой Богородицы. Оно было переправлено в Тобольск архиепископу Варлааму для принятия окончательного решения. «В поданном в красноярское духовное правление, градокрасноярской Покровской церкви от старосты церковного отставного казака Алексея Ошарова с прихожаны доношении написано сего 1774 года генваря 5-го числа в здешнее духовное правление подано было от них доношение с прописанием того что в бывшей в прошлом 1773-м году июня в 25 число в городе Красноярске пожаром вышеименованная Покровская церковь згорела вместо которой по усердному их желанию все оной церкви прихожане имеют вновь построить церковь деревянную об одном департаменте троюпрестольную а имянно два престола прежния. Первыи во имя Покрова пресвятыя Богородицы, вторыи святых первоверховных апостол Петра и Павла а третии вновь святителя христова Николая чудотворца» [Там же, л. 8–9 об.]. Ситуация со строительством храма осложнялась тем, что после пожара 1773 г. для Красноярска был составлен первый проектный план, по которому новые церкви должны были строиться каменными [22] (рис. 6).

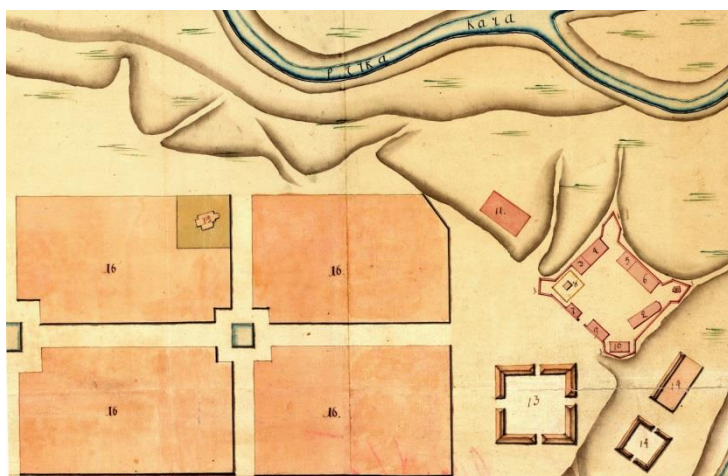


Рис. 6. «План вновь прожектированный города Красноярска». Фрагмент. 1773 г. РГИА

Это же требование содержалось в императорском указе (1763 г.) – «в городах велено строить церкви каменные а не деревянные». Для принятия верного решения архиепископ Варлаам обратился за советом к сибирскому губернатору Д.И. Чичерину. По предложению последнего «для бедности прихожан погоревших дозволено на время до построения каменной сделать деревянную не на назначенном по плану месте или хотя на тою толку невеликую, чтоб около оной можно было заложить и каменную» [21, л. 10]. После получения от архиепископа «благословенной грамоты» на строительство священниками был проведен соответствующий обряд: «В городе Красноярске водно именованное Покрова Пресвятыя Богородицы церковь сего ноября 8 числа 1774 года соборне обложена» [Там же, л. 15]. В сентябре 1775 г. протопоп А. Михайловский отправил сообщение архиепископу Варлааму о том, что церковь Покрова Пресвятой Богородицы «в совершенное строением окончание и приведена» [Там же, л. 16–17]. Из текста рапорта, отправленного архиепископу в январе 1776 г., следует, что «в городе Красноярске приходская Покровская деревянная церковь вынесенным ис прежде бывшей згоревшей церкви святым антиминсом сего генваря 21 числа соборне освящена» [Там же, л. 18]. Она встала на участке, назначенном по проектному плану под новую церковь, который находился на въезде в город из Енисейска. В соответствии с распоряжением духовного начальства о строительстве «невеликого» храма Покровская церковь была «однопрестольной» [Там же, л. 17 об.]. О её внешнем виде сохранились краткие сведения: «Это было трехчастной структуры – “кораблем” – высокое сооружение с шатровым храмом и “таковою же колокольней”, завершенное маковицами, обитыми “белым железом” с золочеными железными крестами» [23, л. 317]. Из описи церкви известно, что пол в храме был чугунный, окна слюдяные, а на колокольне находились три колокола весом в три пуда, в один пуд 15 фунтов и два пуда 29 фунтов [24, л. 7–8].

После возведения в Красноярске каменной церкви во имя Покрова Пресвятой Богородицы (1795 г.), которая встала на главной улице города, на его въезде с западной стороны, деревянный храм «упразднили». О нем упоминалось в прошении красноярцев о строительстве на его месте ещё одной каменной церкви, которое было направлено в духовное правление в январе 1795 г. «Многие сего города Красноярска разного звания люди возимели усердное желание соорудить нам иную двухэтажную церковь и украсить ее подобающим благолепием, в нижнем – во имя благовещения пресвятыя богородицы, а в верхнем – святого апостола и евангелиста Иоанна богослова, на отведенном прежде по плану очень хорошем и пристойном месте, огражденном деревянною оградой, в длину и ширину по тридцати по семи сажень, где ныне без службы стоит деревянная Покрова богородицы, вместо которой на другом месте в то ж именование создана и украшена церковным благолепием каменная с приделами церковь, в коей и служба происходит» [15, с. 256–257]. В мае 1797 г. горожане обратились к архиепископу Тобольскому и Сибирскому Варлааму с просьбой о том, чтобы вместо сгоревшей в тот период «загородной всех святых кладбищенской деревянной церкви перенести состоящую в городе Красноярске упраздненную приходскую покровскую деревянную же церковь во именование всех святых, которая ими признана прочною»

[24, л. 1]. Архиепископ послал ответную резолюцию: «Упраздненную за построением каменной деревянную Покровскую церковь на кладбище по прошению граждан перенести дозволить и дать грамоту о заложении оной во имя всех святых». Закладка церкви состоялась 8 октября 1797 г. на городском кладбище, находившемся к западу от застроенных кварталов (современная территория торгового комплекса «Квант»). В апреле 1798 г. деревянная церковь, получившая наименование во имя Всех Святых, была «окончанием строением приведена». Она простояла до середины 1810-х гг., когда сгорела в пожаре, уступив место четвертому по счету каменному храму Красноярска – кладбищенской церкви во имя Всех Святых, освященной 22 мая 1820 г. [25].

Проведенная авторами систематизация документальных данных позволила выявить историческую картину формирования первых деревянных церковных строений Красноярска, возведение которых осуществлялось в 1630–1790-х гг.

Композиционные особенности первых красноярских церквей – одноглавые завершения, имевшие бочечную, шатровую или кубоватую кровли. Большинство деревянных храмов Красноярска XVII–XVIII вв. отличались значительными по размерам объемно-планировочными формами.

Деревянная культовая архитектура первых русских крепостей-городов Сибири сохраняла традиционные формы древнерусского зодчества и представляет значительный пласт культурного достояния России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Портфели Миллера* // Российский государственный архив древних актов (РГАДА). Ф. 199. Оп. 2. Д. 477. Ч. 2. № 7. Л. 31.
2. *О посылке из Москвы Андрея Дубенского* в Качинскую землицу на Красный яр. 1627–1629 гг. // Российский государственный архив древних актов (РГАДА). Ф. 214. Оп. 3. Д. 160.
3. *Баландин С.Н.* Каменный Софийский (Успенский) собор – памятник архитектуры Тобольска // Памятники истории и архитектуры Сибири. Новосибирск : Наука, 1986. С. 76–87.
4. *Майничева А.Ю.* Деревянные церкви Сибири XVII века: формы, символы, образы (Серия «Этнография Сибири»). Новосибирск : Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 1999. 73 с.
5. *Российский государственный архив древних актов* (РГАДА). Ф. 214. Оп. 3. Д. 446. 1652 г.
6. *Дополнения к актам историческим*, собранные и изданные археологической комиссией. Т. 8. Док-ты 1678–1681 гг. Санкт-Петербург, 1862. С. 240.
7. *Чертежная книга Сибири*, составленная тобольским сыном боярским Семеном Ремезовым в 1701 году. Санкт-Петербург, 1882. (2 л. + 24 л. черт.).
8. *Российский государственный архив древних актов* (РГАДА). Ф. 214. Оп. 3. Д. 366. Л. 265. 1699 г.
9. *Ведомость сибирских городов*. 1698–1699 гг. // Российский государственный архив древних актов (РГАДА). Ф. 214. Оп. 1. Ч. 5. Д. 1354. Л. 288 об.
10. *Портфели Миллера* // Российский государственный архив древних актов (РГАДА). Ф. 199. Оп. 2. Д. 481. Ч. 5. Л. 39.
11. *План Красноярска 1730-х гг.* // Филиал архива Российской академии наук (СПбРАН).
12. *Вид Красноярска. XVIII в.* // Российский государственный военно-исторический архив (РГВИА). Ф. 846 (ВУА). Оп. 16. Д. 21531. Л. 14а.
13. *План с прожектором города Красноярска. 1748* // Российский государственный военно-исторический архив (РГВИА). Ф. 349. Оп. 17. Д. 3966. Л. 1.
14. *Царёв В.И., Царёв В.В.* Реконструкция Красноярского острога 1748 г. // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 4. С. 35–52.

15. Быконя Г.Ф. Город у Красного Яра: Документы и материалы по истории Красноярска XVII–XVIII вв. / составители и авторы комментариев Г.Ф. Быконя, Л.П. Шорохов. Красноярск : Кн. изд-во, 1981. 280 с.
16. *Доношение Красноярского духовного правления* о поправлении ветхого пола в соборной Преображенской церкви г. Красноярска. 1761 г. // Государственный архив в г. Тобольске. Ф. 156. Оп. 2. Д. 70.
17. *Дело по прошению Красноярского дворянина Матвея Толина* о строительстве новой церкви в версте от города Красноярска на горе сопке. 1769 г. // Государственный архив в г. Тобольске. Ф. 156. Оп. 2. Д. 2010. 6 л.
18. *Дело о не разрешении установления в Красноярске на сопке креста*. 1772 г. // Государственный архив в г. Тобольске. Ф. 156. Оп. 2. Д. 2879. 4 л.
19. *О построении часовни за р. Качей* на горе в Красноярске. 1852 г. // Государственный архив Томской области (ГАТО). Ф. 170. Оп. 11. Д. 892.
20. *Дело по доношению Красноярского духовного правления* о строительстве церкви во имя всех святых на месте, отведенном для кладбища. 1773 г. // Государственный архив в г. Тобольске. Ф. 156. Оп. 3. Д. 78. 8 л.
21. *Дело по доношению Красноярского духовного правления* о строительстве и освящении новой деревянной Покровской церкви в городе Красноярске вместо сгоревшей. 1773 г. // Государственный архив в г. Тобольске. Ф. 156. Оп. 3. Д. 129. 18 л.
22. *План г. Красноярска*. Без даты // Российский государственный исторический архив. (РГИА). Ф. 1293. Оп. 168. Д. 15. Л. 1.
23. Быконя Г.Ф., Гринберг Ю.И., Шумов К.Ю. Покровская церковь в Красноярске – памятник архитектуры XVIII века // Памятники истории и культуры Красноярского края. Вып. I. Красноярск : Кн. изд-во, 1989. С. 314–321.
24. *О постройке и освящении Красноярской кладбищенской церкви*. 1797 г. // Государственный архив Красноярского края (ГАКК). Ф. 592. Оп. 1. Д. 227. Л. 1.
25. *Об освящении Красноярской кладбищенской церкви*. 1820 г. // Государственный архив Красноярского края (ГАКК). Ф. 812. Оп. 1. Д. 611.

REFERENCES

1. Rossiiskii gosudarstvennyi arkhiv drevnikh aktov [State Archive]. Form 199. List 2. Proc. 477. Pt 2. No. 7. P. 31. (rus)
2. Rossiiskii gosudarstvennyi arkhiv drevnikh aktov [State Archive]. Form 214. List 3. Proc. 160. 1627–1629. (rus)
3. Balandin S.N. Kamennyi Sofiiskii (Uspenskiĭ) sobor – pamyatnik arkhitektury Tobol'ska [The Cathedral of the Assumption, the architectural monument of Tobolsk]. In: Pamyatniki istorii i arkhitektury Sibiri. Novosibirsk: Nauka, 1986. Pp. 76–87. (rus)
4. Mainicheva A.Yu. Derevyannye tserkvi Sibiri XVII veka: formy, simvoly, obrazy [Wooden churches of Siberia of the 17th century: forms, symbols, images]. Novosibirsk: Institute of Archaeology and Ethnography, 1999. 73 p. (rus)
5. Rossiiskii gosudarstvennyi arkhiv drevnikh aktov [State Archive]. Form 214. List 3. Proc. 446. 1652. (rus)
6. Dopolneniya k aktam istoricheskim, sobrannye i izdannye arkheologicheskoi komissiei [Additions to historical acts collected and published by the archaeological commission]. St-Petersburg, 1862. P. 240. (rus)
7. Chertezhnaya kniga Sibiri, sostavlennaya tobol'skim synom boyarskim Semenom Remezovym v 1701 godu [Drawing book of Siberia, compiled by Semyon Remezov in 1701]. St-Petersburg, 1882. (rus)
8. Rossiiskii gosudarstvennyi arkhiv drevnikh aktov [State Archive]. Form 214. List 3. Proc. 265. 1699. (rus)
9. Rossiiskii gosudarstvennyi arkhiv drevnikh aktov [State Archive]. Form 214. List 1. Pt 5. Proc. 1354. 1698–1699. (rus)
10. Rossiiskii gosudarstvennyi arkhiv drevnikh aktov [State Archive]. Form 199. List 2. Proc. 481. Pt 5. P. 31. (rus)
11. Plan Krasnoyarska 1730-kh gg. [Plan of Krasnoyarsk in the 1730s]. (rus)

12. *Rossiiskii gosudarstvennyi voenno-istoricheskii arkhiv* [State Archive]. Form 846. List 16. Proc. 21531. P. 14 a. (rus)
13. *Rossiiskii gosudarstvennyi voenno-istoricheskii arkhiv* [State Archive]. Form 349. List 17. Proc. 3966. P. 1. (rus)
14. 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. (rus)
15. Bykonya G.F. Gorod u Krasnogo Yara: Dokumenty i materialy po istorii Krasnoyarska XVII–XVIII vv. [The city at the Red Yar: Documents and materials on Krasnoyarsk history in the 17–18th centuries]. Krasnoyarsk, 1981. 280 p. (rus)
16. *Gosudarstvennyi arkhiv v g. Tobol'ske* [Tobolsk State Archive]. Form 156. List 2. Proc. 70. 1761. (rus)
17. *Gosudarstvennyi arkhiv v g. Tobol'ske* [Tobolsk State Archive]. Form 156. List 2. Proc. 2010. 1769. (rus)
18. *Gosudarstvennyi arkhiv v g. Tobol'ske* [Tobolsk State Archive]. Form 156. List 2. Proc. 2879. 1772. (rus)
19. *Gosudarstvennyi arkhiv Tomskoi oblasti* [Tobolsk State Archive]. Form 170. List 11. Proc. 892. 1852. (rus)
20. *Gosudarstvennyi arkhiv v g. Tobol'ske* [Tobolsk State Archive]. Form 156. List 3. Proc. 78. 1773. (rus)
21. *Gosudarstvennyi arkhiv v g. Tobol'ske* [Tobolsk State Archive]. Form 156. List 3. Proc. 129. 1773. (rus)
22. *Rossiiskii gosudarstvennyi istoricheskii arkhiv* [State Archive]. Form 1293. List 168. Proc. 15. P. 1. (rus)
23. Bykonya G.F., Grinberg Yu.I., Shumov K.Yu. Pokrovskaya tserkov' v Krasnoyarske – pamyatnik arkhitektury XVIII veka [Pokrovskaya church in Krasnoyarsk, the architectural monument of the 18th century]. Krasnoyarsk, 1989. Pp. 314–321. (rus)
24. *Gosudarstvennyi arkhiv Krasnoyarskogo kraya* [Krasnoyarsk State Archive]. Form 592. List 1. Proc. 227. P. 1. 1797. (rus)
25. *Gosudarstvennyi arkhiv Krasnoyarskogo kraya* [Krasnoyarsk State Archive]. Form 812. List 1. Proc. 611. 1820. (rus)

Сведения об авторах

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

Царёв Владимир Владимирович, канд. архитектуры, консультант отдела обеспечения градостроительной деятельности, Министерство строительства Красноярского края, 660075 г. Красноярск, ул. Заводская, 14; ст. научный сотрудник, Научно-исследовательский институт теории и истории архитектуры и градостроительства, 111024, г. Москва, ул. Душинская, 9, tsarev103@yandex.ru

Authors Details

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 Str., 111024, Moscow, Russia; vits_2004@mail.ru

Vladimir V. Tsarev, PhD, Consultant, Ministry of Construction of the Krasnoyarsk region, 14, Factory Str., 660075, Krasnoyarsk, Russia; Research Institute of Theory and History of Architecture and Urban Planning, 9, Dushinskaya Str., 111024, Moscow, Russia; tsarev103@yandex.ru

УДК 711.424

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-53-61

*О.Г. ЛИТВИНОВА,**Томский государственный архитектурно-строительный университет*

ФОРМИРОВАНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ЛАНДШАФТА В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ОБЬ-ЕНИСЕЙСКОГО ВОДНОГО ПУТИ XVIII–XIX ВВ. (ОБСКОЙ БАССЕЙН)

Исследование выполнено в рамках проекта «Градостроительная ретроспектива средних и малых населённых пунктов Обь-Енисейского водного пути»¹, который направлен на изучение трансформации селитебных территорий одной из главных водных коммуникаций Сибири, от г. Тюмени до г. Кяхты. Изучена прибрежная территория рек, входящих в гидрологическую систему Обского бассейна на территории Западной Сибири (реки Тура, Тобол, Иртыш, Обь, Кеть), в её современных административно-территориальных границах. Теоретическая часть исследования позволила выявить и графически отобразить системы средних и малых поселений на разных хронологических этапах освоения Западной Сибири. Ретроспектива систем поселений позволила определить типологию населённых пунктов в прибрежной зоне водного пути в XVIII и XIX вв. Удалось зафиксировать и получить сводные количественные данные относительно каждого типа поселения, классифицировать их взаимосвязь с транзитными путями сообщения. В XVIII в. сухопутные направления в редком случае пересекали населённые пункты, большая их часть размещалась в прибрежной полосе рек, протоков, стариц и озёр. В XIX в. локальные селитебные участки (заимки, однодворки, выселки, деревни) вдоль сухопутных трасс стали укрупняться и формироваться в сёла. Сравнительный анализ систем поселения выявил факт высокого процента сохранения местоположения, топонимики и планировочной структуры малых населённых пунктов, которые присутствуют в современной системе расселения XXI в. В целом был зафиксирован хронологический период урбанизации населения в период со второй половины XVIII – начала XIX в.

Ключевые слова: архитектурное наследие; история градостроительства; Западная Сибирь; водные пути; средние и малые населенные пункты.

Для цитирования: Литвинова О.Г. Формирование антропогенного ландшафта в прибрежной зоне Обь-Енисейского водного пути XVIII–XIX вв. (Обской бассейн) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 5. С. 53–61.

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-53-61.

*O.G. LITVINOVA,**Tomsk State University of Architecture and Building*

ANTHROPOGENIC LANDSCAPE IN OB-YENISEI WATERWAY IN THE 18–19th CENTURIES

The study is carried in the framework of the project “Urban planning retrospective of medium and small settlements of the Ob-Yenisei waterway”, which is aimed at studying the transformation of residential areas of one of the main waterways of Siberia, from Tyumen to Kuybyshev. The coastal territory of the Tura, Tobol, Irtysh, Ob, Ket rivers of the Ob basin in West

¹ Проект выполняется при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований № 18-012-00464 А «Градостроительная ретроспектива средних и малых населённых пунктов на Обь-Енисейском водном пути», 2018–2020 гг.

Siberia is studied. The theoretical study identifies and graphically displays medium and small settlements at different development stages of West Siberia. A retrospective of the settlements allows to determine their typology in the waterway coastal zone in the 18–19th centuries. The quantitative data on each type of settlement are obtained, and the routes of communication are classified. In the 18th century, land directions rarely cross the settlements, most of them locate along the rivers, streams, elders and lakes. In the 19th century, local residential areas (houses, single yards, settlements, villages) along the land routes enlarge and form villages. A comparative analysis shows a high percentage of preserving the location, typology and planning structure of the small settlements of the modern settlement system. In general, the period of urbanization is described from the late 18th and early 19th centuries.

Keywords: architectural heritage; urban development; Western Siberia; waterway.

For citation: Litvinova O.G. Formirovanie antropogennogo landshtafta v pribrezhnoi zone Ob"-Eniseiskogo vodnogo puti XVIII–XIX vv. (Obskoi bassein) [Anthropogenic landscape in Ob-Yenisei waterway in the 18–19th centuries]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2019. V. 21. No. 5. Pp. 53–61. DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-53-61.

Введение

Изучение аспектов формирования антропогенного ландшафта прибрежной полосы Обь-Енисейского водного пути необходимо в первую очередь для перспективного планирования хозяйственного освоения Сибири в контексте безопасности жизнедеятельности, а также социокультурного, экономического и других аспектов [1]. Кроме того, актуальность связана с получением новых знаний об истории освоения Сибири и влиянии государственной политики на развитие региона.

Предварительный анализ истории вопроса показал несомненную новизну поставленной темы проекта, где объектом исследования стала градостроительная ретроспектива поселений, возникших на Обь-Енисейском водном пути с точки зрения их градостроительных моделей в широком временном диапазоне [2].

Сложная гидрография, протяжённость и функциональная значимость Обь-Енисейского водного пути в истории расширения государственных границ России никогда не изучалась в контексте его заселения [3, 4]. В истории теоретических и градостроительных принципов урбанизации обширных территорий Сибири впервые рассматриваются функциональные и планировочные модели поселений на водной коммуникации, и именно поэтому данный аспект впервые рассматривается с учётом фактора безопасности жизни и деятельности человека.

Целью исследования является формирование представления о способах и особенностях организации поселений в прибрежных зонах сибирских рек.

Материалы и методы

В качестве основного метода в исследовании использован историко-сравнительный метод, который позволил осуществить выборку наиболее информативного картографического материала, собранного во время проведения комплексных историко-архивных изысканий, и сформировать необ-

ходимую источниковую базу [5]. Визуальный анализ значительного блока картографических источников позволил провести систематизацию на основе ряда критериев. Главными критериями являлись:

1. Ведомственная принадлежность древних карт, которые создавались государственными чиновниками в целях учёта и инвентаризации земельного фонда, природных и сельскохозяйственных ресурсов, определения численности и состава населения. В эту же группу вошли карты-путеводители, отражающие схему транспортных сообщений разных хронологических периодов.

2. Тематическая составляющая карт, которая имела значение при отборе для определения типологии населённых пунктов. Наличие системы условных обозначений, необходимых для более чёткого определения компонентов системы поселений.

3. Информативность и масштабность. Большая часть картографических источников, особенно XIX в., не содержит обозначений, связанных с малыми населёнными пунктами. Как правило, на картах Западной Сибири указывали деревни и сёла, расположенные на сухопутных транзитах и в значительно меньшей мере на водных путях сообщения. В связи с этим в анализе использовались карты отдельных уездов.

Источниковая база [6–10] включила две коллекции карт прибрежной зоны Обь-Енисейского водного пути (западной ветви Обского бассейна) XVIII и XIX вв. Хронологический разрыв между двумя подборками составил 70 лет. Коллекции были сформированы по материалам фондов Российского государственного исторического архива (РГИА, г. С.-Петербург) и Государственного архива Новосибирской области (ГАО), которые содержат картографические и статистические сведения по территории Западной Сибири. Интерес представили графические материалы РГИА фонда № 396 «Департамент государственных земельных имуществ», в котором собраны описательные и статистические данные по состоянию селитебных территорий Тобольской губернии XVIII в. Материалы данного фонда позволили сформировать для исследовательского проекта ценную группу источников, позволяющих охарактеризовать землеустроительные работы, проводившиеся на территории Западной Сибири на рубеже веков в преддверии знаменитой аграрной реформы Столыпина. Ведомости и отчёты содержат перечни населённых пунктов по уездам и губерниям с общим числом жителей и описанием их хозяйственной деятельности.

Ключевым инструментом для сравнительного анализа систем поселений явился программный комплекс QGIS (Quantum GIS) – свободная кроссплатформенная геоинформационная система. На современную картографическую подоснову «Спутниковая карта России сервиса Яндекс» были привязаны отобранные картографические источники. Привязка осуществлялась по географическим точкам, соответствующим местоположению населённых пунктов с сохранившейся топонимикой. С использованием векторных инструментов была создана схема средних и малых поселений вдоль водной коммуникации. На зафиксированную схему также были нанесены транспортные коммуникации: водные пути, колёсные дороги и транзиты. В итоге были созданы схемы поселений XVIII и XIX вв. [рис. 1, 2].



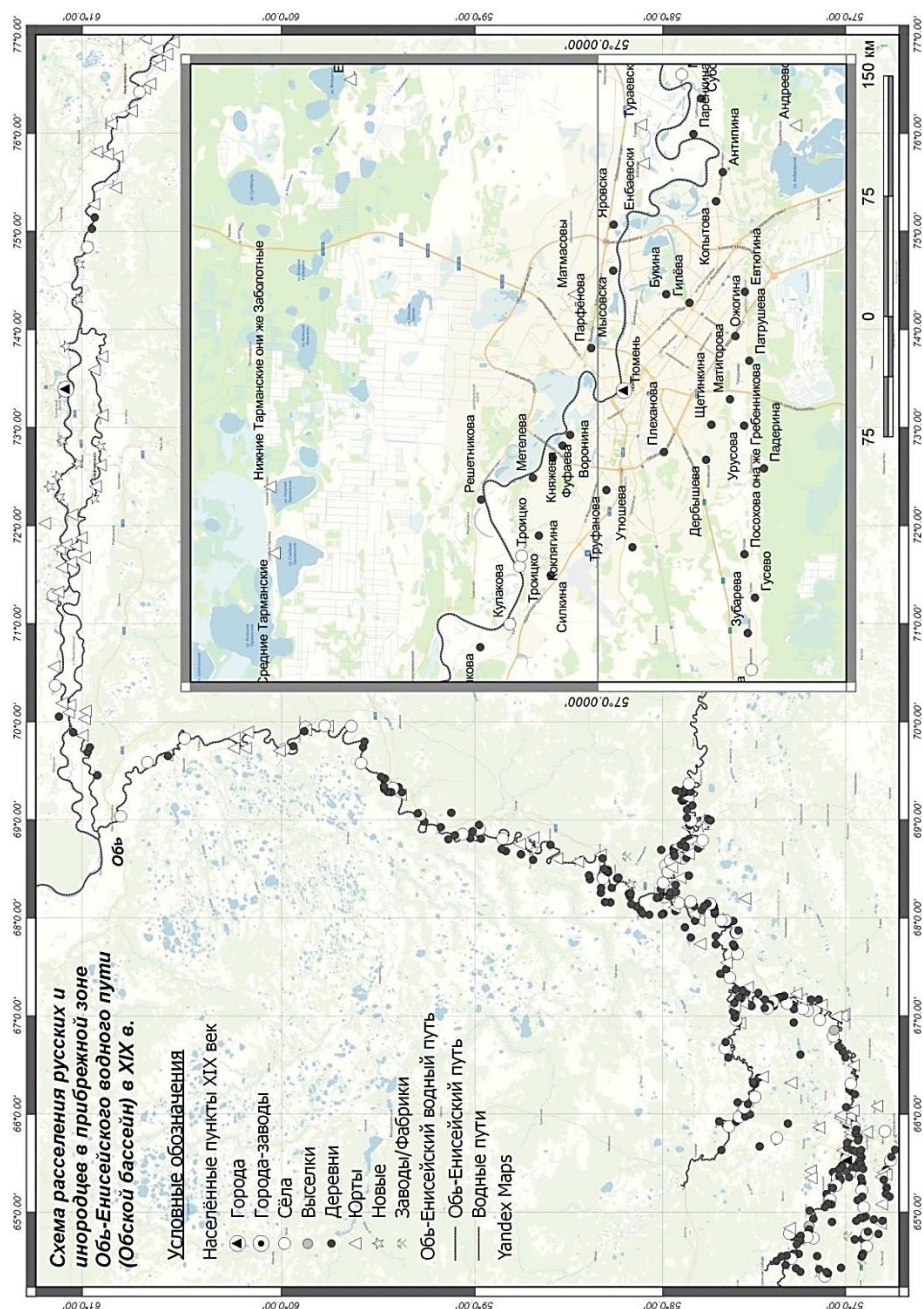


Рис. 2. Схема расселения русских и инородцев в прибрежной зоне рек, входящих в систему Обь-Енисейского водного пути в XIX в. Схему выполнила О.Г. Литвинова

Результаты исследования

Совокупность реализованных методов и анализ полученных графических схем вывели необходимые количественные данные, получены следующие результаты:

1. Определена типология населённых пунктов в прибрежной зоне Обь-Енисейского водного пути в XVIII и XIX вв. При разработке схем поселений была применена классическая типологическая номенклатура «город, село, деревня», которая была дополнена понятиями «юрты, выселок, город-завод» в соответствии с существовавшей системой классификации в дореволюционной России.

В конце XVIII в. в прибрежной зоне Обь-Енисейского водного пути (от Тюмени до юрт Урлюковых на р. Кети) насчитывалось 848 населённых пунктов, из них: 6 городов (включая остроги), 1 город-завод (на юге Тюменского уезда), 64 села, 6 выселок, 493 деревни, 282 юрты. Территориальное распределение населённых пунктов по национальному признаку выражено достаточно явно. Концентрация населённых пунктов инородцев наблюдается в северных широтах водного пути. Полукочевой образ жизни также фиксируется достаточно явно (юрты летние и юрты зимние, принадлежащие одному роду). В общий анализ не включены 5 заимок и 4 однодворки в районе г. Тюмени по причине того, что не все авторы картографических планов фиксировали данные типы поселений.

В XIX в. в прибрежной зоне Обь-Енисейского водного пути (от Тюмени до юрт Урлюковых на р. Кети) насчитывалось 583 населённых пункта, из них: 10 городов (включая новые, которые были преобразованы из сёл), 6 городов-заводов (на территории Тюменского и Тобольского уездов, 5 соляных и стекольных заводов), 79 сёл (новые села, так же как и города, формировались из деревень, расположенных вблизи друг от друга, на расстоянии не более 1–2 версты), 3 выселка, 275 деревень, 173 юрты. Возникло 26 совершенно новых населённых пунктов. Необходимо пояснить, что к термину «новый населённый пункт» авторы проекта применяют понятие новый участок селитебной территории, зафиксированный картографически и не привязанный к топонимике поселения. Из 26 новых поселений 4 новых русских поселения и 22 инородческие юрты мигрировали из южных широт Обь-Енисейского водного пути в северные притоки р. Оби. Относительно же общего числа юрт миграция составила незначительный процент. На картах XIX в. такие типы единиц поселения, как однодворка и заимка, отсутствуют.

2. Выявлена классификация населённых пунктов относительно путей сообщения, влиявших на их градостроительные структуры.

В конце XVIII в. из общего числа населённых пунктов, ориентированных на водные пути (как основное транспортное сообщение), насчитывалось: в прибрежной зоне р. Туры – 133 поселения, на р. Тавде – 34, на р. Тобол – 173, на р. Иртыш – 271, на р. Оби – 225, на р. Кети – 55. Необходимо отметить, что населённых пунктов, не имевших выхода на водную коммуникацию, практически не было. Исключение составляют озёрные поселения инородцев. К сухопутным же трассам из 848 поселений тяготело всего 111.

В XIX в. из общего числа населённых пунктов к водным путям тяготели: в прибрежной зоне р. Туры – 93 поселения, на р. Тавде – 27, на р. Тобол – 121, на р. Иртыш – 142, на р. Оби – 165, на р. Кети – 37. К сухопутным трассам из 583 поселений тяготело 88.

3. Выявлен факт высокого процента сохранения местоположения, топонимики и планировочной структуры малых населённых пунктов, которые присутствуют в современной системе расселения XXI в. При этом на картах XIX–XX вв. данные поселения отсутствуют даже при учёте ранжирования топографических масштабов.

4. В пределах территориальных границ исследования впервые зафиксировано соотношение русских и инородческих поселений, которое составило 33 % юрт в XVIII в. и 30 % в XIX в. Таким образом, практически за сто лет число инородческих поселений сократилось незначительно.

Фактические результаты сведены в общую статистическую шкалу и представлены для наглядности в таблице.

**Численность населённых пунктов в прибрежной зоне
Обь-Енисейского водного пути на участке от г. Тюмени
до юрт Урлюковых на р. Кети**

Численность населённых пунктов в XVIII в.				Численность населённых пунктов в XIX в.		
Типология поселений	%	Количество населённых пунктов	Разница, %	Количество населённых пунктов	%	Типология поселений
Всего	100	847	↓ 31,3	583	100	Всего
Город	0,7	6	↑ 40	10	2	Город
Город-завод	0,1	1	↑ 60	6	1	Город-завод
Село	7,5	64	↑ 19	79	14,7	Село
Выселки	0,7	6	↓ 50	3	0,5	Выселки
Деревня	58	493	↓ 44	275	47,3	Деревня
Юрты	33%	282	↓ 39	173	30	Юрты
				26	4,5	Новые

Выявленные системы поселений были рассмотрены с точки зрения их взаимодействия с каркасом транспортных путей сообщения. В XVIII в. сухопутные направления в редком случае пересекали населённые пункты, большая их часть размещалась в прибрежной полосе рек, проток, стариц и озёр. В XIX в. мелкие селитебные участки (заимки, однодворки, выселки, деревни) вдоль сухопутных трасс стали укрупняться и формироваться в сёла. Население юрт либо оседало в таких укрупнённых деревнях и сёлах, либо в незначительном проценте (всего 3 %) мигрировало в северную часть Обь-Енисейского водного пути (в глубину притоков).

Выводы

Анализ количественных данных при их сопоставлении наглядно продемонстрировал процесс урбанизации населения в период с конца XVIII до пер-

вой половины XIX в. При условии, что хозяйственное освоение новых территорий традиционно приводит к возникновению новых населённых пунктов, можно констатировать, что в пределах Обь-Енисейской водной коммуникации было образовано всего 4 русских поселения за 70 лет. При этом значительно увеличилась численность населения городов, сёл и городов-заводов. При сопоставлении географического расположения деревень и сел были обнаружены процессы переноса населённых мест в результате русловых процессов р. Оби и её стариц. Миграция русла р. Оби приводила к миграции жителей, что подтверждается историческими архивными данными и натурными исследованиями, проведёнными в 2018 г. Естественные ландшафтные особенности местности, которые заключаются в равнинном рельефе с всхолмленными участками в виде лесных грив, окруженных болотами, ограничивали территориальное развитие населённых пунктов, заставляя создавать новые селитебные участки. Следующий период (практически сто лет) характерен стагнацией развития поселений. В это время активно изучались ресурсы новых территорий, исследовались новые пути сообщений, приток населения осуществлялся за счёт ссыльных переселенцев, число которых было незначительным в масштабах всей территории Сибири.

Стагнация продлилась до начала известной Столыпинской реформы, которая активизировала антропогенное преобразование сибирских ландшафтов в районе Транссибирской железнодорожной магистрали.

Системный подход позволил привлечь широкий спектр источников и всесторонне оценить условия формирования системы поселений Обь-Енисейской водной коммуникации и выявить её взаимосвязь с сухопутными и водными путями Сибири в конце XVIII в.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Литвинова О.Г. История инженерных изысканий на водных путях Сибири (конец XVIII–XIX в.) // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. 2015. № 3-3 (53). С. 111–116.
2. Воронина О.С., Литвинова О.Г. Картографические материалы С.У. Ремезова в процессе изучения градостроительного наследия сибирских городов // Баландинские чтения. 2018. Т. 13. № 1. С. 124–131.
3. Литвинова О.Г. Инженерно-технологические аспекты строительства водных коммуникаций России в XVIII – первой четверти XX в. (на примере Обь-Енисейской соединительной водной системы) : дис. ... канд. ист. наук. Томск, 2016. 243 с.
4. Литвинова О.Г., Воронина О.С. Значение исторических водных путей сообщения в Сибирском регионе: историко-культурные ценности // Возможности развития краеведения и туризма Сибирского региона и сопредельных территорий : сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции, посвященной 140-летию ТГУ и 70-летию ТОО РГО. 2018. С. 112–119.
5. Ананьин О.И., Гайдар Е.Т. Сравнительный метод и его использование в исследовании хозяйственных механизмов // Сборник трудов ВНИИСИ. 1984. № 15. С. 1–15.
6. Карты, планы и чертежи учреждений, ведавших промышленностью и торговлей. 1737–1918 гг. // РГИА. Ф. 1424. Оп. 5. Д. 232.
7. Начальник партии по исследованию рек Туры и Тобола управления внутренних водных путей МПС, 1905–1906 гг. // РГИА. Ф. 192. Оп. 1. Д. 8.
8. Экспедиция водяных коммуникаций управления водяных и сухопутных сообщений, 1809–1833 гг. // РГИА. Ф. 159. Оп. 1. Д. 138–139.

9. *Планный архив Министерства земледелия, 1825–1916 гг.* // РГИА. Ф. 380. Оп. 40. Д. 154.
10. *Планы и чертежи водных и шоссейных дорог, 1772–1867 гг.* // РГИА. Ф. 1487. Оп. 1. Д. 160, 161. Оп. 28. Д. 2, 12. Оп. 52. Д. 61–63, 71–72. Оп. 54. Д. 22–23. Оп. 44. Д. 165, 377.

REFERENCES

1. Litvinova O.G. Istoriya inzhenernykh izyskaniy na vodnykh putyakh Sibiri (konets XVIII–XIX v.) [The history of engineering surveys on Siberian waterways]. *Istoricheskiye, filosofskiyе, politicheskiye i yuridicheskiye nauki. Kulturologiya i iskusstvovedeniye Voprosy teorii i praktiki*. 2015. No. 3–3 (53). Pp. 111–116. (rus)
2. Voronina O.S., Litvinova O.G. Kartograficheskiye materialy S.U. Remezova v protsesse izucheniya gradostroitel'nogo naslediya sibirskikh gorodov [Cartographic materials by S.U. Remezov in studying urban development heritage of Siberian cities]. In: Balandinskiye chteniya (*Coll. Papers in memory of S.N. Balandin 'Balandin Readings'*). 2018. V. 13. No. 1. Pp. 124–131. (rus)
3. Litvinova O.G. Inzhenerno-tekhnologicheskiye aspekty stroitel'stva vodnykh kommunikatsiy Rossii XVIII –pervoy chetverti XX v. (na primere Ob-Eniseyskoy soyedinitel'noy vodnoy sistemy): dis... kand. ist. nauk [Engineering and technological aspects of construction of water communications in Russia in the 18–20th centuries (the Ob-Yenisei connecting water system). PhD Thesis]. Tomsk, 2016. 243 p. (rus)
4. Litvinova O.G., Voronina O.S. Znachenіye istoricheskikh vodnykh putey soobshcheniya v sibirskom regione: istoriko-kulturnyye tsennosti [The value of historical waterways in the Siberian region]. In: *Vozmozhnosti razvitiya kraye-vedeniya i turizma Sibirskogo regiona I sopredelnykh territoriy Sbornik materialov XVII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. posvyashchennoy 140-letiyu TGU i 70-letiyu TOO RGO (Proc. 17th Int. Sci. Conf. 'Opportunities for the development of local history and tourism in Siberia and adjacent territories')*. 2018. Pp. 112–119. (rus)
5. Ananin O.I., Gaydar E.T. Sravnitel'nyy metod i ego ispolzovaniye v issledovanii khozyaystvennykh mekhanizmov [Comparative method and its use in exploration of economic mechanisms]. *Sbornik trudov VNIISI*. 1984. No.15. Pp. 1–15. (rus)
6. RGIA [Russian State Archive]. Form 1424. List 5. Proc. 232. 1737–1918 (rus)
7. RGIA [Russian State Archive]. Form 192. List 1. Proc. 8. 1905–1906 (rus)
8. RGIA [Russian State Archive]. Form 159. List 1. Proc. 138–139. 1809–1833 (rus)
9. RGIA [Russian State Archive]. Form 380. List 40. Proc. 154. 1825–1916 (rus)
10. RGIA [Russian State Archive]. Form 1487. List 1. Proc. 160, 161; Form 28. Proc. 2, 12; Form 52. Proc. 61–63, 71–72; Form 54. Proc. 22–23; Form 44. Proc. 165, 377. 1772–1867 (rus)

Сведения об авторе

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

Author Details

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

УДК 727.5

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-62-73

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

АРХИТЕКТУРА ДЕТСКИХ ТЕХНОПАРКОВ

В статье анализируется опыт проектирования и организации детских технопарков – зданий нового типа, появившихся в 2015 г. в России и поэтому недостаточно изученных, особенно в аспекте архитектурной организации.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью анализа существующих детских технопарков, определения их типологии, выявления особенностей архитектурно-планировочных решений, принципов размещения в планировочной структуре городов.

Целью исследования является разработка рекомендаций по проектированию детских технопарков, включая их типы, функциональную структуру, архитектурно-планировочные и архитектурно-художественные особенности, а также проекта для Ростова-на-Дону с учетом специфики города.

Результатом исследования явились предложения по типологической, организационно-педагогической структуре детских технопарков, разработаны возможные модели учебных процессов, обуславливающие архитектурную организацию детских технопарков разной типологии. Выделены возникающие направления организации детских технопарков: стандартные детские технопарки сети «Кванториум»; детские технопарки на базе существующих предприятий и учреждений; детские технопарки на базе учебных заведений (общеобразовательных школ и университетов) и детские технопарки, кооперированные с общественными зданиями (музеями, медиацентрами и пр.).

Выводом являются определение возможной типологии детских технопарков г. Ростова-на-Дону, их моделей и предложения по размещению в планировочной структуре города.

Ключевые слова: архитектура; детский технопарк; «Кванториум»; классификация детских технопарков; модели детского технопарка; модель учебного процесса; дополнительное образование детей; г. Ростов-на-Дону.

Для цитирования: Костычева А.А., Астахова Е.С. Архитектура детских технопарков // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 5. С. 62–73.

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-62-73.

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

ARCHITECTURE OF CHILDREN TECHNOPARKS

The article analyzes the experience of design and organization of children technoparks, a new type of buildings of supplementary education appeared in 2015 in Russia, and, consequently, not enough studied, especially in terms of architectural organization.

The paper analyzes the existing children, determines their typology, identifies architectural and planning solutions, planning structure of cities.

The aim of the study is to develop recommendations for technopark design, including their types, functional structure, architectural planning, and to elaborate a project for Rostov-on-Don.

The research results include the typology, organizational and pedagogic structure of children technoparks, creation of models of educational processes that determine architectural organization of technoparks of different typology. Emerging trends in the technopark development are identified: 'Quantorium' technopark; technoparks based on existing enterprises and institutions, academic institutions and public buildings (museums, media centres, etc.).

The conclusion is the typology definition of technoparks in Rostov-on-Don, their models and proposals for their inclusion in the urban planning structure.

Keywords: architecture; children technopark; 'Quantorum'; technopark classification; technopark model; educational process model; supplementary education; Rostov-on-Don.

For citation: Kostycheva A.A., Astakhova E.S. Arkhitektura detskikh tekhnoparkov [Architecture of children technoparks]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2019. V. 21. No. 5. Pp. 62–73.

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-62-73

Детский технопарк (ДТП) – это новейший формат дополнительного образования детей. Идеею создания детских технопарков предложили и одобрили в 2015 г. на наблюдательном совете Агентства стратегических инициатив. Открытие технопарков под названием «Кванториум», поддерживаемых государством, реализуется в рамках приоритетного проекта Минобрнауки РФ «Доступное дополнительное образование для детей».

В настоящее время под понятием «технопарк» подразумевается научно-технологический комплекс, охватывающий все процессы, от фундаментальных научных исследований, опытного производства вплоть до реализации новой продукции, и предназначенный для интеграции науки и производства с целью получения более эффективных технологий и продукции.

Понятие «детский технопарк» определяется как подобъект технопарка и представляет собой «проектную лабораторию», в которой школьники работают над конкретными реальными проектами, проводят исследования с использованием современного оборудования. Он формирует научную базу для научно-исследовательской деятельности школьников: осуществляется обучение детей по дополнительным общеобразовательным программам естественнонаучной и технической направленностей с целью формирования у подрастающего поколения научно-технического, изобретательского мышления и подготовки будущих кадров для высокотехнологических отраслей. «Технопарк для детей есть передовая система во внешкольном образовании, здесь создаются все условия, чтобы дети, имеющие склонности к инженерии и техническому творчеству, естественнонаучным исследованиям, смогли полностью раскрыть свой творческий потенциал. На сегодняшний день это наиболее перспективное направление в организации дополнительного образования» [1].

Актуальность создания детских технопарков обусловлена необходимостью повышения мотивации к выбору инженерных профессий и создания системы непрерывной подготовки будущих квалифицированных инженерных кадров. По сути детский технопарк является преемником детских центров технического творчества, станций юных техников, существовавших в СССР, но обретшим новую форму в реалиях современного времени и технологического уклада.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью анализа существующих детских технопарков, определения их типологии, выявления особенностей архитектурно-планировочных решений, особенностей размещения в планировочной структуре городов. На данный момент по всей России уже

действует 70 детских технопарков, но нет понимания четких принципов их архитектурной организации. Существуют педагогические, методические разработки для государственно утвержденной сети детских технопарков «Кванториум», но нормативная база архитектурного проектирования не сформирована, используется стандартный подход к проектированию общеобразовательных школ, без учета особенности нового типологического объекта. Так, в регламентируемых документах приведены перечни функциональных зон обязательных и рекомендуемых, без расчетов, количества и вместимости, функциональных связей. Модели детских технопарков описаны из расчета общей площади: детский технопарк «Кванториум» должен располагаться на площади не менее 800 кв. м, в частности, площадь одного квантума (научно-технического направления) – 60–80 кв. м, площадь Хайтека – 100–120 кв. м, иные функциональные зоны (лекторий, коворкинг) – без ограничений. Модель «Стандарт» предполагает площадь не менее 800 кв. м, модель «Мини» – не менее 500 кв. м. В «Стандарте» детского технопарка «Кванториум» модели рассмотрены немного шире – здесь представлены 3 варианта модели: «Максимум», «Стандарт», «Мини». «Максимум» предполагает охват детей свыше 1000 в год, «Стандарт» – не менее 800 чел. в год и «Мини» не менее 400 чел. в год. В остальном «Стандарт» описывает все те же общие понятия.

С 2015 г. (возникновения идеи детских технопарков) было возможно только на базе приспособления и модернизации существующих зданий. Фактически не был выполнен ни один специализированный проект.

Однако совершенно понятно, что формирование структуры технопарков и детских технопарков обуславливается спецификой города, региона, отражающего его производственно-технологическую специфику. Следовательно, при проектировании детских технопарков необходимо учитывать региональные особенности каждого региона. Однотипность программы и архитектуры мешает заложенным функциям работать, т. к. детский технопарк – это высокотехнологичная среда для проектного творчества, и типовой подход в недалеком будущем даст сбой.

Все это требует комплексных исследований как общих базовых особенностей проектирования, так и отражения региональных особенностей. Детские технопарки должны обрести себя как новый вид общественного здания, у них должна быть своя архитектура.

Цель исследования – разработать рекомендации по проектированию детских технопарков, включая их типы, функциональную структуру, архитектурно-планировочные и архитектурно-художественные особенности, и разработать проект для г. Ростова-на-Дону с учетом специфики города.

На основе анализа немногочисленного опыта существующих детских технопарков можно выделить следующие возникающие направления их организации:

- 1) стандартные детские технопарки сети «Кванториум»;
- 2) детские технопарки на базе существующих предприятий и учреждений;
- 3) детские технопарки на базе учебных заведений (общеобразовательных школ и университетов);
- 4) детские технопарки, кооперированные с общественными зданиями (музеями, медиацентрами и пр.).

«Кванториум» – государственно утвержденная сеть, поддерживаемая государством. Первый российский «Кванториум Югры» был открыт в Ханты-Мансийске 28 ноября 2015 г. На данный момент в России действует 70 детских технопарков федеральной сети «Кванториум». К 2020 г. в каждом из 85 субъектов РФ планируется открыть региональный исследовательский конструкторский центр.

В каждом центре действуют от 5 до 15 научно-технических направлений (квантумов). Работа по таким направлениям формирует у школьников навыки и знания в таких сферах, как геоинформационные системы, лазерные и космические технологии, проектирование беспилотных летательных и транспортных аппаратов и средств, конструирование искусственных организмов, интеллектуальные системы и технологии информационной безопасности, нейротехнологии и нейробиология, промышленный дизайн, направления альтернативной энергетики и др.

«Кванториумы» – не единственные технопарки в стране, за ними возникли коммерческие технопарки – на базе производства, архитектурных бюро, университетов и других заинтересованных коммерческих предприятий.

Детские технопарки на базе существующих предприятий и учреждений часто являются узкоспециализированными. Например, детский технопарк Abstract, сформированный на базе Московского центра упаковки (2017 г.), специализируется на архитектуре, дизайне, конструировании упаковки. Управляющей компанией технопарка является архитектурно-строительная компания «АРТ групп». В технопарке Abstract работа строится на принципе «от абстрактного к конкретному», разработанном профессором Ильенковым в 50-е гг. XX в. [2]. Площадь технопарка составляет 650 кв. м, располагается Abstract в бизнес-центре Москвы.

Детский технопарк «Байтик», открытый в ноябре 2017 г. в Московской области в г. Троицке, организован на базе компьютерного центра «Байтик». Технопарк встроен в первые этажи жилого дома. Основным направлением обучения остаются информационные технологии (ИТ). Технопарк сотрудничает с лабораториями ИТ и робототехники таких компаний, как «Яндекс», Cisco, «Нейроботикс», Зеленоградский нанотехнологический центр 3D, «Синикон» и др.

Можно отметить детский анимационный технопарк на базе ОАО «Калибр» с ключевой специализацией – 3D-моделирование и компьютерная анимация (Москва) и Детский технопарк «Mendeleev Центр» на базе Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева (Москва) с ключевой специализацией – химия, химические технологии.

Появление негосударственных детских технопарков является следствием заинтересованности предприятий и организаций в отборе лучших из школьников, имеющих соответствующие способности. Фактически все крупные ИТ-компании формируют свои будущие кадры со школьной скамьи.

Детские технопарки на базе общеобразовательных школ и университетов представляют наиболее гибкую форму технопарков, т. к. имеют как уже готовую материальную базу (лаборатории, аудитории), так и квалифицированные кадры. Например, детские технопарки «Кванториум» во Владивосто-

стоке – на базе Дальневосточного лицея и Дальневосточного федерального университета, в Ростове-на-Дону – на базе Донского государственного технического университета (ДГТУ) и Областного центра технического творчества учащихся (ОЦТТУ).

Ростовский детский технопарк «Кванториум», основным форматом которого является проектная деятельность, реализует шесть направлений: IT-квантум, аэроквантум, робоквантум, промышленный дизайн, энерджиквантум, биоквантум – с пропускной способностью более 800 учащихся в год. «Кванториум» создается на двух площадках: в существующем с 2002 г. Областном центре технического творчества учащихся расположен аэроквантум, остальные пять – IT-квантум, робоквантум, промышленный дизайн, энерджиквантум, биоквантум – организованы в ДГТУ.

Детские технопарки, кооперированные с общественными зданиями, имеют большие возможности просветительного характера, решая одновременно функции центров детского творчества и досуга детей. Например, детский технопарк «Парк науки и технологий» (г. Новосибирск), расположенный около Большого новосибирского планетария, включает музейные и экспозиционные модули, музей науки и технологии, экспериментальные лаборатории и аудитории, конференц-холл, мастерские. На территории проектируется дендропарк «Сибирская природа» и зона интерактивных аттракционов и экспериментальных площадок.

Технопарк для детей не имеет идентичного аналога в зарубежной практике проектирования и строительства, но существуют объекты со схожими или близкими функциями, чаще всего имеющие форму научно-исследовательских центров. Например, детский научно-исследовательский центр MUZEIKO в столице Болгарии Софии одновременно является и музеем, и общеразвивающим центром для школьников младшего возраста. Концептуально он организован как путешествие во времени и пространстве: «Прошлое» – через экспонаты, интерпретирующие археологию, геологию и палеонтологию; «Настоящее» представлено практическими экспозициями о природной среде и современных городах; «Будущее» – с интерактивными выставками, посвященными передовым технологиям и космическим путешествиям [3].

Данный формат обучения отличается от российских технопарков для детей и представляет игровую форму обучения, как и в научном центре приключений MAGNA (г. Роттерхэм, Британия), расположенном в заброшенном сталелитейном заводе. В Центре организованы 6 выставочных зон: четыре павильона природных элементов (земли, воздуха, воды и огня) и две зоны для аудиовизуальных шоу [4]. В павильонах размещено более 100 интерактивных экспонатов, посредством которых обучение проходит в виде игры-исследования. В MAGNA проводятся выездные экскурсии – занятия школьников по естественным дисциплинам.

Школа инженерных наук Шулиха (г. Калагри, Канада) проектировалась как расширение здания университета с включением большого количества лабораторий для научной деятельности. Функциональный набор школы Шулиха более сходен с функциями отечественного научно-исследовательского центра для детей, однако цели несколько другие: большое внимание уделено мастер-

ским, проектным, вычислительным и исследовательским лабораториям, лекционным аудиториям [5].

Обзор отечественного и зарубежного опыта, исследование функциональной организации технопарков и аналогичных по функции объектов позволили выявить *классификационные критерии* для детских технопарков: градостроительные, типологические, организационно-педагогические, функциональные, архитектурно-планировочные, архитектурно-художественные.

1. По типологической структуре детские технопарки могут быть как самостоятельные объекты, так и в структуре существующих предприятий, высшего учебного заведения – университета, образовательной школы, лицея, кооперированные с общественными зданиями (музеями, медиацентрами и др.).

Детские технопарки могут быть с широкой специализацией – «Кванториумы» и узкоспециализированными (при предприятиях), а также иметь дополнительно досугово-образовательную, игровую функцию, входя в структуру общественно-досуговых зданий (интерактивные музеи и пр.).

2. Детские технопарки могут размещаться как самостоятельно, так и рядом или на площадях базовых учреждений (вуз, предприятия и др.), на территории парковой зоны, в структуре общественного здания. По местоположению в структуре города: в центре города, в центре планировочных районов, на периферии, а также в пригородной зоне.

3. Являясь элементом системы общественного обслуживания, детские технопарки могут быть объектами общегородского, районного значения с соответствующими радиусами обслуживания:

- для районных – 1500 м или не более 20-минутной доступности;
- для общегородских – не более 30-минутной доступности на общественном транспорте;
- для областного значения – не более одного часа пешеходно-транспортной доступности.

4. По форме обучения детские технопарки могут быть: стационарными; сезонными – в лагерях летнего отдыха с функцией «наука + отдых»; с сезонным использованием открытых оборудованных площадок на территориях парков, школьных дворов и др.; мобильными – с выездными форумами.

5. По организационно-педагогической структуре и вместимости выделены 4 возрастные группы центра: ознакомительная группа – 5–15 лет, младшая группа – 7–10 лет, средняя группа – 11–14 лет и старшая группа – 15–17 лет. Возрастные ограничения условны, т. к. приняты в соответствии со школьной системой. В детском технопарке школьник выбирает группу в зависимости от своих способностей и уровня подготовки.

По вместимости (при группе из 25 чел.) детские технопарки могут быть:

- крупными (программа «Максимум» – свыше 800–1000 чел.) – 13 направлений по 3 группы в каждом = 39 групп;
- средними (программа «Стандарт» – от 400 до 800 чел.) – 13 направлений по 2 группы или 9 направлений по 2, 3 группы, а также комбинации направлений – от 27 до 18 групп;
- малыми (программа «Минимум» – менее 400 чел.) – 5 направлений по 1, 2, 3 группам – от 5 до 15 групп.

6. Функциональная организация технопарка соответствует профилям обучения и может реализовываться *по системе квантового обучения* (аналог кабинетной системы обучения школ), где каждый квантум имеет свою пространственную зону с кабинетами, общими и специализированными лабораториями, тренажерными залами, рекреацией, где:

– лаборатории общих наук: физиология, физика, биология, химия, экология, другие профильные лаборатории;

– специализированные лаборатории: основ мехатроники, инженерной графики, образовательной роботехники, высоких технологий (энергетика, нано-, био-, когнитивные и космические технологии), лаборатория основ электротехники и электроники, 3D-визуализации и предметного погружения, лаборатория цифрового производства.

Общее пространство технопарка включает вестибюльную группу, администрацию парка, актовый зал, спортивный зал, медиацентр, кафе, помещения познавательно-развлекательного характера и дополнительные зоны практики и др.

Помещения познавательно-развлекательного характера могут включать интерактивный музей науки, астрономический комплекс (планетарий и обсерватория) и центр современных медиа-технологий. Дополнительные зоны практики представляют собой экспериментальную лабораторию дошкольника и мастерские (столярные, слесарные, швейные и другие мастерские ручного труда).

7. Возможна *неквантовая пространственная организация* технопарка (рис. 1), где учебно-опытная зона подразумевает определенный набор направлений, согласно программе обучения, а лаборатория – цех для практических занятий. Младшие и старшие группы имеют отдельные рекреационные зоны.

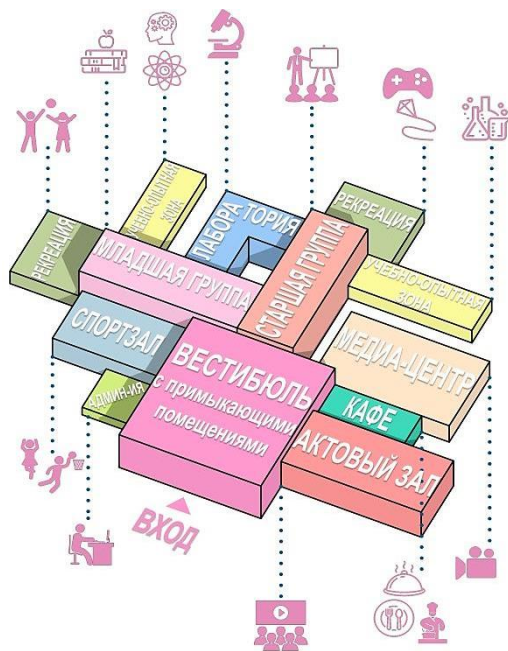


Рис. 1. Функциональная модель малого детского технопарка

В представленной модели младшая группа является ознакомительной, для детей младшего возраста (от 5 лет). Данная функциональная модель характерна для малых по вместимости технопарков.

Разработаны вариативные модели-программы для детского технопарка: «Минимум», «Стандарт», «Максимум» – по количеству групп и направлений, где приоритетным является возраст учащихся.

Программа «Минимум» включает 5 направлений различной комбинации, в зависимости от заказа и потребности города. Набор программы от 150 до 400 чел. (рис. 2, 3).

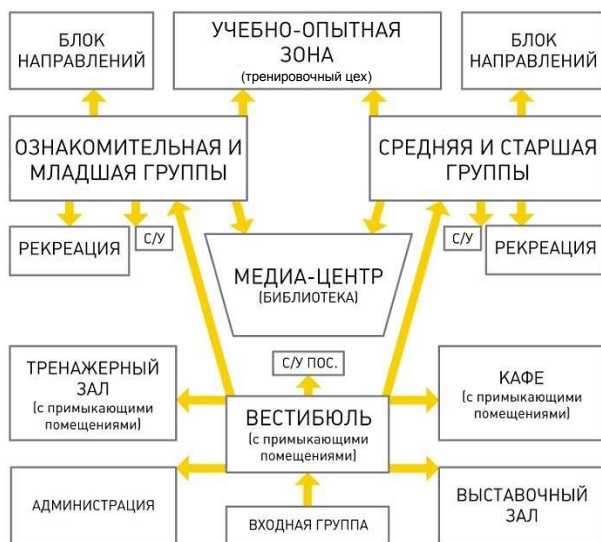


Рис. 2. Программа «Минимум», вариант 1



Рис. 3. Программа «Минимум», вариант 2

Описание модели «Минимум», вариант 1: встроенный объект в учебное учреждение, промышленное предприятие; 5 направлений по 2 группы; 1 группа ознакомительная; на 275 детей. Блок направлений включает JuniorSkills (площадка для изучения различных профессий в игровой форме) – только для ознакомительной и младшей групп, аэроквантум, робоквантум, энерджиквантум, биоквантум, IT-квантум для всех групп.

Описание модели «Минимум», вариант 2: встроенный объект в учебное учреждение, промышленное предприятие; 5 направлений по 3 группы; 1 группа ознакомительная; на 400 детей. Блок направлений включает JuniorSkills – только для ознакомительной и младшей групп, аэроквантум, робоквантум, энерджиквантум, биоквантум, IT-квантум для всех групп.

Программа «Стандарт» включает 9–13 направлений, набор программы от 450 до 800 чел. (рис. 4)



Рис. 4. Программа «Стандарт»

Описание модели: отдельный объект или встроенный объект в учебные учреждения, промышленные предприятия; 13 направлений по 2 группы; 1 группа ознакомительная; на 675 детей. Блок направлений включает JuniorSkills – только для ознакомительной и младшей групп, аэроквантум, робоквантум, энерджиквантум, биоквантум, IT-квантум, космоквантум, лазерквантум, наноквантум, нейроквантум, промдизайн, геоквантум, автоквантум и дополненная и виртуальная реальность для всех групп.

Программа «Максимум» состоит из 13 направлений, набор программы от 1000 чел. (рис. 5).



Рис. 5. Программа «Максимум»

Описание модели: отдельный объект; 13 направлений по 3 группы; 1 группа ознакомительная; на 1000 детей. Блок направлений включает JuniorSkills – только для ознакомительной и младшей групп, аэроквантум, робоквантум, энерджиквантум, биоквантум, IT-квантум, космоквантум, лазерквантум, наноквантум, нейроквантум, промдизайн, геоквантум, автоквантум и дополненная и виртуальная реальность для всех групп.

Таким образом, *результатом исследования* явились предложения по типологической, организационно-педагогической структуре детских технопарков, разработанные возможные модели учебных процессов, обуславливающие особенности архитектурной организации детских технопарков разной типологии. Выделены возникающие направления организации детских технопарков: стандартные детские технопарки сети «Кванториум»; детские технопарки на базе существующих предприятий и учреждений; детские технопарки на базе учебных заведений (общеобразовательных школ и университетов) и детские технопарки, кооперированные с общественными зданиями (музеями, медиацентрами и пр.).

Выводом явились определение возможной типологии детских технопарков Ростова-на-Дону, предложения по их размещению в планировочной структуре города, возможная модель планировочной структуры. Анализ формирования детских технопарков в отечественной практике и зарубежных аналогов, формообразующих факторов, методологических основ проектирования

детских технопарков позволил выявить типологию детских технопарков, особенности их организационно-педагогической структуры, размещения в планировочной структуре города, особенности функционального зонирования. На основе полученных данных выдвинуты предложения по проектированию детских технопарков. Предложены теоретические модели детских технопарков по трехуровневой системе с функциональными взаимосвязями.

Результаты работы могут быть использованы в дальнейших исследованиях и при проектировании детских технопарков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чайка А.Н. Кванториум – новый российский формат дополнительного образования детей в сфере инженерных наук // Наука и образование: новое время. 2017. № 3 (4). С. 122–124.
2. Тюрин М.В., Морозова Е.Е. Открылся четвертый Детский Технопарк ABSTRACT. ИД «Строительный Эксперт», 13.12.2017. URL: <https://ardexpert.ru/article/11178> (дата обращения: 01.02.2019).
3. Lee H. New children's museum by Lee H. Skolnick Architecture + Design Partnership // Global architecture archive «Aasarchitecture», 11.11.2015. URL: <https://aasarchitecture.com/2015/10/new-childrens-museum-by-lee-h-skolnick-architecture-design-partnership.html> (дата обращения: 02.02.2019).
4. Новиков А.А. MAGNA: практика наукоемких развлечений // Форма : интернет-журнал. Рубрика: «Здания и сооружения». URL: http://www.forma.spb.ru/magazine/articles/t_008/main.shtml (дата обращения: 02.02.2019).
5. Osborne C. A Facade with Special Effects at Calgary's New Engineering School // Azure Magazine. 28.02.2017. URL: <https://www.azuremagazine.com/article/schulich-school-of-engineering-glass-facade> (дата обращения: 02.02.2019).
6. Буйлова Л.Н. Развитие дополнительного образования детей в современной реальности // Про ДОД : информационно-методический журнал. 2018. Специальный выпуск. С. 55–71.
7. Афанасьев А.П., Асмолов Т.А., Поваляев О.А., Рабинович П.Д., Чеботарев П.Н., Царьков И.С. Мотивирующая интерактивная среда развития технологической компетентности будущей инженерной элиты // STEM и образовательная робототехника : материалы конференции «Методика преподавания основ робототехники» (Москва, 2015 г.). Москва : ООО «Интелин», 2015. 33 с.
8. Галеева Р.И. Детский технопарк – для юных и одаренных // Ватандаш. 2018. № 10 (256). С. 102–110.
9. Вяткина С.В., Шапиал Б.И. Детский технопарк – инновационная модель дополнительного образования // Наука XXI века: проблемы, поиски, решения : материалы XLI научно-практической конференции, посвященной 70-летию Государственного ракетного центра имени академика В.П. Макеева (Миасс, 2017 г.). Миасс : Геотур, 2017. С. 133–138.

REFERENCES

1. Chaika A.N. Kvantorium – novyi rossiiskii format dopolnitel'nogo obrazovaniya detei v sfere inzhenernykh nauk [Quantorium is a new Russian format of supplementary engineering education]. *Nauka i obrazovanie: novoe vremya*. 2017. No. 3 (4). Pp. 122–124. (rus)
2. Tyurin M.V., Morozova E.E. Otkrylsya chetvertyi Detskii Tekhnopark Abstract. ID «Stroitel'nyi Ekspert» [Opened the fourth Children Technopark "ABSTRACT"]. Available: <https://ardexpert.ru/article/11178> (accessed February 1, 2019). (rus)
3. Lee H. New children's museum by Lee H. Skolnick Architecture + Design Partnership, Global architecture archive 'Aasarchitecture', 11.11.2015, Available: <https://aasarchitecture.com/2015/10/new-childrens-museum-by-lee-h-skolnick-architecture-design-partnership.html> (accessed February 2, 2019)
4. Novikov A.A. MAGNA: praktika naukoemkikh razvlechenii [MAGNA: practice of high-tech entertainment]. Available: www.forma.spb.ru/magazine/articles/t_008/main.shtml (accessed February 2, 2019). (rus)

5. Osborne C. A Facade with special effects at Calgary's New Engineering School, Azure Magazine, 28.02.2017. Available: www.azuremagazine.com/article/schulich-school-of-engineering-glass-facade (accessed February 2, 2019).
6. Builova L.N. Razvitie dopolnitel'nogo obrazovaniya detei v sovremennoi real'nosti [Development of additional education of children in modern reality]. Pro DOD, 2018. Special issue. Pp. 55–71. (rus)
7. Afanasiev A.P., Asmolv T.A., Povalyayev O.A., Rabinovich P.D., Chebotarev P.N., Tsarkov I.S. Motiviruyushchaya interaktivnaya sreda razvitiya tekhnologicheskoi kompetentnosti budushchei inzhenernoi elity [Motivating interactive environment for the development of technological competence of future engineering elite]. STEM i obrazovatel'naya robototekhnika : materialy konferentsii «Metodika prepodavaniya osnov robototekhniki» (Proc. Sci. Conf. 'Teaching Techniques in Robotics'). 2015. 33 p. (rus)
8. Galeeva R.I. Detskii tekhnopark – dlya yunikh i odarennykh [Technopark for young and gifted children]. Vatan dash. 2018. No. 10 (256). Pp. 102–110. (rus)
9. Vyatkin S.V., Chapsal B.I. Detskii tekhnopark – innovatsionnaya model' dopolnitel'nogo obrazovaniya [Children technopark, an innovative model of supplementary education]. Nauka XXI veka: problemy, poiski, resheniya: materialy XLI nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 70-letiyu Gosudarstvennogo raketnogo tsentra imeni akademika V.P. Makeeva (Proc. 61st All-Russ. Sci. Conf. 'Science of the 21st Century: Problems, Search and Solutions'). Miass: Geotur, 2017 Pp. 133–138. (rus)

Сведения об авторах

Костычева Анастасия Андреевна, магистрант, Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета, 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42, nasti95_95@mail.ru

Астахова Елена Степановна, канд. архитектуры, доцент, Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета, 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42, esastahova@sfedu.ru

Authors Details

Anastasiya A. Kostycheva, Undergraduate, the Academy of Architecture and Arts, Southern Federal University, 39, Budennovskii Ave., 344082, Rostov-on-Don, Russia, nasti95_95@mail.ru

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

УДК 719; 728

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-74-84

*В.С. ШУЛЬГИНА,
Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет (Сибстрин)*

АРХИТЕКТУРНО-ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ПРИБРЕЖНОЙ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ТОМСКА

Статья посвящена выявлению, типологии и оценке архитектурно-пространственной структуры прибрежной территории западно-сибирских городов на примере города Томска, как одного из ранних поселений Сибирского региона. В рамках данной статьи определены основные типы архитектурно-пространственных структур прибрежной территории Томска с выделением семнадцати пространственно-планировочных участков и последующим определением морфотипа застройки каждого участка. Расчетно-аналитическая часть статьи заключается в пространственной аналитике при использовании базы данных Градостроительного атласа г. Томска, публичной кадастровой карты, базы 2ГИС и сведениях об объектах культурного наследия, расположенных на территории Томской области.

Ключевые слова: прибрежная территория; морфотип архитектурной среды; морфотип застройки; архитектурная среда; Западная Сибирь.

Для цитирования: Шулгина В.С. Архитектурно-пространственная структура прибрежной территории города Томска // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 5. С. 74–84.
DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-74-84

*V.S. SHULGINA,
Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering*

ARCHITECTURAL SPACE STRUCTURE OF RIVERSIDE TERRITORIES IN TOMSK

This article is devoted to the identification, typology and evaluation of the architectural space structure of the riverside territory of Western Siberian cities on the example of Tomsk as one of the early-established settlements of the region. The main types of the architectural space structure of the riverside territory are identified, with the allocation of 17 spatial-planning areas and the subsequent definition of the morphotype of each site development. The study utilizes the database of the Tomsk planning atlas, the public cadastral map, the 2GIS database and information on the cultural heritage objects located in the Tomsk region.

Keywords: riverside territory; morphotype; architectural environment; Western Siberia.

For citation: Shulgina V.S. Arkhitekturno-prostranstvennaya struktura pribrezhnoi territorii goroda Tomsk [Architectural space structure of riverside territories in Tomsk]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2019. V. 21. No. 5. Pp. 74–84.
DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-74-84

Архитектурно-пространственная структура территории в ходе исторического развития формируется постепенно: внешние и внутренние факторы,

влияющие на ее становление, образуют различные периоды и этапы развития, в ходе которых территория насыщается различными объектами среднего пространства.

В структуре прибрежной территории Томска частично или полностью можно выделить восемь исторических районов (рис.1, а):

- Гостиный двор, Заозерье (первая половина XVII в.);
- Уржатка, Пески (середина XVII в.);
- Татарская слобода (Заисточье) (середина XVIII в.);
- Лагерный сад (начало XIX в.);
- Черемошники (начало XX в.);
- Керепеть (середина XX в.) [1, 2].

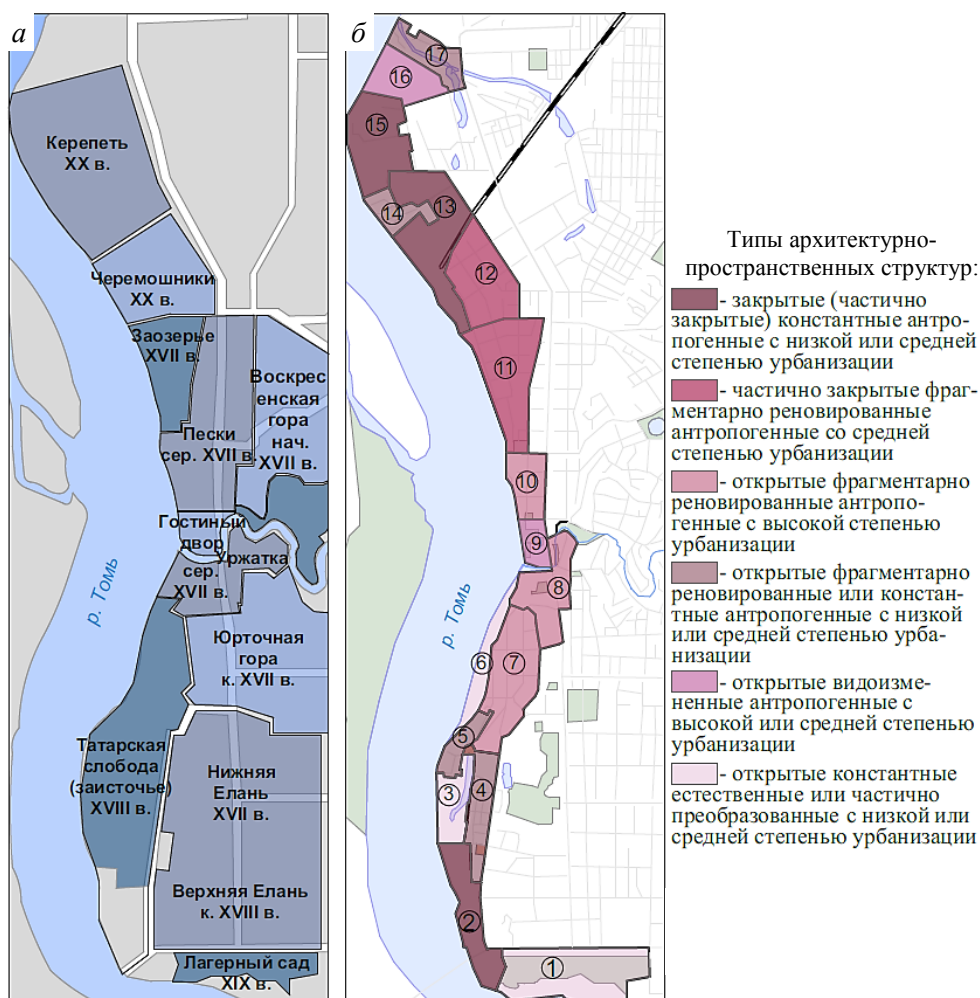


Рис. 1. Архитектурно-пространственная структура прибрежной территории г. Томска: а – исторические районы; б – деление территории на архитектурно-пространственные типы с выделением морфотипов; ① – порядковый номер участка (подробные характеристики см. таблицу)

Изучение таких критериев, как доступность территории, изменяемость средообразующих факторов (функциональная наполненность, пространственная организация) во времени, степень преобразования природного ландшафта, степень урбанизации территории, позволяют определить основные типы архитектурно-пространственных структур прибрежной территории города (рис. 1, б).

Преобладающая часть районов, приближенных к историческому центру либо его составляющих, относятся к открытым фрагментарно реновированным антропогенным территориям с высокой либо средней степенью урбанизации. Это районы, сохранившие свою жилую и обслуживающую функции, но ввиду продолжительного времени освоения сменившие типологию средообразующих объектов, пространственную и планировочную организации.

Для прибрежных районов, расположенных в северной части города, характерна закрытая или частично закрытая фрагментарно реновированная или константная антропогенная среда со средней степенью урбанизации.

Для более детального изучения среды жизнедеятельности выявленных архитектурно-пространственных типов и принятия решений о возможности и необходимости влияния на нее (сохранении, воспроизведении ее исторической идентичности либо преобразовании) необходимо изучить частные параметры застройки, в совокупности определяющие морфотипы застройки прибрежной территории исследуемых городов.

Выявление морфотипов застройки, визуально формирующих индикаторы средового пространства, считается одним из инструментов теории эволюции градостроительных систем А.Э. Гутнова. Гутнов – один из первых отечественных ученых, поднявший вопрос о взаимосвязи пространственной организации территории, архитектурного облика и деятельности человека. По мнению Гутнова, именно пространство должно становиться центральным понятием архитектуры и главным объектом деятельности архитектора, а здание рассматриваться только как компонент городского пространства, не имеющий смысла вне этого пространства [3].

Однако сам термин «морфотип» в своих работах Гутнов не использовал, а первые упоминания морфотипа и дальнейшее развитие этого термина можно найти в работах В.Л. Глазычева.

Документально понятие морфотипа застройки было отражено в 1999 г. в документе «Нормы и правила проектирования планировки и застройки г. Москвы», вклад в разработку которого был сделан Л.Б. Кожаевой. Согласно этому документу, *морфотип* – это эволюционно сложившийся тип застройки.

В последние годы все больше ученых стали выявлять в своих исследованиях морфотипы застройки, по-своему интерпретируя этот термин: изучение морфотипов можно встретить у Е.Ю. Колбовского, А.Г. Большакова, А.В. Крашенинникова, М.В. Пасхиной, Т.Ю. Петуниной, О.А. Шипициной, И.А. Прокофьевой и др. [4–9].

Невозможно однозначно обозначить единственно верный способ употребления морфологического анализа.

Вероятно, это связано с несколькими факторами:

1. Разные цели использования морфологического анализа (например, акцент на изучение планировочных особенностей застройки, элементов городского дизайна, архитектурно-художественных составляющих).

2. Разные объекты, предметы, границы исследования (например, морфотипы открытых общественных пространств, морфотипы исторических центров).

3. Разные подходы к морфологическому анализу исходя из цели.

В своих работах О.А. Шипицина и Т.Ю. Петунина провели анализ существующих теоретических подходов архитектурного морфологического изучения *открытых городских пространств* и выделили среди них:

- морфоописательный подход;
- морфотипический подход;
- морфогенезный подход.

Они отметили, что наиболее распространенный в количественном отношении существующих исследований морфоописательный подход, но для всестороннего изучения морфологии городских пространств необходимо использовать комбинацию всех подходов [8].

А.Е. Гашенко также предпринимал попытки систематизации знаний в области архитектурно-градостроительной морфологии, отмечая, что городская морфология как самостоятельная область исследования еще не утвердилась в отечественной науке и называя причиной работу ученых на стыке различных дисциплин.

Рассмотрев существующие отечественные и зарубежные исследования городской морфологии, Антон Евгеньевич выделил следующие концепции:

- системные концепции архитектурной формы;
- концепции функционально-пространственной организации;
- концепции планировочной структуры города;
- концепции функционально-семиотической организации;
- концепции морфологии архитектурно-градостроительного наследия;
- социально ориентированные концепции городской морфологии;
- аксиологически ориентированные концепции городской морфологии;
- кластерные концепции городской морфологии;
- исследования географии архитектурно-градостроительной формы [10].

Проанализировав и обобщив работы этих авторов, можно сказать, что морфологический анализ соединяет в себе прошлое, настоящее и будущее средового пространства анализируемой территории:

- прошлое – путем изучения процесса формирования средообразующих элементов, выявление закономерностей формирования морфотипа;
- настоящее – отражение современного состояния морфотипа;
- будущее – построение прогнозов развития территории (морфотипа) на основе выявленных закономерностей.

Так как не существует универсальной классификации морфотипов и набора их индификационных признаков, изучение архитектурно-пространственной среды прибрежной территории сибирского города предлагается производить посредством морфотипического подхода с элементами морфоописательного и морфогенезного, сквозь призму исследования географии архитектурно-градостроительной формы.

Морфотипизация – выявление закономерности комбинации определенных качеств элементов средового пространства.

Морфотип архитектурной среды – это своего рода культурный код, отражающий единую стилистику объектов в рамках одного морфотипа; событийность, выраженную в функциональной наполненности территории; средовое восприятие объектов.

Морфотип архитектурной среды может быть сформированным частично или полностью – *морфотип застройки*, а также может находиться на начальном этапе формирования застройки или совсем не иметь ее, но влиять при этом на архитектурную среду исследуемого пространства – *морфотип возможного multifunctional использования*.

При определении морфотипа застройки в данном исследовании рассматривались такие параметры, как:

- этажность;
- материал наружных стен;
- годы постройки;
- тип строений;
- декоративные элементы и общая стилистика фасадов;
- характер расположения строений относительно смежной застройки и «красной» линии.

В результате анализа средообразующих объектов прибрежной территории по вышеуказанным признакам на семнадцати пространственно-планировочных участках (рис. 1, б) было выделено одиннадцать различных морфотипов архитектурной среды, таких как:

- морфотип рекреационной территории;
- морфотип территории преимущественно промышленно-коммунальных объектов;
- морфотип деревянной усадебной застройки с отдельностоящими многоэтажными зданиями;
- морфотип деревянной усадебной застройки;
- морфотип зоны возможного multifunctional использования;
- морфотип кварталов исторической малоэтажной застройки с отдельностоящими многоэтажными зданиями;
- морфотип кварталов исторической малоэтажной каменной застройки;
- морфотип малоэтажной каменной административной застройки;
- морфотип застройки смешанной этажности;
- морфотип периметрально-разноэтажной застройки;
- морфотип застройки многоэтажными жилыми домами.

В таблице приведены обобщенные характеристики архитектурно-пространственных морфотипов, описывающие пространственные параметры территории, позволяющие дать комплексную оценку развитию архитектурно-пространственной среды, ее доступности и преемственности застройки.

На примере одного из выявленных функционально-стилистических пространственных типов (морфотипах) обобщим и детализируем информацию, необходимую для определения индикаторов принадлежности средообразующих объектов к определенному морфотипу.

Морфологии архитектурной среды прибрежной территории Томска

№ участка	Архитектурно-пространственный морфотип	Выход к реке	Наличие исторических объектов	Взаимодействие новой и сложившейся застройки	Стандарт жилой застройки
1	Рекреационная территория	Не затруднен, организован	Отсутствуют	Комплексная застройка территории отсутствует	Жилая застройка отсутствует
2	Территория преимущественно промышленно-коммунальных объектов	Закрыт	Отсутствуют	Хаотичное распределение объектов по территории, отсутствие комплексного подхода к освоению	Жилая застройка отсутствует
3	Рекреационная территория	Затруднен, не организован	Отсутствуют	Комплексная застройка территории отсутствует	Жилая застройка отсутствует
4	Деревянная усадебная застройка с отдельными многоэтажными зданиями	Затруднен, не организован	Белая соборная мечеть 1914 г.	Диссонирующая фрагментация, нарушение визуальных пропорций	Большие объемы одноэтажной ветхой традиционной региональной архитектуры
5, 14, 17	Деревянная усадебная застройка	Не затруднен, не организован	Отсутствуют	Обновления строительных объектов не происходит	Большие объемы одноэтажной ветхой традиционной региональной архитектуры
6	Зона возможного мультифункционального использования	Не затруднен, не организован	Отсутствуют	Комплексная застройка территории отсутствует	Жилая застройка отсутствует

Продолжение таблицы

№ участка	Архитектурно-пространственный морфотип	Выход к реке	Наличие исторических объектов	Взаимодействие новой и сложившейся застройки	Стандарт жилой застройки
7	Кварталы исторической малоэтажной застройки с отдельными многоэтажными зданиями	Не затруднен, не организован	Достопримечательное место: Татарская слобода – Заисточье. 104 объекта деревянного зодчества, 8 объектов культурного наследия, не относящихся к объектам деревянного зодчества	Небольшие объемы новой архитектуры, встраиваемые в общую стилистику района	Большой объем деревянных многоквартирных двухэтажных домов, в меньшей степени распространены двухэтажные каменные и комбинированные дома
8	Кварталы исторической малоэтажной каменной застройки	Частично затруднен, частично организован	36 объектов культурного наследия	Встраиваемая фрагментация на основе индивидуальных решений, в ряде случаев стиливой диссонанс	Небольшие объемы стандартной, коммерческой архитектуры
9	Малоэтажная каменная административная застройка	Не затруднен, организован	Харчевня «Славянский базар», 1888; Корпус торговых лавок. Нач. XX в.; Биржевой корпус, XIX в.	Разрозненная разностилевая застройка	Жилая застройка отсутствует
10	Кварталы исторической малоэтажной каменной застройки	Не затруднен, организован	29 объектов культурного наследия	Встраиваемая фрагментация на основе индивидуальных решений, в ряде случаев стиливой диссонанс	Небольшие объемы стандартной, типовой, коммерческой и традиционной двухэтажной декоративной региональной деревянной архитектуры

Окончание таблицы

№ участка	Архитектурно-пространственный морфотип	Выход к реке	Наличие исторических объектов	Взаимодействие новой и сложившейся застройки	Стандарт жилой застройки
11	Застройка смешанной этажности	Частично закрыт, затруднен, не организован	Достопримечательное место: «Заозёрье». 24 объекта культурного наследия	Разрозненная разнофункциональная разнотипная застройка. Отсутствие комплексного подхода к освоению территории	Большие объемы массовой типовой, традиционной двухэтажной утилитарной региональной деревянной, одноэтажной ветхой традиционной региональной архитектуры
12	Периметрально-разноэтажная застройка	Закрыт	2-этажный жилой дом нач. XX в.	Разрозненная полифункциональная застройка с разнородными типологическими признаками	Большие объемы традиционной региональной архитектуры, массовой типовой архитектуры
13, 15	Территория преимущественно промышленно-коммунальных объектов	Закрыт	Промышленный комплекс объектов. Строительство мельницы купца Ильи Фуксмана. Железобетонная паровая вальцовая мельница торгового дома «Евграф Кухтерин и сыновья». Фабрика карандашной доски в Томске	Стагнирующая функционально-планировочная застройка с низкой степенью верификации	Жилая застройка отсутствует
16	Застройка многоэтажными жилыми домами	На данный момент закрыт, не организован	Отсутствуют	Новое строительство	Современная массовая застройка

Морфотип кварталов исторической малоэтажной застройки с отдельностоящими многоэтажными зданиями.

Местоположение: часть исторического района Заисточье: территория между берегом р. Томи, Буяновским переулком, Эуштинской улицей, Московским трактом, улицей Источной (пространственно-планировочный участок № 7).

Характерные средообразующие объекты:

1. Улица Мусы Джалиля: разноэтажная застройка: двухэтажные рубленые жилые дома конца XIX – начала XX в., современные мало-, средне- и многоэтажные кирпичные жилые дома; улица проходит вдоль берега Томи и в связи с этим большинство двухэтажных домов имеют высокий каменный цоколь; резьба на окнах имеет более сложные узоры и, как правило, является объемной или пропиленной, появляются дополнительные декоративные элементы фасада, такие как причелины и карнизы.

2. Улица Максима Горького:

– двухэтажные рубленые жилые дома конца XIX – начала XX в.: часто первый этаж каменный, фасад имеет отделку и элементы декора, такие как резные карнизы, межэтажные карнизы, причелины, сложные растительные орнаменты на наличниках;

– двухэтажные деревянные «бараки» середины XX в.;

– дом купца Карима Хамитова – памятник архитектуры федерального значения, построен в 1905 г., стиль – эклектика, соединяющая в себе стилистические формы классицизма, ренессанса и модерна.

3. Улица Татарская – улица, наиболее полно сохранившая в себе исторический тип морфологической структуры, характерный для Татарской слободы (13 памятников архитектуры):

– Преобладающий вид средообразующего объекта – двухэтажный рубленый дом середины XIX – начало XX в.; в зависимости от изначального назначения (жилой купеческий, доходный дом) и года постройки дома имеют каменные цоколи, первый каменный этаж, богатые декоративные элементы.

Характерными декоративными элементами являются: треугольный щипец над карнизом, карниз на резных кронштейнах, трехпролетные ворота; большую роль в фасадных композициях играет сильно вынесенный вперед карниз, поддерживаемый резными кронштейнами, а также треугольный щипец (над входом выступающий объем эркера, покрытый шатровой крышей). Резьба по дереву выполнена в технике глухой, накладной и пропиленной резьбы. В верхнем поле наличников, как правило, расположен декор, изображающий мотив «занавеса с кистями», в нижнем поле – декор, изображающий вазу с растениями. Боковины наличников украшены колонками [8].

Деревянные дома дореволюционной постройки рублены способами «в лапу» и «в обло».

– Следующий по степени распространения вид средообразующего объекта – двухэтажные каменные дома конца XIX – начала XX в. и современные кирпичные здания с элементами декора, характерными для каменных зданий конца XIX – начала XX в.

Декоративные элементы: узкие арочные окна на втором этаже, арочные с замковым камнем наличники, по первому этажу ризалиты некоторых зданий

рустованы, оштукатурены, по второму – имеют угловой руст; композицию фасада венчает профилированный фриз и карниз, снабженный дентикулами.

– В единичных случаях по ул. Татарской встречаются одноэтажные жилые дома.

– По адресу Татарская 22, 24, находится восстановленная Красная соборная мечеть – композиционный центр Заисточья, построена в 1904 г. на средства общества местных мусульман в традициях восточной архитектуры.

4. Улица Источная (нечетная сторона): образована в большей степени одно- и двухэтажными рублеными домами конца XIX – начала XX в. и в меньшей степени современными кирпичными домами до трех этажей.

5. Северная часть рассматриваемого пространственно-планировочного участка исследования сложена разноэтажными домами различных функциональных назначений, временных отрезков: характерные для Заисточья деревянные двухэтажные дома частично сохранились, а частично заменились на советские и современные разноэтажные жилые и общественные здания.

Выявление индификационных признаков средообразующих объектов с последующим определением морфотипов необходимо для качественного анализа территории с целью определения направления ее развития с учетом сложившейся, в том числе исторической, застройки и возможным ограничением параметров нового строительства, с учетом выполнения современных требований, предъявляемых к городской среде (например, полифункционального использования территории), комфортности средового пространства (физический и эстетический). Для этого следующим этапом исследования предлагается распределение выявленных средообразующих объектов по уровням: положительно-воздействующие доминанты, отрицательно воздействующие доминанты, фоновые, фоновые загрязняющие; определение необходимого баланса между этими уровнями и предложение по решению уменьшения влияния отрицательно воздействующих доминант и фоновых загрязняющих объектов.

Архитектурно-пространственный анализ прибрежной территории Томска выявил отсутствие иерархичности системы доминант, отсутствие «ландшафтного диалога» и средового контекста, несформированные архитектурно-планировочные «выходы к воде», недостаток благоустроенных поперечных транспортных и пешеходных связей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воронина О.С. Развитие планировочной структуры города Томска XVII–XX вв. : дис. ... канд. архитектуры: 05.23.22. Санкт-Петербург, 2017. 434 с.
2. История названия томских улиц / отв. ред. Г.Н. Старикова. Томск : Водолей, 1998. С. 13.
3. Гутнов А.Э. Эволюция градостроительства. Москва : Стройиздат, 1984. 256 с.
4. Питер Г. Роу, Хар Е. Кан. Городская интенсивность: современные типы жилья и территории. 2014.
5. Пасхина М.В., Климанова О.А., Колбовский Е.Ю. Морфотипы городской среды как объект геоэкологической оценки // Экология урбанизированных территорий. 2013. № 2.
6. Большаков А.Г. Оценка морфотипов застройки как отражения интересов и ценностей городского сообщества и их баланс как принцип градостроительной регенерации исторического центра // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. № 9. С. 89–97.

7. Кожяева Л.Б. Морфотипы застройки – в теории и на практике // Архитектурный вестник. 2011. №2 (119). С. 51–55.
8. Петунина Т.Ю., Шипицина О.А. Введение в архитектурную морфологию открытых городских пространств // Архитектон: известия вузов. 2015. № 50. С. 82–98.
9. Прокофьева И.А. Общественно-торговые сооружения и жилье как основа морфологической структуры города в современных зарубежных исследованиях // Новые идеи нового века : материалы Международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2017. Т. 1. С. 341–346.
10. Гащенко А.Е. Архитектурно-градостроительная морфология как предмет системных исследований: элементный аспект // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 6. С. 5–13.
11. Памятники истории и культуры. URL: <http://memorials.tomsk.ru/memorials> (дата обращения: 01.12.2018).

REFERENCES

1. Voronina O.S. Razvitie planirovochnoi struktury goroda Tomsk XVII–XX vv. dissertatsiya ... kandidata arkhitektury [Planning structure development of Tomsk in the 17–20th centuries. PhD Thesis]. 2017. 434 p. (rus)
2. Starikova G.N. Istoriya nazvaniya tomskikh ulits. Izdanie tret'e, dopolnennoe [The history of Tomsk street names], 3rd ed. Tomsk: D-Print. 2012. 368 p. (rus)
3. Gutnov A.E. Evolyutsiya gradostroitel'stva [Urban development evolution]. Moscow: Stroiizdat, 1984. 256 p. (rus)
4. Peter G. Rowe, Har Ye Kan. Urban intensities: Contemporary housing types and territories. 2014.
5. Paskhina M.V., Klimanova O.A., Kolbovskii E.Yu. Morfotipy gorodskoi sredy kak ob'ekt geoeologicheskoi otsenki [Morphotypes of urban environment as an object of geo-environmental assessment]. *Ekologiya urbanizirovannykh territorii*. 2013. No. 2. (rus)
6. Bol'shakov A.G. Otsenka morfotipov zastroiki kak otrazheniya interesov i tsennosti gorodskogo soobshchestva i ikh balans kak printsip gradostroitel'noi regeneratsii istoricheskogo tsentra [Assessment of building morphotypes in urban community and their balance of urban planning regeneration of historical center]. *Vestnik Irkutskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta*. 2012. No. 9. Pp. 89–97. (rus)
7. Kozhaeva L.B. Morfotipy zastroiki – v teorii i na praktike [Building morphotypes in theory and in practice]. *Arkhitekturnyi vestnik*. 2011. No. 2 (119). Pp. 51–55. (rus)
8. Petunina T.Yu., Shipitsina O.A. Vvedenie v arkhitekturnuyu morfologiyu otkrytykh gorodskikh prostranstv [Introduction in architectural morphology of open city spaces]. *Arkhitekton: izvestiya vuzov*. 2015. No. 50. Pp. 82–98. (rus)
9. Prokof'eva I.A. Obshchestvenno-torgovye sooruzheniya i zhil'e kak osnova morfologicheskoi struktury goroda v sovremennykh zarubezhnykh issledovaniyakh [Public commercial buildings and residential construction – based on morphological structure of the city in modern foreign studies]. *Novye idei novogo veka: materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii (Proc. Int. Sci. Conf. 'New Ideas of New Century')*. 2017. V. 1. Pp. 341–346. (rus)
10. Gashenko A.E. Arkhitekturno-gradostroitel'naya morfologiya kak predmet sistemnykh issledovaniy: elementnyi aspekt [Architectural and urban morphology as a subject of system studies: elemental aspect]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2015. No. 6. Pp. 5–13. (rus)
11. Pamyatniki istorii i kul'tury. [Monuments of history and culture]. Available: <http://memorials.tomsk.ru/memorials> (accessed December 1, 2018) (rus)

Сведения об авторе

Шульгина Валентина Сергеевна, ст. преподаватель, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113, shutenkovs21@mail.ru

Author Details

Valentina S. Shulgina, Senior Lecturer, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, 113, Leningradskaya Str., 630008, Novosibirsk, Russia, shutenkovs21@mail.ru

УДК711.43.03 (571.14)

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-85-98

*О.А. ЛЕЧУНОВА,
Новосибирский государственный университет
архитектуры, дизайна и искусств*

СТАНОВЛЕНИЕ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ МАЛЫХ ГОРОДОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (НА ПРИМЕРЕ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ)

В статье рассматривается эволюция формирования малых городов в различных природно-географических условиях Западной Сибири в период XVIII – первой половины XX в.

Цель исследования – выявление специфики формирования основных групп городов Новосибирской области.

В работе использован историко-аналитический метод становления и развития городов. Рассматривались природные условия и их влияние на специфику освоения территории и формирование экономико-географического положения малых городов.

В результате исследования выделены три основные группы городов: 1 – наиболее ранние поселения – Куйбышев, Тогучин; 2 – узловые станции транспортных путей – Барабинск, Татарск и Карасук; 3 – Бердск и Искитим, получившие бурный рост и основное развитие производственной базы за счет эвакуированных в годы Великой Отечественной войны промышленных предприятий из европейской части страны. На основании архивных источников, комплексного анализа планов городов, сложившихся ко второй половине XX в., выявлены типы их планировочной структуры.

Ключевые слова: железнодорожная магистраль; градостроительство Западной Сибири; малый город; планировочная структура.

Для цитирования: Лечунова О.А. Становление и градостроительное развитие малых городов Западной Сибири (на примере Новосибирской области) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 5. С. 85–98.

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-85-98

*О.А. LECHUNOVA,
Novosibirsk State University of Architecture, Design and Fine Arts*

THE DEVELOPMENT OF SMALL CITIES IN WEST SIBERIA (THE NOVOSIBIRSK CASE STUDIES)

The article discusses the development of small cities in various natural and geographic conditions of West Siberia in the 18–20th centuries

The aim of this work is to identify the specific development of the main cities in the Novosibirsk region.

The historical and analytical approaches are utilized in this study. The natural conditions and their influence on the territory development and the formation of the economic and geographical position of small towns are considered.

Three main groups of cities are identified: 1) the earliest settlements of Kuybyshev, Toghuchin, 2) stations of the transport routes Barabinsk, Tatarsk and Karasuk, 3) Berdsk and Iskitim, which rapidly grow, and the development of the production base due to industrial enterprises evacuated during the Great World War II from the European part of the country. On the basis of archival documents, a comprehensive analysis is conducted for city plans of the 20th century and the types of their planning structure.

Keywords: railway; urban planning; West Siberia; small town; town-planning.

For citation: Lechunova O.A. Stanovlenie i gradostroitel'noe razvitiye mal'kikh gorodov Zapadnoi Sibiri (na primere Novosibirskoi oblasti) [The development of small cities in West Siberia (the Novosibirsk case studies)]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2019. V. 21. No. 5. Pp. 85–98.
DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-85-98

Активное становление малых городов Западной Сибири началось в XVIII в. Строительство железной дороги резко усилило процесс развития территории в целом и городов в частности, как опорных пунктов этого развития. Место будущих городов определялось в соответствии со значимостью природно-ресурсного потенциала и обеспечения строительства железной дороги. Это в совокупности определило развитие сельского хозяйства, перерабатывающих отраслей и торговли.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью анализа исторического и градостроительного формирования планировочной структуры поселений, т. к. это позволит корректно планировать их развитие.

Требования к строительству и обслуживанию железной дороги определили специфику городов, что отразилось в их градостроительном планировании. Анализ природно-ресурсного потенциала, сложившегося экономико-географического положения и специфики градостроительного планирования позволил определить три группы. Такой подход в изучении этих городов ранее не проводился. Для анализа взяты города: Куйбышев (с 1722 по 1935 г. Каинск), Тогучин, Барабинск (до 1917 г. Каинск-Томский), Татарск, Карасук, Бердск, Искитим, которые складывались под влиянием трактов и железнодорожных магистралей. История развития городов Западной Сибири интересна не только спецификой формирования пространства, но и тем, какой основой они будут служить для современного развития. Они различны по возрасту, специализации и структуре, тем не менее в них есть общие черты, знание которых нам необходимо для дальнейшего планирования не только отдельных городов, но и территории Новосибирской области в целом, поэтому попытаемся определить общие черты развития отдельных городов и на основе этого выделить группы перспективного использования и развития.

К первой группе городов относятся поселения наиболее ранние, исторически возникшие на территории Новосибирской области: Куйбышев, Тогучин. Первоначальной специализацией этих городов была переработка сельскохозяйственной продукции. Объемы производства и высокое качество сельскохозяйственной продукции позволяли поставлять её на продажу в Центральную Россию и на экспорт [1].

На левом берегу притока Каинки, впадающей в р. Омь, в 1722 г. казаки основали Каинский форпост (рис. 1, а). Занимая срединное положение Московско-Сибирского тракта, Каинский форпост с 1733 г. становится транзитным пунктом на пути из Омска в Томск [2]. Благоприятные природно-климатические условия способствовали развитию земледелия, скотоводства и торговли [3, 4].

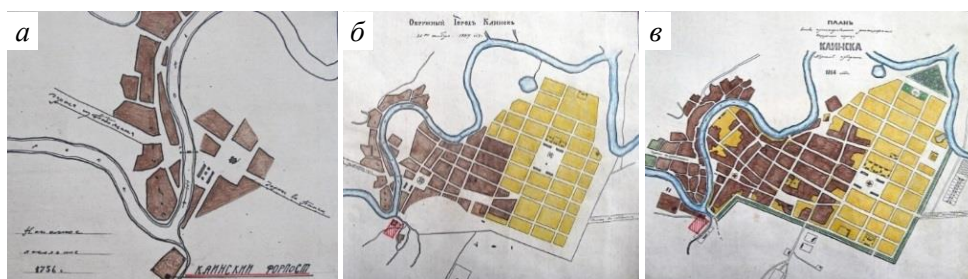


Рис. 1. Планировочные схемы г. Каинска (Культурное наследие Новосибирской области. URL: <http://www.nasledie-nso.ru/node/261> (дата обращения: 11.02.2016));
а – план 1756 г.; б – план 1834 г.; в – план 1866 г.

На ярмарках шла активная торговля товарами местного производства: мясом, маслом, кожей, пушниной. В 1782 г. Каинск становится уездным городом. Население города быстро увеличивалось за счет переселенцев [1] и к концу XVIII в. составляло 658 чел. (мужского населения), в городе насчитывалось 106 частных жилых домов. Ландшафт Барабинской степи, изгибы р. Оми повлияли на планировочную структуру города. Томский архитектор К. Турский в 1834 г. составил первый план Каинска, который стал основой формирования компактной планировочной структуры города (рис. 1, б) с прямоугольной схемой построения уличных сетей. Основные улицы – Московская и Иркутская, лучеобразно расходящиеся со стороны восточного въезда в город, организовывали планировочную структуру. Базарная и Соборная площади, связанные между собой по диагонали, образовали единое пространство городского центра [5]. На 1842 г. в Каинске было 8 улиц, проживало 2,7 тыс. чел., действовало 8 заводов, из них: 2 кожевенных, свечно-сальный, салотопный мыловаренный и 3 кирпичных заводов. В 1866 г. выполняется корректировка плана. Быстрое развитие центральной части Каинска заметно при сравнении планов города 1834 и 1866 гг.¹ Город активно застраивался в сторону реки. Кварталы, построенные на освободившейся от болота территории в южной части города, завершили планировочную композицию центральной части [6] (рис. 1, в). Каинск стал развиваться на восток, параллельно направлению тракта, захватывая при этом и северо-восточную часть. Значение улиц Московской и Иркутской как опорных в сложившейся прямоугольной схеме построения уличных сетей города сохранилось по настоящее время. В 1893 г. численность населения города составляла 6 тыс. чел. В 1897 г. в городе открывается Александровская сельскохозяйственная ферма, при которой создается школа молочного хозяйства, где готовят мастеров маслоделия. С ростом промышленной переработки сельскохозяйственной продукции увеличивается численность городского населения, которое к 1899 г. насчитывает 9 тыс. чел., работает 15 предприятий [1].

Новый этап в развитии город получил в начале XX в. Со строительством Западно-Сибирской железной дороги южнее Каинска экономическое положение его изменилось. Отдаленность от основного железнодорожного транспорт-

¹ МККНО. КП-4141. ДМ-675.

ного пути сказалась в замедлении дальнейшего развития, но, тем не менее, город продолжал развиваться благодаря своей производственной базе [1]. В годы индустриализации строится мясокомбинат, ремонтно-транспортная мастерская. Растет производство сельскохозяйственной продукции. В 1939 г. в городе проживает 12 930 жителей. На 1944 г. общая площадь земель г. Куйбышева составляла 4886 га. К северо-западной части примыкают земли с. Мошнино площадью 107 га, отделенные р. Омью, где проживает 2627 чел. (рис. 2). По территориальному расположению земли с. Мошнино фактически являются составной частью Куйбышева. На основании распоряжения № 9177-р Совета Народных Комиссаров СССР от 12 июня 1945 г. в состав земель г. Куйбышева передают 3583 га (в том числе 1125 га пашни). В 1945 г. устанавливаются границы земель г. Куйбышева с общей площадью 8469 га.

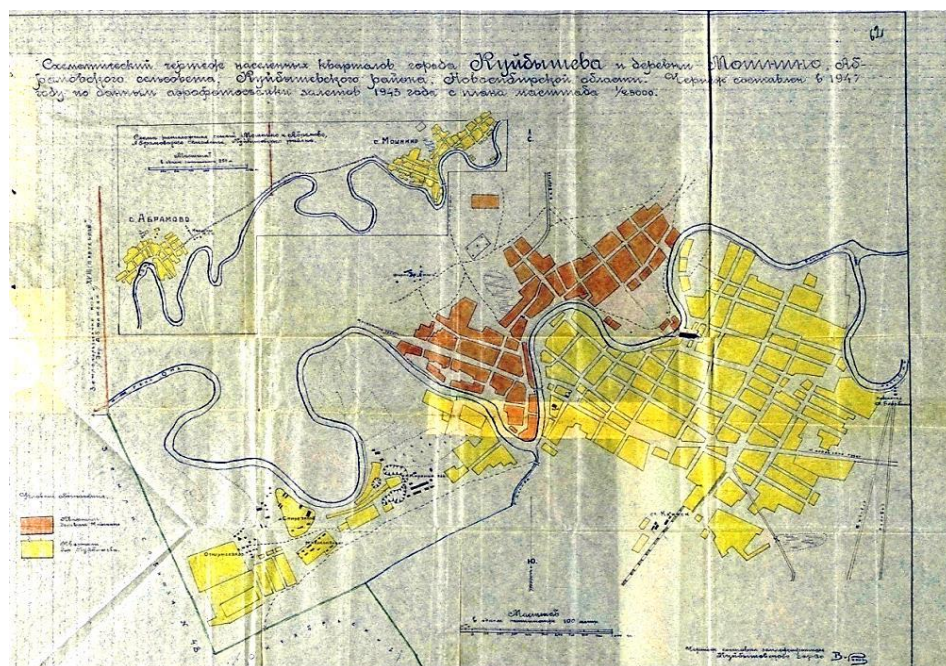


Рис. 2. Схематический чертеж населенных кварталов г. Куйбышева и с. Мошнино 1947 г. (ГАО. Ф. Р-1020. Оп. 1. Д. 676. Л. 62)

В 1947 г. Западно-Сибирская бригада Академии коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова разработала проект схемы генерального плана г. Куйбышева (рис. 3). В проекте схемы генерального плана г. Куйбышева предусмотрено зонирование территории по целевому назначению и намечены восточный и юго-западный промрайоны с учетом санитарно-технических требований, центральный и северо-западный жилые районы. Восточный промышленный район ограничивает развитие застройки к востоку. Единственным направлением для развития города остается территория с. Мошнино. В 1948 г. Исполнительный комитет Куйбышевского Совета депутатов трудящихся принимает решение № 177 о выполнении генплана города, а Западно-

В конце 1950-х гг. строительство комбината масла и сухого молока, строительство ГРЭС (мощностью 75 МВт) и электрификация Западно-Сибирской железной дороги стимулировали развитие города [6].

Город вырос, и на 1950 г. численность населения составила 28 603 чел., площадь в его границах – 9117 га. В городе действуют 19 крупных промышленных предприятий, две автомобильные базы, имеется школа маслоделов, школа ФЗО, областная школа полеводов, школа ветеринарных фельдшеров, учительский институт, техникум [7].

Второй город в группе – Тогучин. Тогучин состоял из трех частей: Тогучин-1 – Тамбовка на территории ул. Колхозной (сейчас ул. Фетисова) на левом берегу р. Ини, д. Тогучин-2 на территории ул. Центральной и старой деревни на слиянии рек Ини и Тогучинки (сейчас ул. Ленина). Через село проходил тракт Томск – Барнаул, проложенный в XVIII в., который связывал Томск, крупный по тому времени торговый и административный центр, с Барнаулом – главным уездным городом Алтая. В 1859 г. в селе числилось 33 двора, в которых проживало 227 чел. Основное занятие – производство сельхозпродукции, развивались также и кустарные промыслы: кирпичные, санные, дегтярные. Население Тогучина в 1894 г. составляло приблизительно 600 чел. В начале XX в. строится первое училище в Тогучине-1 (Тамбовка) по ул. Колхозной, маслозавод, создается потребительская кооперация. Численность населения Тогучина растет и к 1926 г. составляет 949 чел. Строительство железной дороги Новосибирск – Кузбасс в 1928 г., которая прошла по северной окраине Тогучина-1 на левом берегу р. Ини, резко изменило экономическое и географическое положение Тогучина. Село Тогучин оказалось на важном транспортном пути в Кузбасс.

С преобразованием Тогучина-2 в административный центр района наступил новый этап в развитии села. Строят здание райисполкома, дом колхозника, амбулаторию, типографию. Строится пенькозавод для переработки льна, начинается строительство овощесушильного завода, вступает в эксплуатацию МТС. Растет численность населения, и к 1932 г. она составляет более 3,5 тыс. чел. Для обеспечения связи железнодорожной станции с центром Тогучина в 1935 г. строится мост. Развитие транспортной инфраструктуры и сельскохозяйственной промышленности способствует росту численности населения и изменению его профессионального состава. В 1936 г. село Тогучин приобретает статус рабочего поселка [1].

Три планировочных образования определили планировочную структуру города как рассредоточенную со свободной схемой построения уличных сетей. Железная дорога и протекающая параллельно ей р. Иня делят город на две части – правобережную и левобережную, правобережную часть, в свою очередь, делит р. Тогучинка. Части города соединены между собой мостами. Многие улицы имеют в плане ломаное очертание. Прямоугольная сетка улиц сложилась частично в Тогучине-1 (рис. 4).

Тогучин растет, расширяются промышленные предприятия, увеличивается значимость города в экономике области. В 1945 г. рабочий поселок получает статус города с численностью населения 12,5 тыс. чел. К этому времени действуют 6 промышленных предприятий и 4 артели, 14-я дистанция пути,

оборотное локомотивное депо, пути техосмотра, электростанция. В 1947 г. создается артель «Стройматериалы», которая из местных глин изготавливает кирпич и производит обжиг известняка.

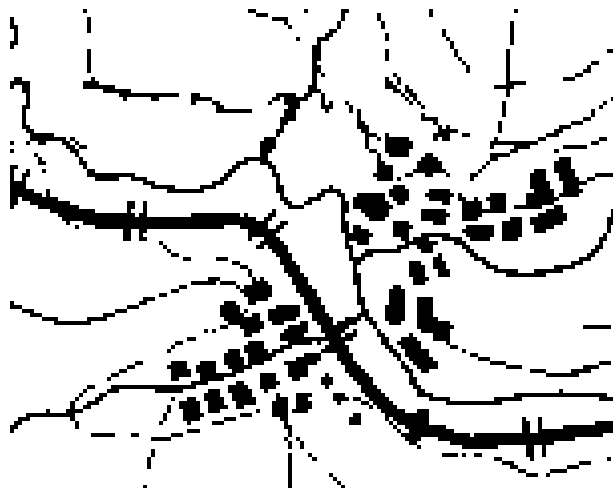


Рис. 4. Планировочная схема г. Тогучина 1950 г. (URL: <http://fsl.loadmap.net/ru/> лист txu-oclc-6559336-nn45-1 (дата обращения: 29.02.2016))

С учетом географического положения, природно-климатических условий планировочная структура городов складывалась по компактному и рассредоточенному типу. Благоприятные природные условия для развития зернового хозяйства и животноводства, передовая для того времени технология, квалифицированные рабочие кадры технических специальностей сказались на качестве сибирской сельскохозяйственной продукции, ее сбыте на внешних рынках. Устойчивый и растущий спрос на высококачественную сельскохозяйственную продукцию сформировал специализацию хозяйствования Куйбышева (Каинск) и Тогучина [1].

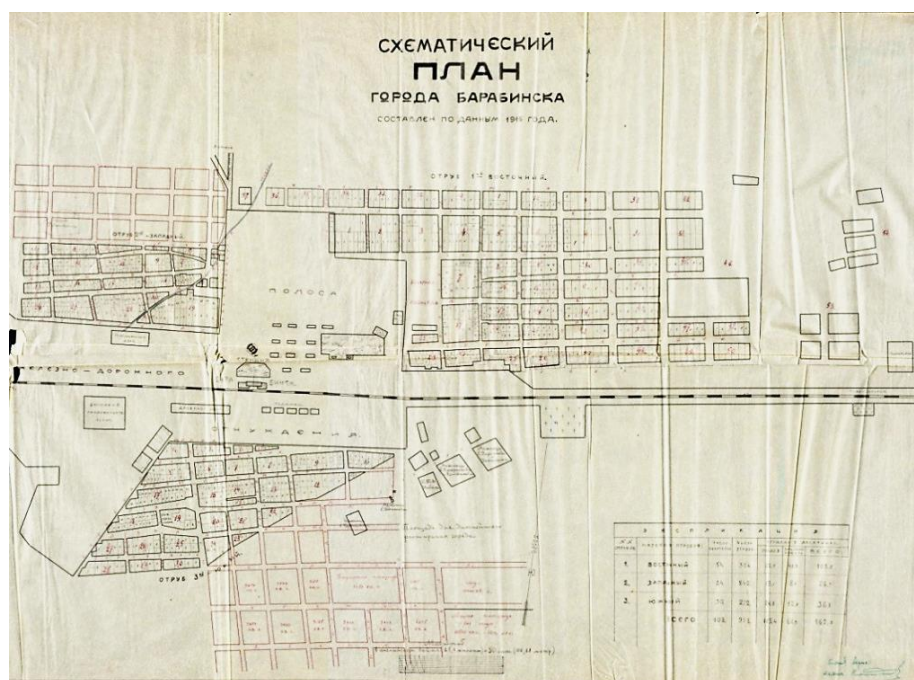
Города второй группы Барабинск, Татарск и Карасук развивались как узловые станции транспортных путей.

1893 г. стал годом основания Каинск-Томского как станционного поселка на Транссибирской магистрали, выросший из временного поселения переселенцев, в котором жили строители железной дороги [Там же]. Являясь важным транспортным узлом, пристанционный посёлок развивался быстро. В течение 1895–1896 гг. строятся платформы: пассажирская и товарная, паровозное депо. В 1897 г. в посёлке насчитывалось около 2 тыс. жителей. Посёлок развивался в северо-восточном направлении, улицы Дёповская и Московская (сейчас ул. Ленина) тянулись вдоль железной дороги. Позднее стала заселяться территория к югу от железной дороги. Появилась ул. Барнаульская (сейчас ул. Октябрьская).

Отсутствие сырьевой базы и дефицит рабочей силы отразились на развитии экономики поселка. Основная часть населения работала на железной дороге. На станции действует телеграфно-телефонная служба, открыта школа тех-

ников и телеграфистов. Построены скотобойня, паровая мельница, два кирпичных завода. Самым крупным промышленным предприятием в дореволюционный период считался маслозавод. В начале XX в. Каинск-Томский становится поселением городского типа с численностью населения более четырёх тысяч человек. Каинск-Томский переименовывают в Барабинск с численностью населения 5630 чел., и поселок получает статус безуездного города.

В 1916 г. делают первую планировку поселка. Планировочная структура Барабинска развивалась по линейно-расчлененному типу, имея сложную, обусловленную природными факторами, неблагоприятными гидрологическими условиями, форму с делением территории с запада на восток железной дорогой на две части [8]. Композиционной осью плана города является железная дорога, проходящая вдоль территории всего города, с комбинированной схемой построения уличной сети (рис. 5).



Крупная железнодорожная станция, локомотивное ремонтное депо, вагоноремонтное депо, локомотивно-эксплуатационное депо, грузовая железнодорожная ветка в Куйбышев становятся градообразующими предприятиями города Барабинска [1].

В 1894 г. со строительством Транссибирской магистрали образовывается станция Татарская, получившая свое название от с. Старая Татарка, расположенного в двух километрах. Пос. Татарск при станции быстро развивался за счёт постоянного притока переселенцев во время Столыпинской реформы. К 1911 г. пос. Татарск превратился в торговый центр с населением 4500 чел. и был преобразован в безуездный город. С вводом в эксплуатацию Кулундинской железной дороги в 1912–1914 гг. станция Татарская получила дальнейшее развитие как железнодорожный узел. Развивалась пищевая промышленность, работали маслобойные и кирпичные заводы, две ветряные, одна паровая и электрическая мельницы, два мыловаренных завода [Там же]. В начале 1930-х гг. начинает работу швейная пошивочная мастерская, открывается Сибирская краевая контора акционерного общества «Хлебопродукт». В 1925 г. Татарск становится городом областного подчинения и получает статус административного центра. В 1926 г. численность населения города составляла 9,7 тыс. чел. В 1927 г. организуют одно из старейших предприятий города – механический завод «Сельхозтехника». В 1941 г. в городе проживало 25,6 тыс. чел. [Там же]. На базе убойного пункта создается мясокомбинат. В 1942 г. начинает работу пищекомбинат, швейная фабрика, появляется своя электростанция, действуют заводы растительного масла, растет торговля лесом и пиломатериалами.

Планировочная структура города имела линейно-расчлененный тип застройки территории вдоль железной дороги с комбинированной схемой построения уличной сети (рис. 6).

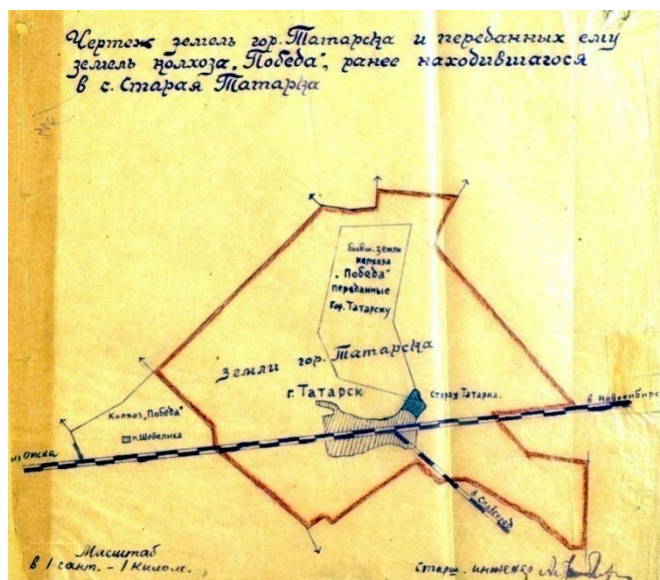


Рис. 6. Чертеж земель г. Татарска и переданных ему земель колхоза «Победа», ранее находившегося в с. Старая Татарка 1948 г. (ГАНУ. Ф. Р-1020. Оп. 1. Д. 666. Л. 39)

Инженерно-геологические условия (наличие болот) оказали влияние на планировочную структуру города. Транссибирская магистраль и Кулундинская железная дорога на территории города предопределили деление планировочной структуры на три части. Южный и Центральный жилой массив застраивался параллельно Транссибирской железнодорожной магистрали, а в развилке двух железных дорог строился Татарский массив параллельно Кулундинской ветке. Город развивался и рос в северо-восточном направлении, вследствие чего с. Старая Татарка слилось с городом. В 1948 г. численность города составляла 29 038 чел., площадь в городских границах – 8102,5 га, а с. Старая Татарка – 850 чел. с площадью 28,1 га, встал вопрос о присоединении села к городу и изменении границ [9].

В период 1912–1916 гг. строится Кулундинская железная дорога Татарская – Славгород – ответвление от Транссибирской железнодорожной магистрали. При станции в 1915 г. образовывается пос. Карасук. В Карасуке создают оборотное локомотивное депо для паровозов, погрузочно-выгрузочную станцию. В 1926 г. строится элеватор, на станции Карасук проживает 734 чел. В конце 1930-х гг. открывают МТС, строят новый железнодорожный вокзал, закладывают второй элеватор и черепичный завод, работает инкубаторная станция. В конце 1940-х гг. строится первая электростанция, механизированные маслозавод и мясокомбинат, молочно-консервный завод и райпищекомбинат. Летом 1941 г. прибывают первые эвакуированные семьи военнослужащих, госпитали. Карасук становится рабочим посёлком, где в 1943 г. проживает 7,4 тыс. чел. [Там же]. Планировочная структура поселка развивалась по линейно-расчлененному типу застройки территории с прямоугольно-перекрестной схемой построения уличной сети с вытянутыми кварталами вдоль железной дороги. Железная дорога делила территорию с севера на юг на две части. Промышленные предприятия строились на окраине северной части города (рис. 7).

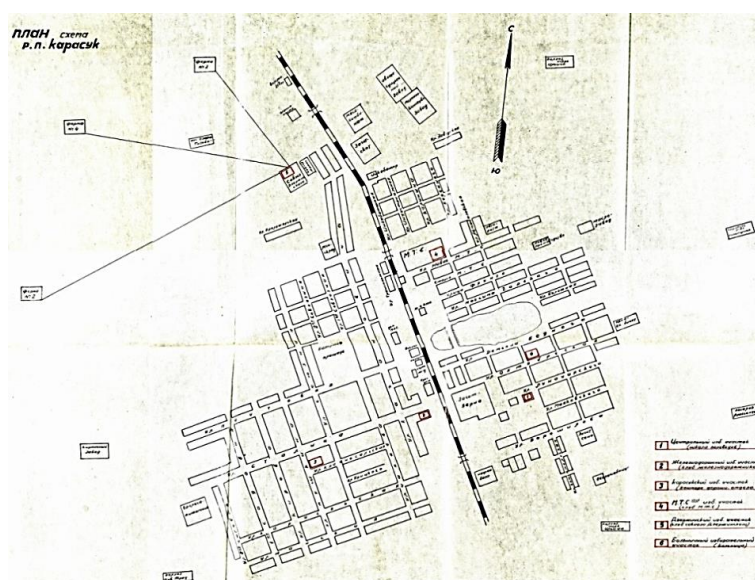


Рис. 7. План-схема Карасука 1945 г. (ГАНО. Ф. Р-270. Оп. 1. Д. 222. Л. 5)

Карасук стал железнодорожным узлом, который с севера на юг пересекает железнодорожная магистраль Татарск – Славгород, а предприятия железной дороги – градообразующими.

Под влиянием железнодорожных магистралей планировочная структура городов складывалась по линейно-расчлененному типу застройки территории. Строительство транспортных магистралей Западной Сибири стимулировали рост промышленности и сельского хозяйства. Начался резкий рост и развитие городов Барабинска, Татарска и Карасука.

В третью группу городов входят Бердск, Искитим. За счет эвакуированных в годы Великой Отечественной войны промышленных предприятий из европейской части страны эти города получили основное развитие производственной базы [1].

На левом берегу р. Берди, при впадении ее в реку Обь, на высоком берегу выступе в 1716 г. ставится Бердский острог. Местное население занимается добычей пушнины и хлебопашеством. К концу XVIII в. Бердский острог утрачивает своё значение и становится крупным экономическим центром Верхнего Приобья [10]. Барнаульский тракт, связавший Колывано-Воскресенские заводы Алтая с Московским трактом, прошёл через Бердск и послужил импульсом к новому развитию поселения: появились ремесленники, возникла торговля [Там же]. Село стремительно развивается. В 1907 г. там проживало около 1500 чел., а к 1914 г. в селе уже около 6000 чел. Жители занимались в основном земледелием, скотоводством, извозом, ремесленничеством и торговлей. Мельница купца Горохова считалась самым крупным предприятием, имела новейшее оборудование и электричество. При мельнице имелись помещения для рабочих, аптека, интернат, школа, библиотека, рядом находилась двухэтажная Гороховская ремесленная школа. Мука продавалась в европейской части России и экспортировалась за границу. В селе находилась почтово-телеграфная станция, торговая пристань, до которой строится электрическая подвесная канатная дорога от складов мельницы. При строительстве Алтайской железной дороги в 1913 г., которая прошла в 9 км от села, была открыта станция Бердск. В 1920-е гг. с. Бердское становится районным центром с численностью населения 4544 чел., где работает более 30 торгово-промышленных предприятий. В 1929 г. с. Бердское получает статус городского посёлка, в 1930 г. его население составляло уже 5751 чел. [11]. К июню 1941 г. в Бердске проживает свыше 6 тыс. жителей. В августе 1941 г. в пос. Бердск эвакуируют два завода. За короткий срок монтируют оборудование. Приехали инженеры, техники, квалифицированные рабочие. За первые три года войны население рабочего поселка увеличилось почти в четыре раза и составило 28 тыс. чел. В феврале 1944 г. рабочий поселок Бердск получает статус города областного подчинения [Там же]. Город продолжает развиваться, появляются новые отрасли промышленности: в 1946 г. на базе эвакуированного Харьковского завода № 296 открывают Бердский радиозавод (БРЗ) [1].

Планировочная структура города сложилась компактная со свободной схемой построения уличных сетей (рис. 8).

Историческим центром градостроительного развития Бердска служил острог пятиугольной формы в плане. Жилые дома вместе с публичными зда-

ниями: церковью, домом приказчика, судной избой и амбарами – находились внутри острога. Центральное место занимала Сретенская церковь, на развилке главной улицы острога. Застраивалась территория вокруг острога.

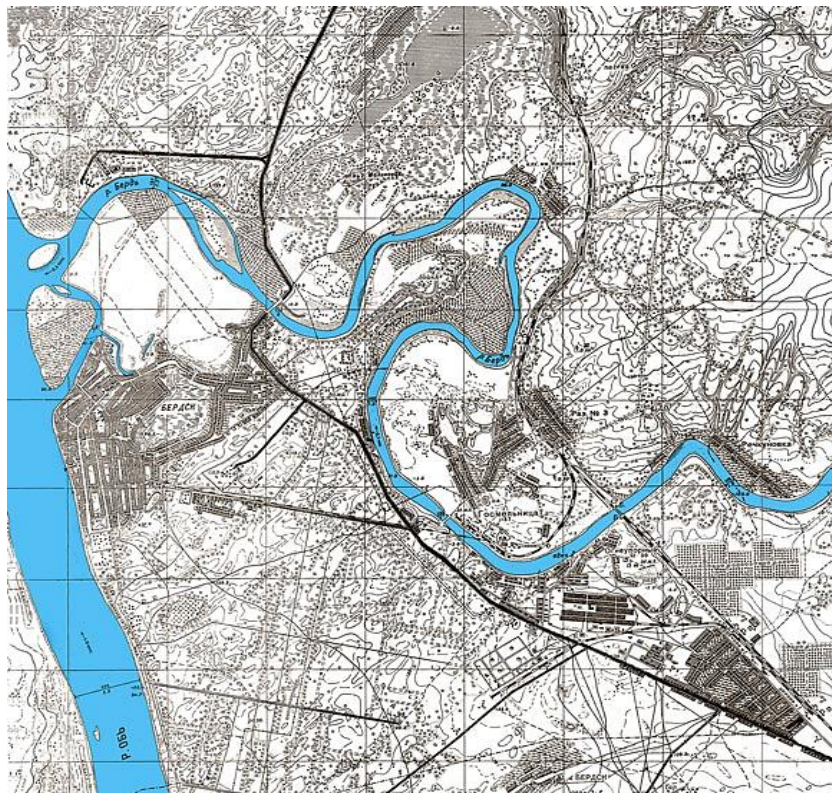


Рис. 8. План г. Бердска 1950 г. (URL: <https://www.google.ru/search> (дата обращения: 13.11.2016)

Вторым городом в этой группе стал Искитим. На базе богатейших запасов природных нерудных полезных ископаемых, расположенных в районе поселений Койново, Черноречка и Вылково, в 1930 г. начинается строительство крупнейшего в Сибири Чернореченского цементного завода. В процессе строительства завода проходило формирование рабочего класса. К 1934 г. сёла застраиваются и соединяются в рабочий поселок Искитим протяженностью с юга на север 9 км, а в поперечном разрезе в пять-шесть улиц. Планировочная структура поселка развивалась по линейному типу застройки территории с прямоугольной схемой построения уличной сети с вытянутыми кварталами вдоль железной дороги и р. Берди (рис. 9).

За время строительства цементного завода численность поселка возросла до 10 тыс. чел., и в 1938 г. Искитим получает статус города районного подчинения. Известковый и цементный заводы, коммуна «Равенство», артель «Производственник», молзавод, горпищекомбинат, трехэтажная деревянная мельница, артель «Победа», лесосплав, хлебоприёмное предприятие работают в Искитиме. Растет число квалифицированных кадров в связи с бурным строительством

5. *Ляликов И.В.* Градостроительство малых городов юга Западной Сибири в XVIII – второй половины XIX века. URL: [http:// cyberleninka.ru](http://cyberleninka.ru)
6. *Культурное наследие Новосибирской области.* Куйбышев (Каинск): исторический очерк. URL: [http:// www.nasledie-nso.ru/node/261](http://www.nasledie-nso.ru/node/261) (дата обращения: 11.02.2016).
7. *Николаев А.А.* Краткий очерк истории Новосибирской области. URL: <http://bsk.nios.ru/content/kratkiy-ocherk-istorii-novosibirskoy-oblasti>
8. *Лечунова О.А.* Формирование промышленных территорий средних и малых городов Новосибирской области в период второй половины XX века // Региональные архитектурно-художественные школы. Новосибирск : НГУАДИ, 2012. С. 60–62. URL: <http://elibrary.ru>
9. *Народная энциклопедия городов и регионов России «Мой Город».* URL: http://www.moj-gorod.ru/novosib_obl/tatarsk/
10. *Новосибирский краеведческий музей.* История городов. Бердск. URL: <http://kraeved.ngonb.ru/node/5110>
11. *История городов.* Город Бердск 300 лет. URL: <http://www.berdsk.orthodoxy.ru/>

REFERENCES

1. *Lechunova O.A., Kinsht A.V.* Spetsifika formirovaniya promyshlennoi bazy malykh gorodov Zapadnoi Sibiri [Formation of industrial facilities of West Siberian towns]. *Tvorchestvo i sovremennost'*. 2016. No. 1. (rus)
2. *Istoricheskaya entsiklopediya Sibiri* [Historical encyclopedia of Siberia], vol. 2. Novosibirsk, 2009. 386 p. (rus)
3. *Zuev A.S.* Sibir': vekhi istorii [Siberia: milestones of history]. Novosibirsk, 1998. 198 p. (rus)
4. *Istoriya Sibiri s drevneishikh vremen do nashikh dnei* [The history of Siberia from ancient to our days], vol. 1. Leningrad: Nauka, 1968. 104 p. (rus)
5. *Lyalikov I.V.* Gradostroitel'stvo malykh gorodov yuga Zapadnoi Sibiri v XVIII – vtoroi poloviny XIX veka [Urban planning of small cities in the south of West Siberia in the 18–19th centuries]. Available: [http:// cyberleninka.ru](http://cyberleninka.ru) (rus)
6. *Kul'turnoe nasledie Novosibirskoi oblasti. Kuibyshev (Kainsk): istoricheskii ocherk* [Cultural heritage of the Novosibirsk region. Kuibyshev (Kainsk): historical sketch]. Available: www.nasledie-nso.ru/node/261 (accessed February 11, 2016). (rus)
7. *Nikolaev A.A.* Kratkii ocherk istorii Novosibirskoi oblasti [A short essay on the history of the Novosibirsk region]. Available: <http://bsk.nios.ru/content/kratkiy-ocherk-istorii-novosibirskoy-oblasti> (rus)
8. *Lechunova O.A.* Formirovanie promyshlennykh territorii srednikh i malykh gorodov Novosibirskoi oblasti v period vtoroi poloviny XX veka [The formation of industrial territories of medium and small cities in the Novosibirsk region during late in the 20th century]. In: *Regional'nye arkhitekturno-khudozhestvennye shkoly.* Novosibirsk: NGUADI, 2012. Pp. 60–62. (rus)
9. *Narodnaya entsiklopediya gorodov i regionov Rossii 'Moi Gorod'* [The people's encyclopedia of cities and regions of Russia "My City"]. Available: www.moj-gorod.ru/novosib_obl/tatarsk/ (rus)
10. *Novosibirskii kraevedcheskii muzei. Istoriya gorodov* [Novosibirsk Museum of Local Lore. History of cities]. Berdsk. Available: <http://kraeved.ngonb.ru/node/5110> (rus)
11. *Istoriya gorodov. Gorod Berdsk 300 let* [History of cities. Berdsk is 300 years old]. Available: www.berdsk.orthodoxy.ru/ (rus)

Сведения об авторе

Лечунова Ольга Алексеевна, доцент, Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств, 630099, г. Новосибирск, Красный проспект, 38, olgaalex2009@rambler.ru

Author Details

Olga A. Lechunova, Associate Professor, Novosibirsk State University of Architecture, Design and Fine Arts, 38, Krasnyi Ave., 630099, Novosibirsk, Russia, olgaalex2009@rambler.ru

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

УДК 69.003.13

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-99-114

*Н.В. ГУСАКОВА, К.Э. ФИЛЮШИНА, Т.И. РОМАНОВА, А.А. ЯРЛАКАБОВ,
Томский государственный архитектурно-строительный университет*

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ*

Проведено исследование теплотехнических и экономических параметров энергетических систем здания при строительстве и эксплуатации индивидуального жилого дома и секции блокированного дома. Цель исследования – проведение анализа и сравнение теплотехнических и экономических показателей энергетических систем здания для индивидуального жилого дома и секции блокированного жилого дома. Данные рекомендации могут быть применены в практике современного жилищного строительства и послужить основой создания новых инвестиционно-строительных проектов малоэтажной застройки, отвечающих требованиям энергоэффективности. Были получены следующие результаты: на основе разработанной методики рассчитаны капитальные и эксплуатационные затраты на энергетические системы здания для индивидуального жилого дома и секции блокированного дома, обобщены основные показатели для обоих вариантов домов и выбран наиболее оптимальный вариант. Строительство домов блокированного типа взамен индивидуальных домов подтверждает как экономию капитальных затрат на строительство самого дома и системы отопления, так и экономию энергоносителей в процессе эксплуатации здания. Проведенные расчеты показали, что при строительстве блокированных домов достигается сокращение теплопотерь на 7 %. Экономия капитальных затрат на строительство секции блокированного малоэтажного здания, капитальные затраты на энергетические системы здания и энергоресурсы при эксплуатации жилья составили 180 574 руб.

Ключевые слова: малоэтажное строительство; энергетические системы здания; энергоэффективность; комфорт; эффективность капитальных вложений.

Для цитирования: Гусакова Н.В., Филюшина К.Э., Романова Т.И., Ярлакабов А.А. Комплексная оценка теплотехнических параметров при строительстве и эксплуатации малоэтажных зданий // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 5. С. 99–114.
DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-99-114

* Статья выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации МК-2273.2018.6 «Разработка и технико-экономическое обоснование выбора объемно-планировочных и конструктивных решений в малоэтажном жилищном строительстве в аспекте повышения энергетической эффективности и ресурсосбережения».

N.V. GUSAKOVA, K.E. FILUSHINA, T.I. ROMANOVA, A.A. YARLAKABOV,
Tomsk State University of Architecture and Building

INTEGRATED ASSESSMENT OF THERMAL PARAMETERS IN CONSTRUCTION AND SERVICING LOW-RISE BUILDINGS

Purpose. Thermal and economic parameters of power systems in low-rise buildings during their construction and operation. **Methodology.** Analysis and comparison of thermal and economic parameters of energy systems in low-rise buildings. **Research findings.** The construction of low-rise buildings instead of individual houses confirms saving of capital construction and power system costs as well as energy savings while in operation. Based on the developed methodology, the capital and operating costs for power systems of an individual residence and a section of blocked houses are calculated. The main indicators for both house options are summarized and the most optimal option is selected. **Research applications.** These recommendations can be applied in modern housing construction and serve as a basis for new investment and construction projects on low-rise buildings that meet the energy efficiency requirements. **Conclusion.** Calculations show a 7% heat loss reduction during the construction of blocked houses. The capital cost savings for the construction of the sectional blocked low-rise building amount to 180.574 rubles.

Keywords: low-rise building; power system; energy efficiency; comfort; capital investment.

For citation: Gusakova N.V., Filushina K.E., Romanova T.I., Yarlakabov A.A., Kompleksnaya otsenka teplotekhnicheskikh parametrov pri stroitel'stve i ekspluatatsii maloetazhnykh zdaniy [Integrated assessment of thermal parameters in construction and servicing low-rise buildings]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2019. V. 21. No. 5. Pp. 99–114.
DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-99-114

Введение

Строительный комплекс РФ последние десятилетия характеризуется высокими темпами строительства, практически неограниченными возможностями застройки периферии городов и пригородных зон, что позволило значительно увеличить объемы малоэтажного жилищного строительства, не акцентируя особого внимания на качестве, соблюдении требований энергоэффективности и безопасности.

Следует отметить, что в России имеется огромный потенциал в области энергосбережения и использования возобновляемых источников энергии. Однако этот потенциал далеко не всегда используется, и низкая эффективность применения энергосберегающих технологий при строительстве является причиной высоких цен на услуги ЖКХ при эксплуатации зданий.

Такое положение свидетельствует о необходимости рационального использования энергоресурсов, учитывающего не только этап проектирования и строительства малоэтажных зданий, но и необходимость развития малой энергетики в процессе эксплуатации, а именно разработку региональных проектов малоэтажных зданий с учетом климатического районирования местности строительства.

На сегодняшний день одним из приоритетных направлений при строительстве зданий является повышение энергоэффективности, комфорта проживания, безопасности, что, в свою очередь, ведет к повышению цен на жилье. Это означает, что часть населения лишается возможности удовлетворять свои жилищные потребности. В рамках такой парадигмы возникает потребность доступного жилья для категорий граждан, которые не могут участвовать в предлагаемых рыночных жилищных отношениях. При этом создаваемое в рамках специальных мер доступное жилье – это в основном жилье, которое не соответствует элементарным требованиям энергоэффективности, безопасности, комфорту проживания [1].

В целом, комплексное малоэтажное строительство не должно быть индивидуальным отдельно стоящим зданием, выше двух этажей, обязательно наличие придомового участка, в совокупности малоэтажный жилой дом должен представлять собой комплекс взаимосвязанных решений, таких как:

- единые требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям (технический расчет в зависимости от климатических условий с использованием местных строительных материалов);
- современное инженерное оборудование, отвечающее требованиям ресурсосбережения, которое позволит увеличить энергоэффективность здания в течение всего жизненного цикла;
- наличие земельного участка как неотъемлемого фактора комфорта проживания;
- лучшая экологическая обстановка (по сравнению с городской территорией).

Новый уровень создания комфортной городской среды диктует необходимость решать вопрос доступного жилья путем развития социального, некоммерческого жилья, которое соблюдало бы все перечисленные требования, с учетом экономической эффективности такого жилья как на этапе строительства, так и в процессе эксплуатации такого объекта [2].

Проблемы и тенденции развития строительного комплекса в целом и малоэтажного строительства в частности отражены в работах таких ученых, как В.С. Казейкин, С.А. Баронин, А.Г. Черных, А.Н. Андросов, которые в своей монографии «Проблемные аспекты развития малоэтажного жилищного строительства России» рассмотрели основные проблемы развития малоэтажного строительства, а именно деревянного домостроения. Данное исследование во многом помогает понять существующие проблемы в малоэтажном строительстве, но оно проведено только с экономической точки зрения и требует дополнения с позиции технологии и организации малоэтажного строительства. А это организация инвестиционных процессов в малоэтажном строительстве, повышение качества возведения малоэтажного жилья, доступности, безопасности и интенсификации процесса строительства и т. п. [3].

В работах А.Н. Асаула, Ю.Н. Казакова, Н.И. Пасяда, И.В. Денисова освещаются вопросы развития малоэтажного жилищного строительства в России и за рубежом, проектирование отдельных жилых домов, в частности в сельской местности, особое внимание уделяется вопросам энергосбережения, обеспечи-

вающегося, по мнению ученых, за счет оптимизации строительных конструкций и применения эффективных теплоизоляционных материалов [4].

Развитию малоэтажного строительства посвящено также исследование Е.Ю. Бондаренко и Л.В. Иваненко [5]. В данной работе авторы провели анализ зарубежного опыта малоэтажного домостроения, сделали вывод, что по опыту ведущих зарубежных стран малоэтажное домостроение должно осуществляться с использованием быстровозводимых технологий строительства, т. е. должна прослеживаться четкая унификация технологий и организовано массовое строительство.

Решение вопроса энергообеспечения в малоэтажном строительстве встречается в монографии С.Г. Шеиной. Автором разработана оптимизационная модель выбора энергоэффективных решений в малоэтажном строительстве, что, в свою очередь, является важным моментом при строительстве домов блокированного типа. Строительство домов блокированного типа решает очень важную жилищную проблему расселения из ветхого и аварийного жилья. Себестоимость строительства данных домов ниже, чем многоэтажного жилья, за счет массового строительства блок-секций и возможности подключения к альтернативным источникам энергии [6].

Среди зарубежных авторов, описывающих процесс организации малоэтажного строительства, можно выделить Джона Максаи, который в своей работе «Жилище» (Housing, 1979 г.) описал методологию проектирования не только многоэтажных, но и малоэтажных домов, и домов блокированного типа. В работе рассмотрены архитектурные, конструктивные, механические, санитарно-технические и электротехнические элементы малоэтажного здания [7].

Проведенный анализ результатов исследований позволил установить, что, несмотря на многочисленные исследования в области управления, организации, энергоэффективности и энергосбережения в малоэтажном строительстве, недостаточно разработаны особенности комплексного подхода при управлении малоэтажными зданиями, направленные на обеспечение интенсификации освоения перспективных территорий комплексной малоэтажной застройки.

Необходимость применения современных технологий строительства обуславливает потребность в высококвалифицированных кадрах, способных правильно работать с современными материалами и технологиями. Сегодня в строительной отрасли отмечается острый дефицит квалифицированных рабочих и инженерно-технических специалистов, а на строительство объектов привлекается большое число сезонных рабочих и рабочих с низкой квалификацией.

Методология

Для практической реализации разработанной методики [8] были произведены соответствующие расчеты. На первом этапе были выбраны строительные материалы для строительства малоэтажных зданий, произведен теплотехнический расчет наружной ограждающей конструкции проектируемого малоэтажного дома. Рассмотренные строительные материалы соответствуют климатическим условиям для Томской области при минимальном расходе тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период [9].

Также дана экономическая оценка энергоэффективности индивидуального жилого дома и секции блокированного жилого дома на основе методики, представленной в национальном стандарте Российской Федерации ГОСТ Р ЕН 15459–2013 «Энергоэффективность зданий» [10]. Начальные капитальные затраты на ограждающие конструкции индивидуального дома составили 2 014 130 руб., на секцию блокированного дома – 1 869 055 руб. Капитальные затраты включают стоимость материалов и строительно-монтажных работ.

Произведен расчет периодических расходов на замену компонентов ограждающих конструкций здания для индивидуального жилого дома и секции блокированного дома. Было установлено, что для малоэтажных домов, имеющих в непосредственной близости центральную теплотель, эффективнее подключение к централизованным источникам теплоснабжения.

Требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций принимаем в соответствии со значениями, определяемыми исходя из условий энергосбережения. Населенный пункт: г. Томск. Расчеты проводились согласно табл. 3 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02–2003» [11]. Для выбранных объектов проектируем двухтрубную вертикальную систему отопления с нижней разводкой. Условный проход подающей и обратной труб системы отопления составляет 20 мм. В табл. 1 представлены характеристики отопительных приборов системы отопления для индивидуального жилого дома и секции блокированного жилого дома.

Таблица 1

**Отопительные приборы для индивидуального жилого дома
и секции блокированного дома**

Наименование помещения	Тепловые потери помещения, Вт	Марка отопительного прибора	Материал отопительного прибора	Теплоотдача отопительного прибора, Вт	Кол-во секций отопительного прибора
Индивидуальный жилой дом					
Помещение 1 (прихожая, санузел, ванная, кладовая)	2144,54	RADENA CS 500	Биметалл	2220	12
Кухня	1785,37	RADENA CS 500	Биметалл	1850	10
Лестничные клетки	2112,6	RADENA CS 500	Биметалл	2220	12
Жилая комната 1	1802,03	RADENA CS 500	Биметалл	1850	10
Жилая комната 2	1809,2	RADENA CS 500	Биметалл	1850	10
Жилая комната 3	2507,64	RADENA CS 500	Биметалл	2405	13

Окончание табл. 1

Наименование помещения	Тепловые потери помещения, Вт	Марка отопительного прибора	Материал отопительного прибора	Теплоотдача отопительного прибора, Вт	Кол-во секций отопительного прибора
Секция блокированного дома					
Помещение 1 (прихожая, санузел, ванная, кладовая)	1914,02	RADENA CS 500	Биметалл	2035	11
Кухня	1554,86	RADENA CS 500	Биметалл	1665	9
Лестничные клетки	1914,35	RADENA CS 500	Биметалл	2035	11
Жилая комната 1	1591,58	RADENA CS 500	Биметалл	1665	9
Жилая комната 2	1607,16	RADENA CS 500	Биметалл	1665	9
Жилая комната 3	2213,01	RADENA CS 500	Биметалл	2220	12

На каждом отопительном приборе устанавливается шаровой кран и клапан термостатический, также на отопительных приборах, располагающихся в жилых комнатах 1, 2 и 3, а также на лестничной клетке устанавливаются краны Маевского для отвода воздуха из радиаторов.

Для системы отопления используем металлопластиковые трубы ALTSTREAM. Выбираем металлопластик, поскольку необходимо будет скрывать трубопровод в полу. В соответствии с аксонометрической схемой и планами этажей с размещением отопительных приборов (рис. 1 и 2) определяем, что общая протяженность подающего и обратного трубопроводов с условным проходом 20 мм составит 93 м. В качестве стояков используем трубы стальные ВГП, общая протяженность 33 м. Для присоединения объекта к центральному тепловому пункту используем трубы стальные ВГП с условным проходом 32 мм общей протяженностью 10 м.

Следующим этапом является экономическая оценка энергетических систем здания индивидуального жилого дома и секции блокированного жилого дома, которая будет осуществляться на основе той же методики [12].

Финансовые данные:

Проектный срок окупаемости здания – 50 лет.

Продолжительность расчетного периода – 25 лет.

Показатель инфляции – 4 %.

Рыночная процентная ставка – 10,9 %.

Показатель движения цен на работу персонала – 4 %.

Показатель движения цен на энергоносители – 2,6 %.

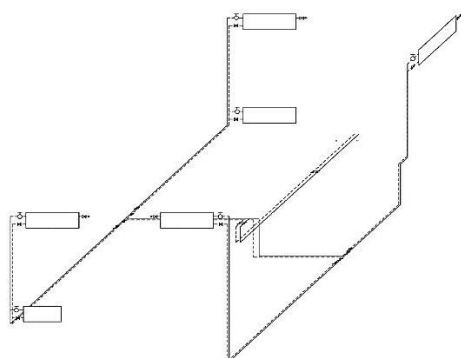


Рис. 1. Аксонометрическая схема системы отопления

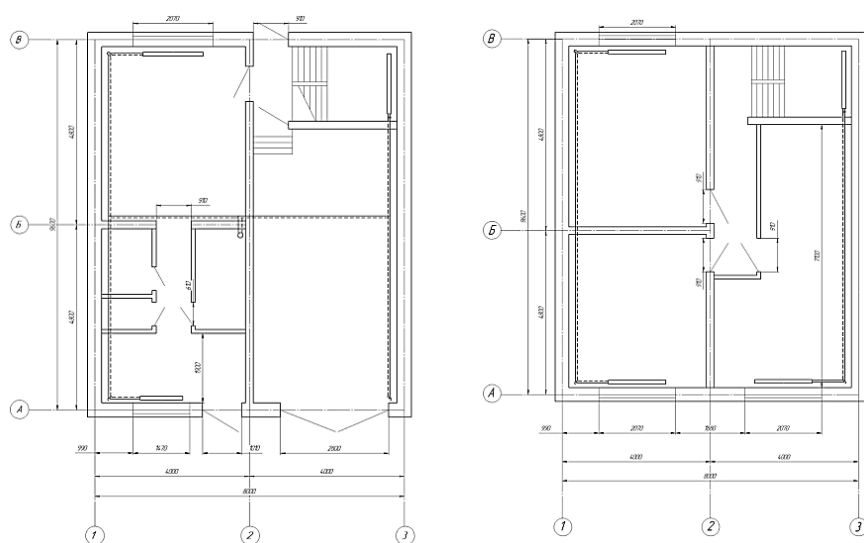


Рис. 2. План 1-го и 2-го этажа с отопительными приборами

Идентификация систем:

- конструкция здания: стены, остекление и двери, покрытие и пол;
- энергетические системы: система отопления;
- проект управляется собственником.

Ограничения, связанные с особенностями здания:

- здание небольшой высоты (двухэтажное);
- общая площадь – 153,6 м²;
- отапливаемый объем – 430 м³ (2,8 м – высота этажа).

– состав помещений: на первом этаже – кладовая, санузел, ванная комната, кухня, гараж; на втором этаже – 3 жилые комнаты. Расчетная температура в жилых комнатах – 21 °С. Начальные капитальные затраты на энергетические системы здания индивидуального дома представлены в табл. 2. Периодические расходы на замену компонентов энергетических систем здания индивидуального дома представлены в табл. 3.

Таблица 2

**Начальные капитальные затраты на энергетические системы здания
(индивидуальный дом)**

Конструкция здания	Наименование компонента	Количество	Полные расходы, включая НДС*, руб.	Срок службы
Отопительные приборы	Радиатор отопления RADENA CS 500, 10 секций	3 шт.	31170	25 лет
	Радиатор отопления RADENA CS 500, 12 секций	2 шт.	24216	25 лет
	Радиатор отопления RADENA CS 500, 13 секций	1 шт.	12967	25 лет
Трубы и запорная арматура	Труба металлопластиковая Altstream ДУ 20 мм.	93 м	36177	Как у здания в целом
	Труба стальная ВГП ДУ 20	33 м	8907	30 лет
	Труба стальная ВГП ДУ 32	10 м	5275	30 лет
	Клапан термостатический, комплект Altstream № 2	6 шт.	14694	15 лет
	Кран шаровой Altstream BP-HP 3/4"	14 шт.	9086	30 лет
	Кран шаровой ITAP Ideal BP-BP 1·1/4"	4 шт.	3780	30 лет
	Кран Маевского ДУ 20	4 шт.	952	30 лет
Подключение к источнику теплоснабжения		Рассчитывается индивидуально		
Энергетические системы здания, руб.		147 224		

* Цены указаны на 2019 г. с учетом стоимости СМР.

Таблица 3

**Периодические расходы на замену компонентов
энергетических систем здания (индивидуальный дом)**

Здание	Компоненты	Капитальные затраты, руб.	Срок службы 15 лет	Срок службы 25 лет	Срок службы 30 лет	Срок службы как у здания в целом
Отопительные приборы	Радиатор отопления RADENA CS 500, 10 секций	31 170		31 170		
	Радиатор отопления RADENA CS 500, 12 секций	24 216		24 216		
	Радиатор отопления RADENA CS 500, 13 секций	12 967		12 967		

Окончание табл. 3

Здание	Компоненты	Капитальные затраты, руб.	Срок службы 15 лет	Срок службы 25 лет	Срок службы 30 лет	Срок службы как у здания в целом
Трубы и запорная арматура	Труба металлопластиковая Altstream ДУ 20 мм.	36 177				36 177
	Труба стальная ВГП ДУ 20	8907			8907	
	Труба стальная ВГП ДУ 32	5275			5275	
	Клапан термостатический, комплект Altstream № 2	14 694	14694			
	Кран шаровой Altstream ВР-НР 3/4"	9086			9086	
	Кран шаровой ITAP Ideal ВР-ВР 1·1/4"	3780			3780	
	Кран Маевского ДУ 20	952			952	
Подключение к источнику теплоснабжения		Рассчитывается индивидуально				
Итого		147 224	14 694	68 353	28 000	36 727

Расходы на техническое обслуживание принимаем равными 2,5 % капитальных затрат, относящихся к приборам и трубопроводам системы отопления, – 3681 рублей.

Для расчета потребления тепловой энергии были определены тепловые потери здания при средней температуре отопительного периода. Для расчета потребления энергии за отопительный период переводим 5001,69 Вт в Гкал/ч, поскольку тариф за потребление услуг теплоснабжения для г. Томска устанавливается на Гкал. После перевода получаем часовое потребление тепловой энергии 0,0043 Гкал/ч, что за отопительный период 233 сут составляет 24,05 Гкал. Для Томска стоимость 1 Гкал по тарифу установлена 1507,54 руб., в результате за отопительный период будет начислено 36 256 руб. (4532 руб. в месяц).

Отчет по общим расходам представлен в табл. 4, 7. Представленные в таблице коэффициенты рассчитывались по следующим формулам:

Коэффициент дисконтирования капитальных затрат:

$$R_d(p) = \left(\frac{1}{1+R_R/100} \right)^p, \quad (1)$$

где R_R – реальная процентная ставка; p – число лет, прошедших после исходного года.

Коэффициент приведения годовых расходов

$$f_{pv}(n) = \left(\frac{1-(1+\frac{R_R}{100})^{-n}}{R_R/100} \right), \quad (2)$$

где n – число лет расчетного периода.

Таблица 4
Данные по общим расходам (индивидуальный дом)

Расчетный период	25	Лет	Эксплуатационные расходы, показатель движения	4	%
Показатель инфляции	4	%	Цены на тепловую энергию, показатель движения	2,6	%
Срок окупаемости	50	Лет	Рыночная процентная ставка	10,9	%
1. Начальные капитальные затраты		Полные расходы с НДС, включая год 0, руб.	Коэффициент текущей стоимости	Общие расходы собственника	Общие расходы жильцов
Капитальные затраты на здание		2 014 130	1,0000	2 014 130	
Капитальные затраты на энергетические системы		147 224	1,0000	147 224	
2. Расходы на замену компонентов			Коэф. дисконтирования капитальных затрат		
Программа замены компонентов со сроком службы 15 лет		92 287	4,0 %	35 254	
Программа замены компонентов со сроком службы 17 лет		36 500	4,0 %	12 264	
Программа замены компонентов со сроком службы 25 лет		68 353	4,0 %	13 739	
Программа замены компонентов со сроком службы 30 лет		76 922	4,0 %	11 231	
Программа замены компонентов со сроком службы 40 лет		256 860	4,0 %	19 778	
Конечная стоимость на конец расчетного периода		530 922	4,0 %	40 881	
3. Текущие расходы, кроме расходов на энергоносители			Коэф. приведения годовых расходов		
		3681	4,0 %	12,053	44 367
4. Расходы на энергоносители					
Тепловая энергия		36 256	4,0 %	12,053	436 994
Полные общие расходы в расчете на человека					481 361
ПОЛНЫЕ ОБЩИЕ РАСХОДЫ				2 683 596	

Начальные капитальные затраты на энергетические системы здания секции блокированного дома представлены в табл. 5. Периодические расходы на замену компонентов энергетических систем здания секции блокированного дома представлены в табл. 6.

Таблица 5

**Начальные капитальные затраты на энергетические системы
(секция блокированного дома)**

Конструкция здания	Наименование компонента	Количество	Полные расходы, включая НДС*, руб.	Срок службы
Отопительные приборы	Радиатор отопления RADENA CS 500, 9 секций	3 шт.	29 123	25 лет
	Радиатор отопления RADENA CS 500, 11 секций	2 шт.	22 498	25 лет
	Радиатор отопления RADENA CS 500, 12 секций	1 шт.	12 108	25 лет
Трубы и запорная арматура	Труба металлопластиковая Altstream ДУ 20 мм.	93 м	36 177	Как у здания в целом
	Труба стальная ВГП ДУ 20	33 м	8907	30 лет
	Труба стальная ВГП ДУ 32	10 м	5275	30 лет
	Клапан термостатический, комплект Altstream № 2	6 шт.	14 694	15 лет
	Кран шаровой Altstream ВР-НР 3/4"	14 шт.	9086	30 лет
	Кран шаровой ITAP Ideal ВР-ВР 1·1/4"	4 шт.	3780	30 лет
	Кран Маевского ДУ 20	4 шт.	952	30 лет
Подключение к источнику теплоснабжения		Рассчитывается индивидуально		
Энергетические системы здания, руб.		142 600		

* Цены указаны на 2019 г. с учетом стоимости СМР.

Расходы на техническое обслуживание принимаем равными 2,5 % капитальных затрат, относящихся к приборам и трубопроводам системы отопления, – 3565 руб.

Для расчета потребления тепловой энергии определяем тепловые потери здания при средней температуре отопительного периода. Расчет производим аналогично, как и для индивидуального дома, получаем потребление тепловой энергии за отопительный период 22,37 Гкал.

В результате за отопительный период будет начислено 33 724 руб. (4215,5 руб. в месяц).

Для сравнения основных параметров индивидуального жилого дома и секции блокированного жилого дома представим в табл. 8 основные результаты расчетов.

Таблица 6

**Периодические расходы на замену компонентов
энергетических систем здания (секция блокированного дома), руб.**

Здание	Компоненты	Капитальные затраты	Срок службы 15 лет	Срок службы 25 лет	Срок службы 30 лет	Срок службы как у здания в целом
Отопительные приборы	Радиатор отопления RADENA CS 500, 10 секций	29 123		29 123		
	Радиатор отопления RADENA CS 500, 12 секций	22 498		22 498		
	Радиатор отопления RADENA CS 500, 13 секций	12 108		12 108		
Трубы и запорная арматура	Труба металлопластиковая Altstream ДУ 20 мм	36 177				36 177
	Труба стальная ВГП ДУ 20	8907			8907	
	Труба стальная ВГП ДУ 32	5275			5275	
	Клапан термостатический, комплект Altstream № 2	14 694	14 694			
	Кран шаровой Altstream BP-HP 3/4"	9086			9086	
	Кран шаровой ITAP Ideal BP-BP 1·1/4"	3780			3780	
	Кран Маевского ДУ 20	952			952	
Подключение к источнику теплоснабжения		Рассчитывается индивидуально				
Итого		142 600	14 694	63 729	28 000	36 727

Проведенные расчеты показали, что при строительстве блокированных домов достигается сокращение теплопотерь на 7 %, что, в свою очередь, позволяет сократить затраты на энергоресурсы при эксплуатации жилья. Также сокращаются капитальные затраты на строительство самого дома и системы отопления, что в денежном эквиваленте составляет более 181 972 руб. для выбранного объекта исследования.

Учет данных рекомендаций в практике современного жилищного строительства может послужить основой создания новых прогрессивных тенденций в архитектуре комплексной малоэтажной жилой застройки как в объемно-планировочном, так и в конструктивном решении малоэтажных жилых зданий, отвечающих требованиям энергоэффективности.

Таблица 7

Данные по общим расходам (секция блокированного дома)

Расчетный период	25	Лет	Эксплуатационные расходы, показатель движения			4	%
Показатель инфляции	4	%	Цены на тепловую энергию, показатель движения			2,6	%
Срок окупаемости	50	Лет	Рыночная процентная ставка			10,9	%
1. Начальные капитальные затраты		Полные расходы с НДС, включая год 0, руб.	Показатель инфляции	Коэффициент текущей стоимости	Общие расходы собственника	Общие расходы жильцов	
Капитальные затраты на здание		1 869 055		1,0000	1 869 055		
Капитальные затраты на энергетические системы		142 600		1,0000	142 600		
2. Расходы на замену компонентов				Коэф. дисконтирования капитальных затрат			
Программа замены компонентов со сроком службы 15 лет		92 287	4,0 %	0,382	35 254		
Программа замены компонентов со сроком службы 17 лет		36 500	4,0 %	0,336	12 264		
Программа замены компонентов со сроком службы 25 лет		63 729	4,0 %	0,201	12 810		
Программа замены компонентов со сроком службы 30 лет		76 922	4,0 %	0,146	11 231		
Программа замены компонентов со сроком службы 40 лет		256 860	4,0 %	0,077	19 778		
Конечная стоимость на конец расчетного периода		526 298	4,0 %	0,077	40 525		
3. Текущие расходы, кроме расходов на энергоносители				Коэф. приведения годовых расходов			
		3565	4,0 %	12,053		42 969	
4. Расходы на энергоносители							
Тепловая энергия		33 724	4,0 %	12,053	2 052 180	406 475	
Полные общие расходы в расчете на человека						449 444	
ПОЛНЫЕ ОБЩИЕ РАСХОДЫ					2 501 624		

Таблица 8

**Сравнение основных показателей индивидуального
и секции блокированного жилого дома**

Показатель	Индивидуальный дом	Секция блокированного дома	Соотношение показателя индивидуального дома к показателю секции, %	Соотношение показателя индивидуального дома к показателю секции, нату- ральная величина
Тепловые потери ограждающими кон- струкциями, кВт	14 316,61	13 492,2	106,1	824,41
Теплопотери, рассчитанные на сред- нюю температуру отопительного пе- риода, кВт	5001,69	4667,09	107,2	334,6
Начальные капитальные затраты на конструкции здания, руб.	2 014 130	1 869 055	107,7	145 075
Начальные капитальные затраты на энергетические системы, руб. (табл. 2, 5)	147 224	142 600	103,2	4624
Расходы на оплату тепловой энергии за отопительный период, руб.	36 256	33 724	107,5	2532
Полные общие расходы, руб. (табл. 4, 7)	2 683 596	2 501 624	107,2	181 972

Новый уровень создания комфортной городской среды диктует необходимость решать вопрос доступного жилья путем развития социального, некоммерческого жилья, которое соблюдало бы все перечисленные требования, с учетом экономической эффективности такого жилья как на этапе строительства, так и в процессе эксплуатации такого объекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Gusakova N., Minaev N., Filushina K., Gusakov A.* Approaches to Optimum Selection of Space-Planning and Structural Solutions of Low-Rise Buildings // AIP Conference Proceedings. 2017. V. 1800. 05008.
2. *Васильев Г.П., Личман В.А., Песков Н.В.* Методика инструментального определения энергопотребления вводимых в эксплуатацию зданий // Жилищное строительство. 2014. № 12. С. 32–36.
3. *Казейкин В.С., Баронин С.А., Черных А.Г., Андросов А.Н.* Проблемные аспекты развития малоэтажного жилищного строительства России / под общ. ред. В.С. Казейкина, С.А. Баронина. Москва : ИНФРА-М, 2011. 278 с.
4. *Асаул А.Н., Казаков Ю.Н., Пасяда Н.И., Денисова И.В.* Теория и практика малоэтажного жилищного строительства в России / под ред. А.Н. Асаула. Санкт-Петербург : Гуманистика, 2005. 563 с.

5. Бондаренко Е.Ю., Иваненко Л.В. Зарубежный опыт организации малоэтажного строительства // Основы экономики, управления и права. 2013. № 2 (8). С. 49–53.
6. Шеина С.Г., Миненко Е.Н. Разработка оптимизационной модели выбора энергоэффективных решений в малоэтажном строительстве. Ростов-на-Дону : Рост. гос. строит. ун-т, 2013. 118 с.
7. Максаи Дж. Проектирование жилых зданий. Москва : Стройиздат, 1979.
8. Гусакова Н.В., Филюшина К.Э. Применение методики оптимального выбора объемно-планировочных и конструктивных решений малоэтажных зданий // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. № 3 (20). С. 71–85.
9. Гусакова Н.В., Филюшина К.Э., Гусakov А.М. Технико-экономическое обоснование выбора ограждающих конструкций в малоэтажном строительстве // Электронный сетевой политематический журнал : научные труды КубГТУ. 2018. № 9. С. 99–105.
10. ГОСТ Р ЕН 15459–2013. Энергоэффективность зданий. Методика экономической оценки энергетических систем в зданиях. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200105933>
11. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200105933> : актуализированная редакция СНиП 23-02–2003 : нормативно-технический материал. Москва : Официальное издание, 2012. 95 с.
12. Прокофьева Г.И., Гусакова Н.В. Экономическое обоснование использования технологий энергосбережения в строительстве малоэтажной жилой и социальной инфраструктуры // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 1 (42). С. 181–189.

REFERENCES

1. Gusakova N., Minaev N., Filushina K., Gusakov A. Approaches to optimum selection of space-planning and structural solutions of low-rise buildings. *AIP Conference Proceedings*. 2017. V. 1800.
2. Vasil'ev G.P., Lichman V.A., Peskov N.V. Metodika instrumental'nogo opredeleniya energopotrebleniya vvodimyykh v ekspluatatsiyu zdaniy [Instrumental detection of building energy consumption]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2014. No. 12. Pp. 32–36. (rus)
3. Kazeikin V.S., Baronin S.A. (Eds), Chernikh A.G., Androsov A.N. Problemnye aspekty razvitiya maloetazhnogo zhilishchnogo stroitel'stva Rossii [Low-rise construction development in Russia]. Moscow: INFRA-M, 2011. 278 p. (rus)
4. Asaul A.N., Kazakov I.N., Pasiada N.I., Denisova I.V. Teoriya i praktika maloetazhnogo zhilishchnogo stroitel'stva v Rossii [Theory and practice of low-rise construction]. A.N. Asaul, Ed. St-Petersburg: Gumanistika, 2005. 563 p. (rus)
5. Bondarenko E.Yu., Ivanenko L.V. Zarubezhnyy opyt organizatsii maloetazhnogo stroitel'stva [Foreign experience in organizing low-rise construction]. *Osnovy ekonomiki, upravleniya i prava*. 2013. No. 2 (8). Pp. 49–53. (rus)
6. Sheina S.G., Minenko E.N. Razrabotka optimizatsionnoi modeli vybora energoeffektivnykh reshenii v maloetazhnom stroitel'stve [Optimized model of energy efficient solutions in low-rise construction]. Rostov-on-Don, 2013. 118 p. (rus)
7. Maksai Dzhon *Proyektirovaniye zhilykh zdaniy*. Moscow: Stroyizdat, 1979. (rus)
8. Gusakova N.V., Filushina K.E. Primenenie metodiki optimal'nogo vybora ob'emno-planirovochnykh i konstruktivnykh reshenii maloetazhnykh zdaniy [Optimum selection of space-planning and design concepts of low-rise construction]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2018. V. 2. No. 3. Pp. 71–85. (rus)
9. Gusakova N.V., Filyushina K.E., Gusakov A.M. Tekhniko-ekonomicheskoye obosnovaniye vybora ograzhdayushchikh konstruktsey v maloetazhnom stroitel'stve [Feasibility study on the choice of enclosing structures in low-rise construction]. *Nauchnyye trudy KubGTU*. 2018. No. 9. Pp. 99–105. (rus)
10. ГОСТ Р ЕН 15459–2013. Энергоэффективность зданий. Методика экономической оценки энергетических систем в зданиях [Energy efficiency of buildings. Methods of economic evaluation of energy systems in buildings]. Available: <http://docs.cntd.ru/document/1200105933> (rus)

11. SNiP 50.13330.2012. 'Teplovaya zashchita zdaniy. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 23-02-2003' [Thermal protection of buildings. Updated edition of SNiP 23-02-2003]. Moscow: Ofitsial'noye izdaniye, 2012. 95 p. (rus)
12. Prokof'eva G.I., Gusakova N.V. Ekonomicheskoe obosnovanie ispol'zovaniya tekhnologii energosberezheniya v stroitel'stve maloetazhnoi zhiloi i sotsial'noi infrastruktury [Economic feasibility for energy saving technologies in low-rise and social infrastructure construction]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2014. No. 1 (42). Pp. 181–189. (rus)

Сведения об авторах

Гусакова Наталья Васильевна, ст. преподаватель, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, gusakovanata@mail.ru

Филюшина Кристина Эдуардовна, канд. экон. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, kri1617@yandex.ru

Романова Татьяна Ильинична, ст. преподаватель, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, e2e4@vtomske.ru

Ярлакабов Аброрбек Абдукарович, студент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, Ibm-1@mail.ru

Authors Details

Natalia V.Gusakova, Senior Lecturer, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, gusakovanata@mail.ru

Kristina E. Filushina, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, kri1617@yandex.ru

Tatyana I.Romanova, Senior Lecturer, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, e2e4@vtomske.ru

Abrorbek A. Yarlakabov, Student, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia Ibm-1@mail.ru

УДК 624.012.3/.4

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-115-126

*Е.П. ГЕРАСИМОВ,
Новосибирский государственный университет
архитектуры, дизайна и искусств*

К ВОПРОСУ НОРМИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПО ДЕФОРМАЦИЯМ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ

К любой строительной конструкции предъявляют определенные требования по прочности, жесткости, трещиностойкости и т. д. Данные требования подтверждаются соответствующими расчетами. Выполнение всех требований обеспечивает конструкции необходимую надежность. Но в связи с тем, что в настоящее время расчеты строительных конструкций выполняются по методу предельных состояний, численное значение надежности по данному методу определить невозможно. Это можно сделать, только применив вероятностные методы расчета. Одним из серьезных препятствий применению вероятностных методов является отсутствие нормированных значений надежности (нормативной надежности) строительных конструкций.

Большое развитие вероятностные методы расчетов получили во второй половине XX в., но назначение нормативных значений надежности наталкивалось на определенные препятствия. Наиболее серьезным препятствием является учет последствий отказа, т. к. некоторые последствия не поддаются какой-либо количественной оценке. С другой стороны, подавляющий объем работ связан с назначением нормативной надежности строительных конструкций исходя из их несущей способности. Работ, связанных с нормированием надежности по деформациям, трещиностойкости, очень мало.

Настоящая статья посвящена вопросу определения нормативной надежности по деформациям железобетонных изгибаемых конструкций исходя только из физиологических требований. Предложен и описан метод определения нормативной надежности, основанный на чувствительности человека к колебаниям. Представлен пример определения нормативной надежности по деформациям сборных железобетонных плит перекрытия на основе предложенного метода.

Ключевые слова: железобетонные изгибаемые конструкции; нормативная надежность; вероятностные методы расчета; деформация; сборные железобетонные плиты перекрытия.

Для цитирования: Герасимов Е.П. К вопросу нормирования надежности по деформациям железобетонных изгибаемых конструкций // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 5. С. 115–126.

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-115-126

*E.P. GERASIMOV
Novosibirsk State University of Architecture, Design and Fine Arts*

DETERMINATION OF REGULATORY RELIABILITY FOR DEFORMATION OF REINFORCED-CONCRETE FLEXIBLE STRUCTURES

Strength, stiffness, crack resistance requirements must be specified for any structure. These requirements are provided by the appropriate calculations. Compliance with all requirements

ensures the design reliability. But due to the fact that structural analysis is performed by the limit state method, the numerical value of the reliability cannot be determined. This can be done only by applying probabilistic methods of calculation. One of the major obstacles to the use of probabilistic methods is the lack of standardized values of the structural reliability (normative reliability).

Although probabilistic methods of calculation were developed in late in the 20th century, the assignment of normative reliability values encountered serious obstacles. The most serious obstacle was the consideration of the failure consequences as some consequences were quantifiable. On the other hand, much work concerned the assignment of normative structural reliability based on their bearing capacity. Only few works related to the reliability normalization using deformation and crack resistance.

This paper deals with the regulatory definition of reliability using the deformation of reinforced-concrete bendings based on physiological requirements. A method for determining the normative reliability based on human sensitivity to fluctuations is proposed. The normative reliability of precast slabs is determined using the proposed method.

Keywords: reinforced-concrete flexible structures; normative reliability; probabilistic calculation methods; deformation; precast slabs.

For citation: Gerasimov E.P. K voprosu normirovaniya nadezhnosti po deformatsiyam zhelezobetonnykh izgibaemykh konstruktsii [Determination of regulatory reliability for deformation of reinforced-concrete flexible structures]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2019. V. 21. No. 5. Pp. 115–126. DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-115-126

Проектирование любой строительной конструкции подразумевает проведение ряда расчетов по прочности, устойчивости, жесткости и другим параметрам в зависимости от вида конструкции. Расчет по деформациям входит во вторую группу предельных состояний и включает в себя расчет по определению вертикальных перемещений конструкций (прогибов).

Расчет по деформациям сводится к выполнению неравенства

$$f \leq [f], \quad (1)$$

где f – прогиб от действующих нагрузок; $[f]$ – предельный прогиб.

СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» установил предельные значения прогибов исходя из ряда требований:

- технологических;
- физиологических;
- конструктивных;
- эстетико-психологических.

Если выполняется расчет по вероятностному методу, то неравенство (1) преобразится и примет вид

$$P_f \geq [P_f], \quad (2)$$

где P_f – вероятность того, что фактический прогиб не превышает предельно-допустимое значение (вероятность безотказной работы по деформации или надежность по деформации); $[P_f]$ – минимально допустимое значение вероятности того, что прогиб не превысит предельно допустимого значения (нормативная надежность по деформациям).

Определение вероятности безотказной работы по деформации не представляет собой очень сложную задачу. При определении значения норматив-

ной надежности встречаются определенные трудности. Данные трудности выражаются в учете последствий отказов. Эти последствия подразделяются на экономически исчисляемые и экономически неисчисляемые (социальные). Каждое требование, предъявляемое к предельным прогибам, может быть отнесено к тому или иному последствию (рис. 1).



Рис. 1. Классификация требований в зависимости от последствий отказов

Значительно больший интерес представляет метод определения значения нормативной надежности с учетом экономически неисчисляемых последствий отказа. Это связано с тем, что расчет по деформациям выполняется для изгибаемых элементов, а подавляющее большинство изгибаемых конструкций в промышленном и гражданском строительстве – это железобетонные плиты перекрытия и покрытия. Предельные деформации таких конструкций установлены исходя из физиологических и (или) эстетико-психологических требований.

Существует ряд предложений по назначению нормативной надежности в пределах 0,9–0,999 [1–5]. Но данные значения установлены исходя из пригодности к нормальным условиям эксплуатации в целом и не дифференцированы в зависимости от вида расчета и последствий отказа. В связи с этим очень актуален вопрос разработки методики определения нормативной надежности по деформациям в зависимости от последствий отказа.

Рассмотрим метод определения нормативной надежности по деформациям с учетом только физиологических требований. Потери, возникающие в случае наступления отказа, не поддаются количественной оценке. Для учета потерь предлагается заменить потери некими «рабочими характеристиками», с помощью которых может быть решена поставленная задача. Одной из таких характеристик может служить параметр вибрации, воздействующей на человеческий организм [6–8].

Человек весьма чувствителен к колебаниям, и эта чувствительность изменяется в довольно широких пределах. Характер восприятия может быть определен шестью категориями чувствительности [9]. Каждая категория характеризуется предельными амплитудами ускорения (табл. 1).

Амплитуда ускорения выражается формулой [9]

$$W(\alpha) = \frac{b_r \cdot X_r(\alpha)}{p_r^2 - \omega^2} \omega^2, \quad (3)$$

где b_r – коэффициент разложения нагрузки; $X_r(\alpha)$ – нормированная форма собственных колебаний; p_r – круговая частота; ω – частота колебаний.

Таблица 1

Характеристика воздействия колебаний на людей в зависимости от ускорения гармонических перемещений

Характеристика воздействия колебаний на людей	Предельные амплитуды ускорения, мм/с ² (для частот до 10 Гц)
Неощутимые	10
Слабо осязательные	40
Хорошо осязательные	125
Сильно осязательные	400
Вредны при длительном воздействии	1000
Безусловно вредны	Более 1000

Индекс r обозначает номер частоты, соответствующей номеру тона собственных колебаний, α – относительная абсцисса.

Значение круговой частоты зависит от изгибной жесткости, способа опирания конструкции и вида действующих нагрузок [9]. Таким образом, амплитуда ускорения зависит от изгибной жесткости конструкции. А значит, между амплитудой ускорения и деформацией конструкции существует определенная связь.

В качестве базовой модели при определении нормативной надежности предлагается использовать вероятностно-оптимизационную модель [10]:

$$C = C_0 + C_f \cdot Q_f \rightarrow \min. \quad (4)$$

Вместо экономических показателей (C_0 и C_f) предлагается применить некие величины, характеризующие чувствительность человека к амплитуде ускорения:

– C_0 – мера чувствительности человека к амплитуде ускорения при определенной изгибной жесткости конструкции;

– C_f – предельная мера чувствительности человека.

Для удобства расчетов формулу (2) представим в следующем виде:

$$C = \left(1 - \frac{C_0}{C_f}\right) + C_f \cdot Q_f \rightarrow \min. \quad (5)$$

Соотношение C_0/C_f есть некая величина чувствительности человека. Она колеблется от 0 до 1. Если это соотношение близко к 0, то увеличиваются благоприятные условия, при этом вероятность отказа Q_f уменьшается. При увеличении к 1, наоборот, все сильнее будет ощущаться дискомфорт, и вероятность отказа увеличится.

C_0 и C_f предлагается определять при помощи графика, приведенного на рис. 2.

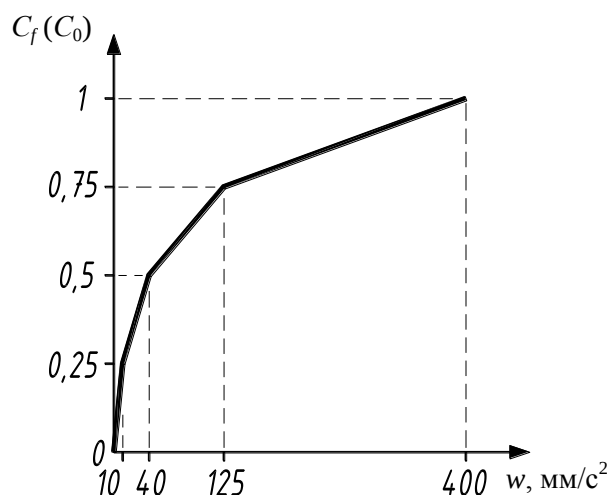


Рис. 2. Зависимость меры чувствительности человека от амплитуды ускорения

По оси абсцисс указаны значения амплитуд ускорений, по оси ординат – мера чувствительности человека. Ордината разделена поровну на четыре участка:

- от 0 до 0,25 – колебания неощутимы для человека;
- от 0,25 до 0,5 – колебания слабо ощущаются;
- от 0,5 до 0,75 – колебания хорошо ощущаются;
- от 0,75 до 1 – колебания ощущаются сильно.

Каждому значению ординаты соответствует определенная величина амплитуды ускорения согласно табл. 1. При построении графика предельное значение амплитуды ускорения принято равным 400 мм/с², которой соответствует максимальная, самая неблагоприятная, мера чувствительности человека – 1.

Предельная мера амплитуды ускорения в 400 мм/с² принята из соображения, что для большинства строительных конструкций вряд ли можно ожидать амплитуду ускорений более 400 мм/с².

Порядок определения нормативной надежности следующий:

1. Исходя из предельного прогиба $[f]$ определяется минимально допустимая изгибная жесткость конструкции при известных действующих нагрузках.
2. По формуле (1) определяется амплитуда ускорения при минимально допустимой изгибной жесткости. Данное значение амплитуды будет являться предельно допустимым для рассматриваемой конструкции.
3. Исходя из предельно допустимой амплитуды по графику на рис. 2 определяется предельная мера чувствительности человека – C_f .
4. Производится варьирование изгибной жесткости конструкции с определенным шагом.

При каждом значении изгибной жесткости определяется:

- амплитуда ускорения по формуле (3);
- мера чувствительности человека (C_0) по графику на рис. 2 в зависимости от значения вычисленной амплитуды ускорения;

– среднее значение $\bar{f}$ и среднеквадратическое отклонение прогиба конструкции – S_f ;

– вероятность отказа (Q_f), как вероятность достижения предельно допускаемого прогиба

$$\beta = \frac{[f] - \bar{f}}{S_f}, \quad Q_f = 0,5 - \Phi(\beta); \quad (6)$$

– величина C по формуле (5).

Таким образом, варьируя жесткостью конструкции, можно добиться такого состояния, при котором в формуле (5) $C = \min$. По вероятности отказа Q_f при $C = \min$ определяется нормативная надежность:

$$[P_f] = 1 - Q_f. \quad (7)$$

По предлагаемой методике была определена нормативная надежность по деформациям сборных железобетонных многпустотных плит перекрытия, изготавливаемых по серии 1.141-1.

Расчет выполнен согласно предложенному выше порядку.

Предельный прогиб определялся согласно подразделу Е.2.2 СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия». Минимальная изгибная жесткость определялась по формуле

$$D_{\min} = \frac{s \cdot q \cdot \ell^4}{8 \cdot [f]}, \quad (8)$$

где s – коэффициент, зависящий от расчетной схемы; q – значение нормативной нагрузки, действующей на конструкцию; ℓ – пролет конструкции; $[f]$ – предельный допускаемый прогиб.

В качестве нормативной нагрузки принималась максимальная нагрузка, указанная в серии на плиты.

При известной минимальной изгибной жесткости определялись максимальные амплитуды ускорения по формуле (3) и предельная мера чувствительности человека – по графику на рис. 2.

Производилось варьирование жесткости конструкции, и при каждом значении жесткости были определены амплитуда ускорения, мера чувствительности человека, среднее значение и среднее квадратическое отклонение прогиба, вероятность отказа.

При вычислении амплитуды ускорения коэффициент разложения нагрузки и нормированная форма собственных колебаний определялись в зависимости от расчетной схемы.

Коэффициент разложения нагрузки определялся по формуле [9]

$$b_r = \frac{2\sqrt{2} \cdot v \cdot c \cdot \omega^2}{\pi \cdot q}, \quad (9)$$

где v – нагрузка, создающая колебания. В расчет принято $v = 50 \text{ кг/м}^2$; c – величина амплитуды вертикальных колебаний. Значение величины принято 2,5 см [6]; $\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$ – частота колебаний. Частота ходьбы – n , принята

равной 1,5 Гц [6]; q – величина полной нагрузки, действующей на конструкцию. Величина нагрузки принята согласно серии.

Нормированная форма собственных колебаний определялась по формуле [9]

$$X_r(\alpha) = \sqrt{2} \sin(\pi \cdot \alpha). \quad (10)$$

Круговая частота определялась по формуле [9]

$$p_r = \frac{\lambda_r^2}{\ell^2} \sqrt{\frac{D}{\mu}}, \quad (11)$$

где λ_r^2 – квадрат коэффициента r -й частоты. В расчет принято $r = 1$, $\lambda_1^2 = 9,87$;

ℓ – пролет конструкции; D – изгибная жесткость конструкции; $\mu = \frac{q}{g}$ – приведенная равномерно распределенная масса ($g = 9,81$ м/с²).

Среднее значение прогиба определялось при средних показателях модулей упругости бетона, арматуры и геометрических размерах поперечного сечения конструкции по методике СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции».

Средние показатели модулей упругости бетона и арматуры принимались по справочным данным [12] в зависимости от марки бетона и класса арматуры, указанных в серии. Средние значения геометрических размеров, а также постоянные и временные нагрузки принимались также на основе данных серии. Согласно серии марка бетона – М200, класс арматуры – АтVт.

Средние квадратические отклонения показателей вычислялись по формуле [13]

$$s = \frac{\Delta}{6 \cdot M}, \quad (12)$$

где s – среднее квадратическое отклонение показателя; Δ – величина допуска показателя; M – среднее значение показателя.

Варьирование жесткости производилось путем изменения площади сечения продольной арматуры.

При расчетах применялся метод статистического моделирования [11].

Нормативная надежность была определена для 19 плит различной ширины, пролета и нагрузки. Результаты расчета приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчета

№ плиты	Марка плиты	Величина нормативной надежности
1	ПК 51.10-8АтVт	0,983368
2	ПК 54.10-8АтVт	0,982118
3	ПК 57.10-8АтVт	0,981144
4	ПК 60.10-8АтVт	0,980183
5	ПК 54.15-8АтVт	0,979723

Окончание табл. 2

№ плиты	Марка плиты	Величина нормативной надежности
6	ПК 57.15-8АтVТ	0,977421
7	ПК 60.15-8АтVТ	0,976474
8	ПК 63.15-8АтVТ	0,975071
9	ПК 51.10-6АтVТ	0,985184
10	ПК 54.10-6АтVТ	0,984160
11	ПК 57.10-6АтVТ	0,983168
12	ПК 60.10-6АтVТ	0,981594
13	ПК 54.12-6АтVТ	0,983863
14	ПК 57.12-6АтVТ	0,982331
15	ПК 60.12-6АтVТ	0,980900
16	ПК 63.12-6АтVТ	0,979371
17	ПК 57.15-6АтVТ	0,979664
18	ПК 60.15-6АтVТ	0,979783
19	ПК 63.15-6АтVТ	0,976277

Результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Ни одно из значений нормативной надежности не составляет меньше 0,95.
2. Значения нормативной надежности зависят от пролета, ширины плиты, а также действующей нагрузки:
 - с увеличением пролета и ширины плит нормативная надежность уменьшается. Зависимость при этом близка к линейной (рис. 3–8);
 - с увеличением нагрузки на плиту нормативная надежность увеличивается.

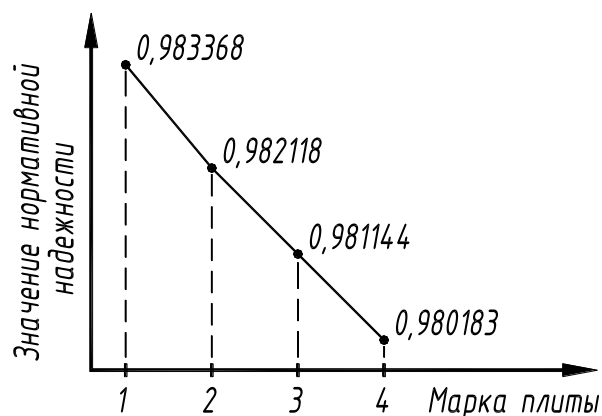


Рис. 3. Зависимость нормативной надежности от пролета плит (номинальная ширина – 1 м, нагрузка – 800 кг/м²):
1 – плита ПК 51.10-8АтVТ; 2 – плита ПК 54.10-8АтVТ; 3 – плита ПК 57.10-8АтVТ; 4 – плита ПК 60.10-8АтVТ

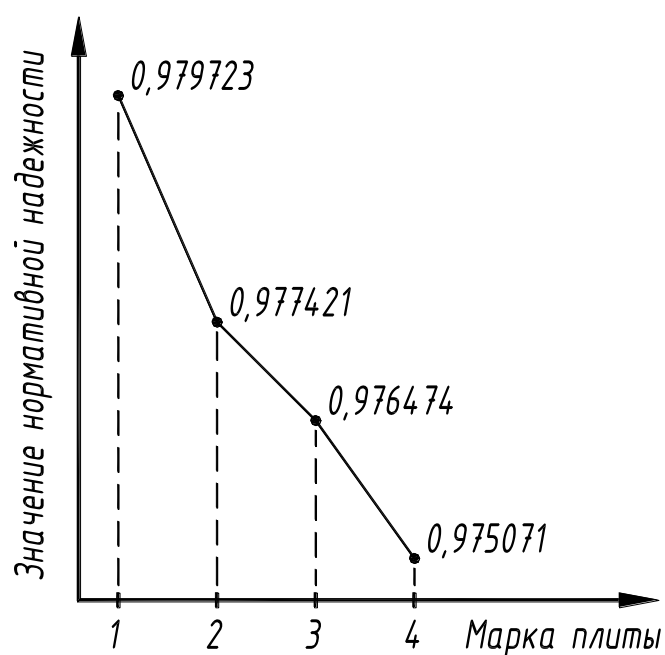


Рис. 4. Зависимость нормативной надежности от пролета плит (номинальная ширина – 1,5 м, нагрузка – 800 кг/м²):
 1 – плита ПК 54.15-8АтVТ; 2 – плита ПК 57.15-8АтVТ; 3 – плита ПК 60.15-8АтVТ; 4 – плита ПК 63.15-8АтVТ

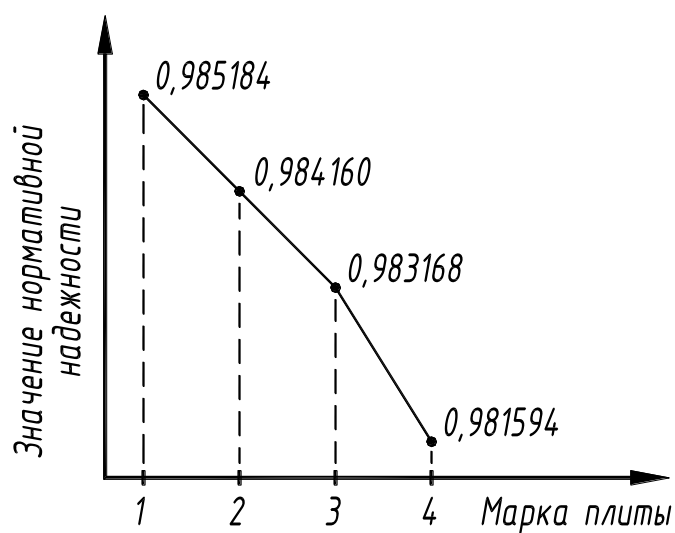


Рис. 5. Зависимость нормативной надежности от пролета плит (номинальная ширина – 1 м, нагрузка – 600 кг/м²):
 1 – плита ПК 51.10-6АтVТ; 2 – плита ПК 54.10-6АтVТ; 3 – плита ПК 57.10-6АтVТ; 4 – плита ПК 60.10-6АтVТ

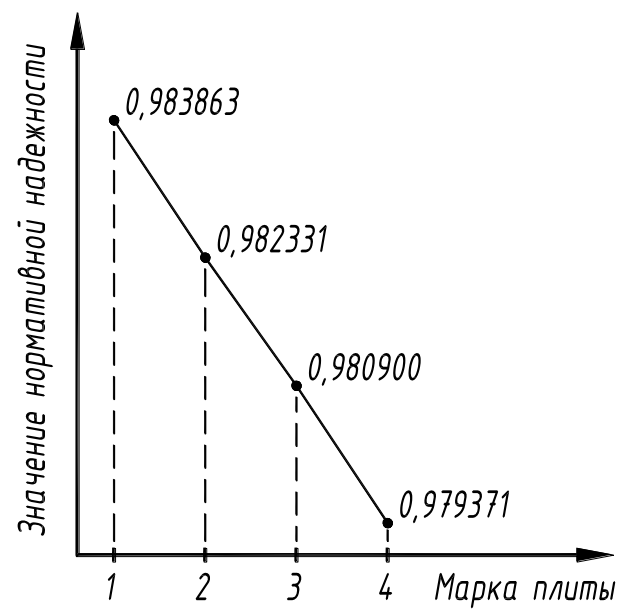


Рис. 6. Зависимость нормативной надежности от пролета плит (номинальная ширина – 1,2 м, нагрузка – 600 кг/м²):
1 – плита ПК 54.12-6АтVТ; 2 – плита ПК 57.12-6АтVТ; 3 – плита ПК 60.12-6АтVТ; 4 – плита ПК 63.12-6АтVТ

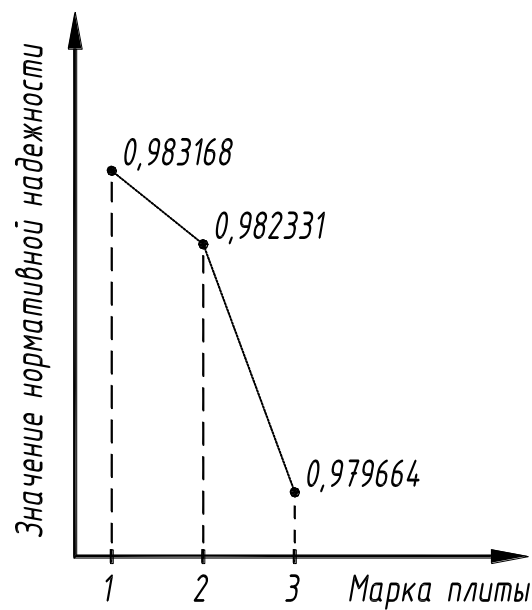


Рис. 7. Зависимость нормативной надежности от ширины плит (номинальная длина плит – 5,7 м, нагрузка – 600 кг/м²):
1 – плита ПК 57.10-6АтVТ; 2 – плита ПК 57.12-6АтVТ; 3 – плита ПК 57.15-6АтVТ

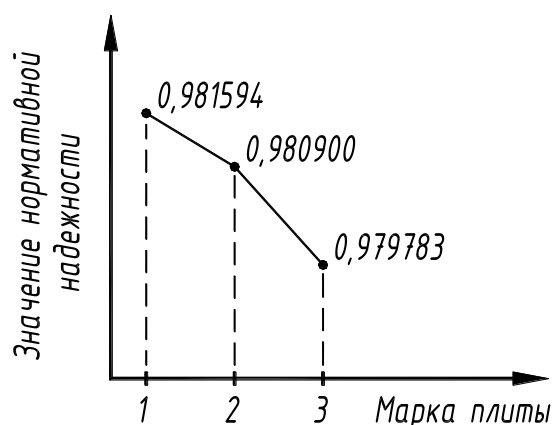


Рис. 8. Зависимость нормативной надежности от ширины плит (номинальная длина плит – 6,0 м, нагрузка – 600 кг/м²):
1 – плита ПК 60.10-6АтVт; 2 – плита ПК 60.12-6АтVт; 3 – плита ПК 60.15-6АтVт

Таким образом, значение нормативной надежности по деформациям при учете только физиологических требований не является конкретной фиксированной величиной. Значение зависит от размеров конструкции (пролета, ширины) и величины действующей нагрузки.

Предлагаемая методика позволяет определить значение нормативной надежности только при учете физиологических требований к деформациям. Окончательное значение нормативной надежности должно быть определено с учетом всех остальных требований, предъявляемых к предельным деформациям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шнелле Г. Надежность несущих строительных конструкций. Москва : Стройиздат, 1994. 288 с.
2. Таль К.Э. Вопросы надежности железобетонных сооружений за рубежом // Бетон и железобетон. 1973. № 11. С. 42–43.
3. Громацкий В.А. Оценка надежности железобетонных изгибаемых элементов по деформациям // Строительная механика и расчет сооружений. 2007. № 2. С. 35–40.
4. Тамарзян А.Г. К оценке определения уровня риска ЧС по основным признакам его проявления на сооружение // Бетон и железобетон. 2001. № 5. С. 8–10.
5. Райзер В.Д. Анализ надежности конструкций при износе несущих элементов // Строительная механика и расчет сооружений. 2013. № 6. С. 16–20.
6. Цейтлин А.И., Неустроев Э.А., Кобахидзе М.О. О динамической жесткости (зыбкости) междуэтажных перекрытий // Строительная механика и расчет сооружений. 1988. № 4. С. 30–33.
7. Дегтярева Н.В. Моделирование колебаний железобетонных большепролетных перекрытий, вызванных ходьбой человека // Строительная механика и расчет сооружений. 2013. № 3. С. 33–39.
8. Перельмутер А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций. Москва : Изд-во АСВ, 2007. 256 с.
9. Инструкция по расчету несущих конструкций промышленных зданий и сооружений на динамические нагрузки // ЦНИИСК им. Кучеренко. Москва : Стройиздат, 1970. 288 с.
10. Ржаницын А.Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность. Москва : Стройиздат, 1978. 239 с.

11. Краковский М. Б. Определение надежности конструкций методами статистического моделирования // Строительная механика и расчет сооружений. 1982. № 2. С. 10–13.
12. Лычев А.С. Надежность строительных конструкций. Москва : Изд-во АСВ, 2008. 184 с.
13. Закс Л. Статистическое оценивание / под ред. Ю.П. Аулера, В.Г. Горского. Москва : Статистика, 1976. 598 с.

REFERENCES

1. Shpete G. Nadezhnost' nesushchikh stroitel'nykh konstrukttsii [Reliability of load-bearing structures]. Moscow: Stroiizdat, 1994. 288 p. (rus)
2. Tal' K.E. Voprosy nadezhnosti zhelezobetonnykh sooruzhenii za rubezhom [Reliability issues of reinforced-concrete structures abroad]. *Beton i zhelezobeton*. 1973 No. 11. Pp. 42–43. (rus)
3. Gromatskii V.A. Otsenka nadezhnosti zhelezobetonnykh izgibaemykh elementov po deformatsiyam [Reliability assessment of reinforced-concrete bending elements by deformations]. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii*. 2007. No. 2. Pp. 35–40. (rus)
4. Tamarzyan A.G. K otsenke opredeleniya urovnya riska ChS po osnovnym priznakam ego proyavleniya na sooruzhenie [Assessment of the emergency risk level by its main signs in construction]. *Beton i zhelezobeton*. 2001. No. 5. Pp. 8–10. (rus)
5. Raizer V.D. Analiz nadezhnosti konstrukttsii pri iznose nesushchikh elementov [Strength analysis during wear of load-bearing elements]. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii*. 2013. No. 6. Pp. 16–20. (rus)
6. Tseitlin A.I., Neustroev E.A., Kobakhidze M.O. O dinamicheskoi zhestkosti (zybkosti) mezhduetazhnykh perekrytii [Dynamic stiffness (fluctuation) of floors]. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii*. 1988. No. 4. Pp. 30–33. (rus)
7. Degtyareva N.V. Modelirovanie kolebaniy zhelezobetonnykh bol'she-proletnykh perekrytii, vyzvannykh khod'boi cheloveka [Modeling of human-walking caused vibrations of reinforced-concrete large-span ceilings]. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii*. 2013. No. 3. Pp. 33–39. (rus)
8. Peremul'ter A.V. Izbrannye problemy nadezhnosti i bezopasnosti stroitel'nykh konstrukttsii [Selected problems of structural reliability and safety]. Moscow: ASV, 2007. 256 p. (rus)
9. Instruktziya po raschetu nesushchikh konstrukttsii promyshlennykh zdaniy i sooruzhenii na dinamicheskie nagruzki [Dynamic load calculation of supporting structures of industrial buildings]. Moscow: Stroiizdat, 1970. 288 p. (rus)
10. Rzhantsyn A.R. Teoriya rascheta stroitel'nykh konstrukttsii na nadezhnost' [Theory of structural reliability calculation]. Moscow: Stroiizdat, 1978. 239 p. (rus)
11. Krakovskii M.B. Opredelenie nadezhnosti konstrukttsii metodami statisticheskogo modelirovaniya [Statistical modeling methods of structural reliability]. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii*. 1982. No. 2. Pp. 10–13. (rus)
12. Lychev A.S. Nadezhnost' stroitel'nykh konstrukttsii [Reliability of building structures]. Moscow: ASV, 2008. 184 p. (rus)
13. Zaks L. Statisticheskoe otsenivanie [Statistical assessment]. Yu.P. Auler and V.G. Gorskii, Eds. Moscow: Statistika, 1976. 598 p. (rus)

Сведения об авторе

Герасимов Евгений Петрович, канд. техн. наук, доцент, Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств, 630099, г. Новосибирск, Красный проспект, 38, Evgeniy_30_04_82@mail.ru

Author Details

Evgeniy P. Gerasimov, PhD, A/Professor, Novosibirsk State University of Architecture, Design and Fine Arts, 38, Krasnyi Ave., 630099, Novosibirsk, Russia, Evgeniy_30_04_82@mail.ru

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 536:21:674.038:699.86

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-127-137

А.Н. КОЗЛОБРОДОВ, Е.А. ИВАНОВА,

Томский государственный архитектурно-строительный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ НА ТЕПЛОВОЕ СОСТОЯНИЕ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ В ОБЛАСТИ НАРУЖНОГО УГЛА

Известно, что теплонапряженные элементы (ТНЭ) оказывают большое влияние на теплотехнические характеристики ограждающих конструкций и способствуют увеличению теплопотерь здания. Основным последствием работы ТНЭ является понижение температуры на внутренней поверхности ограждений, примыкающих к проблемной области. Кроме увеличения теплопотерь здания, ТНЭ повышают вероятность образования конденсата на внутренней поверхности ограждений, что приводит к возникновению плесени. Это одна из причин, которая показывает, что моделирование ТНЭ – очень важный этап проектирования. В статье рассмотрено влияние нагревательного кабеля на теплотехнические свойства многослойных ограждающих конструкций в зоне наружного угла здания. С помощью программного комплекса ANSYS проведено исследование влияния кабеля на процессы теплопереноса в зоне теплонапряженного элемента. Дана количественная оценка теплового состояния типичных фрагментов ограждающих конструкций в экстремальных условиях теплообмена. Предложены мероприятия, с помощью которых можно повысить температуру в области теплонапряженных элементов и понизить их негативное воздействие.

Ключевые слова: теплонапряженные элементы; теплоперенос; тепловые потери; энергоэффективность; нагревательный кабель.

Для цитирования: Козлобродов А.Н., Иванова Е.А. Исследование влияния нагревательного кабеля на тепловое состояние ограждающей конструкции в области наружного угла // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 5. С. 127–137.

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-127-137

A.N. KOZLOBRODOV, E.A. IVANOVA,

Tomsk State University of Architecture and Building

WALLING THERMAL PROPERTIES INFLUENCED BY HEAT-STRESSED ELEMENTS IN EXTERNAL CORNER AREA

It is known that heat-stressed elements greatly affect the thermal properties of walling and contribute to the heat losses of a building. Heat-stressed elements decrease the temperature on

the inner walling surface adjacent to the external corners. In addition to increasing heat losses, heat-stressed elements increase the condensation on the inner walling surface leading to mold appearance. This is one of the reasons that shows that the modeling of heat-stressed elements is a very important design stage. The article discusses the effect from these elements on thermal properties of multilayer walling in the external corner of a building. Using the ANSYS software package, the influence of heat-stressed elements on the heat transfer processes is modeled in the external corner area. A quantitative assessment of the thermal state of typical walling fragments under extreme heat-transfer conditions is given. The obtained research results can be used to increase the temperature in the area of heat-stressed elements and reduce their negative impact.

Keywords: heat-stressed elements, heat transfer, thermal losses, energy efficiency, heating cable.

For citation: Kozlobrodov A.N., Ivanova E.A. Issledovanie vliyaniya nagrevatel'nogo kabelya na teplovoe sostoyanie ograzhdayushchei konstruktсии v oblasti naruzhnogo ugla [Walling thermal properties influenced by heat-stressed elements in external corner area]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2019. V. 21. No. 5. Pp. 127–137.

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-127-137

Энергосбережение в настоящий момент является одним из приоритетных направлений деятельности любого государства. Поэтому снижение потребления тепловых ресурсов является важнейшей государственной задачей. Один из путей снижения энергопотребления – это увеличение уровня тепловой защиты зданий. Следовательно, большое внимание необходимо уделять энергоэффективным технологиям и энергосберегающим мероприятиям [1–5]. При проведении ремонта или нового строительства использование современных строительных материалов должно стать основной тенденцией [6, 7]. Но на этапе проектирования необходимо производить точные расчеты, чтобы избежать возможного разрыва между проектным и фактическим уровнем энергопотребления [8].

В последние несколько лет серьезные усилия и ресурсы были вложены в разработку и реализацию новых энергоэффективных конструкций. Оболочка здания – это физическая граница между внешней средой и его внутренней частью, и при правильном использовании она может эффективно снизить потребность в энергии. Тем не менее прогнозирование теплового поведения здания является сложным вопросом, поскольку на него влияет множество различных параметров, таких как тип ограждающих конструкций, форма здания, его ориентация, а также климатические данные региона и т. д. [9].

Большой опыт строительства сооружений с многослойными наружными ограждениями показывает, что при принятых проектных решениях в соответствии с нормативными требованиями теплотехнические свойства наружных ограждений под влиянием внешних и внутренних факторов не соответствуют действующим нормам [10]. Такое несоответствие происходит из-за так называемых теплонапряженных элементов (ТНЭ) [11]. ТНЭ – это области сопряжения конструктивных элементов ограждающей конструкции с пониженным термическим сопротивлением, которые возникают вследствие теплотехнической неоднородности.

Одним из наиболее характерных ТНЭ является наружный угол здания, который возникает вследствие архитектурно-конструктивных особенностей. ТНЭ данного типа характеризуются тем, что площадь внутренней тепловоспринимающей поверхности ограждающей конструкции меньше, чем площадь теплоотдающей наружной.

Как следствие это приводит к тому, что в области углов происходит более интенсивная передача тепла, которая в таких конструкциях характеризуется двух- или трехмерными тепловыми потоками, в связи с чем через такой строительный элемент на единицу площади поверхности проходит больше теплоты, чем через другие ограждающие конструкции здания.

Оценка влияния геометрических параметров угла здания на характер передачи теплоты и распространения температуры изучена в работе [12]. Для оценки влияния этих факторов авторами был выполнен расчет температурных полей и найдены температуры наружных углов с шагом 15° , также введен коэффициент, характеризующий зависимость температуры внутренней поверхности угла от его геометрии.

В работе [13] авторы показывают, что происходит значительное снижение термического сопротивления теплопередаче в зоне ограждений, примыкающих к наружному углу.

Кроме увеличения тепловых потерь, ТНЭ повышают вероятность образования конденсата на внутренней поверхности ограждений, что приводит к возникновению плесени. В связи с этим необходимо принимать меры по устранению ТНЭ.

В работе [14] автор предлагает простейшие конструктивные мероприятия для снижения разности температур в углу и в прилегающей области на внутренней поверхности стены, связанные с дополнительной изоляцией угловой зоны путем скругления. Также убрать негативное влияние ТНЭ можно с помощью нагревательного кабеля, проложенного в углу ограждающей конструкции [15].

В настоящей работе моделирование теплового состояния элемента наружного ограждения проводится с помощью программного комплекса ANSYS Workbench [16, 17] для фрагментов домов, построенных по различным технологиям: кирпичное домостроение, технологии монолитного домостроения со съемной опалубкой из керамзитобетона с вертикальными утепляющими вставками и несъемной опалубкой по технологии VELOX. В качестве элементов конструкции было выбрано 3 типа угловых фрагментов (рис. 1).

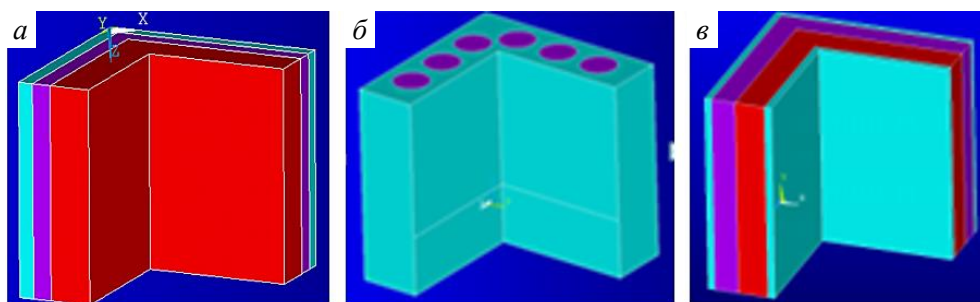


Рис. 1. Варианты угловых фрагментов

В представленных фрагментах рассматривается стационарный пространственный теплоперенос в декартовой системе координат. Процесс теплопереноса описывается системой нелинейных стационарных трехмерных уравнений теплопроводности. Количество уравнений равно числу всех входящих в нее элементов (n) с соответствующими граничными условиями [19].

При решении задачи считаются заданными геометрические размеры элементов ограждающей конструкции и их теплофизические характеристики, которые в общем случае могут зависеть от температуры. Задаются температуры наружного t_{ext} и внутреннего t_{int} воздуха, коэффициенты теплоотдачи на наружной α_{ext} и внутренней α_{int} поверхностях.

В соответствии с нормативными документами температуры наружного и внутреннего воздуха принимаются соответственно равными -39 и $+23$ °С, а коэффициенты теплоотдачи наружных и внутренних сторон соответственно $\alpha_{ext} = 23$ Вт/(м²·°С) и $\alpha_{int} = 8,7$ Вт/(м²·°С). Кроме того, для учета применения нагревательного кабеля необходимо задать мощность его тепловыделения, которая в расчетах варьировалась в диапазоне от 1000 до 5000 Вт/м³.

Характеристика ограждающей конструкции

Наименование слоя	Толщина δ , м	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С)
Стена из кирпича		
Облицовочный кирпич	0,12	0,81
Утеплитель	0,15	0,06
Рядовой кирпич	0,38	0,93
Стена из керамзитобетона		
Керамзитобетон	0,5	0,52
Утепляющие вставки	0,3	0,04
Стена по технологии VELOX		
ЩЦП	0,035	0,12
Утеплитель	0,15	0,04
Бетон	0,15	2,04

Целью численных экспериментов является определение влияния нагревательного кабеля, расположенного в углу рассматриваемых фрагментов конструкции, на характер изменения температурного поля, поля плотности теплового потока и градиента температуры.

Для того чтобы оценить влияние нагревательного кабеля, проложенного во внутреннем углу анализируемых угловых фрагментов ограждающей конструкции, расчеты проводились с тепловыделяющим кабелем и без него. На рис. 2 показаны термограммы для углового фрагмента, представленного на рис. 1, а, при $q_v = 0$ (а) и $q_v = 2000$ Вт/м³ (б).

Визуальный анализ представленных термограмм, полученных при одинаковой цветовой градации, показывает, что в случае (а) в области угла четко прослеживается полоса другой цветовой тональности, соответствующей более низким значениям температуры, чем в основной части углового фрагмента.

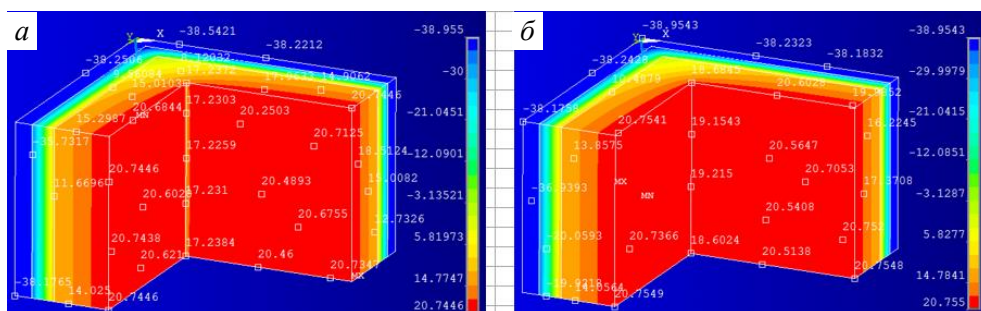


Рис. 2. Термограммы температурных полей

Это говорит о том, что подключение нагревательного кабеля с заданной мощностью тепловыделения приводит к повышению температуры угла и общему выравниванию температуры всего фрагмента.

Рис. 3 иллюстрирует пространственное распределение полей плотности теплового потока для углового фрагмента, представленного на рис. 1, а, при той же мощности тепловыделения $q_v = 0$ (а) и $q_v = 2000$ Вт/м³ (б). Анализируя изображения полей плотности, представленных в виде изоповерхностей, можно утверждать, что подключение нагревательного кабеля приводит к более равномерному распределению теплового потока (расширение полосы в окрестности угла) и к понижению его максимальных значений.

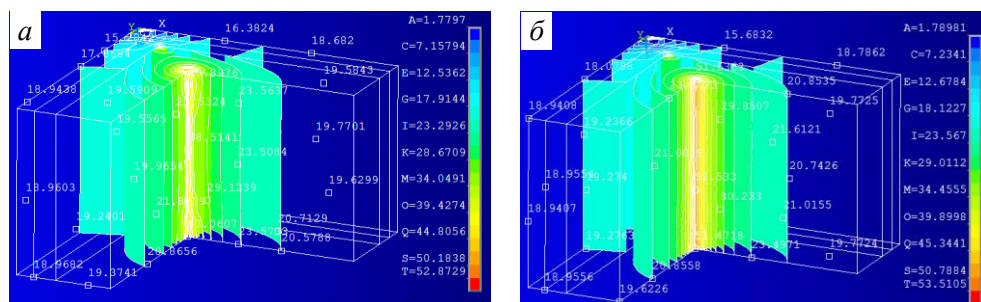
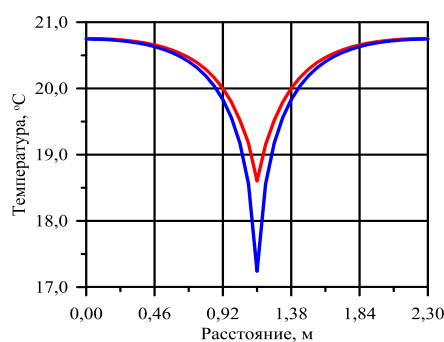


Рис. 3. Поля плотности теплового потока

Особенный интерес представляет поведение как температуры, так и плотности теплового потока на внутренней поверхности углового фрагмента. Зависимость температуры и плотности от расстояния позволит судить не только об изменении температуры или теплового потока, но и определить зону влияния самого угла при заданных условиях теплообмена. Рис. 4, 5 иллюстрируют соответственно распределение температуры и плотности теплового потока в рассматриваемом фрагменте.

Анализ поведения кривых, представленных на рис. 4, показывает, что учет нагревательного кабеля с заданной мощностью тепловыделения позволяет повысить температуру угла с 17,25 °С, соответствующей случаю без кабеля, до 18,71 °С, т. е. температура угла увеличилась почти на 1,5 °С.



— $q_v = 2000 \text{ Вт/м}^3$; — $q_v = 0 \text{ Вт/м}^3$

Рис. 4. Распределение температуры в углу

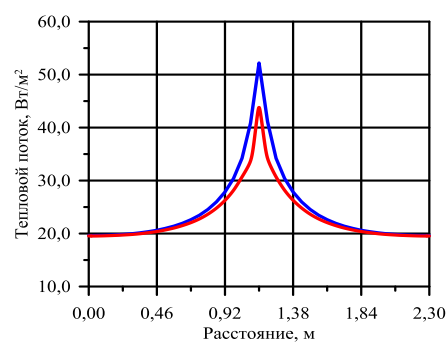


Рис. 5. Распределение теплового потока в углу

Температура точки росы при температуре внутреннего воздуха 23°C и относительной влажности, изменяющейся от $\phi = 50\%$ до $\phi = 60\%$, находится в диапазоне $11,5\text{--}14,3^\circ\text{C}$. Этот факт говорит о том, что для такого углового фрагмента применение нагревательного кабеля является излишним.

Кривые, представленные на рис. 5, иллюстрируют изменение плотности теплового потока на внутренней поверхности углового фрагмента. Сравнение их поведения показывает, что присутствие греющего кабеля снижает значение потока на $8,3 \text{ Вт/м}^2$. При этом и градиент температуры также уменьшается.

Таким образом, применение нагревательного кабеля приводит к выравниванию всех полей, характеризующих процесс теплообмена.

Расчеты, проведенные для второго варианта (рис. 1, б) углового фрагмента наружного ограждения, представленного на рис. 6, позволили выяснить влияние мощности тепловыделения нагревательного кабеля и для этого ТНЭ.

На рис. 6 показана типичная картина поведения температурного поля.

Из представленного рисунка видно, что в области угла наблюдается достаточно узкая зона с пониженными значениями температуры по сравнению с гладью стены более чем на 3°C . Применение греющего кабеля позволяет устранить такое негативное влияние в ТНЭ такого типа.

Рис. 7 показывает, что применение нагревательного кабеля с мощностью тепловыделения 4000 Вт/м^3 решает эту проблему.

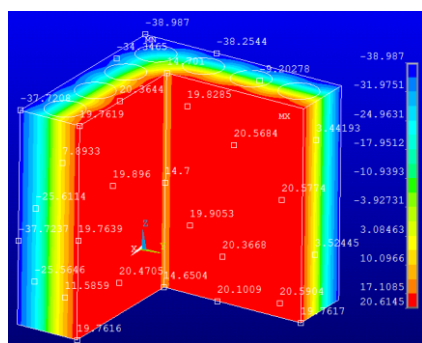


Рис. 6. Температурное поле угла

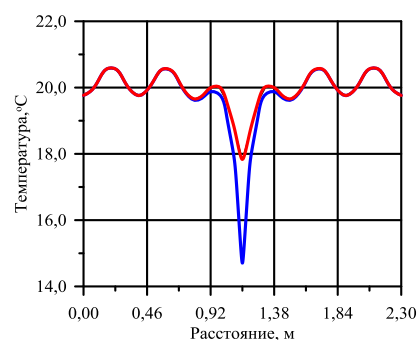


Рис. 7. Распределение температуры угла:

— $q_v = 4000 \text{ Вт/м}^3$;
— $q_v = 0 \text{ Вт/м}^3$

Из представленного рисунка видно, что температура угла повысилась с 14,7 до 17,8 °С, что значительно снижает риск образования конденсата при заданных условиях теплообмена.

Наличие цилиндрических полимерных вставок в конструкции стены приводит к тому, что распределение температуры вдоль углового фрагмента имеет колебательный характер и максимумы горбов соответствуют центрам размещения вставок. Картина имеет симметричный вид ввиду симметричного расположения вставок, и температурные кривые начинают совпадать на расстоянии, примерно равном 0,25 м.

Несомненный интерес представляет распределение вдоль угла плотности теплового потока и градиента температуры. Так как оба параметра являются векторами, то программный комплекс ANSYS позволяет проследить как за поведением каждой компоненты вектора, так и вектора в целом.

На рис. 8, 9 показаны распределения векторов плотности теплового потока и градиента температуры.

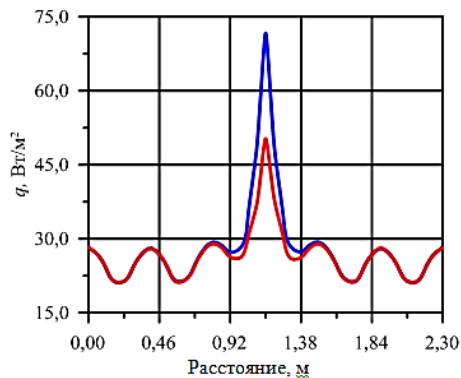


Рис. 8. Распределение теплового потока в угловом фрагменте

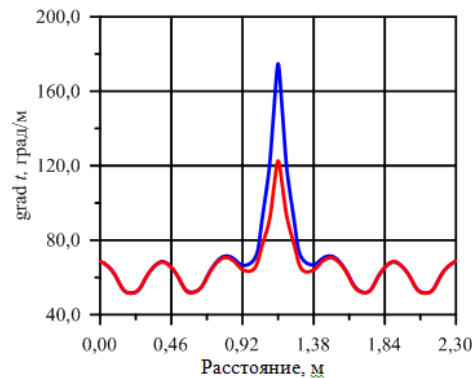


Рис. 9. Распределение градиента температуры в угловом фрагменте

Анализ поведения кривых, представленных на рис. 7, 8, показывает, что распределение обоих векторов, так же как и температура, носит волнообразный характер. При этом максимальные значения этих переменных соответствуют углу фрагмента и уменьшаются с ростом мощности тепловыделения нагревательного кабеля.

Таким образом, становится понятным, что применение греющего кабеля позволяет снизить уровень теплонапряженного состояния.

В настоящее время технология монолитного домостроения с несъемной опалубкой VELOX (рис. 1, в) получила достаточно широкое распространение не только в зарубежных странах, но и в России, в том числе и в Томской области. Несмотря на хорошие теплотехнические характеристики этой ограждающей конструкции, представляется интересным провести численное исследование по оценке влияния греющего кабеля на ее тепловое состояние.

На рис. 10, 11 показаны температурные поля углового фрагмента, выполненного по технологии VELOX, при различной мощности греющего кабеля. Рис. 10 соответствует мощности $q_v = 0$ (без греющего кабеля), а рис. 11 – $q_v = 4000 \text{ Вт/м}^3$.

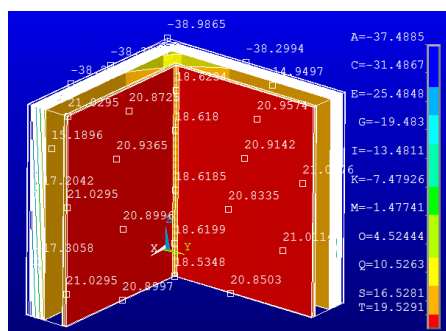


Рис. 10. Термограмма углового фрагмента без кабеля

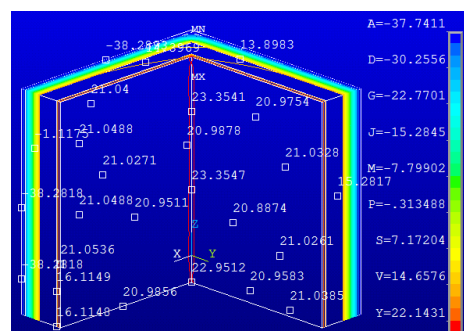


Рис. 11. Термограмма углового фрагмента с кабелем

Представленные рисунки выполнены в разной графической интерпретации и поэтому визуально имеют различный вид.

Из анализа представленных результатов видно, что применение греющего кабеля, так же как и в ранее рассмотренных вариантах угловых фрагментов, приводит к повышению температуры угла. Кроме того, наблюдается незначительное повышение температуры и на глади стены (это хорошо просматривается на этих рисунках).

Для анализа влияния мощности нагревательного кабеля было проведено исследование в некотором диапазоне изменения q_v .

Рис. 12 иллюстрирует поведение температурных кривых вдоль внутренней поверхности углового фрагмента.

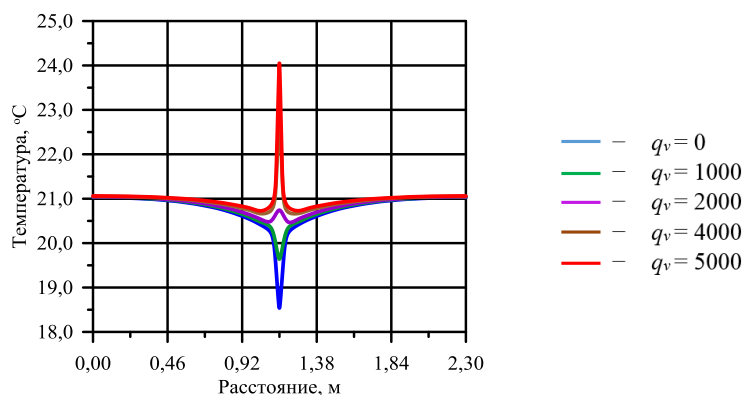


Рис. 12. Распределение температуры в угловом фрагменте при различной мощности нагревательного кабеля

Результаты численного исследования показали, что с помощью изменения мощности тепловыделения можно оказывать существенное влияние на тепловое состояние всей ограждающей конструкции, имеющей теплонапряженный элемент. Варьируя мощность тепловыделения, можно добиться выравнивания температуры по всей внутренней поверхности углового фрагмента, что позволит обеспечить комфортный микроклимат в помещении.

Достоверность полученных в данной работе численных результатов проверялась по законам сохранения теплового баланса, который контролируется программным комплексом, а также по температуре на глади стены, которую при стационарных граничных условиях для рассматриваемой многослойной стенки нетрудно вычислить аналитически. Эта погрешность не превышала 1 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гагарин В.Г., Дмитриев К.А. Учет теплотехнических неоднородностей при оценке теплозащиты ограждающих конструкций в России и европейских странах // Строительные материалы. 2013. № 6. С. 14–16.
2. Kotti S., Teli D., James P.A.B. Quantifying Thermal Bridge Effects and Assessing Retrofit Solutions in a Greek Residential Building // Procedia Environmental Sciences. 2017. V. 38. P. 306–313.
3. Самарин О.Д. Техничко-экономическое обоснование термомодернизации жилых зданий в современных условиях // Жилищное строительство. 2016. № 5. С. 31–35.
4. Щукина Т.В. Исследование теплофизических характеристик энергоактивных наружных ограждений // Приволжский научный журнал. 2012. № 4. С. 90–95.
5. Никонова Е.В., Вечтомов П.О., Ладных И.А. Техничко-экономические показатели ограждающих конструкций для малоэтажного строительства // Жилищное строительство. 2018. № 7. С. 47–50.
6. Mourao J., Gomes R., Matias L., Niza S. Combining embodied and operational energy in buildings refurbishment assessment // Energy and Buildings. 2019. V. 197. P. 34–46.
7. Brigger M., Bacher P., Wittchen Kim B. A hybrid modelling method for improving estimates of the average energy-saving potential of a building stock // Energy and Buildings. 2019. V. 199. P. 257–296.
8. Hamburg A., Kalamees T. How well are energy performance objectives being achieved in renovated apartment buildings in Estonia? // Energy and Buildings. 2019. V. 199. P. 332–341.
9. Tzoulis T., Kontoleon K.J. Thermal behavior of concrete walls around all cardinal orientations and optimal thickness of insulation from an economic point of view // Procedia environmental sciences. 2017. V. 38. P. 381–388.
10. Шенс Р.А., Щукина Т.В. Теплозащитные свойства ограждений с учетом прогнозируемых условий эксплуатации // Жилищное строительство. 2015. № 7. С. 29–31.
11. Garay R., Arregi B., Elguezal P. Experimental thermal performance assessment of a prefabricated external insulation system for building retrofitting // Procedia environmental sciences. 2017. V. 38. P. 155–161.
12. Назиров Р.А., Подковырин В.С., Подковырина К.А. Определение температуры внутренней поверхности в наружных углах здания // Известия вузов. Строительство. 2016. № 10–11. С. 106–111.
13. Данилов Н.Д., Шадрин В.Ю., Павлов В.Н. Прогнозирование температурного режима угловых соединений наружных ограждающих конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 4. С. 20–21.
14. Самарин О.Д. Оценка минимального значения температуры в наружном углу здания при его скруглении // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 8. С. 34–36.
15. Пат. № 145917. Российская Федерация, МПК E04B 2/84 (2006.01). Монолитная наружная стена для малоэтажного здания / Н.А. Цветков, Е.А. Иванова, А.Н. Козлобродов; ФГБОУ ВПО ТГАСУ; опубл. 05.05.2014.
16. Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство. Москва: Едиториал УРСС, 2003. 272 с.
17. Басов К.А. ANSYS в примерах и задачах. Москва: Компьютер Пресс, 2002. 224 с.
18. Козлобродов А.Н., Иванова Е.А., Головкин А.В. Исследование влияния термовкладышей на тепловое состояние теплонапряженных элементов многослойных ограждающих конструкций // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. № 4. С. 155–169.

REFERENCES

1. Gagarin V.G., Dmitriev K.A. Uchet teplotekhnicheskikh neodnorodnostey pri ocnke teplozashity ograzdaushih konstrukciy v Rossii i evropeyskikh stranah [Consideration of heat engineering heterogeneities in the assessment of thermal protection of wallings in Russia and Europe]. *Stroitelnye materialy*. 2013. No. 6. Pp. 14–16. (rus)
2. Kotti S., Teli D., James P.A.B. Quantifying thermal bridge effects and assessing retrofit solutions in a greek residential building. *Procedia Environmental Sciences*. 2017. No. 38. Pp. 306–313.
3. Samarin O.D. Tekniko-ekonomicheskoe obosnovanie termomodernizacii gilyh zdaniy v sovremennykh usloviykh [Feasibility study for thermal modernization of residential buildings in modern conditions]. *Zylishnoe stroitelstvo*. 2016. No. 5. Pp. 31–35. (rus)
4. Shukina T.V. Issledovanie teplofizicheskikh kharakteristik energoaktivnykh naruznykh ograzdeniy [Thermophysical characteristics of energy-active outdoor walling]. *Privolzhskiy nauchnyi zhurnal*. 2012. No. 4. Pp. 90–95. (rus)
5. Nikonova E.V., Vechtomov P.O., Ladnykh I.A. Tehniko-ekonomicheskii pokazateli ograzdaushih konstrukciy dly maloetaznogo stroitel'stva [Technical and economic indicators of walling for low-rise construction]. *Zylishnoe stroitelstvo*. 2018. No. 7. Pp. 47–50. (rus)
6. Mourao J., Gomes R., Matias L., Niza S. Combining embodied and operational energy in buildings refurbishment assessment. *Energy and Buildings*. 2019. No. 197. Pp. 34–46.
7. Brigger M., Bacher P., Wittchen Kim B. A hybrid modelling method for improving estimates of the average energy-saving potential of a building stock. *Energy and Buildings*. 2019. No. 199. Pp. 257–296.
8. Hamburg A., Kalamees T. How well are energy performance objectives being achieved in renovated apartment buildings in Estonia? *Energy and Buildings*. 2019. No. 199. Pp. 332–341.
9. Tzoulis T., Kontoleon K.J. Thermal behavior of concrete walls around all cardinal orientations and optimal thickness of insulation from an economic point of view. *Procedia Environmental Sciences*. 2017. No. 38. Pp. 381–388.
10. Sheps R.A., Shukina T.V. Teplozashitnye svoystva ograzdeniy s uchetom prognoziruemyykh usloviy ekspluatatsii [Thermal protective properties of walling in predicted operating conditions]. *Zylishnoe stroitelstvo*. 2015. No. 7. Pp. 29–31. (rus)
11. Garay R., Arregi B., Elguezal P. Experimental thermal performance assessment of a prefabricated external insulation system for building retrofitting. *Procedia Environmental Sciences*. 2017. No. 38. Pp. 155–161.
12. Nazirov R.A., Podkovyrin V.S., Podkovyrina K.A. Opredelenie temperatury vnutrenney poverhnosti v naruznykh uglakh zdaniy [The inner surface temperature in outer corners of building]. *Izvestiy vuzov. Stroitel'stvo*. 2016. No. 10–11. Pp. 106–111. (rus)
13. Danilov N.D., Shadrin V.U., Pavlov V.N. Prognozirovaniye temperaturnogo rezima uglovyykh soedineniy naruznykh ograzdaushih konstrukciy [Prediction of temperature regime of angular joints of walling]. *Promyshlennoe i grazdanskoe stroitel'stvo*. 2010. No. 4. Pp. 20–21. (rus)
14. Samarin O.D. Ocenka minimal'nogo znacheniya temperatury v naruznom uglu zdaniya pri ego skruglenii [Assessment of minimum temperature in the outer rounded corner]. *Promyshlennoe i grazdanskoe stroitel'stvo*. 2014. No. 8. Pp. 34–36. (rus)
15. Cvetkov N.A., Ivanova E.A., Kozlobrodov A.N. Monolitnaya naruznaya stena dly maloetaznogo zdaniya [Monolithic exterior wall for low-rise building]. Patent Russ. Fed. N 145917. 2014. 6 p. (rus)
16. Kaplun A.B., Morozov E.M., Olfer'eva M.A. ANSYS v rukakh inzhenera: Prakticheskoe rukovodstvo [ANSYS in the hands of engineer: practical guide]. Moscow: Editorial URSS, 2003. 272 p. (rus)
17. Basov K.A. ANSYS v primerakh i zadachakh [ANSYS examples and problems]. Moscow: Komp'yuter Press, 2002. 224 p. (rus)
18. Kozlobrodov A.N., Ivanova E.A., Golovko A.V. Issledovanie vliyaniya termovkladyshei na teplovoe sostoyaniye teplonapryazennykh elementov mnogosloynnykh ograzdaushih konstrukciy [Influence of thermal liners on thermal state of heat-stressed elements of multi-layer walling]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2018. No. 1. Pp. 133–139. (rus)

Сведения об авторах

Козлобродов Александр Николаевич, докт. физ.-мат. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, Россия, площадь Соляная, 2, akozlobrodov@mail.ru

Иванова Елена Александровна, ст. преподаватель, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, Россия, площадь Соляная, 2, energobser_e@mail.ru

Authors Details

Aleksandr N. Kozlobrodov, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia akozlobrodov@mail.ru

Elena A. Ivanova, Senior Lecturer, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, energobser_e@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

УДК 69.036:533.6.07+536.24

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-138-150

С.В. КОРОБКОВ¹, А.И. ГНЫРЯ¹, В.И. ТЕРЕХОВ²,

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет,

²Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН

ДИНАМИЧЕСКАЯ И ТЕПЛОВАЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ В СИСТЕМЕ ИЗ ДВУХ МОДЕЛЕЙ ЗДАНИЙ*

Рассмотрены явления тепловой и динамической интерференции, возникающей при обтекании потоком воздуха двух моделей зданий в виде квадратных призм, расположенных на малом удалении друг от друга. Выделены общие особенности, установлены зависимости из изменений взаимного расположения, отмечены характерные явления, вызванные взаимодействием потоков.

Цель данных исследований заключается в экспериментальном изучении динамической и тепловой интерференции тандема из двух моделей зданий в виде квадратных призм в зависимости от их взаимного расположения.

За последние годы мировой наукой накоплена обширная база знаний о воздействиях ветра на объекты различной формы, такие как призмы, пирамиды, цилиндры и т. п. В каждом из этих случаев движение воздуха имело уникальные отличительные особенности. Аналогичным образом выполнялись исследования и для группы объектов на предмет их взаимного влияния на изменение как ветровых нагрузок, так и теплообмена. Рассматривалось их взаимное влияние на движение воздуха и его турбулизацию.

Можно выделить два основных направления в исследовании ветрового воздействия. Первое – это воздействие ветра как силовая нагрузка на здание, второе – движение ветра является источником конвективного теплообмена здания.

Предметом исследования являются параметры интерференции, позволяющие оценить степень влияния на поле давления и теплоотдачи возмущений, вносимых впереди расположенными преградами.

На первом этапе были изготовлены физические модели для исследования полей давления на различных гранях и коэффициентов локального и среднего теплообмена в условиях вынужденной конвекции. Следующим шагом стало совместное рассмотрение ветровой (динамической) нагрузки и тепловых потоков, попытки обнаружить общие черты в изменениях в зависимости от взаимного расположения моделей. Все эксперименты были выполнены на аэродинамическом стенде кафедры «Технология строительного производства» ТГАСУ.

В результате проведенных исследований показано, что коэффициенты динамической и тепловой интерференции при обтекании двух призм в следе друг за другом сильно различаются между собой. При этом тепловая интерференция оказывается весьма консервативной по сравнению с динамической. С использованием параметров интерференции можно легко проанализировать значения экстремальных давлений и тепловых по-

* Исследования, выполненные в ИТ СО РАН, поддерживались за счет средств РНФ (грант № 18-19-00161), а работы сотрудников ТГАСУ – РФФИ (грант №18-08-01025).

токов на поверхности моделей в зависимости от большого числа факторов, в том числе и их взаимного расположения.

Ключевые слова: динамическая и тепловая интерференция; физическое моделирование; модели зданий.

Для цитирования: Коробков С.В., Гныря А.И., Терехов В.И. Динамическая и тепловая интерференция в системе из двух моделей зданий // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 5. С. 138–150.

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-138-150

S.V. KOROBKOV¹, A.I. GNYRYA¹, V.I. TEREKHOV²,

¹Tomsk State University of Architecture and Building,

²Kutateladze Institute of Thermal Physics SB RAS

DYNAMIC AND THERMAL INTERFERENCE EFFECTS ON TWO NEIGHBOURING BUILDING MODELS

The paper considers the dynamic and thermal interference effects on two neighbouring building models in the form of square prisms arranged at a short distance from each other. It is shown how relative positions of the models affect the specific phenomena caused by the air-flow interactions.

The aim of this paper is to experimentally study the dynamic and thermal interference of a tandem of two building models in the form of square prisms depending on their relative position.

The phenomenon of wind loads on buildings and structures has always attracted great interest among engineers and researchers. With the accumulation of knowledge and technical capabilities, the potential for likely ways to study wind flows and their impact on different objects increased. In recent years, the world science has accumulated an extensive knowledge base on wind impacts on objects of various shapes, such as prisms, pyramids, cylinders, etc. Studies are carried out for their mutual impact of several objects on changes in both the wind load and heat exchange. Their mutual effect on the air motion and turbulence is considered.

There are two main areas in the field of the wind impact. The first impact is the force load on building, the second is the wind as a source of convective heat exchange. The object of this study is the interference parameters allowing to assess the influence on the field of pressure and heat recoil of disturbances evoked in front of the barriers.

At the first stage, physical models help to study the pressure field on different facets and ratios of the local and medium heat exchange under the forced convection conditions. The next step is to jointly consider the wind (dynamic) load and heat flows, attempting to detect the total contribution to changes depending on the reciprocal model arrangement. All experiments are performed in the aerodynamic tube, at the TSUAB department. It is shown that the dynamic and thermal interference ratios vary greatly in two building models. At the same time, the thermal interference is very conservative compared to the dynamic. Using the interference parameters, it is easy to analyze the extreme pressure and the heat flow on the model surface depending on a large number of factors, including their arrangement.

Keywords: dynamic and thermal interference; physical modeling; building model.

For citation: Korobkov S.V., Gnyrya A.I., Terekhov V.I. Dinamicheskaya i teplovaya interferentsiya v sisteme iz dvukh modelei zdanii [Dynamic and thermal interference effects on two neighbouring building models]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2019. V. 21. No. 5. Pp. 138–150.

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-138-150

Введение

В России все большее внимание уделяется строительству высотных зданий и зданий повышенной этажности. Преимущество этих зданий заключается в большом количестве полезной площади, приходящейся на квадратный метр участка застройки. Таким образом удастся наиболее компактно расположить жилые и рабочие площади в городской черте. Здание – это сложный организм, где должны быть взаимоувязаны все проектные и конструктивные решения. В России пока недостаточно опыта проектирования и длительной эксплуатации высотных зданий и зданий повышенной этажности. В связи с этим открывается широкий горизонт новых исследований, посвященных строительству подобных сооружений с учетом характерных для России природно-климатических условий.

Одним из наиболее успешных методов исследования параметров зданий является метод физического моделирования. Экспериментальный способ зарекомендовал себя как наиболее достоверный, т. к. по сравнению с численными измерениями полностью исключается человеческий фактор, влияющий на точность заданных параметров. Существенным недостатком является необходимость создания точных и нередко сложных по конструкции моделей и наличия крупного и дорогостоящего оборудования.

При проектировании здания необходимо учитывать множество факторов. Одним из наиболее важных факторов является воздействие ветра.

Явление ветровых нагрузок на здания и сооружения всегда вызывало большой интерес у инженеров и исследователей. С накоплением знаний и технических возможностей возрастал потенциал вероятных способов изучения ветровых потоков и их влияния на различные объекты. За последние годы мировой наукой накоплена обширная база знаний о воздействиях ветра на объекты различной формы, такие как призмы, пирамиды, цилиндры и т. п. В каждом из этих случаев движение воздуха имело уникальные отличительные особенности. Аналогичным образом выполнялись исследования и для группы объектов на предмет их взаимного влияния на изменение как ветровых нагрузок, так и теплообмена. Рассматривалось их взаимное влияние на движение воздуха и его турбулизацию.

Можно выделить два основных направления в исследовании ветрового воздействия. Первое – это воздействие ветра как силовой нагрузки на здание. Ветровая нагрузка представляет собой комплексное воздействие, вызывающее множество явлений, таких как статическая нагрузка, которая делится на давление и разрежение, динамическая нагрузка, включающая в себя пульсации потока, приводящие к колебательным движениям исследуемого предмета, и многие другие. Второе – движение ветра является источником конвективного теплообмена здания. Здесь также существует множество направлений исследования, среди которых можно выделить тепловые потери объектов и тепловой обмен между несколькими объектами.

Явление интерференции отрывных потоков как показатель наиболее полно характеризует изменения динамического воздействия воздушного потока и интенсивности теплопередачи при расположении изучаемой модели

в следе за возмущающей преградой. Параметр интерференции позволяет оценить степень влияния на поле давления и теплоотдачи возмущений, вносимых впереди расположенными преградами.

Экспериментальным изучением явления интерференции при обтекании воздушным потоком ансамбля из двух и более моделей высотных зданий занимаются как зарубежные [1–16], так и российские [17–20] ученые. В последнее время появилось много работ, посвященных численному моделированию эффекта интерференции [21–29]. Работы [30–32] направлены на численное и экспериментальное моделирование явления интерференции отрывных потоков.

Многочисленные результаты экспериментов, накопленные в последние годы, а также сравнение с результатами других авторов позволили выделить общие тенденции поведения коэффициентов интерференции.

Установлено, что интерференция воздушных потоков, формирующихся вблизи группы зданий, оказывает значительное влияние как на теплопотери, так и на ветровые нагрузки, которые, в свою очередь, влияют на внутренний микроклимат в здании, на его эксплуатационные характеристики, а также на безопасность его строительства.

Установление прямой зависимости теплопотерь от ветрового давления остается сложной и многофакторной задачей, одним из решений которой является анализ и сравнение динамической и тепловой интерференций, рассчитанных на основании систематических экспериментальных исследований.

Цель данных исследований заключается в экспериментальном изучении динамической и тепловой интерференции тандема из двух квадратных призм в зависимости от их взаимного расположения.

Постановка задачи, опытная установка и методика эксперимента

Задачи исследования были сформулированы на основе накопленных материалов исследования ветровых нагрузок и конвективного теплообмена.

На первом этапе были изготовлены модели для исследования полей давления на различных гранях и коэффициентов локального и среднего теплообмена в условиях вынужденной конвекции. Следующим шагом стало совместное рассмотрение ветровой (динамической) нагрузки и тепловых потоков, попытки обнаружить общие черты в изменениях в зависимости от взаимного расположения моделей. Ввиду большого объема данных экспериментов [33–36] в настоящей статье приводятся результаты экспериментов при следующих условиях:

1. Модели квадратных призм с относительной высотой к поперечному размеру $H/a = 6$, где $a = 50$ мм – размер поперечного сечения квадратной призмы.

2. Призмы расположены на одной оси по отношению к набегающему потоку воздуха (рис. 1).

3. Диапазон продольных расстояний (калибр) принимал значения $L1/a = 0,5; 1; 1,5; 3; 4,5$ и 6.

Способ конечной обработки и анализа результатов был избран исходя из необходимости сравнения величин, идентичных по своим характеристикам. Исходный вид показателей давления-разрежения (C_p) и теплоотдачи (Nu)

не позволял объективно сравнивать зависимости изменения этих показателей по причине отличия единиц измерения. На этом основании было принято решение использовать показатель интерференции динамических и тепловых взаимодействий моделей (IF):

$$IF(Cp) = \frac{Cp}{Cp_0} \quad IF(Nu) = \frac{Nu}{Nu_0}, \quad (1)$$

где Cp и Nu – среднее значение коэффициента давления и числа Нуссельта на одной из граней подветренной модели (2), Cp_0 и Nu_0 – среднее значение коэффициента давления и числа Нуссельта на всей поверхности впереди стоящей модели (1).

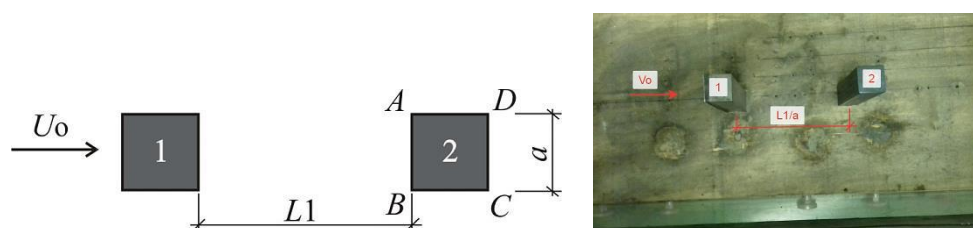


Рис. 1. Общий вид моделей в плане при расположении на одной оси в рабочей камере аэродинамической трубы:

1 – модель-препятствие; 2 – исследуемая модель; $a = 50$ мм; U_0 – скорость воздушного потока; $L1$ – продольное смещение



Рис. 2. Общий вид конструкции исследуемых моделей:

a – модель для измерения давления; b – модель для измерения коэффициентов теплоотдачи

Эксперименты проводились с двумя отличающимися по конструкции моделями призматической формы. На одной из граней модели для измерения давления были выполнены каналы, по которым ветровой поток регистрировался посредством многоканального дифференциального микроманометра. Модель для измерения коэффициента теплоотдачи обладала гранью с системой термопар, расположенных в аналогичных точках (рис. 2).

Измерения полей статического давления и коэффициентов теплоотдачи, а также исследование структуры движения воздушного потока производились в специальном аэродинамическом стенде. Стенд состоит из следующих узлов: аэродинамической трубы; дифференциального многоканального микроманометра, созданного для регистрации изменения коэффициента по образующей модели; исследуемых моделей.

Аэродинамическая труба описываемого стенда представляет собой трубу разомкнутого типа, работающую на

всасывание (рис. 3). Диапазон скоростей в рабочей камере составляет 1–30 м/с с интенсивностью турбулентного потока $Tu = 0,5\%$.

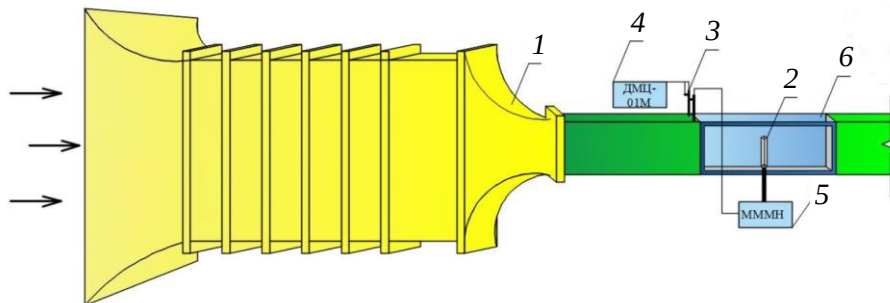


Рис. 3. Общий вид конструкции аэродинамического стенда:

1 – аэродинамическая труба; 2 – измерительная модель; 3 – трубка Пито; 4 – дифференциальный манометр цифровой ДМЦ-01М; 5 – многоканальный микроманометр наклонный МММН; 6 – рабочая камера трубы

Рабочая камера аэродинамической трубы представляет собой канал длиной 1200 мм и сечением $400 \times 400 \text{ мм}^2$. На одной из боковых стенок предусмотрены два окна, выполненные из органического стекла, одно располагается на одной из боковых стенок для монтажа моделей, второе, расположенное непосредственно над моделью, предназначено для визуального наблюдения. Корпус камеры стальной.

Измерительные приборы вводятся в рабочую камеру через проем, расположенный в нижней стенке канала. Проем, в свою очередь, уплотняется с помощью фторопластовой ленты. Отводные трубы соединены с осевым шахтным вентилятором марки ВО-5У2 мощностью 7,5 кВт. Изменение скорости потока воздуха осуществлялось системой регулирования оборотов при помощи частотного преобразователя. Профиль скорости в ядре потока был равномерным, а толщина пограничного слоя к месту установки моделей составляла $\sim 20 \text{ мм}$.

Воздух в аэродинамическую трубу подавался из окружающей среды через лабораторные помещения, поэтому температура его в процессе эксперимента была достаточно стабильной и составляла $\sim 20^\circ\text{C}$.

Для изменения перепада давления был изготовлен дифференциальный многоканальный микроманометр с ценой деления 1 мм водяного столба. Показания с многоканального микроманометра снимались с помощью цифрового фотоаппарата, далее показания с фотографий оцифровывались по специальной программе Get Data Graph Digitizer. В качестве опорной величины было взято статическое давление в канале для невозмущенного течения.

Нагрев поверхности в тепловой модели осуществлялся нихромовой спиралью, через которую пропусклся электрический ток. На одной из граней, покрытой пластиной из нержавеющей стали толщиной 1,0 мм, были зачеканены термопары. Тепловое граничное условие на ней соответствовало режиму постоянства теплового потока $q = \text{const}$. Для уменьшения перетечек тепла

вдоль модели был сделан ряд прорезей, как это показано на рис. 2, б. Для измерения теплоотдачи на других гранях модель последовательно поворачивалась на требуемые углы.

В результате измерений были получены распределения коэффициентов давления и коэффициентов теплопередачи (на основании которых были рассчитаны числа Нуссельта). Динамическая составляющая ветрового потока, помимо средних значений, позволила установить максимальные и минимальные значения результирующих показателей. Таким образом, величины интерференции были рассчитаны не только исходя из средних значений C_p и Nu , но и из предельных максимальных и минимальных величин.

Обсуждение результатов исследований

В первую очередь для эффективного анализа следовало сгруппировать графики по граням и типам измерений (динамические и тепловые). Вторым этапом шел индивидуальный анализ средних, максимальных и минимальных значений. Третьим шагом стал взаимный анализ динамической и тепловой интерференции и влияние на нее параметров расстояния ($L1/a$) и угла атаки. Рассмотрим полученные результаты.

По лобовой грани $A-B$ модели 2, как это следует из рис. 4, коэффициент динамической интерференции (рис. 4, а) сильно зависит от взаимного положения моделей. Для минимальных значений коэффициента давления (C_p) интерференция в среднем выше, чем их средняя (интегральная) или максимальная величина. Объясняется это, прежде всего, интенсивностью воздействия зоны разряжения, сформированной впереди стоящей моделью. Наибольшее значение интерференции наблюдается при относительном расстоянии $L1/a = 4,5$, где измерительная модель находится под действием замыкающегося подковообразного вихря [13].

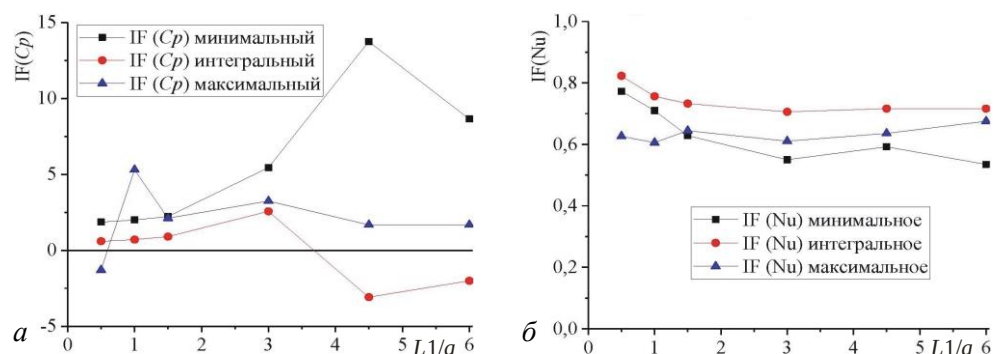


Рис. 4. Распределение коэффициентов динамической (а) и тепловой (б) интерференции по лобовой грани $A-B$ модели 2

Тепловая интерференция (рис. 4, б) в отличие от динамической в меньшей степени зависит от расстояния между моделями $L1/a$. Причем их средние, максимальные и минимальные значения не столь сильно различаются между собой. Наибольшие величины $IF(Nu)$ достигаются для интегрального значения параметра интерференции.

Динамическая интерференция по боковым граням $B-C$ и $D-A$ (рис. 5, a) модели 2 обладает большей интенсивностью при $L1/a = 0,5 \dots 3$. Вызвано это действием ускоренного потока вдоль граней модели. При $L1/a = 3 \dots \infty$ действие потока снижено.

Тепловая интерференция (рис. 5, b) сохраняет постоянные значения при всех наблюдаемых $L1/a$. Максимальные значения $IF(Nu)$ в большинстве случаев совпадают с интегральными.

По кормовой грани $C-D$ (рис. 6) модели 2 интерференция в меньшей степени зависит от $L1/a$ и практически не претерпевает каких-либо изменений. Следует отметить лишь скачок динамической интерференции (рис. 6, a) при $L1/a = 1,5$, когда на грань непосредственно действует вихревая зона, формируемая впереди стоящей моделью, усиливаемая отрывными течениями от ребер B и A .

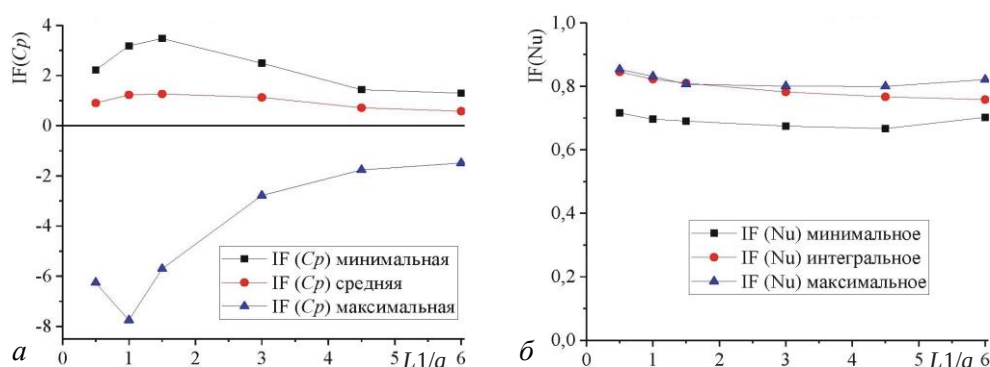


Рис. 5. Распределение коэффициентов динамической (a) и тепловой (b) интерференции по боковым граням $B-C/D-A$ модели 2

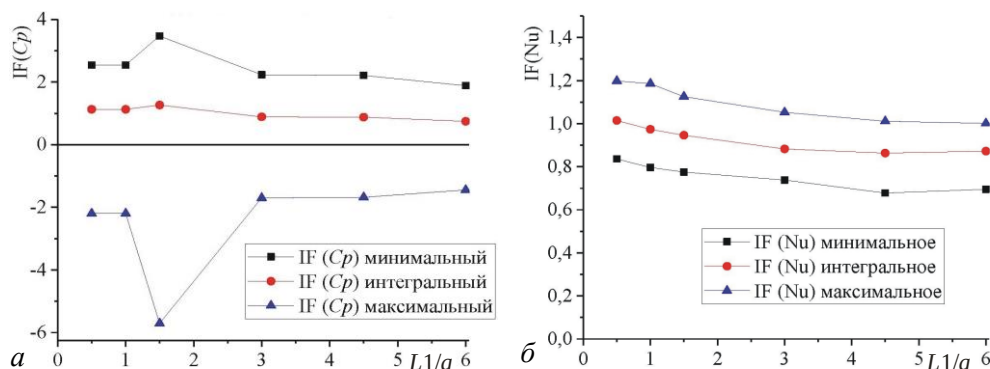


Рис. 6. Распределение коэффициентов динамической (a) и тепловой (b) интерференции по кормовой грани $C-D$ модели 2

Заключение

В результате проведенных исследований показано, что коэффициенты динамической и тепловой интерференции при обтекании двух призм в следе

друг за другом сильно различаются между собой. При этом тепловая интерференция оказывается весьма консервативной по сравнению с динамической. Наибольшие значения теплового параметра интерференции наблюдаются по кормовой грани $C-D$ в зоне вихреобразования за моделью.

Что касается особенностей динамической и тепловой интерференции, описанных выше, можно сделать вывод, что динамическая более подвержена изменениям в зависимости от расстояния. По грани $A-B$ – при $Ll/a > 3$, по прочим граням – при $Ll/a < 3$.

С использованием параметров интерференции можно легко проанализировать значения экстремальных давлений и тепловых потоков на поверхности моделей в зависимости от большого числа факторов, в том числе и их взаимного расположения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kim W., Tamura Y., Yoshida A. Interference effects on local peak pressures between two buildings // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2015. V. 147. P. 186–201.
2. Yu X.F., Xie Z.N., Zhu J.B., Gu M. Interference effects on wind pressure distribution between two high-rise buildings // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2015. V. 142. P. 188–197.
3. Yu X.F., Xie Z.N., Wang X., Ca B. Interference effects between two high-rise buildings on wind-induced torsion // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2016. V. 159. P. 123–133.
4. Yu X., Xie Z., Gu M. Interference effects between two tall buildings with different section sizes on wind-induced acceleration // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2018. V. 182. P. 16–26.
5. Hui Y., Yoshida A., Tamura Y. Interference effects between two rectangular-section high-rise buildings on local peak pressure coefficients // *Journal of Fluids and Structures*. 2013. V. 37. P. 120–133.
6. Hui Y., Tamura Y., Yang Q.S. Analysis of interference effects on torsional moment between two high-rise buildings based on pressure and flow field measurement // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2017. V. 164. P. 54–68.
7. Amin J.A., Ahuja A. Wind-induced mean interference effects between two closed spaced buildings // *Journal of Civil Engineering*. 2012. V. 16 (1). P. 119–131.
8. Gu M., Xie Z.-N. Interference effects of two and three super-tall buildings under wind action // *Journal Acta Mechanica Sinica*. 2011. V. 27(5). P. 687–696.
9. Lam K.M., Zhao J.G., Leung M.Y.H. Wind-induced loading and dynamic responses of a row of tall buildings under strong interference // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2011. V. 99. P. 573–583.
10. Zu G.B., Lam K.M. Across-wind excitation mechanism for interference of twin tall buildings in staggered arrangement // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2018. V. 177. P. 167–185.
11. Huang D., Zhu L., Ding Q., Zhu X., Chen W. Aeroelastic and aerodynamic interference effects on a high-rise building // *Journal of Fluids and Structures*. 2017. V. 69. P. 355–381.
12. Mara T.G., Terry B.K., Ho T.C.E., Isyumov N. Aerodynamic and peak response interference factors for an upstream square building of identical height // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2014. V. 133. P. 200–210.
13. Wonsul, K., Yukio, T., Akihito, Y. Interference effects on aerodynamic wind forces between two buildings // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2015. V. 147. P. 186–201.
14. Flaga A., Koco A., Klaput R., Bosak G. The environmental effects of aerodynamic interference between two closely positioned irregular high buildings // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2018. V. 180. P. 276–287.

15. Pundhir R., Barde N. Study of wind pressure on tall building due to change in relative position of interfering building // International Journal of Civil Engineering Research. 2016. V. 7. № 2. P. 105–115.
16. Lau S.C., Cervantes J., Han J.C., Rudolph R.J., Flannery K. Measurements of wall heat (mass) transfer for flow through blockages with round and square holes in a wide rectangular channel // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2003. V. 46. P. 3991–4001.
17. Саленко С.Д., Обуховский А.Д., Гостеев Ю.А., Телкова Ю.В. Исследование структуры течения в окрестности двух балок квадратного поперечного сечения в условиях интерференции // Теплофизика и аэромеханика. 2010. Т. 17. № 2. С. 313–323.
18. Саленко С.Д., Однопал В.П., Обуховский А.Д., Гостеев Ю.А., Телкова Ю.В. Аэродинамические исследования комплекса высотных зданий // АВОК. 2010. № 5. С. 62–66.
19. Гусев А.С., Корнилов Д.В., Короткин А.И., Соловьев С.Ю. Аэродинамические испытания высотных зданий и сооружений // Высотные здания: журнал высотных технологий. 2015. № 1. С. 102.
20. Гусев А.С., Короткин А.И., Лебедев А.О., Роговой Ю.А. Анализ некоторых результатов по определению аэродинамических характеристик высотных зданий // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 3 (5). С. 50–52.
21. Bairagi A.K., Dalui S.K. Optimization of interference effects on high-rise buildings for different wind angle using CFD simulation // Electronic Journal of Structural Engineering. 2014. V. 14. P. 39–49.
22. Lankadasu A., Vengadesan S. Interference effect of two equal-sized square cylinders in tandem arrangement: With planar shear flow // International journal for numerical methods in fluids. 2008. V. 57. P. 1005–1021.
23. Yongfeng Qu, Maya Milliez, Luc Musson-Genon, Bertrand Carissimo. Numerical study of the thermal effects of buildings on low-speed airflow taking into account 3D atmospheric radiation in urban canopy // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. 2012. V. 104–106. P. 474–483.
24. Martinuzzi R., AbuOmar M., Savory E. Scaling of the wall pressure field around surface-mounted pyramids and other bluff bodies // Journal of Fluids Engineering. 2007. V. 129. P. 1147–1156.
25. Вальгер С.А., Фёдоров А.В., Фёдорова Н.Н. Моделирование несжимаемых турбулентных течений в окрестности плохообтекаемых тел с использованием ПК ANSYS Fluent // Вычислительные технологии. 2013. Т. 18. № 5. С. 27–40.
26. Исаев С.А., Баранов П.А., Жукова Ю.В., Терешкин А.А., Усачов А.Е. Моделирование ветрового воздействия на ансамбль высотных зданий с помощью многоблочных вычислительных технологий // Инженерно-физический журнал. 2014. Т. 87. № 1. С. 107–118.
27. Isaev S.A., Vatin N.I., Lebiga V.A., Zinoviev V.N., Chang K.-C., Miao J.-J. Problems and methods of numerical and experimental investigation of high rise constructions' aerodynamics in the coastal region «sea-land» // Magazine of Civil Engineering. 2013. № 2. P. 54–61.
28. Белостоцкий А.М., Дубинский С.И., Афанасьева И.Н. Численное моделирование задач строительной аэродинамики. Разработка методик и исследования реальных объектов // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2010. Т. 6. № 1–2. С. 67–69.
29. Гувэрнюк С.В., Синявин А.А., Гагарин В.Г. Метод экспресс-оценки интегральных ветровых нагрузок на высотное здание // Жилищное строительство. 2019. № 6. С. 43–48.
30. Covak L., Öztürk E., Balci M.N., Körpe S.B. Numerical and experimental analysis of wind loads on cladding of tall buildings // Proceedings of the 7th International conference of Heat transfer, Fluid mechanics and Thermodynamics. 19–21 July 2010. Antalya. Turkey. P. 1709–1714.
31. Pillai S.S., Yoshie R. Experimental and numerical studies on convective heat transfer from various urban canopy configurations // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. 2012. V. 104–106. P. 447–454.
32. Гувэрнюк С.В., Егорычев О.О., Исаев С.А., Корнев Н.В., Поддаева О.И. Численное и физическое моделирование ветрового воздействия на группу высотных зданий // Вестник МГСУ. 2011. №. 3–1. С. 185–191.

33. Gnyrya A.I., Korobkov S.V., Koshin A.A., Terekhov V.I. Physical simulation of wind pressure on building models at various arrangement and airflow conditions / Proceedings of the IV International research conference "Information technologies in Science, Management, Social sphere and Medicine" (ITSMSSM 2017) // Published by Atlantis Press. 2017. V. 72. P. 389–392.
34. Мокишин Д.И. Экспериментальное исследование конвективного теплообмена моделей одиночных и tandemно расположенных зданий : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Томск, 2015. 24 с.
35. Gnyria A., Korobkov S., Koshin A., Terekhov V. Aerodynamic and thermal interference of turbulent separated flows over building models // MATEC Web of Conferences (STS-33). 2017. V. 115 (02002). P. 1–4.
36. Гныря А.И., Коробков С.В., Кошин А.А., Терехов В.И. Моделирование ветровых нагрузок при обтекании воздушным потоком системы моделей зданий при вариации их расположения // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. Т. 20. № 4. С. 65–73.

REFERENCES

1. Kim W., Tamura Y., Yoshida A. Interference effects on local peak pressures between two buildings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2015. V. 147. Pp. 186–201.
2. Yu X.F., Xie Z.N., Zhu J.B., Gu M. Interference effects on wind pressure distribution between two high-rise buildings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2015. V. 142. Pp. 188–197.
3. Yu X.F., Xie Z.N., Wang X., Ca B. Interference effects between two high-rise buildings on wind-induced torsion. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2016. V. 159. Pp. 123–133.
4. Yu X., Xie Z., Gu M. Interference effects between two tall buildings with different section sizes on wind-induced acceleration. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2018. V. 182. Pp. 16–26.
5. Hui Y., Yoshida A., Tamura Y. Interference effects between two rectangular-section high-rise buildings on local peak pressure coefficients. *Journal of Fluids and Structures*. 2013. V. 37. Pp. 120–133.
6. Hui Y., Tamura Y., Yang Q.S. Analysis of interference effects on torsional moment between two high-rise buildings based on pressure and flow field measurement. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2017. V. 164. Pp. 54–68.
7. Amin J.A., Ahuja A. Wind-induced mean interference effects between two closed spaced buildings. *Journal of Civil Engineering*. 2012. V. 16 (1). Pp. 119–131.
8. Gu M., Xie Z.-N. Interference effects of two and three super-tall buildings under wind action. *Journal Acta Mechanica Sinica*. 2011. V. 27 (5). Pp. 687–696.
9. Lam K.M., Zhao J.G., Leung M.Y.H. Wind-induced loading and dynamic responses of a row of tall buildings under strong interference. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2011. V. 99. Pp. 573–583.
10. Zu G.B., Lam K.M. Across-wind excitation mechanism for interference of twin tall buildings in staggered arrangement. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2018. V. 177. Pp. 167–185.
11. Huang D., Zhu L., Ding Q., Zhu X., Chen W. Aeroelastic and aerodynamic interference effects on a high-rise building. *Journal of Fluids and Structures*. 2017. V. 69. Pp. 355–381.
12. Mara T.G., Terry B.K., Ho T.C.E., Isyumov N. Aerodynamic and peak response interference factors for an upstream square building of identical height. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2014. V. 133. Pp. 200–210.
13. Wonsul K., Yukio T., Akihito Y. Interference effects on aerodynamic wind forces between two buildings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2015. V. 147. Pp. 186–201.
14. Flaga A., Koco A., Klaput R., Bosak G. The environmental effects of aerodynamic interference between two closely positioned irregular high buildings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2018. V. 180. Pp. 276–287.

15. Pundhir R., Barde N. Study of wind pressure on tall building due to change in relative position of interfering building. *International Journal of Civil Engineering Research*. 2016. V. 7. No. 2. Pp. 105–115.
16. Lau S.C., Cervantes J., Han J.C., Rudolph R.J., Flannery K. Measurements of wall heat (mass) transfer for flow through blockages with round and square holes in a wide rectangular channel. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2003. V. 46. Pp. 3991–4001.
17. Salenko S.D., Obukhovskii A.D., Gosteev Yu.A., Telkova Yu.V. Issledovanie struktury techeniya v okrestnosti dvukh balok kvadratnogo poperechnogo secheniya v usloviyakh interferentsii [Flow structure investigation around two square cross-section beams under interference conditions]. *Teplofizika i aeromekhanika*. 2010. V. 17. No. 2. Pp. 313–323. (rus)
18. Salenko S.D., Odnopal V.P., Obukhovskii A.D., Gosteev Yu.A., Telkova Yu.V. Aerodinamicheskie issledovaniya kompleksa vysotnykh zdaniy [Aerodynamic studies of high-rise building system]. *AVOK*. 2010. No. 5. Pp. 62–66. (rus)
19. Guzeev A.S., Kornilov D.V., Korotkin A.I., Solov'ev S.Yu. Aerodinamicheskie ispytaniya vysotnykh zdaniy i sooruzheniy [Aerodynamic tests of high-rise buildings]. *Vysotnye zdaniya: zhurnal vysotnykh tekhnologii*. 2015. No. 1. P. 102. (rus)
20. Guzeev A.S., Korotkin A.I., Lebedev A.O., Rogovoi Yu.A. Analiz nekotorykh rezul'tatov po opredeleniyu aerodinamicheskikh kharakteristik vysotnykh zdaniy [Analysis of results to determine aerodynamic characteristics of high-rise buildings]. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2009. No. 3(5). Pp. 50–52. (rus)
21. Bairagi A.K., Dalui S.K. Optimization of interference effects on high-rise buildings for different wind angle using CFD simulation. *Electronic Journal of Structural Engineering*. 2014. V. 14. Pp. 39–49.
22. Lankadasu A., Vengadesan S. Interference effect of two equal-sized square cylinders in tandem arrangement: With planar shear flow. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*. 2008. V. 57. Pp. 1005–1021.
23. Yongfeng Qu, Maya Milliez, Luc Musson-Genon, Bertrand Carissimo. Numerical study of the thermal effects of buildings on low-speed airflow taking into account 3D atmospheric radiation in urban canopy. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2012. V. 104–106. Pp. 474–483.
24. Martinuzzi R., AbuOmar M., Savory E. Scaling of the wall pressure field around surface-mounted pyramids and other bluff bodies. *Journal of Fluids Engineering*. 2007. V. 129. Pp. 1147–1156.
25. Val'ger S.A., Fedorov A.V., Federova N.N. Modelirovanie neshhimaemykh turbulentnykh techeniy v okrestnosti plokhobtekaemykh tel s ispol'zovaniem PK ANSYS Fluent [Simulation of incompressible turbulent flows in the vicinity of poorly streamlined bodies using ANSYS Fluent PC]. *Vychislitel'nye tekhnologii*. 2013. V. 18. No. 5. Pp. 27–40. (rus)
26. Isaev S.A., Baranov P.A., Zhukova Yu.V., Tereshkin A.A., Usachov A.E. Modelirovanie vetrovogo vozdeistviya na ansambl' vysotnykh zdaniy s pomoshch'yu mnogoblochnykh vychislitel'nykh tekhnologii [Simulation of wind effect on of high-rise building ensemble using multi-block computational technologies]. *Inzhenerno-fizicheskii zhurnal*. 2014. V. 87. No. 1. Pp. 107–118. (rus)
27. Isaev S.A., Vatin N.I., Lebiga V.A., Zinoviev V.N., Chang K.-C., Miao J.-J. Problems and methods of numerical and experimental investigation of high rise constructions' aerodynamics in the coastal region 'sea-land'. *Magazine of Civil Engineering*. 2013. No. 2. Pp. 54–61.
28. Belostotskii A.M., Dubinskii S.I., Afanas'eva I.N. Chislennoe modelirovanie zadach stroitel'noi aerodinamiki. Razrabotka metodik i issledovaniya real'nykh ob"ektov [Numerical simulation in civil aerodynamics. Development of methodology and studies of real objects]. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2010. V. 6. No. 1–2. Pp. 67–69. (rus)
29. Guvern'yuk S.V., Sinyavin A.A., Gagarin V.G. Metod ekspress-otsenki integral'nykh vetrovykh nagruzok na vysotnoe zdanie [Express train-estimation of integral wind loads on high-rise building]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2019. No. 6. Pp. 43–48. (rus)
30. Covak L., Öztürk E., Balci M.N., Körpe S.B. Numerical and experimental analysis of wind loads on cladding of tall buildings. *Proc. 7th Int. Conf. of Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics*. 19–21 July 2010. Antalya. Turkey. Pp. 1709–1714.

31. Pillai S.S., Yoshie R. Experimental and numerical studies on convective heat transfer from various urban canopy configurations. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2012. V. 104–106. Pp. 447–454.
32. Guvernuyuk S.V., Egorychev O.O., Isaev S.A., Kornev N.V., Poddaeva O.I. Chislennoe i fizicheskoe modelirovanie vetrovogo vozdeistviya na gruppu vysotnykh zdaniy [Numerical and physical simulation of wind influence on group of high-rise buildings]. *Vestnik MGSU*. 2011. No. 3-1. Pp. 185–191. (rus)
33. Gnyrya A.I., Korobkov S.V., Koshin A.A., Terekhov V.I. Physical simulation of wind pressure on building models at various arrangement and airflow conditions. *Proc. 4th Int. Sci. Conf. "Information Technologies in Science, Management, Social Sphere and Medicine"*. 2017. V. 72. Pp. 389–392.
34. Mokshin D.I. Eksperimental'noe issledovanie konvektivnogo teploobmena modelei odnochnykh i tandemno raspolzhenykh zdaniy [Convective heat exchange of single and tandem-arranged models. PhD Thesis]. Tomsk: TSUAB, 2015. 24 p. (rus)
35. Gnyrya A., Korobkov S., Koshin A., Terekhov V. Aerodynamic and thermal interference of turbulent separated flows over building models. *MATEC Web of Conferences (STS-33)*. 2017. V. 115 (02002). Pp. 1–4.
36. Gnyrya A.I., Korobkov S.V., Koshin A.A., Terekhov V.I. Modelirovanie vetrovykh nagruzok pri obtekanii vozdushnym potokom sistemy modelei zdaniy pri variatsii ikh raspolzheniya [Simulation of wind-induced airflow round building models with different arrangement]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2018. V. 20. No. 4. Pp. 65–73. (rus)

Сведения об авторах

Коробков Сергей Викторович, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, korobkov_1973@mail.ru

Гныря Алексей Игнатьевич, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, tsp_tgasu@mail.ru

Терехов Виктор Иванович, докт. техн. наук, профессор, Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, 630090, г. Новосибирск, пр. Лаврентьева, 1, terekhov@itp.nsc.ru

Authors Details

Sergey V. Korobkov, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, korobkov@hotmail.ru

Aleksey I. Gnyrya, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, tsp_tgasu@mail.ru

Viktor I. Terekhov, DSc, Professor, The Kutateladze Institute of Thermal Physics SB RAS, 1, Academician Lavrent'ev Str., 630090, Novosibirsk, Russia, terekhov@itp.nsc.ru

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

УДК 504.064.47: 550.837.3

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-151-164

*Е.А. ШАБАНОВ, С.М. ПРОСТОВ, О.В. ГЕРАСИМОВ,
Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева*

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТАМИ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЙ СООРУЖЕНИЙ НА ОПЫТНОМ ПОЛИГОНЕ

Дан краткий анализ методов очистки от нефтезагрязнений в основаниях строящихся и эксплуатируемых зданий и сооружений. Рассмотрена возможность очистки грунтов электрохимическим методом с использованием системы оперативного геофизического мониторинга в натуральных условиях. Описаны методика проведения натурных испытаний метода контролируемой электрохимической очистки грунта от нефтезагрязнений и экспериментальная установка. Изложены результаты инженерно-геологических изысканий грунтового массива, искусственно насыщенного нефтепродуктами (отработанным маслом, бензином). Детализированы процессы образования зон осушения, скопления нефтепродуктов при электроосмотическом переносе, изменения структуры грунта в результате фазового преобразования и растворения нефтепродуктов. Установлено явление коагуляции нефтепродуктов в порах грунта при электрообработке, приводящее к увеличению крупности песчаных и глинистых компонентов и грунта, способствующее его дезактивации. Экспериментально доказана эффективность электрохимической очистки малопроницаемых песчано-глинистых грунтов.

Ключевые слова: основания зданий и сооружений; загрязнение; нефтепродукты; глинистые грунты; удельное электросопротивление; гранулометрический состав; влажность; плотность.

Для цитирования: Шабанов Е.А., Простов С.М., Герасимов О.В. Натурные исследования процессов загрязнения нефтепродуктами и электрохимической очистки грунтов оснований сооружений на опытном полигоне // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 5. С. 151–164.

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-151-164

*E.A. SHABANOV, S. M. PROSTOV, O.V. GERASIMOV,
Gorbachev Kuzbass State Technical University*

FIELD STUDIES OF ELECTROCHEMICAL PURIFICATION OF FOUNDATION SOIL FROM OIL PRODUCTS

The paper presents a brief analysis of methods of foundation soil purification from oil products. A method of electrochemical soil purification is suggested using the system of opera-

tional geophysical monitoring in natural conditions. A full-scale test method of controlled electrochemical soil purification and the experimental setup are described. The results of engineering-geological surveys of the soil massif artificially saturated with oil products (waste oil, gasoline) are presented. The formation of drainage zones, accumulation of petroleum products during electroosmotic transfer, soil structure changes caused by the phase transformation and dissolution of petroleum products are presented. the phenomenon of coagulation of oil products in soil during the electrical processing leading to the increase in the particle size in sand and clay components due to changes in the electrical soil resistance. The experiments prove the efficiency of electrochemical cleaning of low-permeable sandy-clay soils.

Keywords: soil foundation; contamination; oil products; clay soils; electrical resistivity; particle size distribution; humidity; density.

For citation: Shabanov E.A., Prostov S.M., Gerasimov O.V. *Naturnye issledovaniya protsessov zagryazneniya nefteproduktami i elektrokhimicheskoi ochestki gruntov osnovanii sooruzhenii na opytном poligone* [Field studies of electrochemical purification of foundation soil from oil products]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2019. V. 21. No. 5. Pp. 151–164.

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-151-164

Введение

Одним из распространенных загрязнителей грунтов при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений являются нефтепродукты (топливо, горюче-смазочные материалы при эксплуатации строительных машин и механизмов) [1–3]. Способы очистки от нефтезагрязнений делятся на четыре типа: физические, химические, физико-химические, биохимические [4–8]. Сформировалось три основных подхода в борьбе с нефтезагрязнителями: непосредственное удаление нефтепродукта за счет его извлечения из грунта; подавление активности (детоксикация) нефтепродукта на месте, непосредственно в массиве; локализация нефтепродукта в массиве за счет создания вокруг аномалии защитного экрана, препятствующего дальнейшему распространению нефтезагрязнений.

При обработке малопроницаемых глинистых грунтов, находящихся под строящимися или эксплуатируемыми зданиями, сооружениями или дорогами, где малоэффективны напорные методы насыщения массива дезактивирующим раствором, весьма перспективен метод электрохимической очистки, основанный на комплексном воздействии активным веществом и электрическим током [9–11]. Основные физические процессы при электрообработке состоят в следующем:

- растворение загрязнителя легкими фракциями с последующей откачкой;
- электротермическое воздействие, приводящее к изменению фазового состояния загрязнителя.

При воздействии электрического тока на дисперсный грунт в той или иной степени меняется его микроструктура и его физические характеристики, в том числе электропроводящие и диэлектрические свойства [12].

Для выявления закономерностей изменения физических свойств грунтов при электрохимической очистке от нефтезагрязнений в лаборатории КузГТУ были проведены исследования и получены результаты [13–15], которые позволили перейти к изучению процессов загрязнения и очистки грунтов в натуральных условиях.

Методы исследования

Проведено испытание метода контролируемой электрохимической очистки грунтов от нефтезагрязнений в натурных условиях на опытном полигоне ООО «НООЦЕНТР»

При сохранении геометрической адекватности условия лабораторного эксперимента существенно отличаются от натурных. Принципиальные отличия состоят в следующем:

- ограниченность объема грунта изолирующими поверхностями приводит к искажению физических полей (электрических, гидро- и термодинамических);
- исключается взаимодействие зоны обработки с прилегающим грунтовым массивом;
- не учитывается взаимовлияние пар электродов в многоэлектродных установках;
- не обеспечивается интегральный геофизический контроль процессов в зоне обработки;
- не учитывается изменение физических свойств грунтового массива под воздействием атмосферы.

Проведение натурного эксперимента позволило проверить достоверность установленных в лабораторных условиях закономерностей.

Для производственных исследований процессов, протекающих в массиве грунта при электрохимической очистке от нефтезагрязнений, был подготовлен экспериментальный участок глинистого грунтового массива. План опытного участка, схема подключения электродов и электросиловой установки представлены на рис. 1.

Вблизи места, предназначенного для очистки, были установлены электросиловая установка (силовой трансформатор ТС-40, выпрямитель-преобразователь), емкости для хранения загрязняющих веществ (отработанное масло и бензин АИ-80).

Постоянный ток от установки к электродам подавался по кабелям типа КГ 4×25-0,66. С помощью установки специальной конструкции, разработанной в КузГТУ, возможно регулировать силу тока от 0,1 до 40 А и напряжение до 360 В. Так как обработка массива проводилась непрерывно, то в целях безопасности вокруг обрабатываемого участка было поставлено ограждение, а также осветительные фонари. В качестве электродов были использованы перфорированные стальные трубы диаметром 57 мм. Глубина их погружения составила 2,3 м. Для электрохимической очистки применялась порядная схема подключения электродов, при этом полярность имела вид: «катод-анод-катод». Расстояние между рядами электродов – 1200 мм, а между разноименными по полярности электродами – 600 мм.

Глинистый массив, находившийся в естественном состоянии, был искусственно загрязнен нефтепродуктом для проведения эксперимента, для чего в шпур диаметром 12 мм на глубину 700 мм (объем полости около 80 мл) был залит загрязнитель. Отверстия расположены через 80–100 мм равномерно во всех направлениях. Нефтезагрязнитель из полостей впитался в грунт, проникая вглубь и в стороны, тем самым была сформирована загрязненная зона с минимальной глубиной до 2 м, что соответствует параметрам загрязнения грунта в естественных условиях (рис. 2).

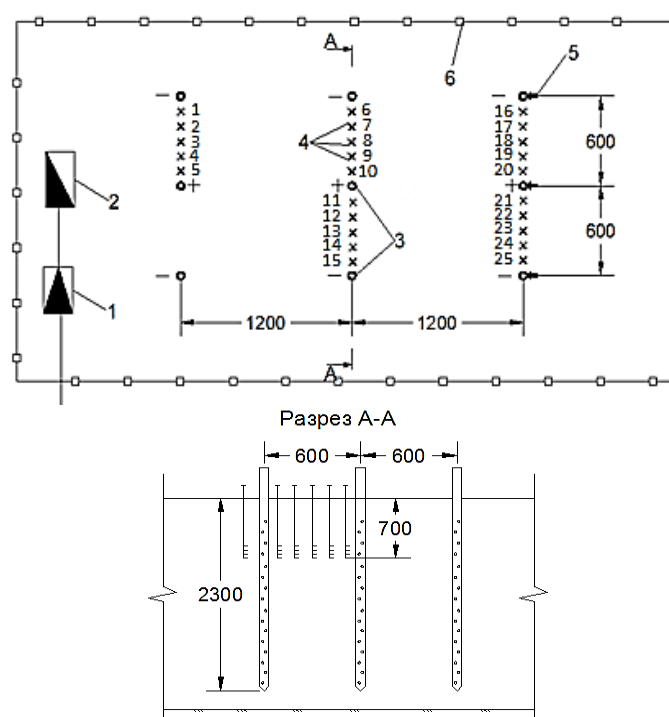


Рис. 1. Схема установки для проведения натурного эксперимента:
1 – силовой трансформатор; 2 – выпрямитель-преобразователь; 3 – электроды-инжекторы; 4 – микродатчики электросопротивления; 5 – подача Гексан-н; 6 – временное защитное ограждение



Рис. 2. Вид зоны загрязнения и зоны электрохимической обработки:
1 – массив, загрязненный отработанным маслом; 2 – массив, загрязненный бензином; 3 – массив, загрязненный отработанным маслом с обработкой растворителем; 4 – массив, загрязненный бензином с обработкой растворителем; 5 – чистый глинистый массив

Основные параметры опытной установки следующие:

- количество электродов-инжекторов – 9;
- глубина обработки – 2,3 м;
- расстояние между электродами-инжекторами – 0,6 м;
- диапазон плотности тока – 8–20 А/м²;
- время обработки – 168 ч;
- общий токорасход $I \cdot t$ – 3650 А·ч;
- режимы обработки – электроосмотический незагрязненного массива, электроосмотический загрязненного массива, электроосмотический с разжижением загрязнителя растворителем гексан-н;
- загрязняющий нефтепродукт – бензин АИ-80; отработанное автомобильное масло (ShellHelixUltra).

На всех этапах экспериментальных исследований проводился непрерывный физико-технический контроль процессов в зоне электрообработки, включающий инженерно-геологические изыскания и геофизический мониторинг, как локальный (микродатчиками удельного электросопротивления – УЭС), так и интегральный (электрическое зондирование).

После начала электрообработки глинистого массива измерения всех основных характеристик производились два раза в сутки, при этом электросиловая установка отключалась. По окончании электрообработки грунтов в наиболее характерных местах (чистый участок, загрязненный маслом и загрязненный бензином участок) производился отбор проб и определялись физико-механические свойства и гранулометрический состав грунта.

Общая продолжительность обработки грунта током составила более 168 ч при токорасходе на одну пару электродов-инжекторов более 600 А·ч. Первый участок с чистой глиной обрабатывался методом электроосмоса без добавления жидкостей в электроды, чтобы сравнить полученные при этом данные с результатами по обработке загрязненного глинистого массива. Второй и третий участки, загрязненные соответственно отработанным маслом и бензином, обрабатывались электрическим током без применения активного вещества – растворителя. Четвертый и пятый участки, также загрязненные отработанным маслом и бензином, обрабатывались электрическим током и активным веществом – растворителем гексан-н. Растворитель подавался в электрод-анод в моменты времени $t = 48$ и 60 ч в объеме 4 л за один прием. График изменения режима электросиловой установки представлен на рис. 3.

Результаты исследования

Для определения физических свойств грунтов была отобрана серия образцов на участках до загрязнения глинистого массива, после его загрязнения нефтепродуктом, после завершения электрохимической обработки.

Результаты исследований физических свойств грунтов до и после обработки массива приведены в табл. 1, а гранулометрического состава грунта – в табл. 2.

Из данных табл. 1 следует, что в грунте как в чистом, так и в загрязненном различными нефтепродуктами состояниях после электрообработки происходит химическое связывание влаги и нефтепродукта, что приводит к об-

щему снижению влажности грунта на 3–6 % и снижению его плотности на 3–7 % как во влажном, так и в сухом состояниях. При загрязнении грунта нефтепродуктами произошло увеличение влажности, т. к. увеличилось содержание поровой жидкости на опытном участке грунта. В сравнении с результатами лабораторных исследований изменения влажности и плотности менее существенны, что связано с влиянием атмосферы и близрасположенного массива, находящегося в состоянии естественной влажности.

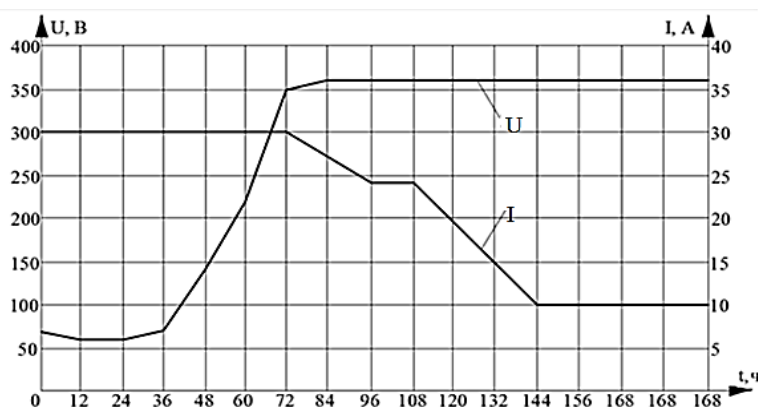


Рис. 3. Изменение напряжения U и силы тока I за время t электрообработки

Таблица 1

Изменение физических параметров грунта в результате электрообработки

Номер образца	Характеристики (до загрязнения/до обработки/после обработки)		
	Влажность, %	Плотность во влажном состоянии, г/см ³	Плотность в сухом состоянии, г/см ³
№ 1 – чистая глина	19,7/19,7/14,6	1,82/1,82/1,73	1,52/1,52/1,51
№ 2 – загрязнение маслом	19,7/20,1/17,1	1,82/1,80/1,71	1,52/1,5/1,46
№ 3 – загрязнение бензином	19,7/19,8/15,5	1,82/1,82/1,71	1,52/1,52/1,48
№ 4 – загрязнение маслом с применением растворителя	19,7/20,1/15,7	1,82/1,91/1,79	1,52/1,59/1,55
№ 5 – загрязнение бензином с применением растворителя	19,7/19,8/14,8	1,82/1,87/1,77	1,52/1,56/1,54

В гранулометрическом составе грунта установлены существенные изменения:

– В чистом грунте установлено небольшое снижение (с 48 до 40 %) содержания фракции $< 0,1$ мм и увеличение фракций 0,5, 0,25 и 0,1 мм.

– В загрязненном отработанным маслом грунте происходит значительное увеличение (с 18,8 до 23,4 %) количества частиц фракций 0,1 мм, небольшое увеличение количества частиц фракций 0,25, 0,5 мм и значительное

(с 46,1 до 27,6 %) уменьшение частиц фракции $< 0,1$ мм вследствие процессов коагуляции масла, слипания мелких частиц, при этом вероятен переход нефтепродукта из жидкого состояния в твердое, которое считается менее токсичным и экологически вредным. Следует отметить, что при электрохимической обработке растворителем этот процесс проходил с меньшей интенсивностью, чем при обработке электрическим током без растворителя.

– В загрязненном бензином грунте происходит значительное увеличение (с 18,8 до 24,4 %) количества частиц фракции $0,1$ мм, небольшое увеличение количества частиц фракции $0,25$, $0,5$ мм, при этом происходит значительное (с 46,1 до 34,9 %) уменьшение частиц фракции $< 0,1$ мм как при обработке с растворителем, так и без растворителя. Увеличение количества более крупных частиц в грунте, загрязненном отработанным маслом, происходит интенсивнее, чем при загрязнении бензином, т. к. отработанное масло более густое, чем бензин, оно в большей степени обволакивает частицы грунта при загрязнении и электрообработке.

Таблица 2

**Изменение гранулометрического состава грунта
в результате электрообработки**

Номер образца	Содержание фракций (мм), % (до/после обработки)				
	2	0,5	0,25	0,1	$< 0,1$
№ 1 – чистая глина	2/2,2	17,6/18,5	15,5/17,4	18,8/21,2	46,1/40,7
№ 2 – загрязнение маслом	2/3	17,6/20,2	15,5/21,3	18,8/27,9	46,1/27,6
№ 3 – загрязнение бензином	2/2,5	17,6/19,7	15,5/18,5	18,8/24,4	46,1/34,9
№ 4 – загрязнение маслом с применением растворителя	2/1,8	17,6/17,8	15,5/16,6	18,8/29,4	46,1/34,4
№ 5 – загрязнение бензином с применением растворителя	2/2,8	17,6/19,3	15,5/19,2	18,8/27,7	46,1/31

На рис. 4 все изменения гранулометрического состава, описанные выше, представлены в графическом виде. Из графиков следует, что наиболее существенные качественные изменения гранулометрического состава грунтов происходят в диапазоне от $< 0,1$ до $0,25$ мм.

После прекращения электрообработки было произведено извлечение грунта из загрязненной и обработанной зоны со снятием слоями толщиной от 8 до 12 см, при этом производили фотофиксацию и сопоставляли полученные данные о физических свойствах грунта с фактическим его состоянием.

Было обнаружено, что глина при загрязнении бензином имеет темнорозовый цвет на глубину от 40 до 80 см. При загрязнении отработанным маслом глина приобрела черный цвет, который наблюдался на глубину от 80 до 140 см. При разработке по всей глубине грунт не имел трещин, у поверхности на глубину до 70 см видны отверстия, пробитые для загрязнения участка нефтепродуктами.

В прикатодной и прилегающей к ней зоне грунт рыхлый и легко крошится, а возле анода – прочный и не осыпается. Грунт на контакте с электродом-инжектором очень прочный и образует наросты на трубах толщиной до 3 см.

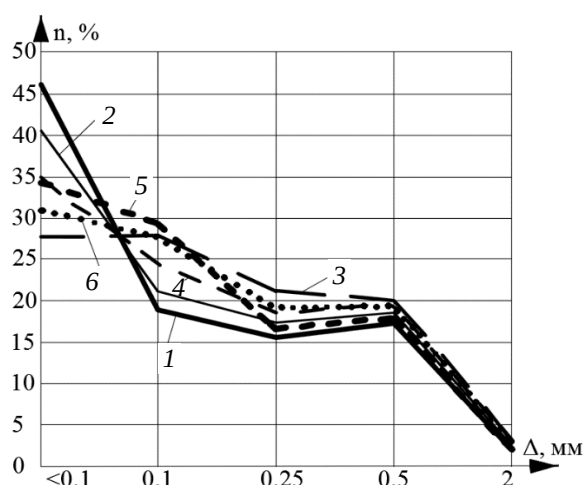


Рис. 4. Изменение гранулометрического состава грунта в зависимости от вида обработки и времени:

1 – чистая глина до электрообработки; 2 – чистая глина после электрообработки; 3 – загрязнение отработанным маслом после электрообработки; 4 – загрязнение бензином после электрообработки; 5 – загрязнение отработанным маслом после электрообработки с растворителем; 6 – загрязнение бензином после электрообработки с растворителем

На аноде на глубине от 50 см и ниже образовался налипший закаменевший кусок глинистого массива с цветом глины, характерным для загрязнения отработанным маслом. На рис. 5, а видно расположение и размер этого нароста в соотношении с диаметром трубы (57 мм). В приэлектродных зонах грунт по всей глубине проявляет отблеск и отличается по цвету: в зоне катода грунт серо-желтого цвета; у анода – темно-серого и темно-коричневого цвета, что соответствует по окончании эксперимента более очищенному состоянию грунта около катода, и с наибольшим содержанием нефтепродуктов в твердом состоянии около анода. На рис. 5, б выделена зона с повышенным содержанием нефтепродуктов около анода. В случае загрязнения бензином глина имеет более естественный оттенок, а при загрязнении отработанным маслом – более серый и темный оттенок, что полностью соответствует виду, консистенции, цвету загрязнителя и согласуется с результатами определения физических свойств и гранулометрического состава грунта.

При разработке грунта на глубину до 150 см глина приобрела полностью естественный оттенок, и дальнейших изменений не происходило.

Анализ результатов инженерно-геологических изысканий позволил сделать следующие выводы:

– при пропускании электрического тока и воздействии его на нефтепродукты в порах грунта они переходят в твердое связанное состояние, и происходит уменьшение влажности, что соответствует результатам лабораторных исследований на одномерной и объемной моделях, однако диапазоны данных изменений ниже, что обусловлено дополнительным поступлением влаги из атмосферы и прилегающих грунтов с естественной влажностью;

– в результате электротермического воздействия постоянного тока на загрязненный массив происходит увеличение размера твердых частиц и их слипание, что приводит к изменению гранулометрического состава глинистого грунта в сторону увеличения содержания более крупных фракций; причем увеличение количества более крупных частиц происходит интенсивнее при загрязнении более вязким нефтепродуктом;

– при обработке грунта электрическим током снижение влажности грунта и увеличение процентного содержания крупных фракций приводит к снижению плотности грунта как во влажном, так и в сухом состоянии;

– процесс фазового преобразования нефтесодержащего продукта в порах грунта, обусловленный электрической и термической коагуляцией, происходит при любом виде нефтепродукта-загрязнителя; причем при использовании растворителя этот процесс происходит менее интенсивно, однако при этом увеличивается объем скапливания разжиженного нефтепродукта в прианодной области.

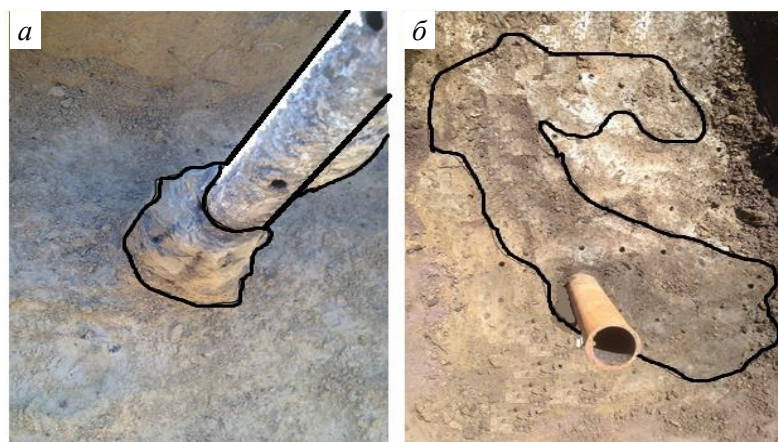


Рис. 5. Вид уплотненной прианодной зоны (а), вид зоны с повышенным остаточным загрязнением отработанным маслом (б)

Вторая часть натурного эксперимента была направлена на диагностирование зоны искусственного загрязнения грунта и мониторинг состояния этой зоны в процессе электрообработки.

Для измерения электрофизических параметров использовали две схемы: зондирование с земной поверхности, а также измерение с помощью заглубленных микродатчиков, устанавливаемых в глубине массива в специально пробуренные отверстия диаметра меньшего, чем датчики-микрозонды.

Для реализации четырехэлектродного метода зондирования с поверхности земли в грунт за пределами обрабатываемого участка забивали металлические питающие электроды, изготовленные из арматуры длиной 0,8 м, диаметром 20 мм, заостренные с одной стороны, а в качестве измерительных использовали электроды-инъекторы.

Метод заглубленных микродатчиков реализован при помощи 4-электродных датчиков-зондов с расстоянием между электродами 1 см. Глубину

установки 1 датчиков-зондов принимали из возможности максимального погружения их в грунт через отверстия глубиной 700 мм. Общее количество датчиков-зондов – 25, по 5 на каждую пару электродов, схема их размещения порядная. Измерения электрофизических свойств проводились прибором КП-2. По результатам контроля строили графики изменения УЭС ρ вдоль основной оси установки электрообработки и в зависимости от токорасхода.

Основные результаты, характеризующие процессы пространственно-временных изменений истинного УЭС грунтов, полученные с помощью системы микродатчиков, представлены на рис. 6.

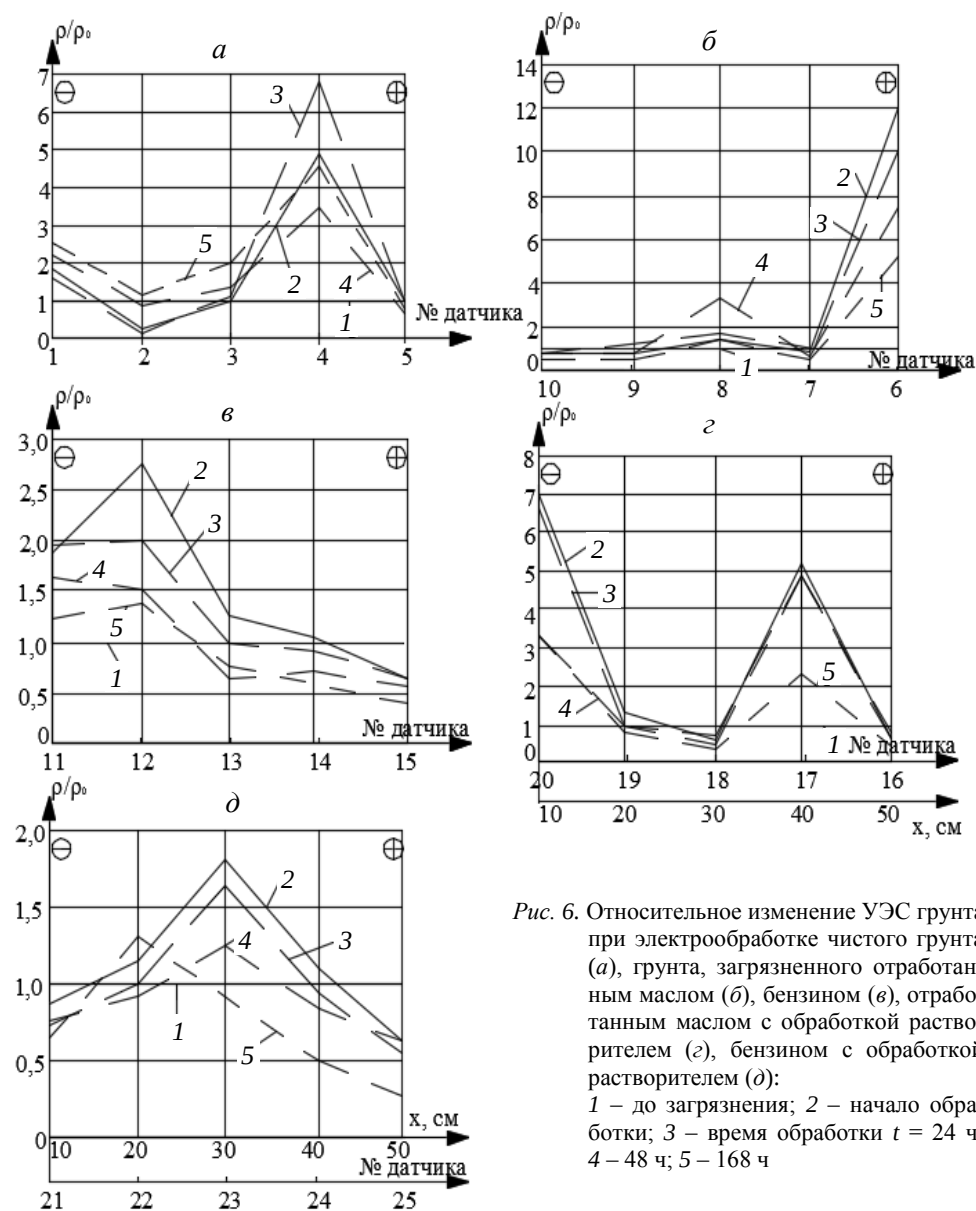


Рис. 6. Относительное изменение УЭС грунта при электрообработке чистого грунта (а), грунта, загрязненного отработанным маслом (б), бензином (в), отработанным маслом с обработкой растворителем (г), бензином с обработкой растворителем (д): 1 – до загрязнения; 2 – начало обработки; 3 – время обработки $t = 24$ ч; 4 – 48 ч; 5 – 168 ч

Из приведенных результатов эксперимента следует, что электроосмотические процессы в приэлектродных областях, оцениваемые по величине УЭС, при обработке чистого, загрязненного нефтепродуктом грунта и разжижение растворителем загрязненного нефтепродуктом грунта взаимосвязаны, но имеют при этом существенные отличия, обусловленные различием электропроводящих свойств порозаполняющего водного раствора с низким УЭС и нефтепродуктов в виде бензина, отработанного масла и растворителя с ярко выраженными диэлектрическими свойствами, которые, в свою очередь, обладают различной вязкостью.

Вместе с тем высокая разрешающая способность электрофизического мониторинга при данной схеме измерений позволяет существенно детализировать процессы, происходящие в зоне электрообработки и в приэлектродных областях.

Заключение

Основные результаты анализа приведенных графиков сводятся к следующему:

– В незагрязненном грунте (рис. 6, а) происходит постепенное перемещение влаги от катода к аноду (электроосмос), сопровождающееся уменьшением УЭС в месте сосредоточения влаги и увеличением УЭС в зоне электроосушения, при этом прианодная зона осушения по протяженности в два раза превышает зону влагонасыщения, формирование указанных зон происходит достаточно быстро – через 24 ч с момента начала электрообработки.

– В загрязненном отработанным маслом грунте (рис. 6, б) также происходит поступательное перемещение жидкостей, сопровождающееся изменениями УЭС, при этом на аноде формируется зона скопления нефтепродукта, о чем свидетельствует значительное увеличение УЭС около положительного электрода; около катода формируется зона с пониженным УЭС, что свидетельствует об уменьшении в прикатодной зоне концентрации нефтепродукта и увеличении количества влаги, которая обладает более низким электросопротивлением.

– В загрязненном бензином грунте (рис. 6, в) происходит постепенное изменение УЭС, при этом на катоде формируется зона скопления бензина, о чем свидетельствует постепенное увеличение УЭС, но к концу электрообработки УЭС снижается, что может быть связано с поступлением влаги к отрицательному электроду; около анода формируется зона с пониженным УЭС, что свидетельствует об уменьшении в этой зоне концентрации нефтепродукта.

– При подаче растворителя на анод жидкость распространялась в массив и скапливалась на катоде, при этом наблюдалось понижение электросопротивления в месте разжижения загрязнителя и распространения растворителя; так, в загрязненном отработанным маслом грунте (рис. 6, г) происходит постепенное перемещение влаги от катода к аноду в первом периоде обработки без растворителя, что приводит к снижению УЭС на положительном электроде и увеличению – на отрицательном электроде, но после добавления растворителя в поровом пространстве происходит смешивание жидкостей (влаги, растворителя и загрязнителя), что ведет к уменьшению УЭС в зонах скопления разжиженного раствора и увеличению в зонах массива, где процесс разжижения по причине отсутствия растворителя не произошёл; около катода

после добавления растворителя происходит постепенное снижение УЭС, что свидетельствует о направлении течения растворителя в сторону отрицательного электрода.

– В загрязненном бензином грунте (рис. 6, д) происходит скопление влаги и испарение бензина около электродов в первом периоде обработки без растворителя, что приводит к снижению УЭС около электродов, а после добавления растворителя этот процесс еще в большей степени активизируется, тем самым около электродов формируются зоны с пониженным УЭС вследствие скопления разжиженной массы загрязнителя и уменьшения концентрации нефтепродукта, внутри же массива УЭС увеличивается из-за отсутствия там растворителя в необходимом объеме и оттока влаги из межэлектродного пространства к электродам; снижение УЭС на отрицательном электроде свидетельствует о том, что около катода формируется зона скопления разжиженного загрязнителя; это подтверждается визуально следами нефтесодержащей жидкости в дренажных отверстиях электрода и частичным ее испарением.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Батракова Л.М., Рудакова Л.В., Нурисламова Т.В. Анализ нормативной базы по вопросу санирования промышленных зон (на примере площадки производства смазочных материалов) // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2016. № 2 (22). С. 63–78.
2. Шибалова Г.В., Шкаредо В.А. Оценка возможности использования глинистых грунтов, загрязненных углеводородами, в строительных целях // Природообустройство. 2017. № 5. С. 50–57.
3. Деркачев В.А., Дмитриенко В.А. Снижение загрязнений грунта при строительстве автодорожного тоннеля // Научный Вестник Московского государственного горного университета. 2013. № 8. С. 12–16.
4. Boukharov A., Balashov A., Timohin A., Ivanov A., Holin B. Receiving and use of streams of monodisperse ice granules for cleaning and deactivation of surface // Journal of Physics: Conference. Series «International Conference “Problems of Thermal Physics and Power Engineering”, PTPPE 2017». 2017. P. 012131.
5. Litvinova T.E., Sulimova M.A., Cheremisina O.V. The use of a multifunctional sorbent based on ferromanganese nodules for neutralizing wastewater from oil refineries // International Multidisciplinary Scientific Geoconference Surveying Geology and Mining Ecology Management, Sgem17, Ecology, Economics, Education and Legislation. 2017. P. 1017–1024.
6. Morozov N.V., Ganiev I.M. Microbiological removal of engine oils from natural water using plant-derived sorbents // Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences. 2016. V. 7. № 5. P. 1728–1735.
7. Vorobeichik E.L., Kozlov M.V. Impact of point polluters on terrestrial ecosystems: Methodology of research, experimental design, and typical errors. Russian Journal of Ecology. 2012. № 2. P. 89–96.
8. Archegova I.B., Khabibullina F.M., Shubakov A.A. Optimization of the purification of soil and water objects from oil using biosorbents // Contemporary Problems of Ecology. 2012. № 6. P. 548–553.
9. Krapivsky E.I., Nekuchaev V.O., Beljaev A.E., Charnetsky A.D. Technology of thermal remediation of oil sludges and oil contaminated soils // 67th European Association of Geoscientists and Engineers, EAGE Conference and Exhibition, incorporating SPE EUROPE 2005 Extended Abstracts. 2005. P. 2753–2756.
10. Park S.W., Kim K.J., Baek K., Lee J.Y., Yang J.S. Alkaline enhanced-separation of waste lubricant oils from railway contaminated soil // Separation Science and Technology. 2010. V. 45. № 12. P. 1988–1993.

11. Tsai C.J., Feng C.H., Li J.H. Dual dispersive liquid-liquid microextraction for determination of phenylpropenes in oils by gas chromatography-mass spectrometry // *Journal of chromatography*. 2015. № 1410. P. 60–67.
12. Shtumpf G.G. Aqueous-physical properties of coal-measure rocks // *Journal of Mining Science*. 1993. № 6. P. 59–66.
13. Простов С.М., Шабанов Е.А. Электрофизический мониторинг процессов электроосмотической очистки грунтов от нефтезагрязнений на лабораторных установках // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. 2017. № 1 (119). С. 3–14.
14. Prostov S.M., Shabanov E.A. Electrophysical Monitoring of the Processes of Electroosmotic Treatment of Soil from Oil Pollution on Laboratory Installations // *Proceedings of the 8th Russian-Chinese Symposium «Coal in the 21st Century: Mining, Processing, Safety»*. Advances in Engineering Research. September. 2016. V. 92. P. 175–183.
15. Prostov S.M., Shabanov E.A. Diagnostics of Oil Pollution Zones by ElectroPhysical Method // *The Second International Innovative Mining Symposium – E3S Web of Conferences* 21, 02007 (2017) DOI: 10.1051/e3sconf/20172102007

REFERENCES:

1. Batrakova L.M., Rudakova L.V., Nurislamova T.V. Analiz normativnoj bazy po voprosu sanirovaniya promyshlennyh zon (na primere ploshchadki proizvodstva smazочnyh materialov) [Analysis of regulatory framework for rehabilitation of industrial areas (lubricant production site)]. *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Prikladnaya ehkologiya. Urbanistika*. 2016. No. 2 (22). Pp. 63–78. (rus)
2. Shibalova G.V., Shkaredo V.A. Otsenka vozmozhnosti ispol'zovaniya glinistykh gruntov, zagryaznennykh uglevodorodami, v stroitel'nykh tselyakh [Possibility of using clay soils contaminated with hydrocarbons for construction purposes]. *Prirodoobustroistvo*. 2017. No. 5. Pp. 50–57 (rus)
3. Derkachev V.A., Dmitrienko V.A. Snizhenie zagryaznenii grunta pri stroitel'stve avtodorozhnogo tonnelya [Reducing soil contamination during the road tunnel construction]. *Nauchnyi Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta*. 2013. No. 8. Pp. 12–16 (rus).
4. Boukharov A., Balashov A., Timohin A., Ivanov A., Holin B. Receiving and use of streams of monodisperse ice granules for cleaning and deactivation of surface. *Journal of Physics: Conference Series*. 2017. Pp. 012131.
5. Litvinova T.E., Sulimova M.A., Cheremisina O.V. The usage of a multifunctional sorbent based on ferromanganese nodules for neutralizing wastewater from oil refineries. *International Multidisciplinary Scientific Geoconference Sgem*. 2017. Pp. 1017–1024.
6. Morozov N.V., Ganiev I.M. Microbiological removal of engine oils from natural water using plant-derived sorbents. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2016. V. 7. No. 5. Pp. 1728–1735.
7. Vorobeichik E.L., Kozlov M.V. Impact of point polluters on terrestrial ecosystems: Methodology of research, experimental design, and typical errors. *Russian Journal of Ecology*. 2012. No. 2. Pp. 89–96.
8. Archegova I.B., Khabibullina F.M., Shubakov A.A. Optimization of the purification of soil and water objects from oil using biosorbents. *Contemporary Problems of Ecology*. 2012. No. 6. Pp. 548–553. (rus)
9. Krapivsky E.I., Nekuchaev V.O., Beljaev A.E., Charnetsky A.D. Technology of thermal remediation of oil sludges and oil contaminated soils. *Proc. 67th European Association of Geoscientists and Engineers*. 2005. Pp. 2753–2756.
10. Park S.W., Kim K.J., Baek K., Lee J.Y., Yang J.S. Alkaline enhanced-separation of waste lubricant oils from railway contaminated soil. *Separation Science and Technology*. 2010. V. 45. No. 12. Pp. 1988–1993.
11. Tsai C.J., Feng C.H., Li J.H. Dual dispersive liquid-liquid microextraction for determination of phenylpropenes in oils by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography*. 2015. No. 1410. Pp. 60–67.
12. Shtumpf G.G. Aqueous-physical properties of coal-measure rocks. *Journal of Mining Science*. 1993. No. 6. Pp. 59–66.

13. Prostov S.M., Shabanov E.A. Elektrofizicheskiy monitoring processov ehlektroosmoticheskoy ochistki gruntov ot neftezagryaznenij na laboratornyh [Electrophysical monitoring of electroosmotic soil cleaning from oil products]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2017. No. 1 (119). Pp. 3–14. (rus)
14. Prostov S.M., Shabanov E.A. Electrophysical Monitoring of the processes of electroosmotic treatment of soil from oil pollution on laboratory installations. *Proc. 8th Russ.-Chinese Symp. "Coal in the 21st Century: Mining, Processing, Safety". Ser. Advances in Engineering Research*. 2016. V. 92. Pp. 175–183.
15. Prostov S.M., Shabanov E.A. Diagnostics of oil pollution zones by electro-physical method. E3S Web of Conferences 21. *Proc. 2nd Sci. Conf. 'International Innovative Mining Symposium'*. 2017. P. 02007. DOI: 10.1051/e3sconf/20172102007.

Сведения об авторах

Шабанов Евгений Анатольевич, канд. техн. наук, доцент, Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, evgenshab@mail.ru

Простов Сергей Михайлович, докт. техн. наук, профессор, Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, psm.kem@mail.ru

Герасимов Олег Васильевич, канд. техн. наук, доцент, Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, gerasimov@noocentr.com

Authors Details

Evgenii A. Shabanov, PhD, A/Professor, Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennyya Str., 650000, Kemerovo, Russia

Sergei M. Prostov, DSc, Professor, Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennyya Str., 650000, Kemerovo, Russia

Oleg V. Gerasimov, PhD, A/Professor, Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennyya Str., 650000, Kemerovo, Russia

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

УДК 625.8:624.131.52(571.1)

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-165-179

*В.Н. ЕФИМЕНКО, С.В. ЕФИМЕНКО, А.В. САМОЙЛОВА,
Томский государственный архитектурно-строительный университет*

ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД В ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО РЕГИОНА

В статье приведены результаты комплексного изучения связей и закономерностей, влияющих на качество проектирования дорожных одежд автомобильных дорог Западно-Сибирского региона. Показано, что свойства глинистых грунтов земляного полотна на территории исследования определяет их состав, формирующийся под влиянием географического комплекса, характерного для региона. Отражён оригинальный подход к учёту особенностей природно-климатических условий при районировании территории в таксономической схеме «зона – подзона – дорожный район». Для дорожных районов, выделенных во II, III и IV дорожно-климатических зонах, назначены расчётные характеристики грунтов земляного полотна автомобильных дорог территории исследования. Рекомендуемые значения характеристик глинистых грунтов до 40 % отличаются от рекомендованных действующими нормами, что свидетельствует о важности и практической ценности представленных в статье результатов.

Ключевые слова: автомобильная дорога; дорожно-климатическое районирование; дорожная одежда; земляное полотно; глинистые грунты; расчётные значения грунтов рабочего слоя земляного полотна.

Для цитирования: Ефименко В.Н., Ефименко С.В., Самойлова А.В. Пути обеспечения качества проектирования дорожных одежд в природно-климатических условиях Западно-Сибирского региона // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 5. С. 165–179.
DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-165-179

*V.N. EFIMENKO, S.V. EFIMENKO, A.V. SAMOILOVA
Tomsk State University of Architecture and Building*

QUALITY DESIGN OF ROAD PAVEMENTS IN WEST SIBERIAN CLIMATIC CONDITIONS

The article presents the results of a comprehensive study of the laws affecting the pavement design quality in the West Siberian region. It is shown that the properties of clay subgrade de-

termine its composition, which forms under the influence of the geographical complex of the region. The differentiated approach to the climatic conditions when zoning the territory is reflected in the taxonomic scheme "zone – subzone – road region". For the road regions in II, III and IV road building climatic zones, the design parameters are assigned to the clay subgrade soils, automobile roads and the territory of interest. The recommended values of subgrade parameters differ from those recommended by current standards by 40%, which indicates the importance and practical value of the results presented.

Keywords: automobile road; road building climatic zone; pavement; subgrade; clay soils; calculated values.

For citation: Efimenko V.N., Efimenko S.V., Samoilova A.V. Puti obespecheniya kachestva proektirovaniya dorozhnykh odezhd v prirodno-klimaticheskikh usloviyakh Zapadno-Sibirskogo regiona [Quality design of road pavements in West Siberian climatic conditions]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2019. V. 21. No. 5. Pp. 165–179.

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-165-179

Увеличение межремонтных сроков эксплуатации автомобильных дорог, установленное Постановлением Правительства РФ от 30 мая 2017 г. № 658, может быть достигнуто решением комплекса актуальных задач, среди которых следует обозначить дифференциацию свойств прочности и деформируемости широко распространённых на территории Российской Федерации глинистых грунтов.

Предлагаемые нами результаты исследований базируются на многолетнем изучении водно-теплого режима грунтов земляного полотна автомобильных дорог II, III и IV дорожно-климатических зон на территории Западно-Сибирского региона [1–3].

Ещё в 1963 г. проф. Н.А. Цытович [4] отметил, что «физико-географическая среда оказывает огромное влияние на формирование состава грунтов и их свойств». Это заключение подтверждено и развито специалистами МГУ [5, 6]. Сформулированный проф. В.Т. Трофимовым [7] основной закон грунтоведения может быть интерпретирован в следующей редакции: состав и свойства грунтов, их строение и состояние в существенной мере определяют происхождение, история формирования, характер пространственного положения, а на освоенных территориях – особенности техногенных воздействий. Отмеченное позволяет считать, что обеспечить качество проектирования транспортных сооружений в тех или иных природно-климатических условиях можно только при условии учёта их особенностей.

К сожалению, действующие в России нормы проектирования дорожных одежд, например ОДН 218.046–01, ПНСТ 265–2018, рекомендуют обобщённые расчётные значения сдвиговых характеристик и модулей упругости подвидов грунтов земляного полотна, как правило, независимо от зонального расположения проектируемого объекта.

Исследуя покровные отложения Западно-Сибирского региона, специалисты авторитетной отечественной школы инженерной геологии академика Е.М. Сергеева [8] установили наличие общих признаков, выраженных присутствием лёссов в породах, обладающих различным возрастом и генезисом. Это позволило сделать вывод о том, что формирование покровных пород

(пылеватых суглинков и супесей) Западно-Сибирской плиты обусловлено действием процессов выветривания и почвообразования, связанных с изменением их химического, гранулометрического состава и состава обменных катионов породы, происходящих в различных условиях по-разному. Так, в условиях пребывания породы в кислой среде и вымывания обменного калия из кристаллической решётки глинистых минералов с последующим замещением его водородом минералы из группы гидрослюды преобразуются в монтмориллонит и удаляются из породы потоками промывных вод. Это способствует росту содержания пылеватых частиц.

Лабораторными исследованиями гранулометрического состава образцов глинистых грунтов, отбор которых осуществлён из земляного полотна автомобильных дорог территории Западной Сибири, выявлено, что пылеватые фракции (0,05–0,005 мм) содержатся в супесях в количестве до 82,3 %, а для суглинков – 81,6 %. Содержание глинистых фракций (< 0,005 мм) для супесей не превышает 20,3 %, а для суглинков – 32,3 % [9, 10].

Приведённые сведения близки к полученным ранее [11] результатам исследований образцов глинистого грунта (суглинок пылеватый), отбор которого произведён на водораздельном правом берегу р. Томи, в окрестности пос. Лоскутово. Исследованный грунт неоднороден по составу ($K_n = 11,4$), он содержит 17,9 % песчаной, 62,6 % пылеватой и 19,5 % глинистой фракции.

Результаты изучения минералогического состава показали [12], что в образцах глинистого грунта преобладает кварц, содержание которого составляет 60,7 %, плагиоклаз – 15,4 %, монтмориллонит 14,5 %. Содержание кальцита, хлорита, иллита и микроклина в сумме составляет 3 %.

Рентгеновские исследования препаратов свидетельствуют, что структура преобладающих глинистых минералов смешанослойная и неоднородная по соотношению переслаивающихся текстур.

По химическому составу в образцах преобладают окислы кремния (SiO_2), содержание которых достигает 62,8 %, окислы алюминия (Al_2O_3) в количестве 13,5 % и окислы железа (Fe_2O_3) – 5,5 %. Кислотность образцов нейтральная (слабощелочная) ($\text{pH} = 7\text{--}8$). В составе лёгкой фракции этих образцов преобладает кварц (около 70 %) и полевые шпаты (20–25 %) [12].

Исследования проф. В.И. Коробкина [13], выполненные для территории юга европейской части России, показали, что содержание в них пылеватых и глинистых фракций превышает 25 и 50 % соответственно, что существенно отличается от глинистых грунтов Западно-Сибирского региона. Оценка минералогического состава глинистых грунтов указывает, что в лёгких фракциях преобладает кварц, процентное содержание которого превышает 70 %, карбонаты (кальцит) в количестве до 11,3 %, полевые шпаты (ортоклаз) в объёме от 7,2 до 10,2 %. Халцедон и обломки горных пород содержатся в пределах от 6,4 до 11 %. В тяжёлой фракции преобладают ильменит, магнетит, лимонит, лейкоксен и др.

В минеральном составе глинистой фракции доминируют гидрослюды типа иллита.

Приведённые результаты исследований составов глинистых грунтов, выполненных для районов Западной Сибири и юга европейской части России –

ской Федерации, подтверждают справедливость ранее высказанных [4, 6, 7] предположений о том, что разнообразные генезис и возраст поверхностных отложений, избирательность процессов выветривания при формировании покровных пород определяют особенности состава, состояния, структуры, текстуры пород, слагающих верхний горизонт [9, 10].

Учитывая, что состав грунтов в значительной мере определяет их свойства, в процессе проектирования транспортных сооружений следует принимать во внимание разнообразие природно-климатических условий, определяющих в том числе состав и свойства грунтов земляного полотна автомобильных дорог [14].

Поэтому для обеспечения качества проектирования и заданных сроков службы автомобильных дорог следует руководствоваться комплексом расчётных значений грунтов рабочего слоя земляного полотна, установленным в районах дислокации объекта, характеризуемого индивидуальным географическим комплексом, а не осреднёнными значениями расчётных показателей, приведёнными в действующих нормативных документах, распространяющих свои требования на значительные по площади территории.

Для решения проблемы увеличения межремонтных периодов и жизненного цикла автомобильных дорог с капитальным типом покрытий необходима детализация районирования территорий, обозначенных предшествующими исследованиями дорожно-климатических зон, с уточнением простирающихся их границ и формированием информационной базы, отражающей в том числе расчётные значения характеристик грунтов, характерных для района проектирования автомобильных дорог. Примерами подобных разработок могут быть нормативные документы, распространяющие свои требования на территориях Германии [15], США [16], Китая [17] и др.

В основе карты распространения дорожно-климатических зон на территории Западной Сибири (рис. 1) лежит общая идеология, изложенная в работах [1, 3], а также исследованиях профессоров А.И. Ярмолинского и В.А. Ярмолинского [18], которая состоит в выделении однородных по геокомплексу территорий в пределах административных границ краёв и областей. Предлагаемый подход к технологии дорожно-климатического районирования аргументирован тем, что основная сеть дорог, расположенных в пределах административных образований, представлена сетью дорог областного или краевого значения. Пример карты-схемы дорожно-климатического районирования территории Кемеровской области приведен на рис. 2. Для территории Кемеровской области рекомендовано две дорожно-климатические зоны – II и III, три подзоны – Р, Х и Г и 8 дорожных районов.

Характеристика дорожных районов, выделенных на территории Кемеровской области, приведена в табл. 1. Аналогичные карты составлены для всех административных образований территории Западной Сибири.

В отличие от действующего нормированного в Своде правил (СП 34.13330.2012) районирования России предлагаемое нами деление территории Западной Сибири в значительной мере детализирует природно-климатические условия для таксонов «зона – подзона – дорожный район». Каждая из выделенных на территории Российской Федерации дорожно-кли-

матических зон занимает значительные площади, являясь единым географическим целым, но объединяет разные анклавы, с неоднородным сочетанием основных географических компонентов. Нормативно закреплённое в настоящее время зонирование территории Российской Федерации не соответствует результатам многолетних исследований специалистов-грунтоведов и не обеспечивает качество проектирования автомобильных дорог.

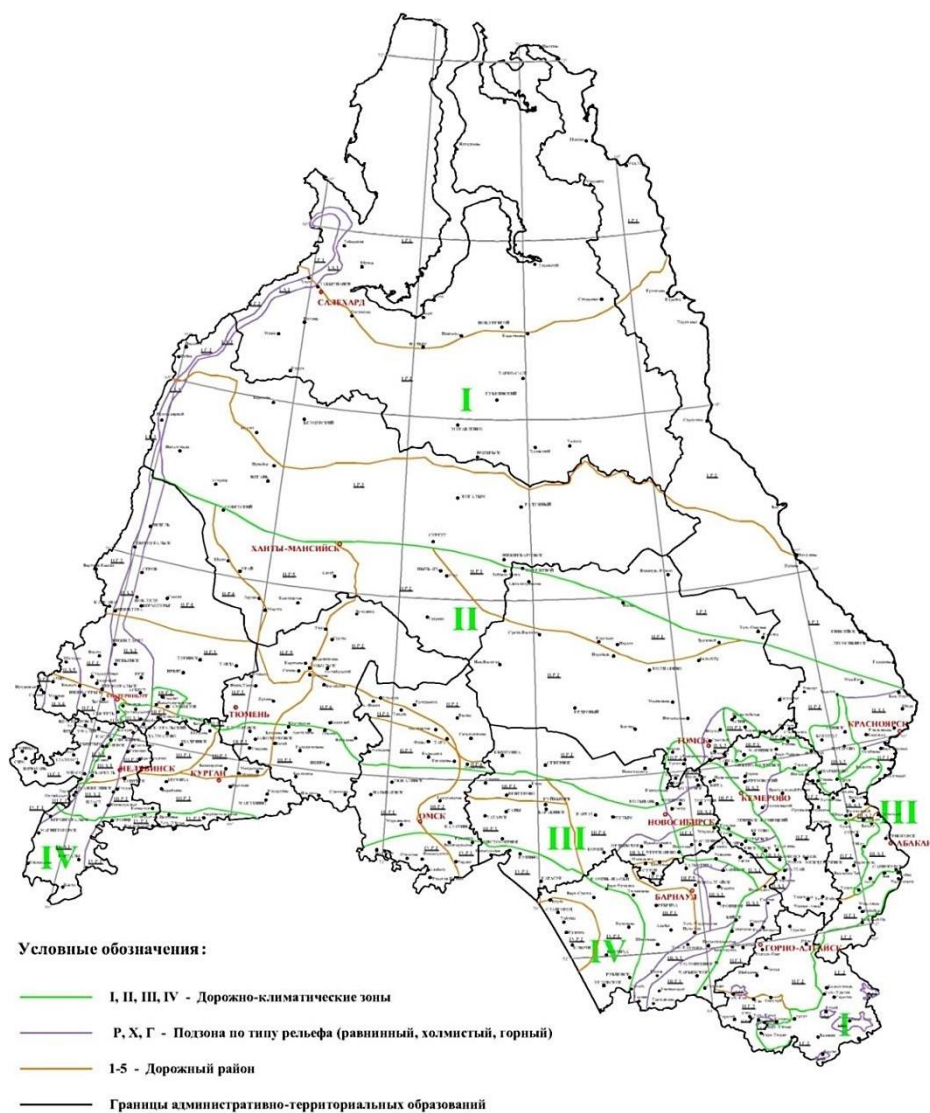


Рис. 1. Карта-схема дорожно-климатического районирования территории Западной Сибири

Результаты лабораторных испытаний грунтов, пробы которых отобраны из земляного полотна автомобильных дорог Западно-Сибирского региона на территории, занимаемой II дорожно-климатической зоной (рис. 1), позволили установить, что рабочий слой земляного полотна преимущественно сложен из

пылеватых суглинков (69 % образцов, выбранных во время полевых обследований) с числом пластичности $I_p = 0,07 \dots 0,17$ и пылеватых супесей – 31 % случаев с $I_p = 0,02 \dots 0,07$.

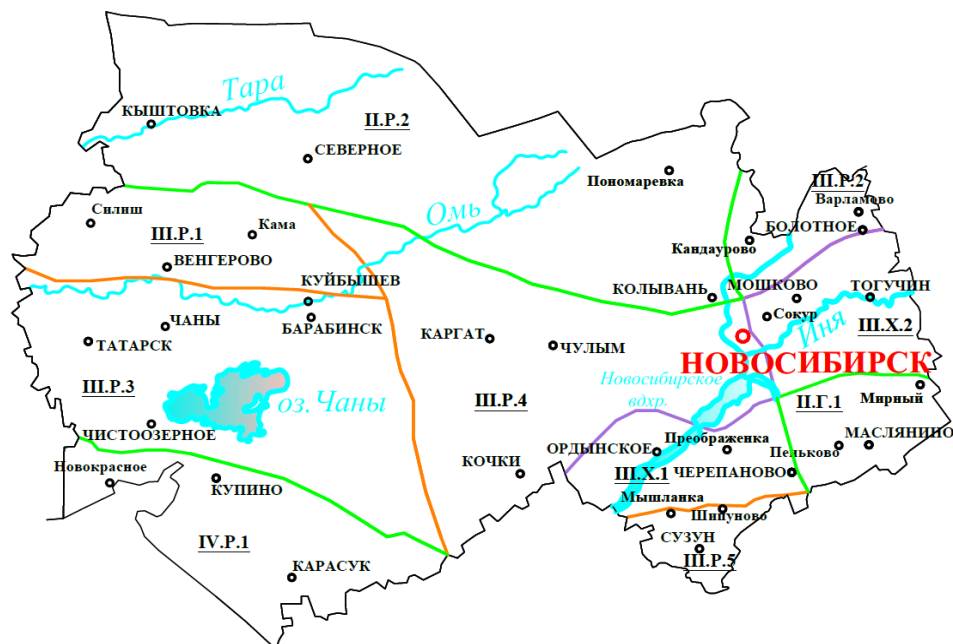


Рис. 2. Карта-схема таксонов системы «зона – подзона – район» территории Новосибирской области: II, III и IV – номера дорожно-климатических зон; Р, X, Г – обозначения подзон, в зависимости от типа рельефа (Р – равнинный, X – холмистый, Г – горный); 1–5 – номера выделенных дорожных районов

Зафиксировано изменение естественной влажности для пылеватых суглинков $W_e = 0,14 \dots 0,31$, для пылеватых супесей $W_e = 0,09 \dots 0,16$. Характерно, что диапазон изменения относительной влажности $W_{от}$ для суглинков составил $0,42 \dots 0,69$, а для супесей $W_{от} = 0,40 \dots 0,69$. По величине показателя текучести I_L исследуемые грунты разделены на суглинки, от твердых до полутвердых, и супеси твердые. Интервал изменения значений коэффициента пористости для пылеватых суглинков составил $e_0 = 0,401 \dots 0,870$, для супесей $e_0 = 0,370 \dots 0,737$.

На территории Западной Сибири, занимаемой III дорожно-климатической зоной (рис. 1), техногенные грунты в теле земляного полотна представлены суглинками пылеватыми с числом пластичности $I_p = 0,09 \dots 0,17$ и супесями пылеватыми с $I_p = 0,04 \dots 0,07$. Величина естественной влажности зафиксирована в пределах: $W_e = 0,11 \dots 0,31$ для суглинков, а для супесей $W_e = 0,07 \dots 0,22$. Изменение значений относительной влажности составило $W_{от} = 0,41 \dots 0,75$ для суглинков и $W_{от} = 0,31 \dots 0,55$ для супесей. По показателю текучести I_L были выделены: суглинки твердые, полутвердые и тугопластичные, супеси твердые. Для суглинков изменение пористости установлено в пределах $e_0 = 0,117 \dots 0,957$, а для супесей $e_0 = 0,323 \dots 0,707$.

Таблица 1

**Характеристика основных элементов геокомплекса дорожных районов
на территории Новосибирской области**

III	Дорожно-климатическая зона	II	Дорожно-климатическая зона лесов с избыточным увлажнением грунтов	Индекс дорожного района	Административный пункт района	Характеристика дорожного района					
						Тип рельефа	Грунты	Увлажнённость (ГТК Селянинова)	Температура воздуха, °С		
									Средне-годовая	Минимальная (январь)	Максимальная (июль)
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
		III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2	Кыштовка, Северное, Пономаревка	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	II.Г.1	II.Р.2							

Продолжение табл. 1

III	Дорожно-климатическая зона	Характеристика дорожного района							
	Характеристика дорожно-климатической зоны	Индекс дорожного района	Административный пункт района	Тип рельефа	Грунты	Увлажнённость (ГТК Селянинова)	Температура воздуха, °С		
							Среднегодовая	Минимальная (январь)	Максимальная (июль)
Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.2	Кандаурово, Варламово, Болотное	Равнинный	Субэвразальные и озёрно-аллювиальные отложения: связные глины, суглинки, супеси. Аллювиальные отложения: пески с редкими прослоями супесей и суглинков	1,30–1,40	–0,2	–18,8	18,8	
	III.Р.3	Татарск, Чистоозёрное, Чаны, Куйбышев	Равнинный	Субэвразальные и озёрно-аллювиальные отложения: суглинки с редкими прослоями супесей, пылеватые супеси, суглинки. Аллювиальные отложения: пески и супеси с редкими прослоями глин. Озёрные отложения: супеси, суглинки с прослоями песков	1,10–1,15	–0,4	–20,2	18,7	

Продолжение табл. 1

III	Дорожно-климатическая зона	Характеристика дорожно-климатической зоны	Индекс дорожного района	Административный пункт района	Характеристика дорожного района					
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.4	Новосибирск, Каргат, Кочки, Чулым	Равнинный	Тип рельефа	Грунты	Увлажнённость (ГТК Селянинова)	Температура воздуха, °С		
								Средне-годовая	Минимальная (январь)	Максимальная (июль)
		III.Р.5	Сузун, Мышланка, Шипуново	Равнинный		Озерно-аллювиальные отложения: пылеватые супеси, суглинки. Аллювиальные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,15–1,35	–0,4	–19,7	18,3
					Аллювиальные отложения: пески и супеси с редкими прослоями суглинков и глин. Субэральные и озерно-аллювиальные отложения: суглинки с редкими прослоями супесей. Аллювиальные отложения пойм рек: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники		1,15–1,25	0,5	–19,4	18,5

Окончание табл. 1

IV	Дорожно-климатическая зона	III	Характеристика дорожно-климатической зоны	Индекс дорожного района	Административный пункт района	Характеристика дорожного района					
						Тип рельефа	Грунты	Увлажнённость (ГТК Селянинова)	Температура воздуха, °С		
									Средне-годовая	Минимальная (январь)	Максимальная (июль)
Географическая степная зона с незначительным увлажнением	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земляного полотна в отдельные годы	III.X.1	Ордынское, Преображенка Черепаново	Холмистый	Субаэральные и озерно-аллювиальные отложения: суглинки с редкими прослоями супесей. Аллювиальные отложения: пески и супеси с редкими прослоями суглинков и глин	1,05–1,25	–0,3	–19,1	18,2		
		III.X.2	Сокур, Мошково, Тогучин	Холмистый, в восточной части горный	Аллювиальные отложения: пески и супеси с редкими прослоями суглинков и глин. Субаэральные и озерно-аллювиальные отложения: суглинки с редкими прослоями супесей	1,25–1,38	–0,5	–19,2	18,1		
IV.P.1	Новокрасное, Кулино, Карасук	Равнинный	Элювиальные, делювиальные, золовые, озерно-аллювиальные отложения: суглинки, супеси, пески, гравелистые грунты. Аллювиальные отложения: пески, супеси, глины. Озерно-аллювиальные отложения: пылеватые супеси, суглинки	0,85–0,9	0,4	–19,9	19,4				

Для территории Западной Сибири, занимаемой IV дорожно-климатической зоной (см. рис. 1), в качестве грунтов, слагающих земляное полотно автомобильных дорог, характерно распространение пылеватых суглинков с числом пластичности $I_p = 0,07 \dots 0,17$ и супесей пылеватых с $I_p = 0,06$. Для суглинков естественная влажность W_e изменялась от 0,14 до 0,24, а для супесей $W_e = 0,22$. Значения относительной влажности составили $W_{от} = 0,44 \dots 0,58$ для суглинков и $W_{от} = 0,62$ для супесей. По показателю текучести I_L были выделены: суглинки твердые и полутвердые, супеси твердые. Величина коэффициента пористости для суглинков находилась в диапазоне $e_0 = 0,441 \dots 0,698$, а для супесей $e_0 = 0,338 \dots 0,411$.

Гранулометрический состав образцов глинистых грунтов показал, что содержание пылеватых фракций в глинистых грунтах земляного полотна автомобильных дорог II дорожно-климатической зоны не превышает 81,6 % для супесей, и 82,3 % для суглинков. Содержание глинистых фракций для супесей не превышает 10,7 %, а для суглинков 28,6 %. Для участков автомобильных дорог, расположенных в пределах III дорожно-климатической зоны, земляное полотно которых сложено глинистыми грунтами, также характерно высокое содержание пылеватых фракций, достигающее 80,8 % для супесей и 80,6 % для суглинков. Процентное содержание глинистых фракций достигает 12,2 % для супесей и 29,7 % для суглинков.

Что касается обследованных участков автомобильных дорог, расположенных в районах, занимаемых IV дорожно-климатической зоной, рабочий слой земляного полотна которых сложен глинистыми грунтами, то здесь наблюдается снижение содержания пылеватых фракций до 64 % для супесей и 77,5 % для суглинков. Количество глинистых фракций возросло до 20,3 % для супесей и 32,3 % для суглинков.

Репрезентативность выборок характеристик глинистых грунтов, установленных для однородных признаков геокомплекса территорий, занимаемых дорожно-климатическими зонами в Западно-Сибирском регионе, подтверждена объемом испытанных проб грунта, применением при обработке результатов испытаний методов теории вероятностей и математической статистики.

Выполненные исследования позволили рекомендовать для районов, выделенных в административных образованиях Западно-Сибирского региона, комплекс расчётных значений характеристик наиболее распространённых в регионе глинистых грунтов земляного полотна (например, табл. 2, 3).

Таблица 2

**Расчетные значения глинистого грунта земляного полотна
1-го типа местности для дорожных районов Новосибирской области**

Индекс дорожного района	Наименование опорного пункта	$W_{от}$, в долях единицы	$E_{гр}$, МПа	$\varphi_{гр}$, град	$C_{гр}$, МПа
II.Г.1	Маслянино	0,80	22,5	13	0,049
II.Р.2	Кыштовка Колывань	0,84	21,0	12	0,048
III.Р.1	Венгерово	0,67	28,5	18	0,056
III.Р.2	Болотное	0,79	23,0	13	0,049

Окончание табл. 2

Индекс дорожного района	Наименование опорного пункта	W_{OT} , в долях единицы	$E_{гр}$, МПа	$\phi_{гр}$, град	$C_{гр}$, МПа
III.P.3	Татарск Чистозёрное	0,70	27,0	17	0,054
III.P.4	Новосибирск Кочки	0,61	33,0	22	0,061
III.P.5	Сузун	0,67	28,5	18	0,056
III.X.1	Ордынское	0,77	23,5	14	0,050
III.X.2	Сокур	0,78	23,0	13	0,050
IV.P.1	Купино Карасук	0,67	29,0	18	0,056

Таблица 3

**Расчетные величины характеристик глинистого грунта
земляного полотна применительно к участкам автомобильных дорог,
расположенных в условиях близкого залегания уровня грунтовых вод,
для дорожного района IV.P.1, выделенного на территории
Новосибирской области**

Величина коэф- фициента влаго- проводности грунта K_1 , см ² /ч	Глубина залегания уровня грун- товых вод от вер- ха земляного по- лотно H_b , м	Расчётные величины характеристик грунта			
		W_{OT} , в долях единицы	$E_{гр}$, МПа	$\phi_{гр}$, град	$C_{гр}$, МПа
1,0	0,5	0,897	19,7	10,3	0,046
	1,0	0,641	30,7	19,6	0,058
	1,5	0,593	34,8	22,7	0,063
	2,0	0,551	39,6	26,1	0,069
	2,5	0,546	40,2	26,5	0,070
1,5	0,5	0,923	19,1	9,8	0,045
	1,0	0,647	30,2	19,2	0,058
	1,5	0,595	34,6	22,5	0,063
	2,0	0,551	39,6	26,1	0,069
	2,5	0,546	40,2	26,5	0,070
2,0	0,5	0,946	18,6	9,3	0,045
	1,0	0,652	29,9	18,9	0,057
	1,5	0,597	34,4	22,4	0,063
	2,0	0,550	39,7	26,2	0,069
	2,5	0,545	40,4	26,6	0,070
3,0	0,5	0,986	17,8	8,6	0,044
	1,0	0,660	29,3	18,5	0,057
	1,5	0,601	34,0	22,1	0,062
	2,0	0,550	39,7	26,2	0,069
	2,5	0,544	40,5	26,7	0,070

Заключение

Отметим, что полученные значения характеристик прочности и деформируемости глинистых грунтов земляного полотна учитывают вновь полученные знания о закономерностях и связях, определяющих особенности протекания водно-тепловых процессов в дорожных конструкциях автомобильных дорог однородных по признакам геокомплекса дорожных районов в пределах границ административных образований территории исследования.

Сопоставление рекомендуемых отраслевыми нормативными документами ОДН 218.046–01 и ПНСТ 265–2018 и обоснованно стандартизованных расчётных величин характеристик глинистых грунтов земляного полотна автомобильных дорог районов исследования выявило существенные различия. Так, рекомендованная нормами величина модуля упругости суглинка пылеватого в природно-климатических условиях III дорожно-климатической зоны завышена по сравнению с фактической примерно на 25–40 % (в зависимости от величины относительной влажности грунта). В то же время значения угла внутреннего трения занижены по сравнению с экспериментально полученными на 5–30 %, а удельного сцепления на 10–45 %.

Представленные нами результаты исследований свидетельствуют о научной новизне, актуальности и практической ценности проводимых в Западной Сибири работ, направленных на обеспечение качества проектирования дорожных одежд.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ефименко В.Н., Шеслер А.И. Дорожно-климатическое районирование юго-восточной части Западной Сибири // Автомобильные дороги. 1980. №7. С. 19–21.
2. Ефименко В.Н., Ефименко С.В., Бадина М.В. Пути обеспечения эксплуатационной надёжности автомобильных дорог в природных условиях Сибири // Транспортное строительство. Транспорт Российской Федерации. 2007. № 1. С. 18–19.
3. Ефименко С.В., Бадина М.В. Дорожное районирование территории Западной Сибири. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. 244 с.
4. Цытович Н.А. Механика грунтов. Москва : Стройиздат, 1963. 636 с.
5. Кривошеева З.А., Злочевская Р.И., Королев Е.М., Сергеев Е.М. О природе изменения состава и свойств глинистых пород в процессах литогенеза // Вестник МГУ. Геология. 1977. № 4. С. 61–73.
6. Сергеев Е.М., Голодковская Г.А., Заингиров Р.С., Осипов В.И., Трофимов В.Т. Грунтоведение. Москва : Изд-во МГУ, 1983. 389 с.
7. Трофимов В.Т. Закономерности пространственной изменчивости инженерно-геологических условий Западно-Сибирской плиты. Москва : Изд-во МГУ, 1977. 276 с.
8. Сергеев Е.М., Минервин А.В. Сущность процесса облессования в подзолистой зоне // Вестник Московского университета. Серия геологическая, 1960. № 3. С. 3–16.
9. Ефименко С.В. Некоторые особенности формирования состава и свойств глинистых грунтов на территории Западной Сибири // Автомобильные дороги. 2004. № 2(9). С. 19–21.
10. Ефименко С.В. Обоснование значений характеристик глинистых грунтов для проектирования нежестких дорожных одежд автомобильных дорог Западной Сибири // Транспорт: наука, техника и управление. 2006. №7. С. 28–30.
11. Ефименко В.Н., Ольховатенко В.Е., Чарыков Ю.М., Ефименко В.Н. Закономерности изменения состава и свойств связных грунтов в процессе термического упрочнения // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрология. Геокриология. 1993. № 1. С. 89–93.

12. Ефименко В.Н., Чарыков Ю.М., Гончарова Л.В. Новые методы и геотехнологии преобразования грунтов энергией СВЧ-поля и плазмы в строительстве / под ред. В.Н. Ефименко. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2003. 247 с.
13. Коробкин В.И. Литология и условия образования плиоцен-четвертичных пылевато-глинистых отложений европейской части России : дис. в виде научного доклада... докт. геол.-мин. наук. Новочеркасск, 1993. 60 с.
14. Ефименко С.В., Краевский А.А., Чурилин В.С. Особенности генезиса, состава и свойств глинистых грунтов Западной Сибири // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 2 (43). С. 177–181.
15. *Richlinien für die Standartisierung des Oberbaues von Verkehrsfiuchen RStO 01*. Ausgabe, 2001.
16. Zapata C.E., Houston W.N. Calibration and validation of the enhanced integrated climatic model for pavement design. Washington, D.C. Transportation Research Board, 2008. 62 p.
17. 中华人民共和国交通部.JTG J003-86_公路自然区划标准.人民交通出版社. 1986.
18. Ярмолинский А.И., Ярмолинский В.А. Проектирование конструкций автомобильных дорог с учетом природно-климатических особенностей Дальнего Востока. Хабаровск : Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2005. 197 с.

REFERENCES

1. Efimenko V.N., Shesler A.I. Dorozhno-klimaticheskoe rajonirovanie yugo-vostochnoj chasti Zapadnoj Sibiri [Climatic zoning of the south-eastern part of Western Siberia]. *Avtomobil'nye dorogi*. 1980. No.7. Pp. 19–21. (rus)
2. Efimenko V.N., Efimenko S.V., Badina M.V. Puti obespecheniya ekspluatacionnoj nadyozhnosti avtomobil'nyh dorog v prirodnyh usloviyah Sibiri [Provision of operational reliability of roads in natural conditions of Siberia]. *Transport Rossijskoj Federacii*. 2007. No. 1. Pp. 18–19. (rus)
3. Efimenko S.V., Badina M.V. Dorozhnoe rajonirovanie territorii Zapadnoj Sibiri [Road zoning in Western Siberia]. Tomsk: TSUAB, 2014. 244 p. (rus)
4. Cytovich N.A. Mekhanika gruntov [Soil mechanics]. Moscow: Stroizdat, 1963. 636 p. (rus)
5. Krivosheeva Z.A., Zlochevskaya R.I., Korolev E.M., Sergeev E.M. O prirode izmeneniya sostava i svojstv glinistyh porod v processah litogineza [Changes in composition and properties of clay rocks in lithogenesis processes]. *Vestnik MSU. Geologiya*. 1977. No. 4. Pp. 61–73. (rus)
6. Sergeev E.M., Golodkovskaya G.A., Zaingirov R.S., Osipov V.I., Trofimov V.T. Gruntovedenie [Soil science]. Moscow: MSU, 1983. 389 p. (rus)
7. Trofimov V.T. Zakonomernosti prostranstvennoj izmenchivosti inzhenerno-geologicheskikh uslovij Zapadno-Sibirskoj plity [Patterns of spatial variability of engineering and geological conditions of the West Siberian Plate]. Moscow: MSU, 1977. 276 p. (rus)
8. Sergeev E.M., Minervin A.V. Sushchnost' processa oblessovanija v podzolistoj zone [The process of afforestation in podzolic zone]. *Vestnik MSU. Geologiya*. 1960. No. 3. Pp. 3–16. (rus)
9. Efimenko S.V. Nekotorye osobennosti formirovaniya sostava i svojstv glinistyh gruntov na territorii Zapadnoj Sibiri [Composition and properties of clay soils in West Siberia]. *Avtomobil'nye dorogi*. 2004. No. 2 (9). Pp. 19–21. (rus)
10. Efimenko S.V. Obosnovanie znachenij harakteristik glinistyh gruntov dlya proektirovaniya nezhyostkih dorozhnyh odezhd avtomobil'nyh dorog Zapadnoj Sibiri [Substantiation of clay soil parameter values for non-rigid pavements in West Siberia]. *Transport: nauka, tekhnika i upravlenie*. 2006. No. 7. Pp. 28–30. (rus)
11. Efimenko V.N., Ol'hovatenko V.E., Charykov Yu.M., Efimenko V.N. Zakonomernosti izmeneniya sostava i svojstv svyaznyh gruntov v processe termicheskogo uprochneniya [Changes in composition and properties of cohesive soils during thermal hardening]. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrologiya. Geokriologiya*. 1993. No. 1. Pp. 89–93. (rus)
12. Efimenko V.N., Charykov YU.M., Goncharova L.V. Novye metody i geotekhnologii preobrazovaniya gruntov energiej SVCH-polya i plazmy v tstoroitel'stve [New methods and geotechnologies of soils affected by microwave field and plasma energy]. V.N. Efimenko, Ed. Tomsk: TSUAB, 2003. 247 p. (rus)
13. Korobkin V.I. Litologiya i usloviya obrazovaniya pliocen-chetvertichnyh pylevato-glinistyh otlozhenij Evropejskoj chasti Rossii, dis. v vide nauchnogo doklada ... dokt. geol.-min. nauk

- [Lithology and conditions for the formation of silty-clayed deposits in European Russia. DSc Thesis]. Novocherkassk, 1993. 60 p. (rus)
14. Efimenko S.V., Kraevskij A.A., Churilin V.S. Osobennosti genezisa, sostava i svojstv glinistyh gruntov Zapadnoj Sibiri [Genesis, composition and properties of clay soils of Western Siberia]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2014. No. 2 (43). Pp. 177–181. (rus)
 15. *Richlinien für die Standartisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen*: RStO 01. Köln: FGSV-Verlag, 2001.
 16. Zapata C.E., Houston W.N. Calibration and validation of the enhanced integrated climatic model for pavement design. Washington, D.C.: Transportation Research Board, 2008. 62 p.
 17. 中华人民共和国交通部.JTG J003-86_公路自然区划标准.人民交通出版社.1986.
 18. Yarmolinskij A.I., Yarmolinskij V.A. Proektirovanie konstrukcij avtomobil'nyh dorog s uchetom prirodno-klimaticheskikh osobennostej Dal'nego Vostoka [Design of road structures in climatic conditions of the Far East]. Khabarovsk: Pacific National University, 2005. 197 p. (rus)

Сведения об авторах

Ефименко Владимир Николаевич, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.

Ефименко Сергей Владимирович, докт. техн. наук, декан дорожно-строительного факультета, зав. кафедрой «Автомобильные дороги», Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, svefimenko_80@mail.ru

Самойлова Анфиса Владимировна, аспирант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.

Authors Details

Vladimir N. Efimenko, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, svefimenko_80@mail.ru

Sergei V. Efimenko, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, svefimenko_80@mail.ru

Anfisa V. Samoilova, Research Assistant, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia

УДК 625.856

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-180-191

*Д.А. ЯСТРЕМСКИЙ¹, Т.Н. АБАЙДУЛЛИНА¹, А.И. КУДЯКОВ²,**¹Тюменский индустриальный университет,**²Томский государственный архитектурно-строительный университет*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА С КОМПЛЕКСНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩЕЙ ДОБАВКОЙ

Качественное и долговечное асфальтобетонное покрытие обеспечивает безопасное и комфортное движение транспорта, оптимальные логистические затраты, привлекательность территории для инвестирования в строительные объекты, а также развитие промышленности. При постоянно растущих нагрузках на покрытие автомобильных дорог возникает необходимость повышения качества асфальтобетона путем введения в смесь модифицирующих добавок, совершенствования методики проектирования, научного обоснования выбора и подготовки сырьевых материалов. В настоящей работе предложен алгоритм проектирования состава щебеночно-мастичного асфальтобетона с новой, разработанной авторами, стабилизирующей добавкой, включающей 90 % целлюлозных волокон из макулатуры, 5 % резинового порошка и 5 % битума. Разработан оптимальный гранулометрический состав минеральной составляющей щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси ЦМА-20, включающей 73 % щебня из фракций 15–20, 10–15 и 5–10 мм, 16 % доломитового песка из отсева дробления, 11 % минерального порошка, а также 0,4 % разработанной комплексной стабилизирующей добавки и 5,5 % битума. Образцы разработанного состава ЦМА-20 обладают пределом прочности на сжатие в 2,3 раза выше, чем установлено требованиями к ЦМА-20 в ГОСТ 31015–2002 для II дорожно-климатической зоны. Результаты исследований подтвердились опытно-промышленными испытаниями при устройстве покрытия автомобильной дороги в г. Тюмени.

Ключевые слова: асфальтобетон; состав; стабилизирующая добавка; свойства; проектирование.

Для цитирования: Ястремский Д.А., Абайдуллина Т.Н., Кудяков А.И. Исследование щебеночно-мастичного асфальтобетона с комплексной целлюлозосодержащей добавкой // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 5. С. 180–191.

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-180-191

*D.A. YASTREMSKIY¹, T.N. ABAYDULLINA¹, A.I. KUDYKOV²,**¹Tyumen State Oil And Gas University,**²Tomsk State University of Architecture and Building*

CRUSHED-STONE AND MASTIC ASPHALT WITH CELLULOSE CONTAINING ADDITIVE

High-quality and durable asphalt pavement ensures safe and comfortable traffic, optimal logistics costs, territory attractiveness to construction investments, and industrial development. With constantly increasing loads on road pavements, it is necessary to improve the asphalt quality by introducing additives into the mixture, design methodology, scientific justification for the selection and preparation of raw materials. The paper proposes the development algorithm of crushed-stone and mastic asphalt modified by the new stabilizing additive, which consists of 90 % of cellulose fiber from waste paper, 5 % rubber powder, and 5 % bitumen. The optimal particle size distribution of the mineral component in the crushed-stone and mastic asphalt is consid-

ered to be 73% of crushed stone with fractions of 15–20, 10–15 and 5–10 mm, 16 % of dolomite sand from crushing screenings, 11 % of mineral powder, 0.4 % of stabilizing additive and 5.5 % of bitumen. The compressive strength of the developed composition is 2.3 times higher than that meeting the requirements of GOST 31015–2002 for the climatic zone II. The research results are confirmed by pilot-industrial tests in constructing the road pavement in Tyumen.

Keywords: asphalt concrete; composition; stabilizing additive; properties; design.

For citation: Yastremskiy D.A., Abaydullina T.N., Kudykov A.I. Issledovanie shchebenochno-mastichnogo asfal'tobetona s kompleksnoi tsellyulozosoderzhashchei dobavkoi [Crushed-stone and mastic asphalt with cellulose containing additive]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2019. V. 21. No. 5. Pp. 180–191. DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-180-191

Введение

Современные дорожные покрытия должны обеспечивать повышенную сдвигоустойчивость при высоких температурах в летнее время, трещиностойкость – при пониженных температурах в зимних условиях и высокую коррозионную стойкость – при воздействии противогололедных смесей. Существенная роль в оценке долговечности дорожных покрытий отводится износостойкости, т. е. способности асфальтобетона противостоять интегральному воздействию движения транспорта при повышенных скоростях, шипованной резины и других факторов [1, 2].

Постепенное разрушение материала обычно начинается с наружных, поверхностных слоев и выражается в необратимых изменениях сплошности материала. Линейные изменения приводят к необратимым объемным деформациям и общим изменениям свойств материала, быстрому разрушению за счёт постоянно пульсирующих напряжений и смены климатических условий. Все это сопровождается появлением и развитием остаточных деформаций [3–6].

Увеличение нагрузки от большегрузных автомобилей и интенсивности движения на автомобильных дорогах в сочетании с климатическими температурными градиентами интенсифицирует развитие дефектов и микротрещин при циклически повторяющихся напряжениях. Прорастание микротрещин ускоряется по мере увеличения деформаций от многократного повторения нагрузки и завершается разрушением материала.

Для решения данной проблемы на дорогах с высокой интенсивностью и скоростью движения используют щебеночно-мастичные асфальтобетоны (ЩМА). В сравнении с асфальтобетонными смесями, приготовленными по ГОСТ 9128–2013, ЩМА имеет повышенное содержание щебня (60–80 %) и битума (5,5–7,5 %), что позволяет сформировать прочный каркас, определяющий высокую сдвигоустойчивость и износостойкость покрытия [7–13]. Существенным отличием ЩМА от других видов асфальтобетона является наличие в его составе стабилизирующих добавок, которые повышают устойчивость к стеканию битума, расслоению при транспортировании и краткосрочном хранении, а также при укладке смеси в покрытие. Несмотря на многообразие изготавливаемых и используемых стабилизирующих добавок, выделить универсальную добавку, оказывающую комплексный положительный эффект на большинство физико-механических показателей качества ЩМА,

достаточно сложно. В связи с этим особую актуальность приобретают исследования, направленные на разработку эффективных комплексных стабилизирующих добавок, при использовании которых существенно повышаются параметры качества ЩМА, и методов проектирования таких составов.

Для получения долговечного асфальтобетона с модифицирующими добавками большое внимание уделяется проектированию его состава с учетом научного обоснования выбора и качества компонентов (в том числе и добавки), а также климатических и эксплуатационных условий.

Известны следующие принципы проектирования состава:

- по объему воздушных пор и минимальному количеству битумного вяжущего в образцах, уплотненных по Проктору (метод Хаббарда-Филда);
- по прочностным показателям лабораторных образцов, испытываемых на приборах Хвима, Смита и др.;
- по остаточной пористости образцов, уплотненных и испытанных на приборах Маршалла;
- по асфальтовому вяжущему веществу (метод проф. П.В. Сахарова);
- по растворной части;
- по предельным кривым плотных смесей (метод проф. Н.Н. Иванова, Союздорнии);
- по удельной поверхности и модулю насыщенности смеси вяжущим веществом (метод М. Дюрье);
- по заданным эксплуатационным условиям работы покрытия (метод проф. И.А. Рыбьева).

При многообразии перечисленных выше методов неизменными остаются основные принципы проектирования смеси, ориентированные на обеспечение требуемых эксплуатационных свойств асфальтобетона и долговечность дорожных покрытий [7–14]. По способам достижения требуемых параметров качества при проектировании состава асфальтобетонных смесей можно выделить два направления:

1. Проектирование асфальтобетонных смесей с непрерывной гранулометрией минеральной части (по типу Макадам), что обеспечивает устойчивость покрытий за счет расклинивания крупных зерен щебня более мелкими. В таких смесях обеспечивается хорошая укладываемость, а также повышенная шероховатость и сдвигоустойчивость покрытия [9, 10]. Кривая зернового состава минеральной части таких смесей обычно соответствует кубической параболе. Покрытие из уплотненной смеси, как правило, характеризуется открытой пористостью, поэтому в этих смесях необходимо применять битумы, устойчивые к старению и обладающие хорошим сцеплением с поверхностью минеральных зерен.

2. Проектирование состава асфальтобетонных смесей по критерию достижения максимальной плотности минеральной части и бетона. В этих смесях допускается применять заполнители с прерывистой гранулометрией и окатанной формой зерен. При уплотнении таких смесей достигается замкнутая пористость асфальтобетона, что обеспечивает более высокую водо- и морозостойкость покрытия. Однако смеси с прерывистой гранулометрией минеральной части склонны к сегрегации [10, 15, 16]. Они более восприимчивы к колебани-

ям содержания минерального порошка и битума, что негативно отражается на однородности физико-механических показателей качества асфальтобетона и обеспечении требований ГОСТ 31015–2002. Поэтому при проектировании состава ЩМА необходимо вводить стабилизирующие добавки.

Цель исследования – разработать состав щебеночно-мастичного асфальтобетона высокого качества с комплексной целлюлозосодержащей стабилизирующей добавкой.

Материалы и методы исследований

При проведении исследований применялись:

– В качестве крупного заполнителя щебень фракции 5–10, 10–15 и 15–20 мм из горной породы габбро карьера ОАО «Ураласбест» Свердловской области, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 31015–2002. Свойства фракций щебня приведены в табл. 1.

Таблица 1

Свойства щебня

Наименование показателей	Фактические значения		
1. Размер фракции, мм	15–20	10–15	5–10
2. Истинная плотность, г/см ³	2,72	2,72	2,72
3. Насыпная плотность, кг/м ³	1400	1400	1390
4. Марка по прочности	1400	1400	1400
5. Потеря массы при испытании на дробимость, %	9,6	7,8	0,4
6. Марка по истираемости	И1	И1	И1
7. Содержание зёрен пластинчатой и игловатой формы, %	6,3	8,7	5,0
8. Марка по морозостойкости	F300	F300	F400
9. Содержание пылеватых и глинистых частиц, %	0,9	0,9	0,51
10. Содержание зёрен слабых пород, %	2,5	2,5	4,8
11. Сцепление с органическим вяжущим	4 балла	5 баллов	5 баллов
12. Содержание естественных радионуклидов, Бк/кг	37,1	37,1	37,1

– В качестве мелкого заполнителя песок из отсевов дробления доломита ООО ПФК «Неруд Инвест» карьера г. Сатка Челябинской области, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 31424–2010 и ГОСТ 31015–2002. Свойства песка из отсевов дробления приведены в табл. 2 и 3.

– Активированный минеральный известняковый порошок производства ООО «Прогресс», пос. Вересковый, г. Невьянск, Свердловская область. Свойства минерального порошка представлены в табл. 4.

– В качестве вяжущего вязкий нефтяной битум марки БНД 90/130 Омского НПЗ АО «Газпромнефть». Характеристика битума приведена в табл. 5.

Таблица 2

Зерновой состав песка из отсеков дробления

Наименование остатка	Остатки на ситах, мм							
	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
Полные остатки, % по массе	0	2,5	27,2	45,1	58,6	73,3	85,5	90,8
Полные проходы, % по массе	100	97,5	72,8	54,9	41,4	26,7	14,5	9,2

Таблица 3

Свойства песка из отсеков дробления

Наименование показателя	Требования ГОСТ 31424–2010	Фактические значения
1. Модуль крупности	От 2,5 до 3,0	3,0 (крупный)
2. Полный остаток на сите 0,63 мм, % по массе	Класс песка 2, св. 45 до 65	64,6
3. Содержание зёрен размером св. 5 мм, по массе	Не более 12	2,4
4. Содержание зёрен размером свыше 0,16 мм, по массе	Не более 15	19,6
5. Содержание пылевидных и глинистых частиц, % по массе	Не более 10	9,8
6. Содержание глины в комках, % по массе	Не более 2	Нет
7. Истинная плотность, г/м ³	От 2,0 до 2,8	2,86
8. Насыпная плотность, г/см ³	Не нормируется	1560
9. Содержание зёрен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы, %	Группа 2, от 15 до 25	22,2
10. Марка по дробимости песка (по дробимости щебня фракции от 5 до 10 мм)	Не ниже 1000	1200
11. Содержание естественных радионуклидов, Бк/кг	Не более 370	257

Таблица 4

Основные свойства минерального порошка

Наименование показателей	Требования ГОСТ Р 52129–2003	Результаты испытаний
1. Содержание частиц, %, размером: мельче 1,25 мм 0,315 мм 0,071 мм	Не менее 100 Не менее 90 Не менее 80	100 99 82

Окончание табл. 4

Наименование показателей	Требования ГОСТ Р 52129–2003	Результаты испытаний
2. Гидрофобность	Выдерживает	Выдерживает
3. Пористость, %, не более	30	26,4
4. Набухание образцов из смеси порошка с битумом, %, не более	1,8	1,2
5. Содержание полуторных окислов (Al_2O_3 , Fe_2O_3), %, не более	5,0	1,5
6. Удельная эффективная активность естественных радионуклидов, Бк/кг	До 740	65,0

Таблица 5

Свойства вязкого нефтяного битума марки БНД 90/130

Показатель	Требования ГОСТ 22245–90	Фактические значения
1. Глубина проникания иглы при 25 °С, мм	91–130	121
2. Глубина проникания иглы при 0 °С, мм	Не менее 28	40
3. Температура размягчения по кольцу и шару, °С	Не ниже 43	45,1
4. Растяжимость при 25 °С, см	Не менее 65	98
5. Растяжимость при 0 °С, см	Не менее 4,0	4,5
6. Температура хрупкости, °С	Не выше –17	–28
7. Температура вспышки, °С	Не ниже 230	272
8. Изменение температуры размягчения после прогрева, °С	Не более 5	5
9. Индекс пенетрации	В пределах от –1,0 до +1,0	–0,4

– Комплексная целлюлозосодержащая стабилизирующая добавка (КЦСД), разработанная авторами. Добавка представляет собой цилиндрические гранулы темно-коричневого цвета с длиной 5–10 мм и толщиной 5 мм. Добавка изготавливается из макулатуры группы А или группы Б по ГОСТ 10700–97 и состоит из целлюлозных нитей длиной 0,8–2 мм, резиновой крошки дисперсностью 0,5 мм и нефтяного битума марки БНД 90/130. Гранулы распадаются на отдельные составляющие при приготовлении асфальтобетонной смеси. Физико-механические свойства комплексной целлюлозосодержащей стабилизирующей добавки приведены в табл. 6. Геометрические параметры волокон в добавке и их адсорбционная способность представлены авторами в работах [17–20].

Испытание сырьевых компонентов осуществлялось в соответствии с требованиями национальных стандартов: заполнителя – ГОСТ 31015–2002, ГОСТ 31424–2010; минерального порошка – ГОСТ 52129–2003, битума – ГОСТ 11501–78, ГОСТ 11505–75, ГОСТ 11506–73, ГОСТ 11507–78,

ГОСТ 18180–72, ГОСТ 22245–90, комплексной стабилизирующей добавки – ГОСТ 31015–2002.

Таблица 6

**Физико-механические свойства комплексной
целлюлозосодержащей добавки**

Наименование показателя	Ед. изм.	Значение показателя	Требования ГОСТ 31015–2002
1. Влажность	%	4,6	Не более 8,0
2. Термостойкость	%	4,6	Не более 7,0
3. Содержание волокон длиной от 0,1 до 2,0	%	90	Не менее 80

Приготовление щебеночно-мастичного асфальтобетона осуществлялось в лабораторных смесителях, формование образцов цилиндров проводилось вибрированием с последующим прессованием. Испытание образцов цилиндров из ЩМА с комплексной стабилизирующей добавкой проводилось на аттестованном гидравлическом прессе по ГОСТ 12801–98.

Результаты исследований

Исследования проводились применительно к наиболее востребованной в строительстве автомобильных дорог марке щебеночно-мастичного асфальтобетона ЩМА-20. На основании результатов анализа существующих способов принята последовательность проектирования ЩМА-20 с разработанной целлюлозосодержащей стабилизирующей добавкой для устройства покрытий автомобильных дорог высокого качества с использованием принципов обеспечения оптимального зернового состава и содержания битума с добавкой в смеси. Проектирование состава ЩМА-20 осуществлялось применительно ко II дорожно-климатической зоне в такой последовательности:

- 1) обоснование выбора и оценка качества исходных материалов;
- 2) расчет гранулометрического состава асфальтобетонной смеси по предельным кривым плотных смесей;
- 3) определение оптимального содержания битума по остаточной пористости и пустотности минерального каркаса;
- 4) приготовление асфальтобетонной смеси и изготовление стандартных образцов;
- 5) определение физико-механических характеристик асфальтобетона.

Для проектирования и изготовления ЩМА-20 выбраны фракции заполнителя, обладающие высокой прочностью, хорошей формой зерен и отсутствием загрязняющих примесей, которые широко используются в технологиях производства смесей и строительстве автомобильных дорог в Тюменской области.

С использованием метода Союздорнии по критериям достижения предельных кривых плотных смесей рассчитаны 3 варианта зерновых составов ЩМА (табл. 7).

Гранулометрические составы ЩМА приведены в табл. 7.

Таблица 7

Гранулометрический состав исследуемых составов ЩМА

№ состава	Содержание зерен, %, меньше указанного размера, мм									
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,31	0,16	0,07
1	96,3	57,5	39,2	27,2	22,9	19,8	17,6	15,2	12,6	10,6
2	90,5	51,3	29,1	21,2	16,2	14,1	12,2	10,2	9,1	9,0
3	99,1	68,2	41,1	28,3	24,2	22,9	20,1	17,8	14,3	12,2
По ГОСТ 31015–2002	100–90	70–50	42–25	30–20	25–15	24–13	21–11	19–9	15–8	13–8

Критериями правильности подбора зернового состава являются следующие условия:

1) кривая зернового состава асфальтобетонной смеси должна вписываться в предельную область по ГОСТ 31015–2002;

2) остаточная пористость асфальтобетона и пустотность минерального остова должны соответствовать требованиям ГОСТ 31015–2002.

Установленные соотношения между фракциями в смеси приведены в табл. 8.

Таблица 8

Составы минеральной части щебеночно-мастичного асфальтобетона

Наименование материала	Доля в смеси, % по массе		
	Состав 1	Состав 2	Состав 3
Щебень фр. 15–20 мм	45	42	48
Щебень фр. 10–15 мм	18	20	16
Щебень фр. 5–10 мм	10	11	11
Песок из отсевов дробления	16	15	14
Минеральный порошок	11	12	11
Итого	100	100	100

Оптимальное количество битума определялось по результатам испытаний образцов из асфальтобетонной смеси с рассчитанным количеством битума, а также на 0,5 % больше и меньше рассчитанного. Содержание комплексной целлюлозосодержащей стабилизирующей добавки было принято для всех составов щебеночно-мастичного асфальтобетона равным 0,4 % от массы смеси. Данные по оптимизации содержания добавки представлены в работе [19]. Из приготовленных смесей изготавливались стандартные образцы, а результаты испытаний стекания битума, водонасыщения и прочности на сжатие асфальтобетона при 50 °С приведены в табл. 9.

По результатам анализа полученных экспериментальных данных (табл. 9) установлено, что наибольшим пределом прочности при сжатии ($R_{сж}^{50}$) при благоприятных показателях водопоглощения по объему и показателю стекания битума обладает состав 1. Гранулометрический состав минеральной

части оптимального состава ЩМА-20 находится внутри области, рекомендуемой ГОСТ 31015–2012, и представлен на рисунке.

Таблица 9

**Результаты испытаний образцов из ЩМА-20
с различным содержанием битума**

№ образца	Состав	Содержание битума, %	Физико-механические показатели ЩМА-20		
			Стекание, %	W, %	$R_{сж}^{50}$, МПа
1	1	5,0	0,07	2,1	1,5
2		5,5	0,12	1,6	1,7
3		6,0	0,20	1,7	1,6
4	2	5,0	0,06	3,2	1,3
5		5,5	0,16	2,9	1,2
6		6,0	0,23	0,9	0,8
7	3	5,0	0,10	3,9	1,1
8		5,5	0,19	3,1	1,2
9		6,0	0,28	1,0	0,9

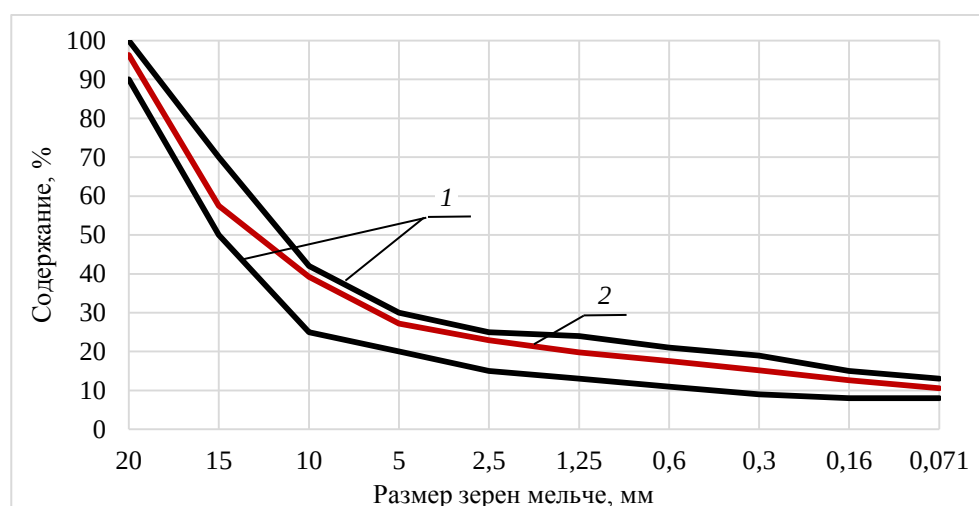


График оптимального гранулометрического состава минеральной части щебеночно-мастичного асфальтобетона ЩМА-20:

1 – область зернового состава по ГОСТ 31015–2002; 2 – график зернового состава исследуемой смеси

Таким образом, оптимальный состав ЩМА-20 с целлюлозосодержащей стабилизирующей добавкой, разработанный по предложенному алгоритму, состоит из щебня фракции 15–20 мм – 45 %, фракции 10–15 – 18 %, фракции 5–10 мм – 10 %, песка из отсева дробления доломита 16 % и минерального по-

рошка – 11 %. Содержание битума – 5,5 % и стабилизирующей добавки – 0,4 % сверх 100 %. Разработанный состав ЦМА-20 с целлюлозосодержащей добавкой был рекомендован к внедрению и прошел опытно-промышленные испытания при реконструкции участка автомобильной дороги Тюмень – Боровский – Богатинский» вблизи Тюмени. Результаты исследований по качеству ЦМА-20 в покрытии автомобильной дороги полностью подтвердились.

Выводы

1. Для щебеночно-мастичной смеси ЦМА-20, с новой разработанной авторами целлюлозно-содержащей добавкой, предложен алгоритм проектирования, основными принципами которого являются обеспечение зернового состава минеральной части с максимально плотной упаковкой и оптимальное содержание битума со стабилизирующей добавкой.

2. Разработанный состав щебеночно-мастичного асфальтобетона ЦМА-20 с целлюлозосодержащей добавкой обладает пределом прочности при сжатии при температуре 50 °С – 1,6 МПа, что в 2,3 раза выше рекомендуемой ГОСТ 3105–2002 для II дорожно-климатической зоны.

3. Полученные результаты исследований щебеночно-мастичного асфальтобетона с разработанной стабилизирующей добавкой подтвердились опытно-промышленными испытаниями при строительстве автомобильной дороги Тюмень – Боровский – Богатинский около Тюмени.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Васильев Ю.Э.* Методологические основы автоматизации процессов промышленного производства сероасфальтобетонных смесей с оптимизацией компонентов минеральной части по гранулометрическому составу : автореф. дис. ... докт. техн. наук. Москва, 2012. 40 с.
2. *Кудяков А.И., Эфа А.К., Трофимов И.Н., Базилевич А.Л.* Новые подходы в нормировании свойств компонентов и технологии приготовления асфальтобетонов // Наука и техника в дорожной отрасли. 2009. № 1 (48). С. 18–21.
3. *Дорожный асфальтобетон* / Л.Б. Гезенцев [и др.]. Москва : Транспорт, 1985. 350 с.
4. *Гезенцев Л.Б.* Асфальтовый бетон из активированных минеральных материалов. Москва : Стройиздат, 1971. 225 с.
5. *Богуславский А.М., Богуславский Л.А.* Основы реологии асфальтобетона. Москва : Высшая школа, 1972. 200 с.
6. *Богуславский А.М., Ефремов Л.Г.* Асфальтобетонные покрытия. Москва : МАДИ, 1981. 146 с.
7. *Костин В.И.* Щебеночно-мастичный асфальтобетон для дорожных покрытий. Нижний Новгород : НГАСУ, 2009. 67 с.
8. *Кирюхин Г.Н., Смирнов Е.А.* Покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона. Москва : Элит, 2009. 176 с.
9. *Кирюхин Г.Н., Смирнов Е.А.* Строительство дорожных и аэродромных покрытий из щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей // Автомобильные дороги и мосты : обзорн. информ. Вып. 2. Москва : Информавтодор, 2003. 96 с.
10. *Beena K.S., Bindu C.S.* Influence of additives on the characteristics of stone matrix asphalt / School of Engineering, Cochin University of Science and Technology. 2012. 199 p.
11. *Asphalt* // Taschenkalender: BGA. Bonn, 2003. 84 p.
12. *Splittmastixasphalt: Leitfaden* / Dr.-Ing. K.H. Kolb [und and.] ; Deutscher Asphaltverband (DAV). 2000. 27 s.
13. *Кудяков А.И., Смирнов А.Г., Петров Г.Г., Душенин Н.П.* Проектирование и использование заполнителей с оптимальной межзерновой пустотностью // Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура. 1987. № 7. С. 135–138.

14. Иванов Н.Н. Выбор типа и способа подбора асфальтобетона // Доклады по вопросам строительства черных дорог. Москва ; Ленинград : ОГИЗ Гострансиздат, 1932.
15. *Aquide to the structural design of bituminous-surfaced roads in tropical and subtropical countries: Road Note 31* // HMSO. London, 1977.
16. Базилевич А.Л., Кудяков А.И. Температурная сегрегация асфальтобетонных смесей при строительстве дорожных покрытий // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2009. № 1. С. 116–122.
17. Ястремский Д.А., Чепур П.В., Абайдуллина Т.Н. Определение микроструктуры стабилизирующей целлюлозно-бумажной добавки «АРМИДОН» на растровом электронном микроскопе JSM-6510 LV // Фундаментальные исследования. 2016. № 9. С. 96–101.
18. Ястремский Д.А., Абайдуллина Т.Н., Зимакова Г.А. Исследование влияния стабилизирующих добавок на свойства битума в ЩМА // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2018. № 4. С. 63–70.
19. Ястремский Д.А., Абайдуллина Т.Н., Кудяков А.И. Щебеночно-мастичный асфальтобетон со стабилизирующей целлюлозосодержащей добавкой // Современные наукоёмкие технологии. 2019. № 2. С. 307–310.
20. Yastremsky D., Chepur P., Abaidullina T. Microstructure of the pulp and paper additives for stone-mastic asphalt concrete // AIP Conference Proceedings. 2017. V. 1800. Articlenumber 020002. Electronic resource. URL : <https://doi.org/10.1063/1.4973018>.

REFERENCES

1. Vasiliev Yu.E. Metodologicheskie osnovy avtomatizatsii protsessov promyshlennogo proizvodstva seroasfal'tobetonnykh smesei s optimizatsiei komponentov mineral'noi chasti po granulometricheskomu sostavu : avtoref. dis. ... dokt. tekhn. nauk [Methodological bases of automated industrial production of sulfur-asphalt-concrete mixtures with mineral granulometric composition. DSc Abstract]. Moscow, 2012. 40 p. (rus)
2. Kudyakov A.I., Efa A.K., Trofimov I.N., Bazilevich A.L. Novye podkhody v normirovanii svoistv komponentov i tekhnologii prigotovlenii asfal'tobetonov [New approaches in normalizing properties of components and asphalt concrete technology]. *Nauka i tekhnika v dorozhnoi otrasli*. 2009. No. 1 (48) Pp. 18–21. (rus)
3. Gezenzvey L.B., et al. Dorozhnyi asfal'tobeton [Road asphalt concrete]. Moscow: Transport, 1985. 350 p. (rus)
4. Gezenzvey L.B. Asfal'tovyi beton iz aktivirovannykh mineral'nykh materialov [Asphalt concrete from activated mineral materials]. Moscow: Stroizdat, 1971. 225 p. (rus)
5. Boguslavsky A.M., Boguslavsky L.A. Osnovy reologii asfal'tobetona [Basics of asphalt concrete rheology]. Moscow: Vysshaya shkola, 1972. 200 p. (rus)
6. Boguslavsky A.M., Efremov L.G. Asfal'tobetonnye pokrytiya [Asphalt concrete pavements]. Moscow: MADI, 1981. 146 p. (rus)
7. Kostin V.I. Shchebenochno-mastichnyi asfal'tobeton dlya dorozhnykh pokrytii [Stone-mastic asphalt for road pavements]. Nizhny Novgorod: NGASU, 2009 67 p. (rus)
8. Kiryukhin G.N., Smirnov E.A. Pokrytiya iz shchebenochno-mastichnogo asfal'tobeton [Coatings of stone mastic asphalt]. Moscow: Elit, 2009. 176 p. (rus)
9. Kiryukhin G.N., Smirnov E.A. Stroitel'stvo dorozhnykh i aerodromnykh pokrytii iz shchebenochno-mastichnykh asfal'tobetonnykh smesei [Construction of road and airfield pavements made of stone-mastic asphalt]. *Avtomobil'nye dorogi i mosty*. 2003. V. 2. 96 p. (rus)
10. Beena K.S., Bindu C.S. Influence of the stone matrix asphalt. School of Engineering, Cochin University of Science and Technology. 2012. 199 p.
11. *Asphalt*. Taschenkalender. Bonn: BGA. 2003. 84 p.
12. Kolb K.H., et al. Splittmastixasphalt: Leitfaden. Deutscher Asphaltverband (DAV). 2000. 27 p.
13. Kudyakov A.I., Smirnov A.G., Petrov G.G. Proektirovanie i ispol'zovanie zapolnitelei s optimal'noi mezhzernovoi pustotnost'yu [Aggregates with optimal intergranular hollowness]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Stroitel'stvo i arkhitektura*. 1987. No. 7. Pp. 135–138. (rus)
14. Ivanov N.N. Vybor tipa i sposoba podbora asfal'tobetona [Selection of asphalt concrete type]. Doklady po voprosam stroitel'stva chernykh dorog. Moscow, Leningrad: OGIZ Gostransizdat, 1932. (rus)

15. *A guide to the structural design of bituminous-surfaced roads in tropical and subtropical countries*; Road Note 31. London: HMSO. 1977.
16. Bazilevich A.L., Kudyakov A.I. Temperaturnaya segregatsiya asfal'tobetonnykh smesei pri stroitel'stve dorozhnykh pokrytii [Segregation temperature of asphalt mixes in road pavement construction]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2009. No. 1. Pp. 116–122. (rus)
17. Yastremsky P.V., Chepur T.N., Abaidullina [Microstructure of stabilizing cellulose-paper additive “ARMIDON” studied on a JSM-6510 LV raster electron microscope]. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2016. No. 9. Pp. 96–101. (rus)
18. Yastremsky D.A., Abaidullina T.N., Zimakova G.A. Issledovanie vliyaniya stabiliziruyushchikh dobavok na svoystva bituma v ShchMA [Stabilizing additive effect on bitumen properties]. *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2018. No. 4. Pp. 63–70. (rus)
19. Yastremsky D.A., Abaidullina T.N., Kudyakov A.I. Shchebenochno-mastichniy asfal'tobeton so stabiliziruyushchei tsellyulozoderzhashchei dobavkoi [Crushed-stone and mastic asphalt with stabilizing cellulose additive]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. 2019. No. 2. Pp. 307–310. (rus)
20. Yastremsky D., Chepur P., Abaidullina T. Microstructure of the pulp and paper additives for stone-mastic asphalt concrete. *AIP Conference Proceedings*. 2017. V. 1800.

Сведения об авторах

Ястремский Дмитрий Андреевич, аспирант, специалист кафедры строительных материалов, Тюменский индустриальный университет, 625000, г. Тюмень, Володарского, 38, yaster.dmitry@yandex.ru

Абайдуллина Татьяна Николаевна, канд. техн. наук, доцент, Тюменский индустриальный университет, 625000, г. Тюмень, Володарского, 38, tn28@mail.ru

Кудяков Александр Иванович, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, по. Соляная, 2, kudyakow@tsuab.ru

Authors Details

Dmitry A. Yastremsky, Research Assistant, Department of Building Materials, Tyumen State Oil and Gas University, 38, Volodarskii Str., 625000, Tyumen, Russia, yaster.dmitry@yandex.ru

Tatyana N. Abaydullina, PhD, A/Professor, Tyumen State Oil and Gas University, 38, Volodarskii Str., 625000, Tyumen, Russia, tn28@mail.ru

Aleksandr I. Kudyakov, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, kudyakow@tsuab.ru

УДК 624.131.22

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-192-199

*Ю.П. СМОЛИН, К.В. ВОСТРИКОВ,
Сибирский государственный университет путей сообщения*

УПЛОТНЕНИЕ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТОВ С УЧЕТОМ СЖИМАЕМОЙ ПОРОВОЙ ЖИДКОСТИ И ПОЛЗУЧЕСТИ ГРУНТА

Решается задача консолидации глинистого грунта при шаровом и девиаторном давлении с учетом сжимаемости поровой жидкости и ползучести скелета грунта. При решении задачи найдено дифференциальное уравнение уплотнения связного грунта, заполненного линейно-сжимаемой грунтовой водой. Учитывалось, что объем газа в грунтовой воде не превышает 10 %. Решение дифференциального уравнения производилось методом Фурье.

Для численного учета меры ползучести при уплотнении консолидирующегося грунта под нагрузкой была использована простая в исполнении методика – испытание в компрессионном приборе образцов грунта из одного и того же монолита, но с несколькими различными высотами. Зная в любой момент времени относительную вертикальную деформацию этих образцов, можно с помощью аппроксимации и экстраполяции найти относительную деформацию при высоте образца, стремящегося к нулю. При практически нулевой толщине образца деформация будет зависеть только от ползучести скелета грунта, а поровое давление уже не будет играть роли.

Полученные значения относительной деформации использованы для подбора функции ядра ползучести. Авторы установили, что экспоненциальная функция оптимально описывает процесс уплотнения грунта на всем участке: от начала уплотнения и до его окончания.

Зная выражение для напора, можно найти напряжение в скелете грунта. В результате была найдена величина осадки грунта при трехосном сжатии с учетом мгновенного его деформирования.

Ключевые слова: газы в поровой воде; гидростатическое давление; функция меры ползучести скелета грунта; осадка грунта при чистом сдвиге; коэффициент объемной сжимаемости грунта; компрессионный прибор.

Для цитирования: Смолин Ю.П., Востриков К.В. Уплотнение водонасыщенных грунтов с учетом сжимаемой поровой жидкости и ползучести грунта // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 5. С. 192–199

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-192-199

*Yu.P. SMOLIN, K.V. VOSTRIKOV,
Siberian State Transport University*

COMPACTION OF SATURATED SOILS WITH REGARD TO COMPRESSIBLE PORE FLUID AND SOIL CREEP

The paper describes the problem of consolidation of clay soil with spherical tensor and stress deviator, taking into account compressibility of pore fluid and the soil creep. In solving the problem, the differential equation is suggested for compacting cohesive soil filled with linearly compressible groundwater. It is considered that the gas volume in the groundwater does not exceed 10 %. The solution of the differential equation is based on the Fourier transform.

For the numerical calculation of creep during compaction of consolidated soil an easy-to-use method was used, i.e. testing of soil samples of the same monolith in the compression device, but different height. Knowing the relative vertical deformation of these samples, approximation and extrapolation methods allow to find the relative deformation at the sample height tending to zero. At almost zero sample thickness, deformation depends only on the soil creep, while the pore pressure will no longer play a role.

The obtained values of the relative strain are used to select the function of the creep nucleus. It is found that the exponential function optimally describes the process of soil compaction over the entire area: from the beginning of compaction to its termination.

Knowing the pressure, the stress in soil and the amount of sediment are found with a triaxial compression, taking into account its instantaneous deformation.

Keywords: pore water; hydrostatic pressure; soil skeleton; soil sediment; uniaxial shear; compressibility coefficient; consolidometer.

For citation: Smolin Yu.P., Vostrikov K.V. Uplotnenie vodonasyshchennykh gruntov s uchetom szhimaemoi porovoi zhidkosti i polzuchesti grunta [Compaction of saturated soils with regard to compressible pore fluid and soil creep]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2019. V. 21. No. 5. Pp. 192–199. DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-192-199

Известно, что всякий водонасыщенный грунт в строгом смысле не является двухкомпонентным, т. к. в любой грунтовой воде обычно имеется хотя бы самое небольшое количество пузырьков воздуха. Газы могут появляться в поровой воде вследствие биохимических процессов в грунтах и различных химических реакций взаимодействия скелета грунта и поровой воды. Газ в порах находится в свободном и защемленном виде. Если газы в порах занимают большую часть объема пор и сообщаются с атмосферой, а вода расположена только в местах контакта частиц, то считается, что газ находится в свободном состоянии. В этом случае деформации грунта обусловлены только деформацией скелета, а фильтрационные явления отсутствуют. И наоборот, если газы в порах грунта занимают небольшую часть объема пор, а вода гидравлически непрерывна и не связана со скелетом грунта, то считается, что газы находятся в защемленном состоянии. Тогда деформация грунта будет обусловлена как характером сжатия этих пузырьков воздуха, так и фильтрационными явлениями.

Как показывают многочисленные экспериментальные исследования, содержащиеся в порах грунта защемленные пузырьки воздуха могут оказать существенное влияние на его напряженно-деформированное состояние [1–3]. При содержании пузырьков воздуха в воде деформируемость грунтовой массы увеличивается в сотни раз.

В опытах П.Ф. Мельникова приводятся данные о том, что в глинистых грунтах при влажности до 25–30 % объем защемленных газов составляет 5–6 % от объема образца или до 12–16 % от объема пор.

Решение настоящей задачи выполнялось из предположения, что объем количества газа в грунтовой воде не превосходит 10 %.

Для одномерного уплотнения водонасыщенного грунта проф. В.А. Флориным [4] было получено дифференциальное уравнение изменения коэффициента пористости e во времени t с учетом влияния защемленного воздуха

$$\frac{\partial e}{\partial t} = (1 + e_{\text{ср}}) \left(k_f \frac{\partial^2 H}{\partial z^2} - k_0 \frac{\partial H}{\partial t} \right), \quad (1)$$

где k_f – коэффициент фильтрации, см/с; H – напор в поровой воде, см; k_0 – коэффициент объемной сжимаемости, см²/кг; z – координата рассматриваемой точки, см; $e_{\text{ср}}$ – среднее значение коэффициента пористости грунта.

Зависимость между напряжениями в скелете грунта и коэффициентом пористости принимается

$$e = -m_0 p + A, \quad (2)$$

где m_0 – коэффициент сжимаемости, 1/кПа; A – произвольная постоянная компрессионной кривой; e – значение коэффициента пористости грунта.

Уравнение равновесия в рассматриваемом случае имеет вид

$$p = p_z + u, \quad (3)$$

где p – внешняя нагрузка (полное давление, прикладываемое на образец), кПа; p_z – давление в скелете грунта; кПа; u – то же в поровой воде, кПа.

При единичном всестороннем давлении уравнение изменения коэффициента пористости во времени будет иметь вид [5]

$$\frac{\partial e}{\partial t} = 3(1 + e_{\text{ср}}) \left(k_f \frac{\partial^2 H}{\partial z^2} - k_0 \frac{\partial H}{\partial t} \right). \quad (4)$$

Уплотнение водонасыщенной грунтовой среды будет зависеть от линейно сжимающей жидкости во время фильтрационной консолидации и ползучести скелета грунта. В этой связи возникает проблема выделения процесса ползучести во время фильтрационной консолидации из общего процесса деформирования грунта.

Для выделения деформации ползучести скелета грунта во время консолидации авторы применили методику, заключающуюся в испытании в компрессионном приборе нескольких образцов грунта с различной высотой, отобранных из одного монолита. По результатам экспериментов строились графики изменения относительной вертикальной деформации образцов во времени. Затем для этих графиков путем экстраполяции определялась относительная деформация при толщине образца в 1 мм. При такой толщине образца фильтрационной консолидацией уже можно пренебречь – то есть деформация будет протекать только за счет ползучести скелета.

Для опытов использовалась паста суглинка (физические характеристики представлены в таблице).

При проведении экспериментальных исследований к образцам грунта прикладывалось уплотняющее давление 100 кПа.

Результаты компрессионных испытаний образцов грунта высотой 25, 19, 14 и 9 мм представлены на рис. 1, а. Результаты экстраполяции изменения относительной деформации грунта во времени при высоте образца 1 мм показаны на рис. 1, б.

Для аппроксимации кривой ползучести подбиралась математическая функция, которая оптимально описывает построенный график на всем участке: от начала уплотнения до его окончания. Авторы опробовали ряд функций

ядра ползучести, и оказалась, что экспоненциальная функция наиболее оптимально описывает опытную кривую [6]

$$\varepsilon(t) = a_0 + a_1 \cdot \left[1 - e^{-\gamma_1(t-\tau)} \right], \quad (5)$$

где τ – момент приложения нагрузки (принимается, что нагрузка к грунту прикладывается мгновенно, поэтому следует принять обычное условие, что эпюра напоров в начальный момент времени $t = \tau = 0$); a_0 – коэффициент мгновенного деформирования грунта при мгновенном приложении нагрузки; a_1, γ_1 – коэффициенты вязкого уплотнения (ползучести скелета грунта).

Показатели физических свойств испытуемого образца грунта

Удельный вес частиц грунта, кН/м^3	Удельный вес грунта, кН/м^3	Удельный вес сухого грунта, кН/м^3	Пористость, %	Коэффициент пористости	Влажность, д.е.	Коэффициент водонасыщения	Влажность на границе текучести, д.е.	Влажность на границе раскатывания, д.е.	Число пластичности, %	Показатель текучести
γ_s	γ	γ_d	n	e	W	S_r	W_L	W_P	I_P	I_L
27,0	19,3	14,8	45	0,819	0,30	0,99	0,31	0,21	10	0,90

Отыскание значений параметров a_1 и γ_1 производится путем итерационного решения уравнения (5).

Основное дифференциальное уравнение уплотнения водонасыщенного грунта с учетом линейной сжимаемости поровой жидкости, линейной ползучести скелета грунта при принятой функции для меры ползучести при всестороннем равномерном сжатии было получено в виде

$$\begin{aligned} \frac{\partial e}{\partial t} &= \gamma_1(a_0 + a_1) \frac{\partial H}{\partial t} + a_0 \gamma \frac{\partial^2 H}{\partial t^2} = \\ &= 3 \left[k_f \left(\frac{\partial^3 H}{\partial z^2 \partial t} + \gamma_1 \frac{\partial^2 H}{\partial z^2} \right) - k_0 \left(\frac{\partial^2 H}{\partial t^2} + \gamma_1 \frac{\partial H}{\partial t} \right) \right], \end{aligned} \quad (6)$$

где γ – удельный вес грунта, г/см^3 .

Решение уравнения (6) производилось методом Фурье с учетом сжимаемой поровой жидкости.

Выражение для напора H будет равно

$$\begin{aligned} H &= \frac{4p}{\gamma\pi} \sum_{1,3,5...}^{\infty} \frac{1}{i} \left\{ \frac{A_i + \sqrt{A_i^2 - B_i} - \frac{3k_f \alpha_i^2}{(a_0 + 3k_0 a_1 \gamma_1) \gamma}}{2\sqrt{A_i^2 - B_i}} e^{\beta_i t} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{A_i - \sqrt{A_i^2 - B_i} - \frac{3k_f \alpha_i^2}{(a_0 + 3k_0 a_1 \gamma_1) \gamma}}{2\sqrt{A_i^2 - B_i}} e^{\beta_i^* t} \right\} \sin \frac{i\pi z}{h}, \end{aligned} \quad (7)$$

где p – внешняя одноразовая нагрузка, кПа .

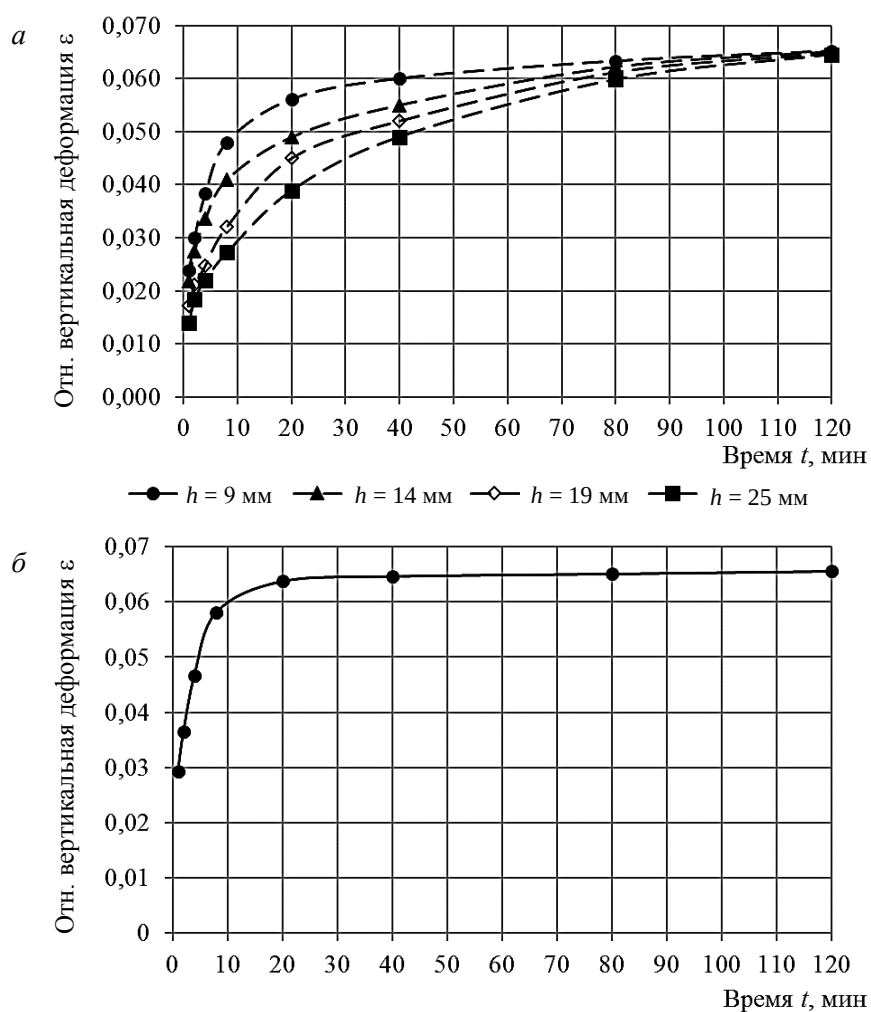


Рис. 1. Изменение относительной деформации образца грунта во времени при компрессионных испытаниях (вертикальное давление 100 кПа):
 а – реальные экспериментальные данные для образцов грунта высотой 25, 19, 14 и 9 мм; б – результаты экстраполяции экспериментальных данных для высоты образца $h = 1$ мм

Расшифровка остальных параметров, входящих в формулу (7), представлена ниже:

$$C_i = \frac{A_i + \sqrt{A_i^2 - B_i} - \frac{3k_f \alpha_i^2}{(a_0 + 3k_0 a_1 \gamma_1) \gamma}}{2\sqrt{A_i^2 - B_i}}, \quad (8)$$

$$D_i = \frac{A_i - \sqrt{A_i^2 - B_i} - \frac{3k_f \alpha_i^2}{(a_0 + 3k_0 a_1 \gamma_1) \gamma}}{2\sqrt{A_i^2 - B_i}}, \quad (9)$$

$$\beta_i' = -A_i + \sqrt{A_i^2 - B_i}, \quad (10)$$

$$\beta_i'' = A_i - \sqrt{A_i^2 - B_i}, \quad (11)$$

$$A_i = \frac{1}{2} \frac{\gamma_1[\gamma(a_0 + a_1) + 3k_0] + 3k_f \alpha_i^2}{(a_0 + 3k_0)\gamma}, \quad (12)$$

$$B_i = \frac{3k_f \alpha_i^2 \gamma_1}{(a_0 + 3k_0)\gamma}, \quad (13)$$

$$\alpha_i = \frac{i\pi}{h}. \quad (14)$$

C_i и D_i являются сложными функциями от параметров грунта, учитывающих мгновенную деформацию, ползучесть скелета, объемную сжимаемость поровой жидкости, коэффициент фильтрации.

Зная выражение для напора, находим напряжение в скелете грунта:

$$p_z = p - \gamma H, \quad (15)$$

$$p_z = p \left(1 - \frac{4}{\pi} \sum_{i=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{i} \left\{ \frac{A_i + \sqrt{A_i^2 - B_i} - \frac{3k_f \alpha_i^2}{(a_0 + 3k_0 a_1 \gamma_1) \gamma}}{2\sqrt{A_i^2 - B_i}} e^{\beta_i' t} - \frac{A_i - \sqrt{A_i^2 - B_i} - \frac{3k_f \alpha_i^2}{(a_0 + 3k_0 a_1 \gamma_1) \gamma}}{2\sqrt{A_i^2 - B_i}} e^{\beta_i'' t} \right\} \sin \frac{i\pi z}{h} \right). \quad (16)$$

Так как касательные напряжения при чистом сдвиге воспринимаются только скелетом грунта, то объемные деформации равны нулю, при этом происходит только формоизменение образца. Соотношение боковых и осевых напряжений при чистом сдвиге для изотропного грунта будет равно

$$\sigma_{бок} = -\frac{1}{2} \sigma_{ос}. \quad (17)$$

Если принять, что соотношение боковых и осевых деформаций зависит только от упругих характеристик, то чистый сдвиг будет иметь место в течение всего процесса консолидации. При постоянном соотношении давлений $\sigma_{бок}$ и $\sigma_{ос}$ поровое давление u должно быть равно нулю.

Зная выражение для напора, находим напряжение в скелете грунта и объемную деформацию. Вертикальная осадка при гидростатическом давлении в любой период времени будет равна

$$s_1(t) = \frac{ph}{3} \left(a_0 - a_1 \gamma_1 \left[1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{i=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{i^2} (C_i e^{\beta_i' t} - D_i e^{\beta_i'' t}) \right] e^{-\gamma_1 t} \right). \quad (18)$$

А так как при чистом сдвиге газированная вода не влияет на процесс деформирования, то продольную осадку грунтового образца при чистом сдвиге можно записать в виде

$$s_2(t) = ph \left(a_0 + a_1 \left[1 - e^{-\gamma_1 t} \right] \right). \quad (19)$$

Складывая осадки при гидростатическом давлении $S_1(t)$ и чистом сдвиге $S_2(t)$, будем иметь общую осадку при воздействии внешней нагрузки с учетом сжимаемой поровой жидкости и ползучести грунта

$$\begin{aligned} s_{\text{общ}}(t) &= s_1(t) + s_2(t) = \\ &= \frac{ph}{3} \left(a_0 - a\gamma_1 \left[1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{i=1,3,5}^{\infty} (C_i e^{\beta_i'} - D_i e^{\beta_i''}) e^{-\gamma_1 t} \right] \right) + \\ &+ ph \left(a_0 + a_1 \left[1 - e^{-\gamma_1 t} \right] \right). \end{aligned} \quad (20)$$

В решении принято, что коэффициент сжимаемости грунта $m_0 \geq 0,1$ (1/кПа). При значениях $m_0 < 0,1$ (1/кПа) учет сжимаемости поровой воды не будет иметь существенного значения, т. к. уплотнение будет происходить в основном за счет резкого изменения структуры грунта и скачкообразного изменения пористости. К таким грунтам можно отнести структурно-неустойчивые грунты: слабосцементированные илистые грунты, заторфованные грунты, ленточные глины, лессовидные грунты и др.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Грунтоведение* / под ред. Е.М. Сергеева. Москва : МГУ, 1983. 392 с.
2. *Цытович Н.А.* Механика грунтов (краткий курс). Москва : Высшая школа, 1979. 268 с.
3. *Зарецкий Ю.К.* Теория консолидации грунтов. Ленинград : Наука, 1967. 268 с.
4. *Флорин В.А.* Основы механики грунтов. Т. 2. Москва ; Ленинград : Стройиздат, 1961. 543 с.
5. *Востриков К.В., Смолин Ю.П., Клименок А.В.* К методике разделения фильтрационной консолидации и ползучести скелета водонасыщенных грунтов // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения (СГУПС). 2018. № 3. С. 70–76.
6. *Смолин Ю.П., Востриков К.В.* Ползучесть анизотропного грунта при чистом сдвиге // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 5 (64). 2017. С. 200–208.

REFERENCES

1. *Sergeyeva E.M., Ed.* Gruntovedenie [Soil science]. Moscow: MSU, 1983. 392 p. (rus)
2. *Tsytovich N.A.* Mekhanika gruntov [Soil mechanics (short course)]. Moscow: Vysshaya shkola, 1979. 268 p. (rus)
3. *Zaretsky Yu.K.* Teoriya konsolidatsii gruntov [Theory of soil consolidation]. Leningrad: Nauka, 1967. 268 p. (rus)
4. *Florin V.A.* Osnovy mekhaniki gruntov [Fundamentals of soil mechanics], vol. 2. Moscow, Leningrad: Stroyizdat, 1961. 543 p. (rus)
5. *Vostrikov K.V., Smolin Yu.P., Klimenok A.V.* K metodike razdeleniya fil'tratsionnoi konsolidatsii i polzuchesti skeleta vodonasyshchennykh gruntov [Separation of filtration consolidation and creep of saturated soil skeleton]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya*. 2018. V. 3. Pp. 70–76. (rus)
6. *Smolin Yu.P., Vostrikov K.V.* Polzuchest' anizotropnogo grunta pri chistom sdvige [Anisotropic soil creep at pure shear]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2017. No. 5 (64). Pp. 200–208. (rus)

Сведения об авторах

Смолин Юрий Петрович, докт. техн. наук, доцент, Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, yurij.smolin@bk.ru

Востриков Константин Владимирович, канд. техн. наук, Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, kostas_v@mail.ru

Authors Details

Yury P. Smolin, DSc, A/Professor, Siberian State Transport University, 191, Koval'chuk Str., 630049, Novosibirsk, Russia, yurij.smolin@bk.ru

Konstantin V. Vostrikov, PhD, Siberian State Transport University, 191, Koval'chuk Str., 630049, Novosibirsk, Russia, kostas_v@mail.ru

УДК 625.768.5:551.509.3

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-200-212

*Е.И. КИРЯКОВ¹, И.В. КУЖЕВСКАЯ², М.А. ВОЛКОВА²,
О.Е. НЕЧЕПУРЕНКО²,*

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет,

²Национальный исследовательский Томский государственный университет

ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЛУЧАЕВ ОБРАЗОВАНИЯ ЗИМНЕЙ СКОЛЬЗКОСТИ НА СЕТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ РЕГИОНАЛЬНОГО ИЛИ МУНИЦИПАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ ХМАО – ЮГРЫ*

Безопасность дорожного движения на автомобильных дорогах, качество и эффективность работ при их содержании в зимний период напрямую связаны с объемом и периодичностью проводимых противогололедных мероприятий. Для дорог федерального значения показатели, определяющие применение противогололедных материалов и цикличность их обработки, определены отраслевыми нормативными документами. Для региональных или муниципальных дорог эти нормы принимаются иногда, как и для федеральных, но без учета фактических климатических показателей территорий, на которых они расположены, или рассчитываются по упрощенной методике.

Цель исследования: определение научно обоснованных показателей возможных случаев образования зимней скользкости на сети дорог ХМАО – Югры и циклов противогололедной обработки их покрытий в зависимости от климатических особенностей административных районов автономного округа.

Методы исследований: статистическая обработка результатов наблюдений за климатическими параметрами за 2000–2017 гг., влияющими на образование зимней скользкости, по данным 8 районных и 6 метеорологических станций, расположенных за пределами автономного округа. В качестве метода интерполяции точек на трассы был использован метод крикинга (ПО Surfer).

Результаты: определено число дней с возможными случаями образования зимней скользкости за холодный период и количество циклов обработки противогололедными материалами покрытий дорог, расположенных в административных районах автономного округа, с 50 и 95% вероятностью в зависимости от их климатических особенностей.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения; зимнее содержание дорог; скользкость покрытия; климатические особенности; противогололедные материалы.

Для цитирования: Киряков Е.И., Кужевская И.В., Волкова М.А., Нечепуренко О.Е. Обоснование показателей случаев образования зимней скользкости на сети автомобильных дорог регионального или муниципального значения ХМАО – Югры // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 5. С. 200–212.

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-200-212

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 18-45-700010 p_a).

E.I. KIRYAKOV¹, I.V. KUZHEVSKAIA², M.A. VOLKOVA²,
O.E. NECHEPURENKO²,

¹Tomsk State University of Architecture and Building,

²National Research Tomsk State University

ICE COVERING OF REGIONAL AND MUNICIPAL ROADS OF KHANTY-MANSI AUTONOMOUS OKRUG – YUGRA

Relevance: The road safety, the quality and effectiveness of maintenance works in winter directly relate to the volume and frequency of ongoing anti-icing. For federal roads, indicators determining the use of anti-icing materials and their cyclic processing are determined by industry regulations. For regional or municipal roads, these norms are sometimes adopted as well as for federal roads, but without considering the climatic conditions of territories of their location. **Purpose:** Determination of evidence-based indicators of the road ice-covering in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Yugra and their anti-icing treatment depending on the climatic conditions of the Okrug. **Methodology:** Statistical processing of observation results of climatic parameters affecting the formation of ice covering in 8 districts and 6 meteorological stations outside the Okrug for the years 2000–2017. The kriging method (SURFER software) was used as a method of point interpolation. **Research findings:** The number of days with possible ice covering during the cold period and the number of cycles of anti-icing treatment of road surfaces in the administrative regions of the Okrug are obtained with a 50 and 95 % probability, depending on the climatic conditions.

Keywords: road safety; winter road maintenance; ice covering; climatic conditions; anti-icing materials.

For citation: Kiryakov E.I., Kuzhevskaya I.V., Volkova M.A., Nechepurenko O.E. Obosnovanie pokazatelei sluchaev obrazovaniya zimnei skol'zkosti na seti avtomobil'nykh dorog regional'nogo ili munitsipal'nogo znacheniya KhMAO – Yugry [Ice covering of regional and municipal roads of Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2019. V. 21. No. 5. Pp. 200–212. DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-200-212

Введение

В современном мире транспортная отрасль является важной составляющей развития промышленности и социальной структуры общества. Актуальной проблемой для стран, расположенных севернее 50° широты, в том числе и России, является эксплуатация дорог в холодный период (winter road maintenance, WRM). Во избежание серьезных дорожно-транспортных происшествий в холодный период, вызванных скользкостью дорог, необходимо разрабатывать точные и надежные методики для её устранения.

Для повышения безопасности движения и снижения затрат на техническое обслуживание существуют различные подходы к управлению работами дорожного обеспечения. Наиболее распространенным в мировой практике считается подход, основанный на использовании климатических данных. Дорожные службы Финляндии и Норвегии [1, 2] используют методику по оценке зимнего обслуживания дорог на основе данных о количестве случаев со снегопадом и температурами ниже 0 °С и значений средней температуры воздуха за холодный период. Такой подход близок к изложенному в руководящем документе РФ по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах

(ОДМ 218.3.023–2003 «Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах». Приказ № ОС-548-р от 16.06.2003. Москва, 2003).

Ряд исследований [3, 4] посвящен обоснованию выбора оптимальных критериев оценки погодных условий и затрат на обслуживание с применением унифицированных индексов для оптимизации процесса климатической обработки и соблюдения условий пространственно-временной сравнимости параметров в разных регионах мира (индексы суровости погоды и Winter Severity Indices). В отдельных регионах России и странах СНГ используются различные упрощенные статистические модели расчета прогноза условий скользкости [5, 6].

Большое число научных работ посвящено оценке затрат на зимнее содержание дорог на основе климатических данных, прогнозу будущих затрат с учетом различных сценариев изменения климата [7–10].

Попытка введения климата как ресурса в экономический анализ транспортной отрасли предпринята и для территории РФ [12], хотя авторы отмечают ряд недостатков применяемого ими подхода – отсутствие свойства аддитивности.

В настоящее время набирает популярность оценка состояния дорожного покрытия с применением автоматических датчиков с разным принципом действия, в том числе в сочетании с информационными табло (Road weather information system, RWIS) и автоматизированными системами оповещения (AWS) вдоль дорог и/или индивидуальными сервисами водителя с GPS [13–17].

В Российской Федерации, как и в мире, непрерывное и безопасное движение автомобилей по дорогам в зимний период обеспечивается выполнением комплекса мероприятий, предусматривающих работы по защите дорог от снежных заносов, очистке от снега проезжей части и обочин в период снегопадов, предупреждению и ликвидации зимней скользкости. При этом основной целью зимнего содержания сети автомобильных дорог должно являться недопущение или оперативная ликвидация скользкости.

Для предотвращения и ликвидации зимней скользкости проводятся профилактические обработки покрытий и образовавшегося на них ледяного или снежно-ледяного слоя противогололедными химическими веществами, повышается шероховатость покрытий проезжей части путем распределения фрикционных материалов (песок, высевки, щебень, шлак) и т. д. Перед началом зимнего периода осуществляется комплекс мероприятий, направленных на подготовку машин и оборудования к зимнему периоду, заготовку противогололедных материалов (ПГМ).

Объемы заготавливаемых ПГМ на весь зимний период для федеральных трасс рассчитываются в соответствии с действующим ОДМ 218.3.023–2003. По тому же документу ведутся расчеты и для сети региональных или межмуниципальных дорог, обеспечивающих основные объемы перевозок по субъектам федерации, но без учета климатических особенностей этих районов из-за отсутствия необходимых нормативных документов. В связи с этим на сети дорог, расположенных на значительном удалении от центров регионов, через которые проходят федеральные трассы, количество циклов обработки поверхности проезжей части противогололедными материалами часто не обеспечивает необходимых условий для безопасного движения автотранспорта. Кроме того, плани-

руемых и заготавливаемых объемов фрикционных и химических материалов на зимний период для борьбы с зимней скользкостью часто оказывается недостаточно из-за недоучета климатических особенностей регионов.

Так, нормативы по количеству циклов обработки и годовой объем необходимых реагентов для сети дорог Ханты-Мансийского автономного округа назначаются такие же, как для г. Тюмени, расположенного на федеральной трассе Р-351 Екатеринбург – Тюмень. Тюмень и Тюменская область географически расположены значительно южнее ХМАО (более 400 км), и по трудности снегоборьбы Тюменская область относится к II району (средней трудности). Территория же ХМАО относится и к II и к III (трудный), а северная часть округа может быть отнесена и к IV (очень трудному) району снегоборьбы по снегоприносу [18, 19].

Количество дней с возможными случаями образования зимней скользкости или циклов обработки покрытия за зимний сезон для Тюмени, согласно приложению «А» ОДМ 218.3.023–2003, составляет 64 раза, тогда как для районов, находящихся в непосредственной близости к ХМАО и имеющих схожие климатические особенности, количество дней с возможными случаями образования зимней скользкости составляет: Новосибирск – 101, Томск – 105, Пермь – 101, Сыктывкар – 107. Разница между данными для Тюмени и соседними с ХМАО областями свидетельствует о существенно заниженных значениях данного количественного показателя, влияющего на качество очистки дорожного полотна от снежно-ледяных отложений в ХМАО – Югре. Поэтому для уточнения сезонной стратегии борьбы с образованием зимней скользкости на существующей сети региональных или межмуниципальных дорог ХМАО – Югры были проведены работы по определению научно обоснованных показателей случаев образования зимней скользкости на основе статистических данных о фактической погоде в автономном округе.

Методы и материалы

Для расчетов периодов скользкости были использованы данные АО ГК «Северавтодор», ВНИИГМИ-МЦД [20, 21] суточного разрешения по температуре воздуха и атмосферным осадкам и срочного разрешения об основных метеорологических параметрах на 8 метеорологических станциях (Березово, Саранпауль, Няксимволь, Октябрьское, Ханты-Мансийск, Леуши, Угут, Ларьяк), расположенных на территории ХМАО, и 6 станциях (Ивдель, Тобольск, Ишим, Александровское, Толька, Надым), расположенных за пределами округа для интерполяции при картировании, за период с 2000 по 2017 г. В качестве метода интерполяции точек на трассы был использован метод крикинга (ПО Surfer).

Дополнительно привлекались данные о погоде в срок и между сроками по следующим атмосферным явлениям: гололед; изморозь кристаллическая и зернистая; гололедица; ледяной дождь. Отдельно были рассмотрены следующие атмосферные явления с различной интенсивностью – слабой, умеренной или сильной – снег; дождь со снегом или ледяной дождь; морось и дождь, образующие гололед; дождь или морось со снегом; снег с перерывами/непрерывный, ливневый снег, ледяная или снежная крупа с дождем, со снегом и дождем/без них.

При выполнении работы были определены количественные показатели:

– даты начала и окончания периода с зимней скользкостью (с 50 и 95% обеспеченностью), средняя продолжительность периода, число дней с возможными случаями образования зимней скользкости (с обеспеченностью 50 и 95 %) по метеорологическим станциям и районам ХМАО – Югра за 2000–2017 гг. Для расчета обеспеченности использовалось распределение Гумбеля;

– число дней с возможными случаями образования зимней скользкости (с обеспеченностью 50 и 95 %) за холодный период с 2000 по 2017 г. по метеорологическим станциям ХМАО – Югра.

В соответствии с ОДМ 218.3.023–2003 за число дней с возможными случаями образования зимней скользкости принимается число дней с выпадением снега с суточным количеством более 1 см (от слабого снега до обильного снегопада), с гололедно-изморозевыми явлениями (мокрый снег, изморозь, ледяной дождь) при температуре воздуха ниже 0 °С.

Согласно методике расчета цикличности выполнения работ по зимнему содержанию автомобильных дорог, предложенной проф. Т.В. Самодуровой [6, 22], для расчета работ по распределению противогололедных материалов определяется количество возможных случаев образования зимней скользкости в виде стекловидного льда (гололед, гололедица, твердый налет, черный лед). Для каждого случая принимается один цикл распределения ПГМ при ликвидации или профилактике образования скользкости. В период же продолжительных метелей и затяжных снегопадов с интенсивностью более 1 мм в час необходимо проведение предварительной обработки покрытия, а по окончании снегоприноса следует повторная обработка ПГМ. Поэтому при длительных интенсивных снегопадах циклы снегоочистки должны повторяться после каждых 5–6 см выпавшего снега.

Результаты

Для расчета ориентировочной годовой потребности ПГМ для АО ГК «Северавтодор» приведены сведения о средних многолетних данных образования зимней скользкости, включающих в себя даты начала и окончания периода зимней скользкости, продолжительность этого периода и число дней с возможными случаями образования зимней скользкости (табл. 1).

Средние даты начала периода скользкости для большинства рассмотренных пунктов приходятся на начало второй декады октября. Что касается даты его окончания, то для северо- и северо-восточной части ХМАО она отмечается в третьей декаде апреля, для остальной части – в начале апреля. Наиболее ранние и поздние даты с 95% обеспеченностью имеют меньший разброс и приходятся на 1–3 октября (за исключением Октябрьского) и 28–29 апреля соответственно. По вышеуказанной причине Октябрьский имеет самую короткую продолжительность периода со скользкостью (158 дней), при этом отметим, что пункт не расположен вблизи дорог федерального или регионального обслуживания. Ниже на рис. 1 приведена оценка продолжительности периода скользкости по трассам обслуживания АО ГК «Северавтодор», соотнесенная с административными районами ХМАО (табл. 2).

Таблица 1

**Среднемноголетние данные образования зимней скользкости в ХМАО
с обеспеченностью 50 и 95 %**

Пункт	Дата начала		Дата окончания		Продолжительность периода		Число дней с возможными случаями образования зимней скользкости	
	50 %	95 %	50 %	95 %	50 %	95 %	50 %	95 %
Березово	18.10	02.10	23.04	29.04	188	210	79	101
Саранпауль	12.10	02.10	20.04	28.04	191	209	54	79
Октябрьское	28.10	20.10	03.04	24.04	158	187	109	135
Ларьяк	12.10	01.10	20.04	28.04	191	210	94	118
Ханты-Мансийск	13.10	02.10	13.04	29.04	183	210	108	135
Угут	15.10	01.10	13.04	29.04	181	211	58	76
Леуши	22.10	03.10	08.04	28.04	169	208	67	92

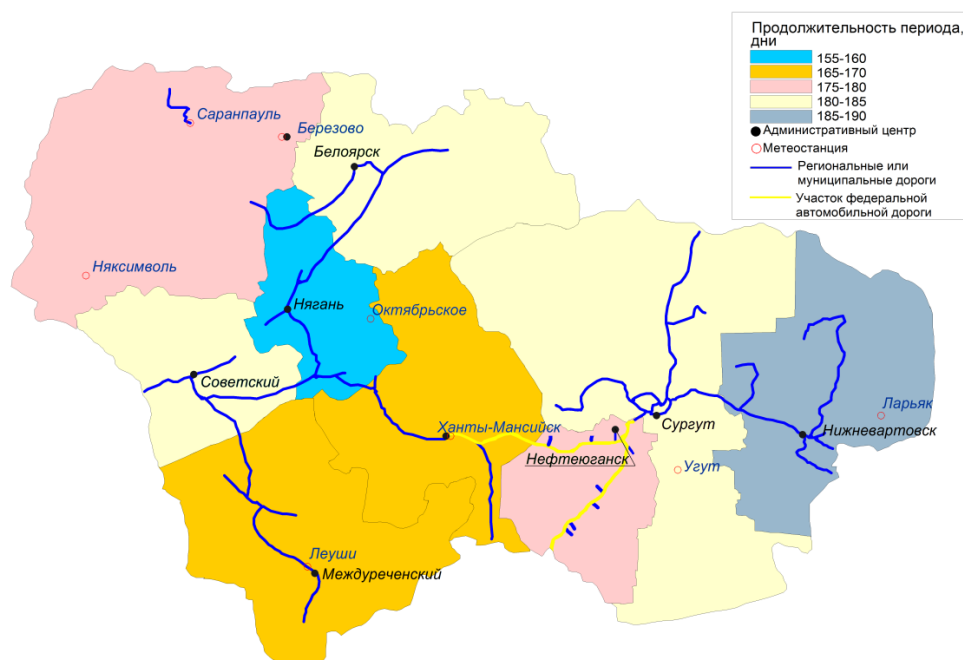


Рис. 1. Продолжительность периода скользкости (дни) с 50% обеспеченностью по территории ХМАО

На участке федеральной автомобильной дороги Р-404 на территории ХМАО продолжительность периода скользкости составляет 177–178 дней. Наиболее длительный период (более 185 дней) с вероятностью возникновения скользкости приходится на участки региональных и муниципальных дорог Нижневартовского административного района. В Кондинском районе продолжительность зимней скользкости в среднем на 18 дней меньше и составляет около

170 дней в сезон. Неравномерность продолжительности периодов скользкости по административным районам ХМАО – Югра свидетельствует о необходимости учета этих особенностей при распределении средств подрядным организациям на зимнее содержание обслуживаемых участков автомобильных дорог.

Таблица 2

Трассы и районы обслуживания АО ГК «Северавтодор»

Трассы	Район
Шаим – Урай – Междуреченск	Кондинский
Пойковский – Нефтеюганск – Сентябрьский – граница ХМАО	Нефтеюганский
Лангепас – Нижневартовск	Нижневартовский
Нижневартовск – Радужный – Новоаганск	Нижневартовский
Нягань – Талинка	Октябрьский
Таежный – Советский – Зеленоборск	Советский
Талинка – Советский	Советский – Октябрьский
Югорск – Советский – Верхнекалымский – граница к ХМАО. Подъезд к г. Белоярскому	Советский – Октябрьский – Белоярский
Сургут – Лянтор – Сытомино	Сургутский
Сургут – Федоровский	Сургутский
Сургут – Ульт-Ягун – Лангепас	Сургутский
Федоровский – Когалым – Ноябрьск (граница ХМАО)	Сургутский
Ханты-Мансийск – Талинка	Ханты-Мансийский
Ханты-Мансийск – Горноправдинск (от примыкания к федеральной трассе)	Ханты-Мансийский
Ханты-Мансийск – Пойковский	Ханты-Мансийский – Нефтеюганский

Более подробно информация об образовании зимней скользкости в административных районах ХМАО приведена в табл. 3.

В табл. 4 представлен временной ход со случаями образования зимней скользкости за холодный период с 2000 по 2017 г. Показано, что с 2011 г. наблюдается тенденция к асимметричности в отклонении в большую сторону дней с возможными случаями образования зимней скользкости. Особенно ярко это проявляется в Октябрьском, Ханты-Мансийском, Сургутском и Нижневартовском районах с наибольшей для округа плотностью автомобильных дорог. Именно в этих районах, несмотря на относительно небольшую продолжительность периода со скользкостью (177 дней), с 2011 г. наблюдается предельная наполненность этого периода днями с атмосферными явлениями, благоприятными для образования зимней скользкости.

Таким образом, начиная с 2011 г. наблюдается увеличение числа дней с возможными случаями образования зимней скользкости за холодный период. Например, в районе пунктов Угут и Березово превышение значений с 95% обеспеченностью отмечалось в холодный период 2015–2016 г. На рис. 2

приведен временной ход числа дней с возможными случаями образования зимней скользкости для пунктов Ханты-Мансийск и Угут, представляющих административные районы ХМАО с наибольшей плотностью автомобильных дорог различного подчинения.

Таблица 3

**Данные образования зимней скользкости по районам
с 50 и 95% обеспеченностью**

Пункт	Дата начала		Дата окончания		Продолжительность периода		Число дней с возможными случаями образования зимней скользкости	
	50 %	95 %	50 %	95 %	50 %	95 %	50 %	95 %
Кондинский	22.10	03.10	07.04	27.04	168	207	75–80	90
Нефтеюганский	15.10	03.10	09.04	23.04	176	203	75	95
Нижневартовский	12.10	01.10	19.04	28.04	189	210	80–90	95–100
Октябрьский	28.10	20.10	03.04	24.04	158	187	110	125
Советский	17.10	04.10	14.04	28.04	180	207	80	95
Белоярский	20.10	08.10	16.04	27.04	180	202	90–95	110
Сургутский	14.10	02.10	12.04	24.04	180	205	75	90
Ханты-Мансийский	21.10	07.10	07.04	26.04	169	203	100	120
Березовский	19.10	08.10	15.04	27.04	179	202	75	95

Таблица 4

**Число дней с возможными случаями образования зимней скользкости
за холодный период с 2000 по 2017 г.**

Пункт		Леуши	Саранпауль	Ларьяк	Угут	Октябрьское	Ханты-Мансийск	Березово
50 %		67	54	94	58	109	108	79
95 %		92	79	118	76	135	135	101
Холодный период		Число дней						
2000	2001	83	68	59	56	81	75	99
2001	2002	81	63	74	67	103	95	101
2002	2003	60	47	88	53	107	110	69
2003	2004	67	45	90	51	108	116	74
2004	2005	91	55	113	60	97	135	70
2005	2006	70	49	100	40	86	112	64
2006	2007	69	58	80	58	103	135	96
2007	2008	47	57	106	54	112	118	77
2008	2009	36	49	77	48	116	98	85

Окончание табл. 4

Пункт		Леуши	Саранпауль	Ларьяк	Угут	Октябрьское	Ханты-Мансийск	Березово
50 %		67	54	94	58	109	108	79
95 %		92	79	118	76	135	135	101
Холодный период		Число дней						
2009	2010	89	51	82	44	98	90	73
2010	2011	52	44	91	43	73	80	69
2011	2012	71	77	103	56	132	112	89
2012	2013	95	47	121	65	135	127	74
2013	2014	52	85	91	57	123	103	80
2014	2015	51	44	101	60	122	84	59
2015	2016	56	58	117	87	135	121	103
2016	2017	75	29	110	72	116	129	55

Примечание. Серым цветом выделены значения случаев образования зимней скользкости, превышающие 50 % (среднее), курсивом – равные 95 %, жирным шрифтом – превышающие 95 %.

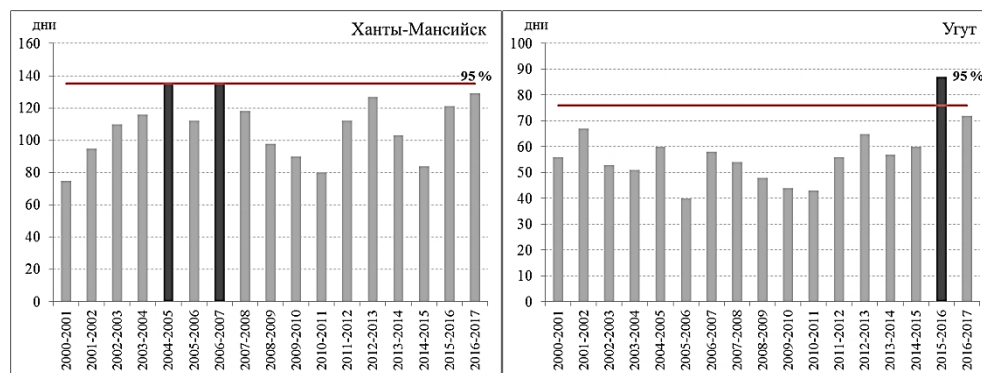


Рис. 2. Временной ход числа дней с возможными случаями образования зимней скользкости за холодный период с 2000 по 2017 г.

Тенденция увеличения числа дней со скользкостью дорожных покрытий также должна учитываться при планировании финансовых средств, направленных на выполнение работ по зимнему содержанию автомобильных дорог с целью обеспечения необходимой безопасности и удобства движения проезжающих.

По данным наблюдений на метеостанциях отдельными случаями выпадения осадков считаются такие, для которых время между окончанием предыдущего и началом последующего составляет более 0,2 ч. Для эксплуатационных организаций установлены директивные сроки уборки снега с момента окончания снегопада (ГОСТ Р 50597–2017. Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля

(с поправками). Москва: Стандартинформ, 2017. 31с.), которые составляют несколько часов. Таким образом, для дорожных служб два снегопада будут разными, если временной разрыв между окончанием предыдущего и началом последующего будет превышать директивное время на уборку, что приводит к необходимости дополнительных циклов противогололедной обработки [6, 20]. Количество дополнительных циклов в таких случаях рассчитывается на основе данных метеонаблюдений.

По данным ФГБУ Обь-Иртышская УГМС, филиал Ханты-Мансийский ЦГМС, за 2006–2015 гг. был выполнен расчет циклов обработки покрытий ПГМ с учетом продолжительности метелей и затяжных снегопадов. Рекомендованное количество циклов обработки противогололедными материалами дорожных покрытий автомобильных дорог общего пользования по административным районам Ханты-Мансийского автономного округа – Югры приведено в табл. 5.

Таблица 5

Количество циклов обработки ПГМ

Район	Дата начала	Дата окончания	Продолжительность периода, дни	Количество циклов обработки покрытий ПГМ
Березовский	18.10	23.04	188	91
Октябрьский	28.10	20.04	176	114
Советский	17.10	09.04	176	93
Нижневартовский	12.10	16.04	188	99
Нефтеюганский	15.10	10.04	178	97
Ханты-Мансийский	21.10	14.04	177	109
Сургутский	14.10	10.04	180	92
Кондинский	22.10	09.04	170	95
Белоярский	20.10	14.04	178	105

Заключение

На основе статистических данных о фактической погоде для административных районов Ханты-Мансийского автономного округа получены следующие показатели случаев образования зимней скользкости:

- даты начала и окончания периода с зимней скользкостью (с 50 и 95% обеспеченностью);
- средняя продолжительность периода и число дней с возможными случаями образования зимней скользкости (с обеспеченностью 50 и 95 %);
- количество циклов обработки противогололедными материалами дорожных покрытий автомобильных дорог с учетом продолжительности метелей и затяжных снегопадов;
- среднее значение показателя «число дней образования зимней скользкости» на территории ХМАО составило 86 дней, а с учетом дополнительных обработок покрытий из-за периодов продолжительных метелей и снегопадов возросло до 99. Используемое в настоящее время значение данного параметра

по пункту Тюмень, равное 64 циклам, явно является недостаточным для обеспечения требуемого уровня содержания и безопасности движения на сети дорог ХМАО – Югра.

Следует также отметить, что для уточнения сезонных стратегий борьбы с образованием зимней скользкости, особенно на сети региональных или муниципальных дорог Западной и Восточной Сибири, требуются научно обоснованные расчеты количества случаев образования зимней скользкости на основе статистических данных о фактической погоде по большому количеству пунктов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Venäläinen A., Kangas M.* Estimation of winter road maintenance costs using climate data // *Meteorol. Appl.* 2003. 10. P. 69–73. DOI: 10.1017/S1350482703005073.
2. *Norem H.* Selection of strategies for winter maintenance of roads based on climatic parameters // *Journal of Cold Regions Engineering*. 2009. 23(4). P. 113–135.
3. *Walker C.L., Hasanzadeh S., Esmaeili B., Anderson M.R., Dao B.* Developing a winter severity index: A critical review // *Cold Regions Science and Technology*. 2019. 160. P. 139–149. DOI: 10.1016/j.coldregions.2019.02.005.
4. *Boustead B., Hilberg S., Shulski M., Hubbard K.* The Accumulated Winter Season Severity Index (AWSSI) // *J. Appl. Meteorol. Climatol.* 2015. 54. P. 1693–1712.
5. *Богданович С.В.* Прогнозирование зимней скользкости автомобильных дорог // *Вестник БНТУ*. 2007. № 1. С. 50–55.
6. *Самодурова Т.В., Бакланов Ю.В.* Цикличность работ по зимнему содержанию автомобильных дорог // *Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура*. 2014. № 1 (33). С. 72–82.
7. *Matthews L., Andrey J., Hambly D., Minokhin I.* Development of a Flexible Winter Severity Index for Snow and Ice Control // *Journal of Cold Regions Engineering*. 2017. 31(3). DOI: 10.1061/(ASCE)CR.1943-5495.0000130.
8. *Suggett J., Hadayegi Al., Mills B., Andrey J., Leach G.* Development of winter severity indicator models for Canadian winter road maintenance // *Transportation Association of Canada*, 2006.
9. *Juga I., Nurmi P., Hippi M.* Statistical modeling of wintertime road surface friction // *Meteorol. Appl.* 2013. 20. P. 318–329.
10. *Andersson A., Chapman L.* The use of a temporal analogue to predict future traffic accidents and winter road conditions in Sweden // *Meteorol. Appl.* 2011. 18. P. 125–136.
11. *Энциклопедия климатических ресурсов РФ* / под ред. Н.В. Кобышевой, К.Ш. Хайруллина. Санкт-Петербург : Гидрометиздат, 2005. 320 с.
12. *Chien S., Meegoda J., Luo J., Corrigan P., Zhao L.* Road weather information system statewide implementation plan. In: Final Report. New York State Department of Transportation, 2014. URL: https://www.dot.ny.gov/divisions/engineering/technical-services/trans-r-and-d-repository/C-11-54%20Final%20Report_4-2014.pdf
13. *Kangas M., Heikinheimo M., Hippi M.* RoadSurf: a modelling system for predicting road weather and road surface conditions // *Meteorol. Appl.* 2015. 22. P. 544–553. DOI: 10.1002/met.1486.
14. *Troiano A., Pasero E., Mesin L.* New System for Detecting Road Ice Formation // *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. 2011. 60 (3). P. 1091–1101. DOI: 10.1109/TIM.2010.2064910.
15. *Lufft – Traffic Weather*. URL: <https://www.lufft.com/applications/traffic-weather-145/>
16. *The Vaisala Remote Road Surface State Sensor, DSC111*. URL: <https://www.vaisala.com/en/products/instruments-sensors-and-other-measurement-devices/weather-stations-and-sensors/dsc111/>
17. *Andersson A.* Winter road conditions and traffic accidents in Sweden and UK. Present and future climate scenarios // *Doctoral thesis A131, University of Gothenburg, Sweden*, 2010. URL: https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/21547/1/gupea_2077_21547_1.pdf.

18. Ремонт и содержание автомобильных дорог : справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Т. II / А.П. Васильев, Э.В. Дингес, М.С. Коганзон [и др.] ; под ред. А.П. Васильева. Москва : Информавтодор, 2004. 507 с.
19. Климат ХМАО. URL: https://geografiyahmao.blogspot.com/2011/10/blog-post_4932.html
20. Булыгина О.Н., Веселов В.М., Разуваев В.Н., Александрова Т.М. Описание массива срочных данных об основных метеорологических параметрах на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620549. URL: <http://meteo.ru/data/163-basic-parameters#описание-массива-данных>.
21. Булыгина О.Н., Веселов В.М., Александрова Т.М., Коришкова Н.Н. Описание массива данных по атмосферным явлениям на метеорологических станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620081. URL: <http://meteo.ru/data/345-atmosfernye-yavleniya-sroki#описание-массива-данных>.
22. Самодурова Т.В., Бакланов Ю.В. Методика расчета цикличности выполнения работ по зимнему содержанию автомобильных дорог // Дороги и мосты : сборник. 2013. Вып. 30/2. С. 99–112.

REFERENCES

1. Venäläinen A., Kangas M. Estimation of winter road maintenance costs using climate data. *Meteorological Applications*. 2003. V. 10. Pp. 69–73. DOI: 10.1017 / S1350482703005073.
2. Norem H. Selection of strategies for winter maintenance of roads based on climatic parameters. *Journal of Cold Regions Engineering*. 2009. V. 23. No. 4. Pp. 113–135.
3. Walker C.L., Hasanzadeh S., Esmaeili B., Anderson M.R., Dao B. Developing a winter severity index: A critical review. *Cold Regions Science and Technology*. 2019. V. 160. Pp. 139–149. DOI: 10.1016 / j.coldregions. 2019.02.005.
4. Boustead B., Hilberg S., Shulski M., Hubbard K. The accumulated winter season severity index (AWSSI). *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 2015. 54. Pp. 1693–1712.
5. Bogdanovich S.V. Prognozirovaniye zimnei skol'zskosti avtomobil'nykh dorog [Prediction of winter slippery roads]. *Vestnik BNTU*. 2007. No. 1. P. 50–55. (rus)
6. Samodurova T.V., Baklanov Yu.V. Tsiklichnost' rabot po zimnemu soderzhaniyu avtomobil'nykh dorog Stroitel'stvo i arkhitektura [Cyclic maintenance of winter roads]. *Nauchnyi vestnik Voronezhskogo GASU*. 2014. No. 1 (33). Pp. 72–82. (rus)
7. Matthews L., Andrey J., Hambly D., Minokhin I. Development of a flexible winter severity index for snow and ice control. *Journal of Cold Regions Engineering*. 2017. V. 31 No. 3. DOI: 10.1061 / (ASCE) CR.1943-5495.0000130.
8. Suggett J., Hadayegi Al., Mills B., Andrey J., Leach G. Development of winter severity indicator models for Canadian winter road maintenance. *Transportation Association of Canada*. 2006.
9. Juga I., Nurmi P., Hippi M. Statistical modeling of wintertime road surface friction. *Meteorological Applications*. 2013. V. 20. Pp. 318–329.
10. Andersson A., Chapman L. The use of a temporal analogue to predict future traffic accidents and winter road conditions in Sweden. *Meteorological Applications*. 2011. V. 18. Pp. 125–136.
11. Kobysheva N.V., Khayrullina K.Sh., Eds. Encyclopedia of climatic resources of the Russian Federation. St.-Petersburg: Gidrometizdat, 2005. 320 p. (rus)
12. Chien S., Meegoda J., Luo J., Corrigan P., Zhao L. Road weather information system statewide implementation plan. In: Final Report. New York State Department of Transportation, 2014. Available: www.dot.ny.gov/divisions/engineering/technical-services/trans-r-and-d-repository/C-11-54%20Final%20Report_4-2014.pdf
13. Kangas M., Heikinheimo M., Hippi M. Road Surf: a modeling system for predicting road weather and road surface conditions. *Meteorological Applications*. 2015. V. 22. Pp. 544–553. DOI: 10.1002 / met.1486.
14. Troiano A., Pasero E., Mesin L. New system for detecting road ice formation. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. 2011. V. 60. No. 3. Pp. 1091–1101. DOI: 10.1109/TIM.2010.2064910.
15. Lufft – Traffic Weather. Available: www.lufft.com/applications/traffic-weather-145/

16. *The Vaisala remote road surface state sensor, DSC111*. Available: www.vaisala.com/en/products/instruments-sensors-and-other-measurement-devices/weather-stations-and-sensors/dsc111/
17. *Andersson A.* Winter road conditions and traffic accidents in Sweden and UK. Present and future climate scenarios. DSc Thesis, University of Gothenburg, Sweden, 2010. Available: https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/21547/1/gupea_2077_21547_1.pdf
18. *Vasiliev A.P., Dinges E.V., Koganzon M.S., et al.* Repair and maintenance of roads: Road Encyclopedia of Reference. Moscow: Informavtodor, 2004. 507 p. (rus)
19. *Klimat KhMAO* [Climate of Khanty-Mansi Autonomous Okrug]. Available: https://geografiya-hmao.blogspot.com/2011/10/blog-post_4932.html/ (rus)
20. *Bulygina O.N., Veselov V.M., Razuvaev V.N., Aleksandrova T.M.* Opisanie massiva srochnykh dannykh ob osnovnykh meteorologicheskikh parametrah na stantsiyakh Rossii. Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii bazy dannykh № 2014620549 [Data array on the main meteorological parameters at stations in Russia. RF Certificate of State Registration of Database N 2014620549]. Available: <http://meteo.ru/data/163-basic-parameters#описание-массива-данных> (rus)
21. *Bulygina O.N., Veselov V.M., Aleksandrova T.M., Korshunova N.N.* Opisanie massiva dannykh po atmosferym yavleniyam na meteorologicheskikh stantsiyakh Rossii. Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii bazy dannykh № 2015620081 [Data array on atmospheric phenomena at meteorological stations in Russia. RF Certificate of State Registration of Database N 2015620081]. Available: <http://meteo.ru/data/345-atmosferye-yavleniya-sroki#описание-массива-данных> (rus)
22. *Samodurova T.V., Baklanov Yu.V.* Metodika rascheta tsiklichnosti vypolneniya rabot po zimnemu sodержaniyu avtomobil'nykh dorog [Calculation of cyclic maintenance of winter roads]. *Dorogi i mosty*. 2013. No. 30/2. Pp. 99–112. (rus)

Сведения об авторах

Киряков Евгений Иванович, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, cknr@sibmail.com

Кужевская Ирина Валерьевна, канд. геогр. наук, доцент, Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, ivk@ggf.tsu.ru

Волкова Марина Александровна, канд. геогр. наук, доцент, Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, mv2101@mail.ru

Нечепуренко Ольга Евгеньевна, инженер кафедры метеорологии и климатологии, Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, o.e.nechepurenko@gmail.com

Authors Details

Evgenii I. Kiryakov, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, cknr@sibmail.com

Irina V. Kuzhevskaya, PhD, A/Professor, National Research Tomsk State University, 36 Lenin Ave., Tomsk, Russia 634050, ivk@ggf.tsu.ru

Marina A. Volkova, PhD, A/Professor, National Research Tomsk State University, 36 Lenin Ave., Tomsk, Russia 634050, mv2101@mail.ru

Olga E. Nechipurenko, Engineer, Department of Meteorology and Climatology, National Research Tomsk State University, 36 Lenin Ave., Tomsk, Russia 634050, o.e.nechepurenko@gmail.com

ХРОНИКА. СОБЫТИЯ



85 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

12 сентября 2019 г. Л.С. Ляховичу исполнилось 85 лет.

Леонид Семенович – доктор технических наук, профессор, академик Российской академии архитектуры и строительных наук, Заслуженный деятель науки и техники России, Почетный строитель России, заведующий кафедрой «Строительная механика» Томского государственного архитектурно-строительного университета.

Леонид Семенович Ляхович в 1955 г. окончил Новосибирский инженерно-строительный институт (Сибстрин) по специальности «Промышленное и гражданское строительство» и был направлен на работу в Томский инженерно-строительный институт. Здесь он с перерывом на обучение в аспирантуре (1959–1962 гг.) работает по настоящее время. За годы работы им пройден путь от ассистента до заведующего кафедрой строительной механики (с 1964 по настоящее время). С 1965 по 1968 г. занимал пост декана строительного факультета, с 1974 по 2008 г. – проректора по научной работе ТИСИ-ТГАСА-ТГАСУ.

Основные научные интересы Л.С. Ляховича связаны с развитием теории расчета сооружений на устойчивость и колебания, проектированием оптимальных систем. Предложенный Л.С. Ляховичем энергетический критерий эквивалентности систем в расчетах на устойчивость и собственные колебания явился основой для развития теории аппроксимации при описании некоторых процессов поведения сооружений, в том числе и при обработке результатов неразрушающих испытаний.

Критерий, сформулированный Л.С. Ляховичем на основе метода малых возмущений, позволяет определять место заданной величины в спектре критических сил и собственных частот упругих систем, уточняет и развивает теорию качественного анализа устойчивости и колебаний сооружений. Критерий

применен и для кинематического анализа сооружений. Критерий также модифицирован для расчетов на устойчивость систем с односторонними и кусочно-линейными связями. На основе модифицированного критерия в сочетании с методом ветвей и границ предложен способ отыскания «нижней» и «верхней» критических нагрузок конструктивно-нелинейных систем.

В развитии теории проектирования оптимальных систем Л.С. Ляховичем предложен подход, позволяющий одновременно учитывать разнородные ограничения и при этом варьировать не только размерами сечений элементов, но и характеристиками связей, величинами догружаемых (снимаемых) масс, а также усилиями предварительного напряжения. В нетрадиционной постановке задач оптимизации выявлен ряд свойств систем минимальной материалоемкости, среди них – особые свойства форм потери устойчивости и собственных колебаний при рациональной расстановке связей оптимальной жесткости, а для случая колебаний еще и для задач догружения и разгрузки сооружений. На основе выявленных свойств сформулирован критерий оценки уровня оптимальности полученных решений и предложен метод синтеза оптимальных систем, как сооружений, обладающих особыми свойствами.

Л.С. Ляхович известен как организатор науки не только в ТГАСУ, но и в системе высшей школы России. За годы его работы проректором ТГАСУ по научной работе значительно вырос научный потенциал вуза, увеличился объем научно-исследовательских работ, укрепилась материально-техническая база университета. За это время ТГАСУ получил признание как один из ведущих архитектурно-строительных вузов России. Благодаря усилиям Л.С. Ляховича ТГАСУ на протяжении более пятнадцати лет являлся головной организацией конкурса грантов Минобрнауки России по проблемам архитектуры и строительных наук, а также по научно-технической программе (подпрограмме) «Архитектура и строительство». Все эти годы Л.С. Ляхович был председателем научно-технических советов программы (подпрограммы) и конкурса грантов. Леонид Семенович сыграл существенную роль в концентрации усилий инженеров и ученых на выявление и решение важнейших научно-технических проблем строительной отрасли.

Л.С. Ляхович является председателем Совета по защите докторских диссертаций, членом Президиума и Ученого совета Российской академии архитектуры и строительных наук. Под научным руководством Л.С. Ляховича подготовлено три доктора наук и тридцать кандидатов наук. Леонид Семенович в течение многих лет являлся советником губернатора Томской области, его доверенным лицом в избирательных кампаниях различного уровня.

Л.С. Ляхович – главный редактор научно-технического журнала «Вестник ТГАСУ», включенного в список ВАК России как ведущее издание.

Л.С. Ляхович награжден Орденом Дружбы и тремя медалями, отмечен знаками «За заслуги перед Томской областью», «За заслуги перед городом Томском», «За заслуги перед Томским государственным университетом», «За заслуги перед Томским государственным архитектурно-строительным университетом», неоднократно награждался грамотами Министра образования, Министра строительства, губернатора Томской области, мэра города Томска, занесен на Аллею трудовой славы строителей Томской области.

Л.С. Ляховичу присвоены звания «Заслуженный деятель науки и техники России», «Почетный строитель России», «Почетный строитель Томской области», «Лауреат премии Томской области в сфере науки и образования», «Заслуженный профессор ТГАСУ», «Почетный профессор ассоциации строительных вузов», «Почетный профессор Ростовского государственного строительного университета», «Почетный доктор Воронежского государственного архитектурно-строительного университета».

Л.С. Ляхович отмечен Благодарственным письмом Председателя Совета Федерации СМ. Миронова за многолетнюю научную и законотворческую деятельность, большой вклад в подготовку высококвалифицированных кадров (2008 г.).