

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Томский государственный
архитектурно-строительный университет

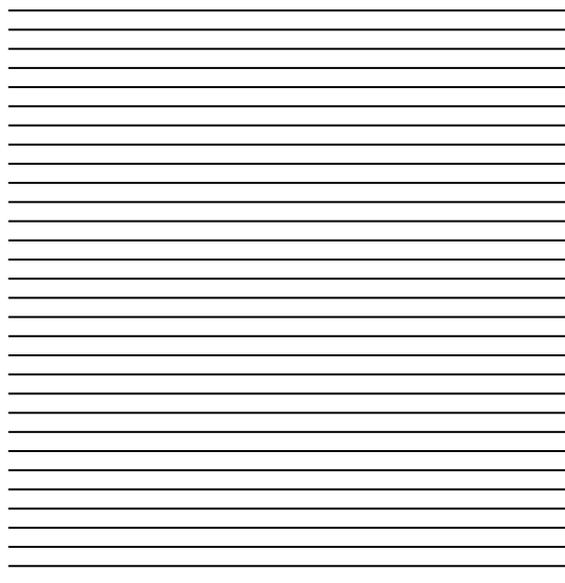
ВЕСТНИК

ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА

Том 24

№ 6 2022
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с апреля 1999 г.



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ляхович Л.С., докт. техн. наук, профессор, академик РААСН, зав. кафедрой строительной механики ТГАСУ; гл. редактор: lls@tsuab.ru; г. Томск
Акимов П.А., докт. техн. наук, профессор, академик РААСН, главный ученый секретарь РААСН; pavel.lakimov@gmail.com; г. Москва
Белостоцкий А.М., докт. техн. наук, профессор, чл.-корр. РААСН, ген. директор научно-исследовательского центра СтаДиО; amb@stadyo.ru; г. Москва
Бондаренко И.А., докт. архитектуры, профессор, академик РААСН, директор НИИТИАГ, филиал ЦНИИП Минстроя России; niitag@yandex.ru; г. Москва
Власов В.А., докт. физ.-мат. наук, профессор, ректор ТГАСУ; rector@tsuab.ru; г. Томск
Волокитин Г.Г., докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой прикладной механики и материаловедения ТГАСУ; vgg-tomsk@mail.ru; г. Томск
Гныря А.И., докт. техн. наук, профессор, советник РААСН, зав. кафедрой технологии строительного производства ТГАСУ; tsp_tgasu@mail.ru; г. Томск
Детярев 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; dzy1956@mail.ru; г. Томск
Ефименко В.Н., докт. техн. наук, профессор кафедры автомобильных дорог ТГАСУ; svefimenko_80@mail.ru; г. Томск
Ефименко С.В., докт. техн. наук, проректор по научной работе ТГАСУ; svefimenko_80@mail.ru; г. Томск
Есаулов Г.В., докт. архитектуры, профессор, академик РААСН, проректор по научной работе МАРХИ; gvesaulov@raasn.ru; г. Москва
Жерардо М.Ч., докт. наук, профессор инженерного факультета Международного дистанционного университета UNINETTUNO; g.cennamo@uninettunouniversity.net; г. Рим, Италия
Ильичев В.А., докт. техн. наук, профессор, вице-президент РААСН, академик РААСН; ilyichev@raasn.ru; г. Москва
Инжутов И.С., докт. техн. наук, профессор, директор инженерно-строительного института СФУ; iinzhutov@sfu-kras.ru; г. Красноярск
Кнаиа Б.М., докт. техн. наук, профессор факультета проектирования зданий, сооружений и геотехники Политехнического университета Турина; bernardino.chiaia@polito.it; г. Турин, Италия
Ковлер К.Л., докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой строительных материалов и технологий Технион – Израильский технологический институт; cvrkast@technion.ac.il; г. Хайфа, Израиль
Копаница Н.О., докт. техн. наук, профессор кафедры строительных материалов и технологий ТГАСУ; kopanitsa@mail.ru; г. Томск
Кудяков А.И., докт. техн. наук, профессор кафедры строительных материалов и технологий ТГАСУ, советник РААСН; kudyakov@tsuab.ru; г. Томск
Кумпяк О.Г., докт. техн. наук, профессор кафедры 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; lucaplacidi@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/>; «Российская государственная библиотека»: <https://www.rsl.ru/>; «Томская областная универсальная научная библиотека имени А.С. Пушкина»: <https://www.lib.tomsk.ru/>; «EBSCO»: <https://www.ebsco.com>; «КиберЛенинка»: <https://cyberleninka.ru/>; «IPRbooks»: www.iprbookshop.ru, а также на сайте «Вестник ТГАСУ»: <https://vestnik.tsuab.ru>

Научное издание

ВЕСТИК ТГАСУ № 6 – 2022

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)

ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций ПИ №77-9483 от 30 июля 2001 г.
Журнал перерегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) ПИ № ФС77-81849 от 24 сентября 2021 г.

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

Редакторы Т.С. Володина, Г.Г. Семухина, Переводчик М.В. Воробьева, Дизайнер Е.И. Кардаш, Технический редактор Н.В. Удлер.
Подписано в печать 20.12.2022. Формат 70×108/16. Гарнитура Таймс. Дата выхода: 26.12.2022.
Уч.-изд. л. 13,34. Усл. печ. л. 15,84. Тираж 200 экз. Цена: свободная.
Зак. № 125.

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



© Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2022

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

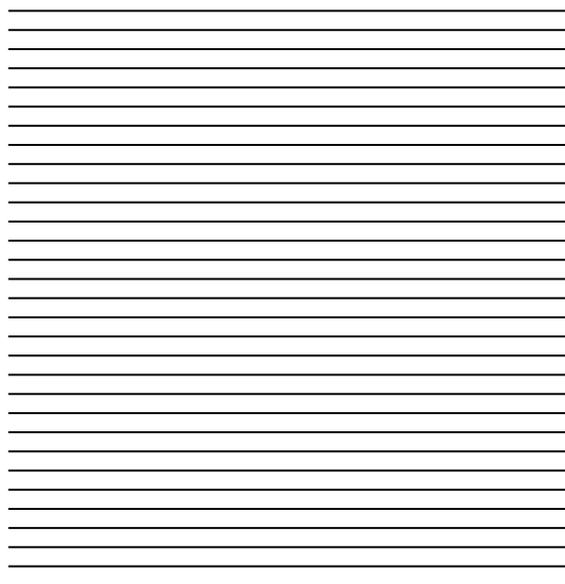
VESTNIK
TOMSKOGO GOSUDARSTVENNOGO
ARKHITEKTURNO-STROITEL'NOGO UNIVERSITETA

JOURNAL
OF CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Volume 24

№ 6 2022
SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

Published since April 1999



EDITORIAL STAFF

Lyakhovich L.S., DSc, Professor, RAACS Academician, Chief Editor, Head of Structural Mechanics Dept., TSUAB; *lls@tsuab.ru*, Tomsk, Russia
Akimov P.A., DSc, Professor, RAACS Academician, RAACS Chief Academic Secretary; *pavel.akimov@gmail.com*, Moscow, Russia
Belostotskii A.M., DSc, Professor, RAACS Corresponding Member, Director General Research Center StaDiO; *amb@stadyo.ru*, Moscow, Russia
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
Chernyshov E.M., DSc, Professor, RAACS Academician, Chairman of the Presidium of RAACS Central Regional Branch; *chem@vgasu.vrn.ru*, Voronezh, Russia
Chiaia B., PhD, Professor, Politecnico di Torino (Polytechnic University of Turin); *bernardino.chiaia@polito.it*, Turin, Italy
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
Dzyubo V.V., DSc, Professor, Department of Water Supply and Sewage Systems, TSUAB; *dzy1956@mail.ru*, Tomsk, Russia
Efimenko V.N., DSc, Professor, Automobile Roads Dept., TSUAB; *svfeimenko_80@mail.ru*, Tomsk, Russia
Efimenko S.V., DSc, Vice-Rector for Research, TSUAB; *svfeimenko_80@mail.ru*, Tomsk, Russia
Esaulov G.V., DSc, Professor, RAACS Academician, Vice-Rector for Research of Moscow Architectural Institute (State Academy); *esaulovgv@raasn.ru*, Moscow, Russia
Girardot M.C., DSc, Professor, Engineering Dept., International Telematic University UNINETTUNO; *g.cennamo@uninettunouniversity.net*, Roma, Italy
Gnyrya A.I., DSc, Professor, RAACS Adviser, Head of Construction Engineering Technology Dept., TSUAB; *tsp_tgasu@mail.ru*, Tomsk, Russia
Il'ichev V.A., DSc, Professor, RAACS Academician, RAACS Vice President; *ilyichev@raasn.ru*, Moscow, Russia
Inzhutov I.S., DSc, Professor, Director School of Engineering and Construction, SibFU; *iinzhutov@sfu-kras.ru*, Krasnoyarsk, Russia
Kopanitsa N.O., DSc, Professor, Building Materials and Technologies Dept., TSUAB; *kopanitsa@mail.ru*, Tomsk, Russia
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
Kudyakov A.I., DSc, Professor; RAACS Adviser, Head of Construction Engineering Technology Dept., TSUAB (Tomsk, Russia); *kudyakov@tsuab.ru*
Kumpyak O.G., DSc, Professor; RAACS Adviser, Reinforced Concrete and Masonry Structures Dept., TSUAB; *kumpyak@yandex.ru*, Tomsk, Russia
Lezhava I.G., DSc, Professor, RAACS Academician, RAACS Vice President, Moscow Architectural Institute (State Academy); *lezhavailia@gmail.com*, Moscow, Russia
Morozov V.I., DSc, Professor, RAACS Corresponding Member, Head of Engineering Constructions Dept., SPSUACE; *morozov@spbgasu.ru*, St-Petersburg, Russia
Ovsyanikov S.N., DSc, Professor, Head of Architecture of Civil and Industrial Buildings Dept., TSUAB; *ovsn@tsuab.ru*, Tomsk, Russia
Plachidi L.L., DSc, A/Professor, Engineering Dept., International Telematic University UNINETTUNO; *luca.placidi@uninettunouniversity.net*, Roma, Italy
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
Pustovetov G.I., DSc, Professor, RAACS Correspondent Member, Adviser Novosibirsk State University of Architecture, Design and Fine Arts; *pustovetovgi@gmail.com*, Novosibirsk, Russia
Skolubovich Yu.L., DSc, Professor, RAACS Correspondent Member, Rector Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering; *sjl1964@mail.ru*, Novosibirsk, Russia
Shubin I.L., DSc, RAACS Corresponding Member, Director Structural Physics Research Institute, RAACS; *niisf@niisf.ru*, Moscow, Russia
Tsvetkov N.A., DSc, Professor, Head of Heat and Gas Supply Dept., TSUAB; *nac@tsuab.ru*, Tomsk, Russia
Travush V.I., DSc, Professor, RAACS Vice President, RAACS Academician; *travush@mail.ru*, Moscow, Russia
Vlasov V.A., DSc, Professor, Rector, TSUAB; *rector@tsuab.ru*, Tomsk, Russia
Volokitin G.G., DSc, Professor, Head of Applied Mechanics and Materials Science Dept., TSUAB; *vgg-tomsk@mail.ru*, Tomsk, Russia
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.rsl.ru/>; <https://www.lib.tomsk.ru>; <https://www.ebsco.com>; <https://cyberleninka.ru>; www.iprbookshop.ru; <https://vestnik.tsuab.ru>

Scientific Edition
VESTNIK TOMSKOGO GOSUDARSTVENNOGO ARKHITEKTURNO-STROITEL'NOGO UNIVERSITETA
JOURNAL OF CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE № 6 – 2022
Print ISSN 1607-1859 Online ISSN 2310-0044

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

Founder: Tomsk State University of Architecture and Building

Editors T.S. Volodina, G.G. Semukhina. Translator M.V. Vorob'eva. Design: E.I. Kardash. Technical editor N.V. Udler
Passed for printing: 20.12.2022. Paper size: 70×108/16. Typeface: Times New Roman Issue date: 26.12.2022.
Published sheets: 13,34. Conventional printed sheets: 15,84. Print run: 200 copies Price: free.
Order N 125.

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, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

| | |
|---|-----|
| Герасимов А.П., Измайлова Д.З. Градостроительные исследования районов г. Томска 2-й половины XIX века (по изобразительным материалам из фондов Томского областного краеведческого музея) (ТГАСУ, г. Томск) | 9 |
| Рубанова М.И. Культ императора Адриана в античной архитектуре на примере храма Зевса Олимпийского в Афинах (ТГАСУ, г. Томск)..... | 22 |
| Гиря Л.В., Трофимов Г.П. Обследование памятников архитектуры с использованием современных технологий трёхмерного сканирования (ДГТУ, г. Ростов-на-Дону) | 35 |
| Прислонова Д.В., Ситникова Е.В. Усадьба купеческой семьи Кузнецовых в г. Красноярске. Материалы комплексных научных исследований (ТГАСУ, г. Томск)..... | 44 |
| Филиппов В.Д. Рабочий город в Мюлузе (1853–1897) – индустриализм, рационализм и устойчивость поселений (СамГТУ, г. Самара) | 62 |
| Григорьева Л.М. Актуальные тенденции использования цвета в архитектуре промышленных предприятий (ЮФУ, г. Ростов-на-Дону) | 79 |
| Каширипур М.М. Сравнительный анализ характеристик систем сертификации в градостроительстве (БНТУ, Республика Беларусь, г. Минск)..... | 91 |
| Рублев М.А., Булгач Р.В. Факторы трансформации сельского жилища Западной Сибири (на примере сельского жилища начала XX века Кемеровской области) (НГАСУ, г. Новосибирск)..... | 103 |
| Устинова М.В., Ярлакабов А.А. Механизмы совершенствования градостроительной политики в муниципальном образовании (ТГАСУ, г. Томск)..... | 112 |

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

| | |
|---|-----|
| Подшивалов И.И., Андриенко И.А. Моделирование напряженно-деформированного состояния одноэтажного каркасного здания, получившего повреждения (ТГАСУ, ООО «СПТЦ», г. Томск)..... | 119 |
|---|-----|

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

| | |
|---|-----|
| Продоус О.А., Шлычков Д.И. Влияние толщины слоя отложений в водопроводных сетях и сетях водоотведения на характеристики их гидравлического потенциала (ООО «ИНКО-эксперт», г. Санкт-Петербург, НИ МГСУ, г. Москва) | 129 |
|---|-----|

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

| | |
|---|-----|
| Батюк М.И., Воднев Б.С., Гныря А.И., Коробков С.В., Ушаков В.Я. О способе управления тепловым полем в объеме разогреваемой бетонной смеси (ТГАСУ, НИ ТПУ, г. Томск)..... | 139 |
|---|-----|

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

| | |
|--|-----|
| Ефименко В.Н., Ефименко С.В., Баширова И.А. Особенности формирования информационного банка данных для уточнения границ дорожно-климатических подзон на территории ЯНАО (ТГАСУ, г. Томск) | 150 |
| Лукашевич В.Н., Лукашевич О.Д., Мокшин Р.И. Модифицирование физико-химических свойств золы-уноса гидроудаления для использования в составе дисперсно-армированных оснований дорожных одежд, укрепленных битумом (ТГАСУ, г. Томск) | 160 |
| Картопольцев В.М., Картопольцев А.В., Алексеев А.А. К вопросу прогнозирования динамической надежности пролетных строений мостов (ООО «ДИАМОС», ТГАСУ, г. Томск)..... | 170 |

C O N T E N T S

ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING

| | |
|--|-----|
| Gerasimov A.P., Izmailova D.Z. Urban planning in Tomsk districts late in the 19th century (Tomsk Local History Museum documentation) (Tomsk) | 9 |
| Rubanova M.I. Emperor hadrian cult in ancient architecture: Zeus Olympius Temple in Athens (Tomsk)..... | 22 |
| Girya L.V., Trofimov G.P. Laser 3D scanning of architectural monuments (Rostov-on-Don)..... | 35 |
| Prislonova D.V., Sitnikova E.V. Country estate of the Kuznetsov family in Krasnoyarsk. Materials of integrated research (Tomsk) | 44 |
| Filippov V.D. Mulhouse Workers' Town (1853–1897): Industrialism, rationalism and settlements (Samara)..... | 62 |
| Grigor'eva L.M. Modern color trends in architecture of industrial enterprises (Rostov-on-Don) | 79 |
| Kashiripoor M.M. Comparative analysis of certification systems in urban construction (Minsk, Republic of Belarus) | 91 |
| Rublev M.A., Bulgach R.V. Transformation of rural housing in Western Siberia (Kemerovo region, the 20th century) (Novosibirsk)..... | 103 |
| Ustinova M.V., Yarlakabov A.A. Mechanisms of urban policy improvement in municipality (Tomsk) | 112 |

BUILDING AND CONSTRUCTION

| | |
|--|-----|
| Podshivalov I.I., Andrienko I.A. Finite element modeling of stress-strain state of damaged one-storey frame building (Tomsk) | 119 |
|--|-----|

WATER SUPPLY, SEWERAGE, BUILDING SYSTEMS OF WATER RESOURCE PROTECTION

| | |
|---|-----|
| Prodous O.A., Shlychkov D.I. Sediment thickness in water pipes and hydraulic potential (Saint-Petersburg, Moscow) | 129 |
|---|-----|

CONSTRUCTION TECHNOLOGY AND MANAGEMENT

| | |
|--|-----|
| Batyuk M.I., Vodnev B.S., Gnyrya A.I., Korobkov S.V., Ushakov V.Ya. Thermal field control in heated concrete mixture (Saint-Petersburg)..... | 139 |
|--|-----|

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

| | |
|---|-----|
| Efimenko V.N., Efimenko S.V., Bashirova I.A. Data bank for road-building climatic zones in Yamalo-Nenets Autonomous District (Tomsk)..... | 150 |
| Lukashevich V.N., Lukashevich O.D., Mokshin R.I. Modification of fly ash physicochemical properties for using in dispersion-hardened bitumen-based pavement (Tomsk)..... | 160 |
| Kartopol'tsev V.M., Kartopol'tsev A.V., Alekseev A.A. Towards predicting dynamic reliability of bridge spans (Tomsk) | 170 |

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 72.035.5

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-9-21

А.П. ГЕРАСИМОВ, Д.З. ИЗМАЙЛОВА,

Томский государственный архитектурно-строительный университет

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЙОНОВ Г. ТОМСКА 2-Й ПОЛОВИНЫ XIX ВЕКА (ПО ИЗОБРАЗИТЕЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ ИЗ ФОНДОВ ТОМСКОГО ОБЛАСТНОГО КРАЕВЕДЧЕСКОГО МУЗЕЯ)

Аннотация. Изучение истории градостроительства и архитектурных объектов с помощью изобразительного искусства возникло достаточно давно и связано, прежде всего, с проблемами их реконструкции и реставрации. Нередко получается так, что памятники архитектуры исчезают бесследно и их воссоздание составляет определенную трудность. При этом большое значение имеют архивные материалы и те изобразительные средства, которые помогают нам создать первоначальный архитектурный образ. В настоящее время реставраторами активно используются фотографии прошлых лет. Но изобретение фотографии произошло только во второй половине XIX в. Здесь возникает вопрос: где искать источник? Изобразительное искусство, которое существует со времен появления человека, во многом решает те проблемы, которые были до этого периода. Поэтому вопросы изучения произведений живописи и графики являются немаловажным фактором как для историков, так и для архитекторов-реставраторов.

В статье рассматриваются графические работы художника-графика Ю.Ф. Флека, проживавшего в г. Томске в 1870-е гг. XIX столетия. Изданная в Варшаве серия листов литографических работ с его рисунков дает нам некоторую картину исторического облика районов города, показывает их значение в таком вопросе, как история градостроительства, помогает нам проводить сравнительный анализ прошлого и настоящего. В статье проведен некоторый анализ архитектурных памятников, сохранившихся до нашего времени, а также раскрывается значение и ценность художника-графика в изучении современного архитектурного пространства.

Ключевые слова: изобразительное искусство, формирование городской среды, градостроительство, архитектура Сибири, архитектурное наследие

Для цитирования: Герасимов А.П., Измайлова Д.З. Градостроительные исследования районов г. Томска 2-й половины XIX века (по изобразительным материалам из фондов Томского областного краеведческого музея) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 6. С. 9–21.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-9-21

A.P. GERASIMOV, D.Z. IZMAILOVA,
Tomsk State University of Architecture and Building

URBAN PLANNING IN TOMSK DISTRICTS LATE IN THE 19th CENTURY (TOMSK LOCAL HISTORY MUSEUM DOCUMENTATION)

Abstract. The history of town planning and architectural objects has been studied long ago through visual art. This is primarily associated with problems of their reconstruction and restoration. Architectural monuments often disappear without, and it is difficult to recreate them. Archival materials and visual aids help us to create an original architecture. At present, restorers actively use photographs of past years. But photography was invented late in the 19th century. Fine arts have been existed since the advent of man and solve the problems that predate that period. Therefore, the study of painting and graphics is important for both historians and architects-restorers.

The paper focuses on the graphic works of J.F. Fleck, a painter and graphic artist, who lived in Tomsk in the 1870s. A series of his drawings published in Warsaw, offers an insight into the historical city development and the history of urbanism, that enables us to compare the past and the present. The paper analyzes architectural monuments survived to our days and shows the importance of the graphic artist in the study of contemporary architecture.

Keywords: fine art, urban planning, Siberian architecture, urban environment, architectural heritage

For citation: Gerasimov A.P., Izmailova D.Z. Gradostroitel'nye issledovaniya raionov g. Tomska 2-i poloviny XIX veka (po izobrazitel'nym materialam iz fondov Tomskogo oblastnogo kraevedcheskogo muzeya) [Urban planning in Tomsk districts late in the 19th century (Tomsk Local History Museum documentation)]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 6. Pp. 9–21.
DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-9-21

Вопрос градостроительства г. Томска достаточно хорошо изучен. Во многих работах исследователей раскрыты не только пути строительства города, но и последовательность его застройки, начиная с образования города на Воскресенской горе. Историю формирования градостроительства Томска можно проследить по графическим чертежам архитектора и картографа С.У. Ремезова, проделавшего вместе со своими сыновьями огромную работу по составлению чертежной карты городов и острогов Сибири, которая не потеряла своего значения и в настоящее время. Известно, что названия первоначальных административных районов город получил от территориальных особенностей земельных участков, на которых располагался тот или иной район, например: Заозерье, Болото, Пески, Нижняя Елань, Верхняя Елань; от расположения основных общественных и культовых зданий и сооружений: Воскресенская гора, Монастырское место, Юрточная гора; от компактно проживающих национальных образований – Татарская слобода и т. д. Спорным остается название района Уржатка, который образовался от разросшегося около крепости посада. Эти названия, формировавшиеся на протяжении более чем трех веков, начиная с момента строительства крепости, исчезли в начале XX в.

Если считать, что первым центром города была сама крепость, то вторым центром стала Уржатка, объединившая в себе Сенную и Базарную площади. В настоящее время эта граница проходит по ул. Нахановича с южной стороны и ул. К. Маркса – площадь Ленина – с северной.

Немаловажное значение в изучении градостроительных и архитектурных вопросов имеют работы польского художника Ю.Ф. Флека, по рисункам которого в Варшаве были изданы виды Томска в литографическом исполнении.

«Среди польских ссыльных, которые оказались в Сибири в разные периоды ее истории, были люди с незаурядным художественным дарованием. Один из них стал автором интересных литографий и рисунков Томска 60-х годов XIX века. Это был ссыльный из Варшавы, польский повстанец Юлий Фолькмар Флек (1813–1888), – пишет о нем В.А. Ханевич, – был родом из Саксонии, приехал в Варшаву в 1837 году по приглашению известного литографа Франтишека Шустера, от которого унаследовал затем литографическую мастерскую. Исследователям истории Томска было известно, что десять его литографий хранятся в отделе редких книг и рукописей библиотеки Томского университета. Это “Вид Томска с горы за городской ратушей”, “Вид Воскресенской церкви в г. Томске” и др.» [1].

Исходя из времени исполнения рисунков, художник планировал последовательно показать город со всех сторон географического расположения, начиная с общего вида Томска (рис. 1).



Рис. 1. Вид Томска с восточной стороны. Литография с рисунка Ю.Ф. Флека. 1868 г. Фонд ТОКМ № 1705/5

Проводя анализ графических работ Ю. Флека, можно сказать, что первоначально районы вокруг Воскресенской горы заселялись и застраивались стихийно, образуя в основном с западной стороны посад по прямой линии па-

раллельно р. Томи. С утратой военно-стратегического значения крепость постепенно утрачивает свою актуальность. В посаде все больше проявляются черты планирования и регулярности, хотя они и сочетаются с элементами свободной застройки. В конце XVIII в. полуразвалившуюся крепость окончательно разобрали (рис. 2).



Рис. 2. Вид Воскресенской церкви в Томске. Литография с рисунка Ю.Ф. Флека. 1868 г. Фонд ТОКМ № 1705/4. Район Воскресенская гора

С образованием Томской губернии в 1804 г. Томск стал административным центром огромной территории. С увеличением городских территорий город получил развитие на север, восток и юг. Для центра предписывалась каменная застройка, для окраинных районов сохранялась деревянная. Первые каменные, как правило, культовые сооружения в виде церквей и соборов появились в конце XVIII в. Это церковь Казанской Божией Матери мужского Богородице-Алексеевского монастыря и Воскресенская церковь. В это время застраивается и второй центр Томска – торговая площадь с магистратом, зданиями полицейского и жандармского управления, пожарной частью, торговыми рядами и биржей труда (рис. 3). На литографии хорошо изображен деревянный мост через р. Ушайку с укрепленными берегами, построенный инженером Г.С. Батеньковым, а также каменное двухэтажное здание гостиницы. Здесь следует сказать и о некоторых неточностях в подписях под рисунками. Здание магистрата, а не ратуши, как указано на рисунке, было построено после указа об утверждении Томской губернии. Ратуши строились в не губернских городах.

В первой половине XIX в. по плану Санкт-Петербургского архитектора В.И. Гесте предполагалось в регулярную планировку города ввести веерную структуру построения с сеткой улиц, ориентированной с учётом рельефа местности.



Рис. 3. Благовещенская церковь, ратуша и городская дума в г. Томске. Литография с рисунка Ю.Ф. Флека. 1868 г. Фонд ТОКМ № 1705/? Район Уржатка, торговая площадь

Конец XIX – начало XX в. является важным этапом для дальнейшего развития Томска. В эти годы он активно застраивался не только деревянными, но и каменными зданиями. Окончательно сформировалась центральная ось города, протянувшаяся с юга на север. Благодаря деятельности талантливых местных архитекторов создаётся характерный для капиталистического города облик, по качеству архитектуры сравнимый с наиболее крупными городами Центральной России.

Эти здания, позднее построенные в различных архитектурно-художественных направлениях, характеризующих данное время (эkleктика, модерн, неоклассицизм), заметно отличались от деревянной застройки, формируя облик центральных улиц и площадей [2]. Рубеж XIX–XX вв. характеризуется появлением большого числа новых типов зданий, таких как торгово-доходные дома, пассажи, банки, народные университеты и т. д. [3].

Рассматриваемое нами время – это 60-е гг. XIX столетия, поэтому слова, сказанные выше, не совсем соответствуют изображенным художником районам города. Здесь мы можем судить о том, насколько интенсивно застраивался город за последние 40 лет XIX столетия.

Интенсивность застройки современной площади Ленина можно судить по рис. 4, где по ул. Набережная реки Ушайки мы видим только одно каменное здание, построенное в классических формах (ныне здание детской больницы). Не построен еще деревянный «базарный мост», позднее каменный. На переднем плане изображены деревянные настилы укрепления берегов, которыми также занимался инженер Г.С. Батеньков.



Рис. 4. Томск с северной стороны. Литография с рисунка Ю.Ф. Флека. 1868 г. Фонд ТОКМ № 1705/7. Район Уржатка

Второе место, где начинался Томск, – это Монастырское место (рис. 5, 6). Здесь изображен Богородице-Алексеевский монастырь с Казанской церковью, которая была заложена в 1776 г., и с исчезнувшим селом Монастырский луг на переднем плане. «Центром монастырского хозяйства являлось село Пачинское, где находились скотные дворы, погреба и хлебные амбары» [2]. В настоящее время церковь реставрирована, а сам монастырь существует как действующий.



Рис. 5. Вид Томска с Монастырской рощи. Литография с рисунка Ю.Ф. Флека. 1868 г. Фонд ТОКМ № 1705/2. Район Монастырское место

Сравнивая литографию и рисунок, необходимо отметить, что оба изображения данной местности малоотличимы, что указывает на профессионализм литографа.



Widok Tomska z Parku Klasztorneho

Рис. 6. Вид Томска. Рисунок Ю.Ф. Флека. 1860-е гг. [1]. Район Монастырское место. Вид Томска с восточной стороны

В настоящее время, когда повсеместно идет восстановление старых и строительство новых храмов, можно особо оценить гравюру Ю. Флека «Г. Томск с северной стороны» (рис. 7). Начиная со второй половины XVIII в. в Томске возводилось большое количество церквей, которые являлись не только первыми каменными сооружениями, но и обозначали градостроительные центры тех районов, о которых мы указывали выше.

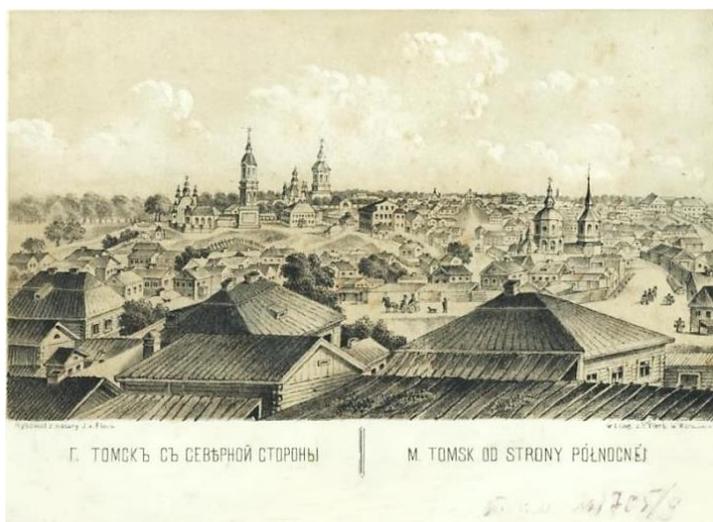


Рис. 7. Томск с северной стороны. Литография с рисунка Ю.Ф. Флека. 1868 г. Фонд ТОКМ № 1705/9. Благовещенская площадь

Церкви Томска строились по православным канонам и были, как правило, вариантами одного типа культового здания, состоявшего из последовательно расположенных притвора с колокольной, трапезной, основного центрального объёма, где проходили богослужения, и алтаря (апсиды).

Южную сторону города Ю.Ф. Флек отразил в литографии «Вид Томска от горы за городской рощей» (рис. 8). Показан пригород Томска, где впоследствии с левой стороны будет построен университет. На заднем плане можно видеть построенное административное здание «присутственных мест» и начинающий сформировываться третий центр г. Томска – Новособорная площадь.



Рис. 8. Вид Томска от горы за городской рощей. Ю.Ф. Флек. 1868 г. Фонд ТОКМ № 1705/6. Район Нижняя Елань [5]

Настоящая статья была бы не полной, если бы мы не показали материалы предыдущих исследователей творчества художника и графика Ю.Ф. Флека. Это альбом с литографическими работами художника, выпущенный научным сотрудником Томского государственного университета Г.И. Колосовой и научным сотрудником Областного краеведческого музея В.А. Ханевичем, который проделал большую работу по поискам подлинных рисунков художника.

Представленные в данной статье работы Ю.Ф. Флека можно также рассматривать как источник изучения архитектуры Томска середины XIX в. На них изображены объекты, которые в своём большинстве не сохранились, но они дают представление о пространственном их размещении, о центре города, его окраинах и отдельных районах (рис. 9).

Архитектура на этих рисунках – это то, что представляет действительность того времени, и то, что сохранилось до нашего времени. Для сравнения можно привести две «инородческие» церкви – католическую и евангелическую. Многообразие храмовых построек различных конфессий говорит нам

не только о многообразии национальностей в Томске, но и об архитектуре того периода. Ю.Ф. Флек жил в то время, когда в России широкое распространение получили исторические стили, такие как неоготика, неоренессанс, неobarocco и др. [9, 10].



Рис. 9. Вид г. Томска. Рисунок Ю.Ф. Флека. 1860-е гг. [1]

Одновременно в губернских городах получил дальнейшее развитие и классицизм. В классическом стиле архитектор Н.Г. Турский построил на Воскресенской горе в 1833 г. польскую римско-католическую церковь (рис. 10). В 1857 г. по проекту архитектора Г.А. Боссе в «неоготическом вкусе» на территории Верхней Елани была возведена немецкая кирха Св. Марии (рис. 11).

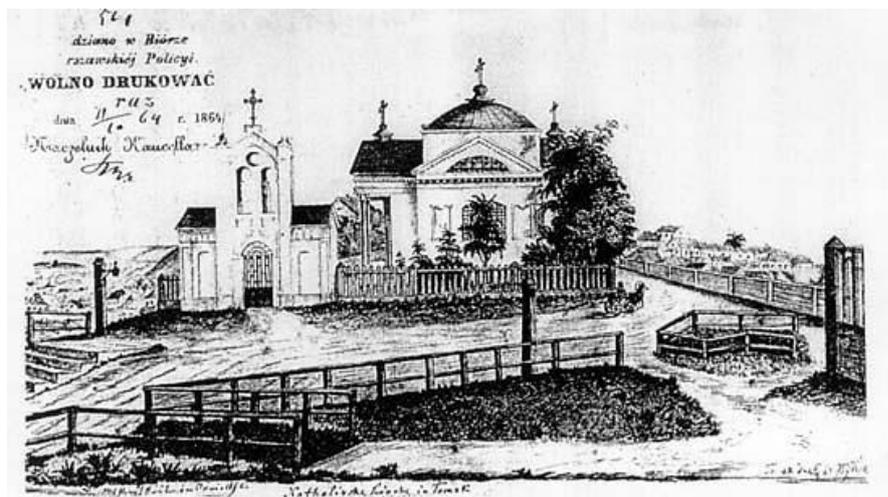


Рис. 10. Католическая церковь. Рисунок Ю.Ф. Флека. 1864 г. [1]. Район Воскресенской горы



Рис. 11. Евангелическая церковь в г. Томске. Литография с рисунка Ю.Ф. Флека. 1868 г. [7]. Район Верхней Елани

Не забыл художник и пригород Томска, где с середины XIX в. началось и входило в моду дачное строительство. Это был первый дачный район на р. Басандайке, где была возведена и православная церковь в классическом стиле (рис. 12).



Рис. 12. Басандайка вблизи г. Томска. Литография с рисунка Ю.Ф. Флека. 1868 г. [6]

Большое значение графические работы Ю.Ф. Флека имеют в изучении городских усадеб с деревянными домами и хозяйственными постройками [8].

На большей части графических работ деревянные дома и усадьбы находятся на переднем плане, что значительно облегчает их исследование. Этому вопросу до настоящего времени не уделено должного внимания (рис. 13, 14).

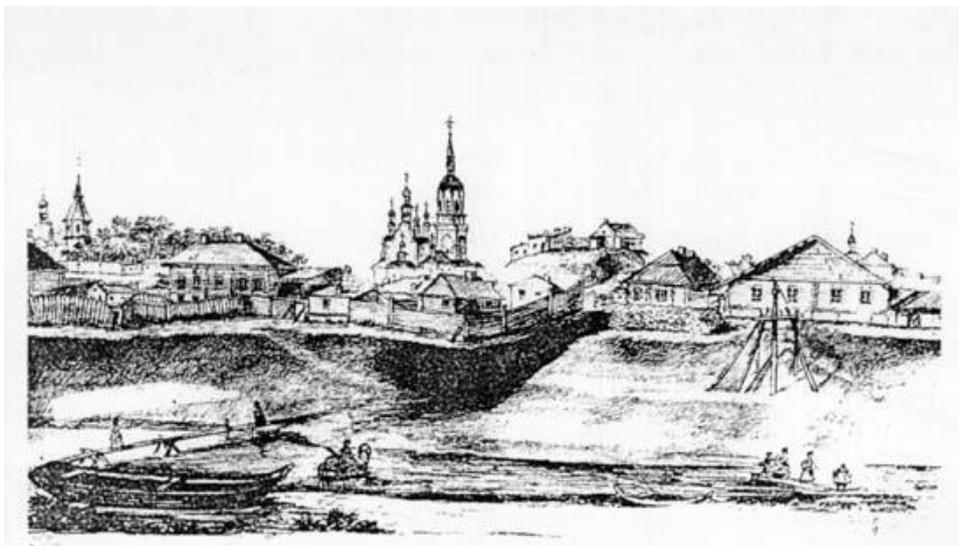


Рис. 13. Рисунок Ю.Ф. Флека. 1860-е гг. Вид с правого берега р. Ушайки на Монастырское место [1]

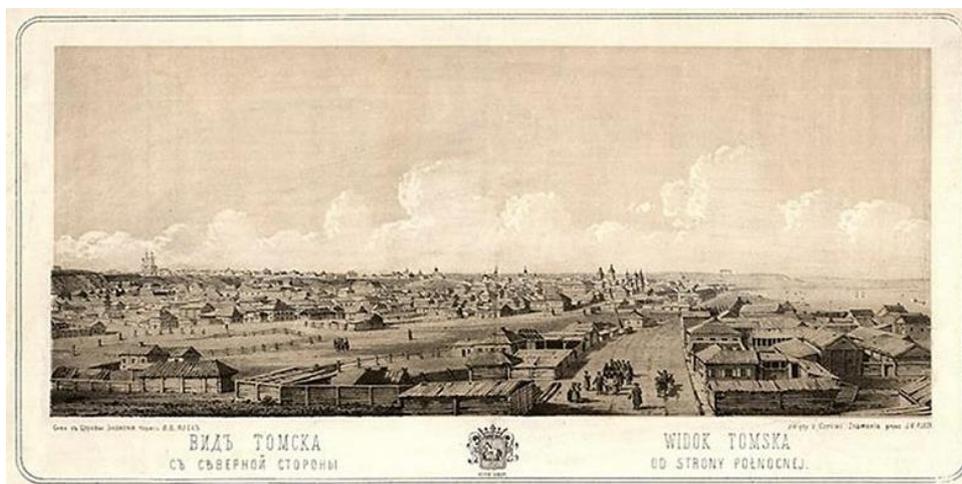


Рис. 14. Вид Томска с северной стороны. Литография с рисунка Ю.Ф. Флека. 1868 г. [7]

Выводы

Делая выводы по данной работе, необходимо отметить, что анализ рисунков прошлых эпох значительно облегчает изучение истории градостроительства городов Сибири. Проводя сравнительный анализ районов города по

графическим работам художника и настоящему положению, можно определить не только состояние сохранившихся памятников, но и проследить процесс их застройки и развития. Одновременно определяются и те здания и сооружения, которые были утрачены и подлежат восстановлению в настоящее время, особенно это касается культовых сооружений. Кроме того, графические и художественные работы художников прошлого дают нам материал для изучения деревянной усадебной застройки и ее исследования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ханевич В.А.* Томск XIX века в литографиях и рисунках Флека. URL: <http://poland-tomsk.narod.ru/culture/flex.html> (дата обращения: 18.09.2022).
2. *Залесов В.Г.* Архитекторы Томска (XIX – начало XX века). Томск : Изд-во ТГАСУ, 2004. 169 с.
3. *Герасимов А.П.* Томский модерн. Томск : В-Спектр, 2010. 134 с.
4. *История названий старых улиц* / отв. ред. Г.Н. Стариков. Томск : Водолей, 1988. 320 с.
5. *Флек Ю.* Вид Томска от горы за городской рощей : литография. 1868. 15,7×23,3 см (лист) ; 10,5×17,7 см. URL: <https://старинныехрамы.рф/things/litografiya-vid-tomska-ot-gory-za-gorodskoyu-rocsheyu-flek-yu-1868-g/> (дата обращения: 18.09.2022).
6. *Фотографии ТГУ* // РИА Томск. URL: <https://www.riatomsk.ru/article/20140729/01299/> (дата обращения: 18.09.2022).
7. *Колосова Г.И.* Виды Томска : каталог-альбом литографий ТГУ // Научная библиотека, отдел рукописей и книжных памятников. Томск : Изд-во Томского госуниверситета, 2015. URL: <https://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000502850> (дата обращения: 18.09.2022).
8. *Герасимов А.П.* Эволюция стилей в деревянной архитектуре Западной Сибири. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2017. 196 с.
9. *Борисова Е.А.* Русская архитектура второй половины XIX века. Москва : Наука, 1979. 320 с.
10. *Кириченко Е.И.* Русская архитектура 1830–1910-х годов. Москва : Искусство, 1978. 399 с.

REFERENCES

1. *Hanevich V.A.* Tomsk XIX veka v litografiyah i risunkah Fleka [Tomsk in the 19th century in Fleck's lithographs and drawings]. Available: <http://poland-tomsk.narod.ru/culture/flex.html> (accessed September 18, 2022). (rus)
2. *Zalesov V.G.* Arhitektory Tomska (19 – nachalo 20 veka) [Architects of Tomsk (19–20th centuries)]. Tomsk: TSUAB, 2004. P. 106. (rus)
3. *Gerasimov A.P.* Tomskij modern [Tomsky Art Nouveau]. Tomsk: V-Spektr, 2010. – 134 p. (rus)
4. G.N. Starikov (Ed.) *Istoriya nazvanij staryh ulic* [History of old street names]. Tomsk: Vodolei, 1988. Pp. 300–308. (rus)
5. *Flek Yu.* Vid Tomska ot gory za gorodskoyu roshcheyu: litografiya [Tomsk from the mountain behind the city grove]. Available: <https://старинныехрамы.рф/things/litografiya-vid-tomska-ot-gory-za-gorodskoyu-rocsheyu-flek-yu-1868> (accessed September 18, 2022). (rus)
6. *Fotografii TGU.* RIA Tomsk [RIA Tomsk. TSU Photographs]. Available: www.riatomsk.ru/article/20140729/01299/Obrashchenie (accessed September 18, 2022). (rus)
7. *Kolosova G.I.* Vidy Tomska: katalog-al'bom litografii TGU [Views of Tomsk: Catalog-album of lithographs]. Tomsk: TSU, 2015. Available: <https://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000502850> (accessed September 18, 2022). (rus)
8. *Gerasimov A.P.* Evolyuciya stilej v derevyannoi arhitekture Zapadnoi Sibiri [Style evolution in wooden architecture of West Siberia]. Tomsk, 2017. 196 p. (rus)
9. *Borisova E.A.* Russkaya arhitektura vtoroj poloviny 19 veka [Russian architecture late in the 19th century]. Moscow: Nauka, 1979. 320 p. (rus)
10. *Kirichenko E.I.* Russkaya arhitektura 1830–1910-h godov [Russian architecture in the 1830–1910s]. Moscow: Iskusstvo, 1978. 399 p. (rus)

Сведения об авторах

Герасимов Александр Петрович, канд. искусствоведения, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, gerasimoffalek4sandr@yandex.ru

Измайлова Дания Зайнуловна, студентка, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, izmailovadz@yandex.ru

Authors Details

Aleksandr P. Gerasimov, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, gerasimoffalek4sandr @ yandex.ru

Dania Z. Izmailova, Student, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, izmailovadz@yandex.ru

УДК 72.035

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-22-34

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

КУЛЬТ ИМПЕРАТОРА АДРИАНА В АНТИЧНОЙ АРХИТЕКТУРЕ НА ПРИМЕРЕ ХРАМА ЗЕВСА ОЛИМПЕЙСКОГО В АФИНАХ

Аннотация. Статья посвящена памятнику античной архитектуры, воплотившему лучшие традиции античного искусства и связанному с культом личности римского императора Адриана. Изучена история строительства храма Зевса Олимпийского в Афинах, его архитектурные особенности, современное состояние. Актуальность исследования обусловлена потребностью современного общества понять настоящее, опираясь на незабываемые традиции глубокого прошлого.

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

Научная новизна работы заключается в собранном и проанализированном библиографическом материале, в том числе зарубежных авторов, в результате проведенного исследования научно обоснованы выводы.

Методологической и теоретической основой исследования являются теоретические труды ученых историков и архитекторов, касающиеся данного вопроса и приведенные в библиографическом списке.

В результате исследования установлено, что, несмотря на то что Олимпейон был посвящен богу Зевсу, истинным центром поклонения был император Адриан, который продвигал афинский храм и его территорию как главную базу имперского культа на греческом Востоке – регионе своей империи, которую он стремился объединить благодаря силе своего влияния, прогрессивной репутации и щедрой общественной благотворительности.

Ключевые слова: античная архитектура, храм Зевса в Афинах, император Адриан, имперский культ

Для цитирования: Рубанова М.И. Культ императора Адриана в античной архитектуре на примере храма Зевса Олимпийского в Афинах // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 6. С. 22–34.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-22-34

*М.И. RUBANOVA,**Tomsk State University of Architecture and Building*

EMPEROR HADRIAN CULT IN ANCIENT ARCHITECTURE: ZEUS OLYMPIUS TEMPLE IN ATHENS

Abstract. Purpose: A study of the ancient monument, which embodies the best traditions of ancient art and is associated with the Roman Emperor Hadrian cult; the history of Zeus Olympius Temple construction in Athens, its architecture, and the current state. **Methodology:** The

critical analysis of the literature, architectural and structural analyses and system-structural analysis of information, creative synthesis in conclusions. *Research findings*: Despite the fact that the Olympius Temple was dedicated to the God Zeus, the true center of worship was the Emperor Hadrian, who promoted the Athenian temple and its territory as the main base of the imperial cult in the Greek East, the region of his empire, which he sought to unite through the his power, progressive reputation and generous public charity. *Practical implications*: The use of the obtained results in lectures, reports, and communication on the history of world architecture. The study is important to understand the present based on the traditions of the deep past. *Originality*: Collection and analysis of the literature, including foreign, scientifically substantiated conclusions. The methodological and theoretical bases are theoretical works of historians and architects in the field.

Keywords: ancient architecture, Zeus Olympius Temple, Emperor Hadrian, emperor cult

For citation: Rubanova M.I. Kul't imperatora Adriana v antichnoi arkhitekture na primere khrama Zeusa Olimpiiskogo v Afinakh [Emperor hadrian cult in ancient architecture: Zeus Olympius Temple in Athens]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 6. Pp. 22–34.
DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-22-34

В настоящее время «классический мир» – область, которая более широко понятна с точки зрения географии, культуры, хронологии и методологии. Многие сочли бы эту область ограниченной только носителями греческого и латинского языков: с начала XXI в. классики целеустремленно исследовали запутанные лингвистические и культурные области древней Северной Африки, Анатолии, Леванта, Аравии и Месопотамии. Другие занимались сравнительными исследованиями, особенно в отношении Древнего Китая и Индии, культур, которые пережили примерно в те же времена, что и Греция и Рим, аналогичные фазы быстрой урбанизации и экономического роста и имели такое же слияние литературных, философских и художественных течений. Третьи исследовали постантический период и воспринимали греко-римские традиции со все более глобальной перспективой: области роста включают изучение арабской культуры и черт классицизма, а также проникновение классических тем в современное общество с помощью новых средств массовой информации, таких как видеоигры и комиксы.

Греция и Рим являются наиболее задокументированными и наиболее понятными античными обществами в мире. «Классический мир» обычно рассматривается в период более тысячелетия, традиционно с 800 г. до н. э. до 300 г. н. э., хотя это довольно размыто. После императорских походов Александра Македонского (356–323 гг. до н. э.) и после территориальной экспансии римлян (начиная с II в. до н. э.) греко-римские языки и культура оставили свой след на огромных территориях Евразии – от Британии на западе до Северной Индии на востоке. Широкое распространение греческого языка в восточной части Римской империи и латыни на западе способствовало распространению христианства, которое, в свою очередь, утвердило их главенствующую роль. Стандартная база древней и византийской греческой литературы содержит более 115 миллионов слов. Из древних евразийских культур только Китай и Индия достигли сопоставимого влияния [1].

Таким образом, классика – дисциплина, основанная в период европейского Просвещения, никогда не была просто прошлым; по мере того как практикующие её стали более политически самосознательными, споры о её роли и влиянии усилились. Некоторые вообще отвергли бы ярлык «классика» на основании её универсальности. Эти дебаты только подтверждают её жизнеспособность. Как это ни парадоксально, гораздо больше людей и во многих частях мира чувствуют себя связанными с культурой Древней Греции и Рима и проявляют к ней сейчас даже больше интереса, чем в прошлом. Учитывая человеческую потребность принятия настоящего в диалоге с глубоким прошлым во всех его разновидностях, можно быть уверенным, что «классика» останется с нами навсегда.

Материальными свидетельствами античного искусства являются фрагментарно сохранившиеся произведения архитектуры. К устоявшимся элементам античной архитектуры относятся ордер и арка. Термин «античная архитектура» впервые появился в XV в., так итальянские мастера эпохи Возрождения назвали греко-римскую культуру. Зодчие эпохи Возрождения обратились к её истокам, поскольку она привлекала их жизненной силой, сознанием величия и красоты личности человека, верой в его неограниченные творческие способности.

Изучению античной архитектуры посвящено множество монументальных трудов. Начиная с XV в., когда проявился интерес гуманистов к скульптуре и архитектуре, античные здания стали объектами изучения, а классические ордерные формы на несколько столетий становятся основой европейского зодчества. Широкую известность получили «Правила пяти ордеров архитектуры» итальянского архитектора XVI в. Джакомо Бароцци да Виньолы, который сначала долгое время зарисовывал древние сооружения, а затем, основываясь на лучших произведениях архитектуры античности, вывел «правило пяти ордеров» «исключительно для того, чтобы пользоваться им для собственных надобностей, не вкладывая в него иных целей».

Большая роль в изучении античного искусства принадлежит немецкому историку Иоганну Иоахиму Винкельману, который впервые связал развитие искусства с развитием общества. В 1764 г. он выпустил книгу «История искусства древности». По мнению Винкельмана, произведения классического античного искусства отвечали всем требованиям «прекрасного» – верность пропорций, простота, спокойное величие и гармония [2].

В середине XIX в. известный французский архитектор-реставратор и теоретик Э.Э. Виолле-ле-Дюк в своих «Беседах об архитектуре» провел сопоставление архитектурного искусства древних греков и римлян, выявил их различия и причины этих различий [3].

В настоящее время также принято начинать изучение зодчества с античности, как с наиболее древнего и наиболее задокументированного пласта архитектуры.

В настоящем исследовании предлагается отметить политический аспект произведения архитектуры как материального воплощения императорского величия. Таким объектом можно назвать самый крупный храм, построенный в Афинах и посвященный Зевсу Олимпийскому (Олимпейон).

Олимпейон (храм Зевса Олимпийского) был возведен в Афинах в 500 м к юго-востоку от Акрополя (рис. 1). На его строительство ушло более 600 лет

(с 520 г. до н. э.), а после завершения он просуществовал всего 142 года. В 267 г. н. э. восточногерманское племя герулов совершило набег на Грецию, разрушило храм и сожгло Афины. Разрушенный храм долгое время разбирали и использовали для восстановления города. Так до настоящего времени осталось стоять только 15 колонн, а 16-я лежит сломанная на земле (рис. 2).

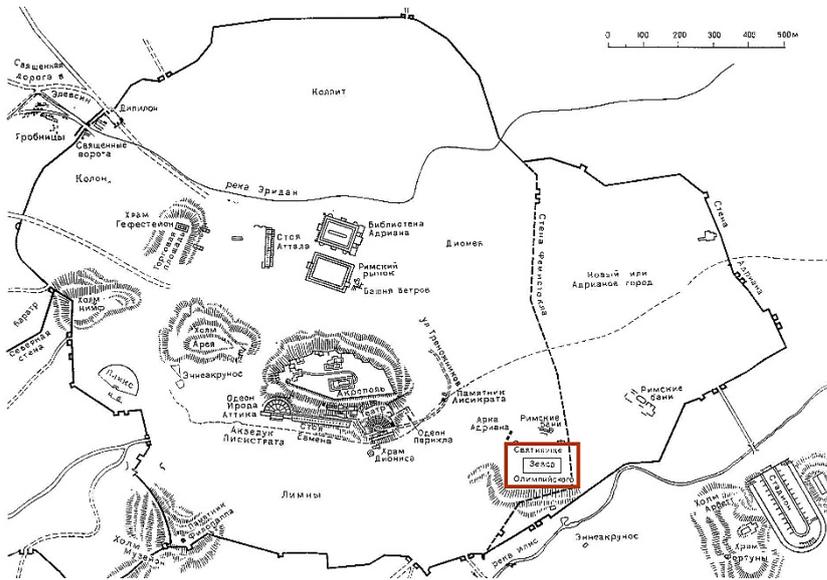


Рис. 1. Схема расположения храма Зевса Олимпийского в Афинах



Рис. 2. Руины храма Зевса Олимпийского в Афинах, современный вид (URL: <https://top10.travel/wp-content/uploads/2017/02/hram-zevsa-olimpijskogo.jpg>)

Храм был основан сыновьями Писистрата, сменившими своего отца на посту правителя Афин, Гиппием и Гиппархом. Братья правили столицей Атти-

ки в 520 г. до н. э., т. е. до того, как Афины стали демократическим городом-государством (полисом). В этот период Афины активно конкурировали с другими греческими полисами (Спартой, Коринфом, Фивами) за привлечение ученых и торговлю. Чтобы сделать свой город самым популярным на полуострове Пелопоннес, два брата наняли архитектора Деция Коссутия, который в 168 г. до н. э. запроектировал самый большой храм в Древнем мире. Им был выложен монументальный фундамент будущего храма, нижняя часть его святилища и базы колонн, решенных в коринфском ордере. Заказчики и горожане убедились, что этот диптер превзойдет два самых известных греческих храма того времени – храм Артемиды в Эфесе и храм богини Геры на Самосе [4].

Новый афинский храм был посвящен Зевсу, царю богов. Он должен был стать самым большим и лучшим храмом в Греции. К сожалению, через десять лет после начала его строительства Гиппий был изгнан из Афин спартанским вторжением. Из-за этого реализация амбициозного проекта была приостановлена. В течение следующих 336 лет фундамент храма и несколько незавершенных колонн стояли неиспользованными.

В течение следующего столетия Афины пережили экспериментальные фазы своей демократии, и незаконченный храм Зевса Олимпийского стал олицетворением эгоистичной расточительности тиранических правительств. В 215 г. до н. э. власть в Афинах захватил Антиох IV Епифан (рис. 3). Вообразив себя реинкарнацией Зевса, в 174 г. до н. э. он возобновил строительство храма. По иронии судьбы через десять лет после смерти Антиоха строительные работы вновь были приостановлены.

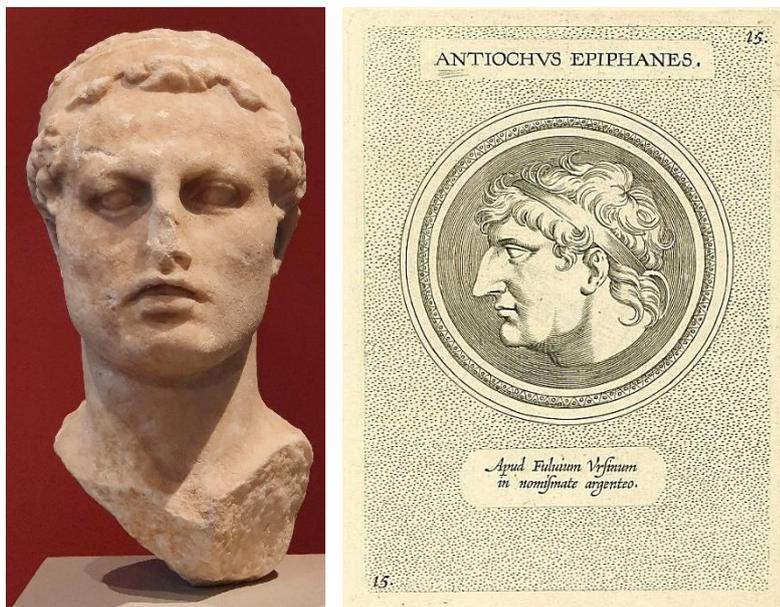


Рис. 3. Антиох IV Епифан (215–164 гг. до н. э.) – правитель Сирии (175–164 гг. до н. э.) (URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2f/Bust_of_Antiochus_IV-Altes_Museum_%28Berlin%29.jpg/1200px-Bust_of_Antiochus_IV-Altes_Museum_%28Berlin%29.jpg)

Чтобы закончить строительство храма Зевса Олимпийского, потребовались масштабные инфраструктурные реформы римского императора Адриана. В отличие от подпитываемых тщеславием мечтаний предыдущих строителей, завершение Адрианом храма было скорее пиар-гамбитом. Завершенный храм был облицован ярким белым мрамором, а за зданием была воздвигнута массивная статуя Адриана, напоминавшая грекам об исключительной щедрости их императора [5].

Адриан был преданным филэллин, который восхищался греческой культурой и делал все возможное, чтобы греки принимали его и восхищались им (рис. 4). Он посетил Грецию три раза, когда был императором (124/5, 128/9 и 131/2 гг. н. э.), и особенно любил Афины. Павсаний пишет, что «щедрость императора Адриана к своим подданным больше всего досталась Афинам...». Кассий Дион рассказывает о щедрости Адриана в отрывке, относящемся к его пребыванию: «Он даровал афинянам большие суммы денег, ежегодную порцию зерна и всю Кефалению...» То есть филэллинский император делал все возможное, чтобы поднять Афины на особое положение в Римской империи. Он стремился вернуть городу величие его далекого прошлого.



Рис. 4. Римский император Публий Элий Траян Адриан и его жена Сабина (URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d7/Bust_Hadrian_Musei_Capitolini_MC817)

Перед тем, как он стал римским императором, афиняне в 112 г. н. э. дали ему афинское гражданство и избрали архонтом эпонима, своим главным должностным лицом. Город Афины оказал ему почести в виде бронзовой статуи в театре Диониса.

Храм Зевса Олимпийского строился в эпоху эллинизма, когда масштабное строительство в городах Европы и Ближнего Востока приобрело особый размах, а завоевания Александра Македонского способствовали широкому распространению греческой культуры.

Особенностью архитектуры храма Зевса Олимпийского (Олимпейона) стало использование коринфского ордера. Коринфские капители Олимпейона были в основном работой римского архитектора Деция Коссутия, нанятого Антиохом IV Епифаном во время эллинистической фазы строительства храма.

Коринфская капитель изначально была пелопонесским изобретением, сочетающим нижнюю зону натуралистичных листьев аканта с такими же растительными, но более стилизованными волютами над ними. На каждой стороне капители центральный прочный стебель между пружинящими волютами поднимается к цветку, который частично перекрывает расположенный выше абак (рис. 5)

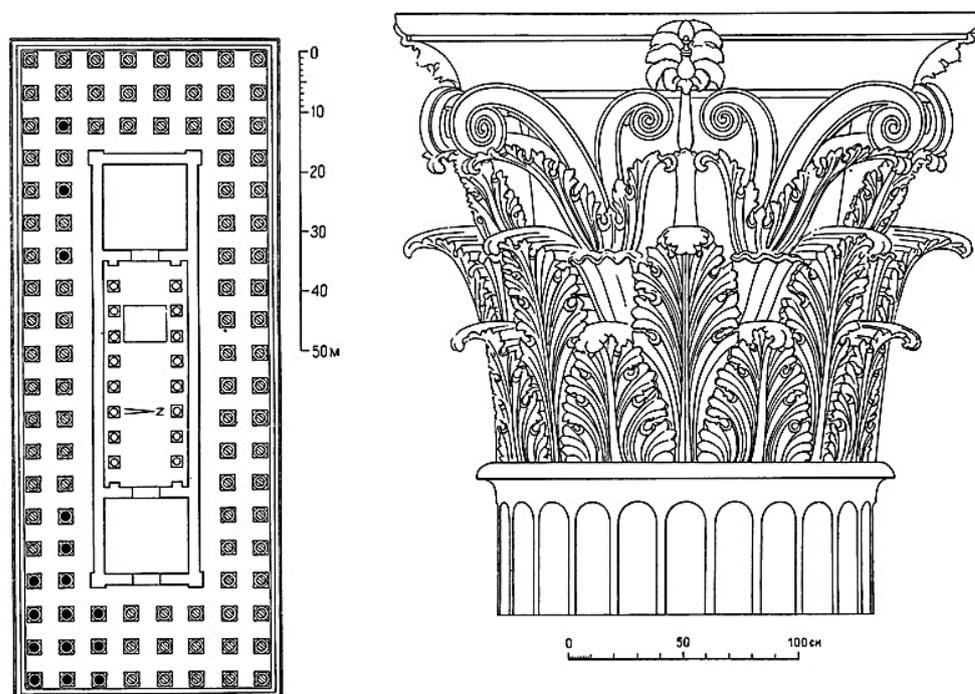


Рис. 5. Храм Зевса Олимпийского в Афинах. План, капитель колонны [6]

Храм Зевса Олимпийского является одним из крупнейших храмов побережья Малой Азии. Его размеры в плане – $107,75 \times 41,1$ м по стилобату. Колонны его выполнены из пентелийского мрамора, имеют каннелюры. Капители колонн относятся к лучшим образцам коринфского ордера, отражающим влияние более ранних периодов греческого искусства. На этом храме, впервые в мировой архитектуре, коринфский ордер формирует колоссальный периметр храма (рис. 6).



Рис. 6. Храм Зевса Олимпийского в Афинах. Реконструкция [6]

В период своего расцвета при Адриане храм Зевса Олимпийского был восьмиколонным диптером, т. е. имел по восемь колонн на торцевых фасадах и по двадцать – на боковых. 104 колонны, окружавшие центральное святилище (наос, целлу), были расположены в двух окружающих колоннадах. Внутри целлы два двухъярусных ряда колонн выстроились вдоль длинных сторон помещения, обрамляя большую культовую статую Зевса из золота и белой слоновой кости. Благодаря внешним колоннам высотой 17 м и диаметром 2 м, храм должен был показаться древним посетителям густым, возвышающимся лесом из мраморных деревьев (рис. 6).

В афинском храме Зевса Олимпийского были установлены четыре мраморные статуи Адриана (две – из фассосского мрамора, две – из египетского). Здесь же находилось множество медных изваяний императора от различных греческих городов и провинций [7].

К сожалению, в своей блестящей финальной форме Олимпейон простоял недолго. Спустя столетие после Павсания Афины подверглись нападению северных захватчиков. Чтобы защититься от этих нападений, во время правления императора Валериана (253–260 гг. н. э.) была поспешно возведена новая городская стена. При этом городские строители добывали камень из существующих построек в соседнем святилище Зевса. Это был не первый случай в античной истории, когда языческий храм становился источником строительных материалов. Ранее, когда Афины были захвачены армией римского полководца Л.К. Суллы (86 г. до н. э.), некоторые из внутренних колонн тогда еще незаконченного Олимпейона были перевезены в Рим и использованы для украшения Капитолийского храма Юпитера.

К XV в. уцелела только двадцать одна из 104 массивных колонн храма, а его первоначальное назначение со временем забылось. Например, итальянскому гуманисту эпохи Возрождения, «отцу археологии» Кириаку Анконскому (1391–1452) в свое время доложили, что это «руины дворца Адриана» (рис. 7).

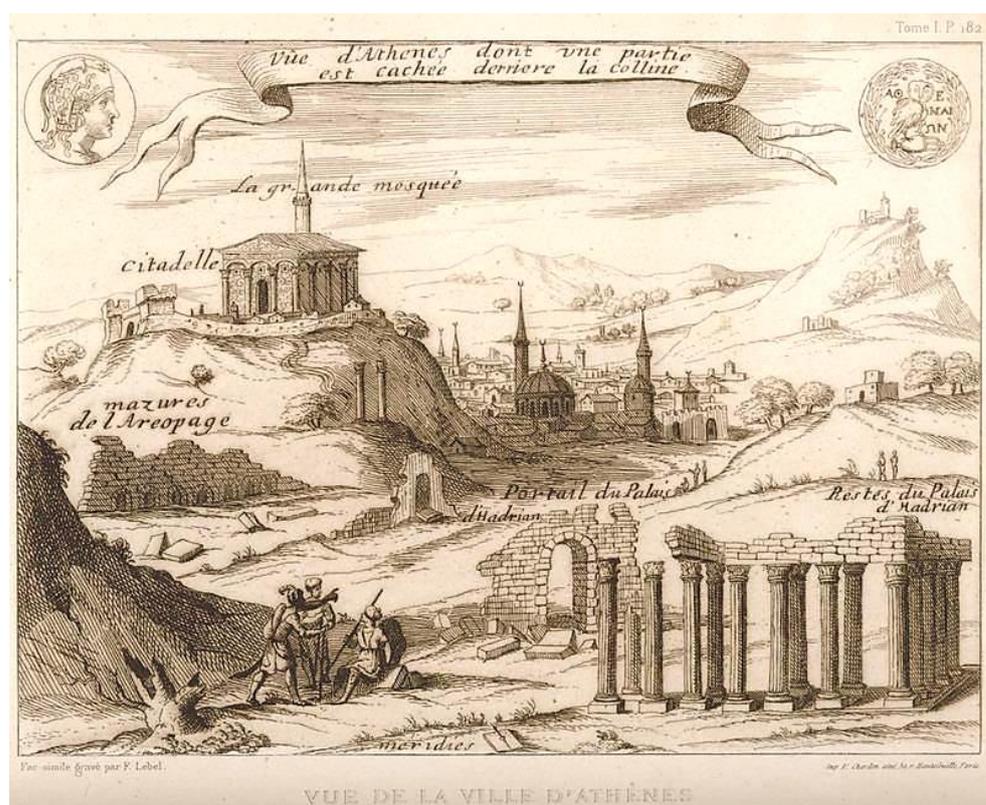


Рис. 7. Изображение храма Зевса Олимпийского («Дворца Адриана») в Афинах (нижний правый угол) (URL: <https://i.pinimg.com/originals/18/ad/25/18ad25d0d63ff1486ebe0a97518e657e.jpg>)

Разрушение знаменитого храма продолжалось и в XVIII в. Одна из его мраморных колонн была «разрублена и сожжена на известь» турецким губернатором Афин. Сильное землетрясение 26 октября 1852 г. опрокинуло ещё одну колонну, которую всё ещё можно увидеть сегодня на западном конце храма (рис. 8).

Пятнадцать сохранившихся колонн Олимпейона давно уже стали знаковым элементом афинского пейзажа. Они описаны в воспоминаниях многих путешественников и изображены на многочисленных картинах, эскизах и фотографиях. Острые глаза наблюдателей этих изображений заметят странное сооружение, построенное на вершине древних колонн, – загадочную и незабываемую деталь. Здесь кроется одна из самых странных и интригующих историй красочного прошлого храма Зевса Олимпийского, поскольку колонны Адриана стали основой для византийской сторожевой башни высотой в три этажа, которая обеспечивала позднеантичным Афинам защиту с восточной стороны.

Позже, покинутое городским гарнизоном, это сооружение перешло в руки монахов-стилитов, о которых впервые упомянул путешественник и художник Эдвард Додуэлл в 1805–1806 гг. Крайняя аскетическая практика привела этих монахов к тому, что они искали убежища от материального мира

и приближения к Богу, устраивая свое жилище на вершине высоких колонн или столбов (стилитов).



Рис. 8. Опрокинутая колонна в западной части храма Зевса Олимпийского в Афинах (URL: <https://mir-tourista.ru/wp-content/uploads/2018/10/Temple-of-Zeus-olimpiyskogo-1.jpg>)

Бывший американский консул Александр Уилборн Уэдделл, посетив Олимпейон, написал в журнале *National Geographic* (декабрь 1922 г.) следующее: «Мы устроились на основании одной из колонн и смотрели на ее вершину... Во время моего пребывания в Афинах один старый афинянин уверял меня, что он помнит, как ребенком посещал храм и приносил хлеб и фрукты стилиту, который тогда жил на колонне и спускал корзину, чтобы принять подношения посетителей. Сегодня монахи ушли, и руин на колоннах Олим-

пейона больше не видно (их убрали археологи в 1870 году), но святилище Зевса и Адриана, превращенное в археологический объект, остается приятным убежищем, погруженным в афинскую историю...» [9].

Сейчас на территории вокруг храма Олимпейона сохранилось множество остатков построек античной архитектуры (рис. 9). Самыми древними являются стена Фемистокла (479–478 гг. до н. э.), дворец Аполлона Дельфийского (450 до н. э.) и развалины древнего здания суда (500 г. до н. э.), а также арка Адриана и другие постройки времен Адриана – римские бани, еще одно святилище Зевса, жилой поселок и более поздний дворец Кроноса и Реи, родителей Зевса [8].

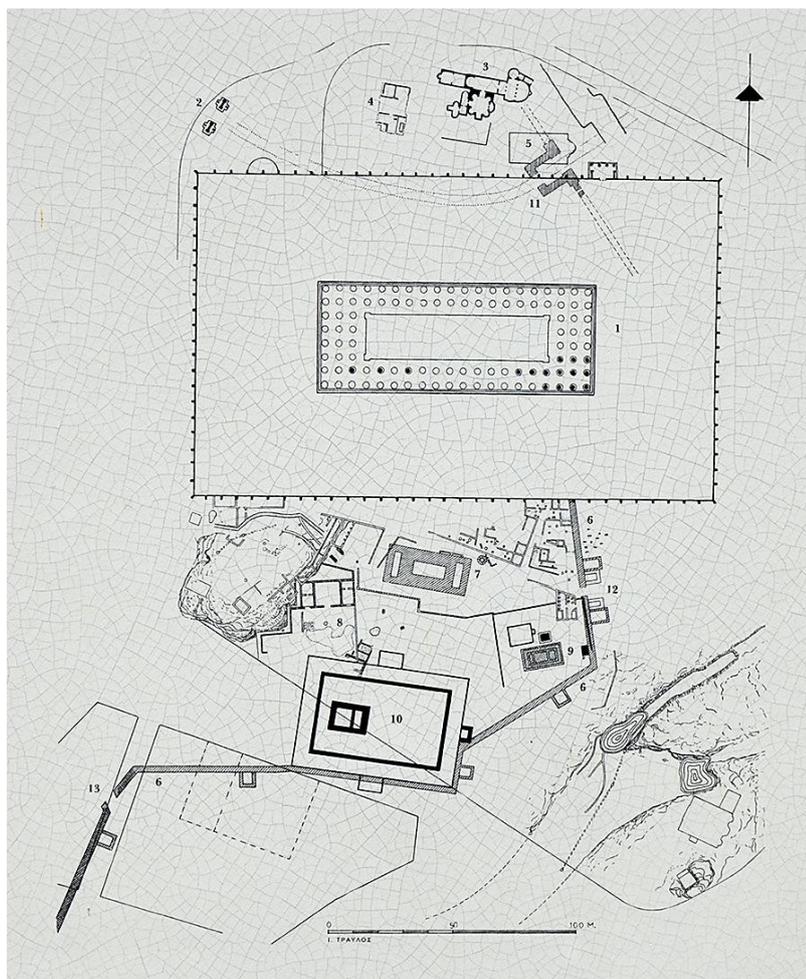


Рис. 9. План-схема территории храма Зевса Олимпийского в Афинах [8]:

1 – храм Зевса Олимпийского и стена участка (24–132 гг. н. э.); 2 – арка Адриана (131–132 гг. н. э.); 3 – римские бани (124–131 гг. н. э.); 4 – остатки домов (5 г. до н. э. – II в. н. э.); 5 – базилика Олимпейона (450 г. н. э.); 6 – Валериановая стена (256–260 гг. н. э.); 7 – храм Аполлона Дельфийского (450 г. до н. э.); 8 – суд в Дельфинионе (500 г. до н. э.); 9 – храм Кроноса и Реи (150 г. н. э.); 10 – святилище Панэллинского Зевса (131–132 гг. н. э.); 11 – ворота стены Фемистокла; 12 – ворота стены Фемистокла (479–478 гг. до н. э.); 13 – ворота стены Фемистокла

С территории храма прекрасно просматривается величественный Акрополь, построенный за 5 веков до нашей эры, т. е. раньше даже первых попыток строительства храма Зевса Олимпийского. При этом расположенные на неприступной скале культовые сооружения хотя и имеют повреждения, но сохранились достаточно полно.

Монументальная арка Адриана в коринфском стиле ознаменовала торжественный переход от первоначальных Афин к новому римскому пригороду Адрианополюсу. На двух ее фасадах прямо над главной аркой были сделаны греческие надписи, которые со стороны Акрополя гласили: «Это Афины, древний город Тесея», а с противоположной стороны: «Это город Адриана, а не Тесея» [8].

Адриан был ярым эллинофил, которого очень уважали жители греческого Востока. Он подарил Афинам не только завершенный Олимпейон, но и другие храмы в этом районе; новый общественный форум на северной стороне Акрополя, в котором находились библиотека и лекционные залы; городскую систему водоснабжения, питаемую акведуком с горы Пентели, которая продолжала снабжать город до 1930-х гг.

Кроме того, при создании Афин в качестве штаб-квартиры Панхеллениона, союза восточных греческих городов, основанного в 131 г. н. э., Адриан возвел между Олимпейоном и р. Иллиссос второй большой храм, посвященный Зевсу Панеллениону и Гере. Присутствие императора ощущалось по всему городу не только благодаря его многочисленным публичным статуям, но и почти сотне каменных алтарей с почетными надписями [9].

Заключение

В результате проведенного исследования следует отметить, что изучение архитектуры античности является важной составляющей в истории мировой архитектуры, на принципах которой складывались основы европейского и русского классицизма, получившего широкое распространение во второй половине XVIII – первой половине XIX в.

Храм Зевса Олимпийского в Афинах, наряду с Акрополем, являлся отличительной достопримечательностью с незапамятных времен и был одним из крупнейших храмов побережья Малой Азии. В Олимпейоне впервые в мировой архитектуре коринфский ордер выступает как монументальный ордер, формирующий колоссальный периметральный объем, а капители колонн относятся к лучшим образцам коринфского ордера, отражающим влияние более ранних периодов греческого искусства.

Олимпейон стал местом культа императора Адриана, в нем собралось множество медных изваяний императора из разных греческих городов и провинций. Сведения о щедрой благотворительности римского цезаря также увековечены на скрижалях афинского Пантеона. А насыщение произведений архитектуры космическими символами вполне отвечало его политическим устремлениям.

Несмотря на то, что Олимпейон был посвящен Зевсу, истинным центром поклонения был император Адриан, который продвигал афинский храм и его территорию как главную базу имперского культа на греческом Востоке – регионе своей империи, которую он стремился объединить благодаря силе своего влияния, прогреческой репутации и щедрой общественной благотворительности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Whitmarsh T.* Что такое классика? URL: https://www.thebritishacademy.ac.uk/blog/what-is-classics/?gclid=Cj0KCQjwIOMLBhCHARIsAGiJg7kiejGCOcCJb2xZ0TpwdfOqIE0_QFpFheC93InSVOGwGgnJc98QarkaAsKNEALw_wcB
2. *Подъяпольский С.С., Бессонов Г.Б. и др.* Реставрация памятников архитектуры. Москва : Стройиздат, 2000. 288 с.
3. *Виолле ле Дюк.* Беседы об архитектуре. Том I. Москва : Изд-во Всесоюзной академии архитектуры, 1937. 188 с.
4. *Гиппиас и Гиппарх.* URL: https://www.in2greece.com/english/historymyth/history/ancient/hippias_hipparchus.htm
5. *Temple of Olympian Zeus.* URL: <https://arthistoryproject.com/timeline/the-ancient-world/greece/temple-of-olympian-zeus/>
6. *Храм Зевса Олимпийского в Афинах (Олимпейон) // Блог Юлии Келиди.* URL: <http://yuliyakelidi.com/храм-зевса-олимпийского-в-афинах-олимп/>
7. *Поляков Е.Н., Каптыкина Е.В.* Архитектурное наследие римского императора Адриана // Известия вузов. Строительство. 1995. № 4. С. 105–111.
8. *Храм Зевса Олимпийского.* URL: <https://countryscanner.ru/hram-zevsa-olimpiyskogo/>
9. *Temple of Olympian Zeus & Arch of Hadrian.* URL: <http://whyathens.com/temple-of-olympian-zeus/>

REFERENCES

1. *Whitmarsh T.* Chto takoye klassika? [What is a classic?]. Available: www.thebritishacademy.ac.uk/blog/what-is-classics/?gclid=Cj0KCQjwIOMLBhCHARIsAGiJg7kiejGCOcCJb2xZ0TpwdfOqIE0_QFpFheC93InSVOGwGgnJc98QarkaAsKNEALw_wcB (rus)
2. *Podyapolsky S.S., Bessonov G.B., et al.* Restavratsiya pamyatnikov arkhitektury [Restoration of architectural monuments]. Moscow: Stroyizdat, 2000. 288 p. (rus)
3. *Violet le Duc.* Besedy ob arkhitekture. [Conversations about architecture], Vol. 1. Moscow, 1937. 188 p. (rus)
4. *Hippias and Hipparchus.* Available: www.in2greece.com/english/historymyth/history/ancient/hippias_hipparchus.htm (rus)
5. *Temple of Olympian Zeus.* Available: <https://arthistoryproject.com/timeline/the-ancient-world/greece/temple-of-olympian-zeus/> (rus)
6. *Khram Zevsa Olimpiiskogo v Afinakh (Olimpeion)* [Temple of Olympian Zeus in Athens (Olympion)]. Available: <http://yuliyakelidi.com/храм-зевса-олимпийского-в-афинах-олимп/> (rus)
7. *Polyakov E.N., Kashtykina E.V.* Arkhitekturnoye naslediyе rimskogo imperatora Adriana [Architectural heritage of Roman Emperor Adrian]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 1995. No. 4. Pp. 105–111. (rus)
8. *Khram Zevsa Olimpiyskogo* [Zeus Olympius Temple]. Available: <https://countryscanner.ru/hram-zevsa-olimpiyskogo> (rus)
9. *Temple of Olympian Zeus & Arch of Hadrian.* Available: <http://whyathens.com/temple-of-olympian-zeus> (rus)

Сведения об авторе

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

Author Details

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

УДК 69.059, 528.8

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-35-43

*Л.В. ГИРЯ, Г.П. ТРОФИМОВ,
Донской государственный технический университет*

ОБСЛЕДОВАНИЕ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ТРЕХМЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

Аннотация. При подготовке работ по реставрации и приспособлению под современное использование зданий и сооружений, относящихся к объектам культурного наследия, особое значение приобретает полнота и достоверность данных, полученных на этапе их обследования. При проведении обмерных работ важно зафиксировать полный спектр геометрических параметров изучаемого объекта, что способствует повышению качества всей последующей деятельности по его реставрации.

Целью статьи является обобщение полученного опыта по выполнению лазерного сканирования на реальных объектах строительства, относящихся к памятникам архитектуры, что позволит в будущем выработать наиболее полные методические рекомендации, учитывающие и предупреждающие возможные ошибки при проведении данного вида работ.

Использованы следующие материалы и методы: сбор с последующей обработкой технических данных о процессе формирования облака точек здания или сооружения во время проведения обследования; анализ этапов работ на примерах проведения трехмерного сканирования, в том числе с использованием фотограмметрии с помощью БПЛА DJI Mavic 3 и лазерного сканирования сканером Faro Focus S150.

В результате представлены отдельные технические рекомендации для производства работ по трехмерному сканированию зданий и сооружений. Рассмотрены фактические этапы формирования готового облака точек объекта обследования с указанием ключевых факторов, имеющих влияние на скорость и качество производства работ.

Ключевые слова: лазерное сканирование, фотограмметрическая съемка, обследование зданий и сооружений, памятники архитектуры

Для цитирования: Гиря Л.В., Трофимов Г.П. Обследование памятников архитектуры с использованием современных технологий трёхмерного сканирования // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 6. С. 35–43.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-35-43

*L.V. GIRYA, G.P. TROFIMOV,
Don State Technical University*

LASER 3D SCANNING OF ARCHITECTURAL MONUMENTS

Abstract. Purpose: Summarizing the experience in laser 3D scanning of real construction sites relating to architectural monuments. **Methodology:** Data collection and processing of the point cloud formation of a building during the survey. Analysis of the work stages of three-dimensional scanning, including photogrammetry with DJI Mavic 3 UAV and laser scanning provided by a Faro Focus S150 scanner. **Research findings:** Technical recommendations are given to laser 3D scanning of buildings. The formation stages of the point cloud of buildings are considered with identification of the key factors affecting the scanning speed and quality. **Practical implications:** The methodology is proposed for laser 3D scanning of cultural heritage

objects. The proposed developments can serve as the basis for creating a full-fledged methodology for laser 3D scanning of construction objects in the future. *Originality:* During building restoration and their adaptation to modern conditions, it is important to obtain complete and reliable data on the building examination. It is important to record the most complete range of geometric parameters of the object, that improves the quality of restoration.

Keywords: laser 3D scanning, photogrammetric survey, building examination, architectural monuments

For citation: Giryа L.V., Trofimov G.P. Obsledovanie pamyatnikov arkhitektury s ispol'zovaniem sovremennykh tekhnologii trekhmernogo skanirovaniya [Laser 3D scanning of architectural monuments]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 6. Pp. 35–43.
DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-35-43

Введение

Трёхмерное сканирование объектов культурного наследия с использованием различных типов сканеров – наиболее актуальный и современный метод сбора данных о памятниках градостроительства и архитектуры из применяемых сегодня. В настоящее время множество организаций, занимающихся обследованием объектов культурного наследия, в той или иной степени используют в своей работе трёхмерное сканирование.

Результатом трёхмерного сканирования является облако точек – набор из множества единичных элементов (точек) с фиксированными пространственными координатами. Среди самых распространенных методов создания облаков точек следует назвать лазерное сканирование и фотограмметрическую съемку. Однако именно лазерное сканирование с использованием современных высокоточных приборов предоставляет в распоряжение исследователей наиболее точную и качественную пространственную информацию о геометрии объекта.

Несмотря на то, что лазерное сканирование при обследовании объектов культурного наследия уже применяется достаточно широко, нормативная база по данному виду работ практически отсутствует. Методические указания по производству работ сводятся к инструкциям различных производителей сканеров и программного обеспечения и не всегда согласуются между собой. В настоящей статье предпринята попытка обобщить полученный опыт применения лазерных сканеров на объектах культурного наследия Ростовской области с целью дальнейшей разработки практических указаний и полноценной методики производства работ по лазерному сканированию зданий и сооружений.

Авторы опирались на исследования, связанные с лазерным сканированием в строительстве [1–3], для оценки альтернативных способов получения информации. Современные взгляды на проблему натурного обследования памятников приведены в работах при сохранении объектов культурного наследия [4–8]. Важность применения современных информационных технологий в строительстве отмечена в трудах [9–12].

Материалы и методы исследований

По своей сути лазерное сканирование зданий и сооружений – одна из методик проведения обмерных работ. Однако полнота и точность получаемых дан-

ных таковы, что использование этой технологии в обследовании объектов культурного наследия позволяет получить целый ряд преимуществ, среди которых:

1) возможность обращения к облаку точек для уточнения тех или иных геометрических параметров объекта в любой момент времени на любом этапе проведения работ;

2) снижение сроков и стоимости работ по реконструкции и приспособлению памятников архитектуры;

3) сокращение сроков проведения обследования и последующего проектирования;

4) повышение безопасности проведения работ по обследованию, т. к. геометрические данные о труднодоступных участках объекта поступают без необходимости физического приближения.

Работы по проведению сканирования делятся на два основных этапа:

А. Полевые работы.

Б. Камеральная обработка данных.

При этом полевые работы следует разделять на предварительные, включающие осмотр объекта, разработку и согласование схемы установки станций сканирования, и непосредственно работы по сканированию.

Во время предварительных полевых работ в зависимости от целей и требований, предъявляемых к обследованию, определяются необходимые технические параметры будущего сканирования. Среди базовых параметров для проведения работ по сканированию объектов культурного наследия можно выделить:

1) разрешение сканирования;

2) качество сканирования;

3) цветность сканирования;

4) количество станций сканирования на единицу площади объекта.

Результаты и их анализ

Порядок выполнения работ по лазерному сканированию объектов культурного наследия включает в себя:

А) На этапе полевых работ:

1. Определение конечной цели проведения работ по сканированию.

Подход к проведению сканирования, используемые приёмы и методы, а также настраиваемые параметры сканирования напрямую зависят от целей, определяемых техническим заданием. Именно комплексное понимание планируемых результатов ещё на этапе подготовки к проведению работ по сканированию может существенно ускорить сам процесс производства работ. Это достигается при помощи исключения из зон сканирования излишних частей и элементов объекта, подбора оптимальных параметров сканера для различных зон и т. д.

2. Разработка схемы установки станций сканирования на планах здания, реже – на разрезах и фасадах объекта.

Обязательным пунктом подготовки работ по сканированию является разработка схемы установки станций сканирования. Схема может разрабатываться с использованием черновых планов здания при отсутствии исходной документации по объекту. Далее схема согласовывается с заказчиком, что позволяет избежать ситуаций, при которых доступ к тем или иным зонам ска-

нирования может быть затруднен. В процессе производства работ рекомендуется нумеровать станции сканирования на схеме в соответствии с фактическим программным номером станции сканера, что в дальнейшем облегчает камеральную обработку данных, а также позволяет каталогизировать исходные данные по сканированию для различных объектов.

3. Определение необходимости использования дополнительных методов сканирования, таких как аэрофотограмметрическая съемка и т. п.

В зависимости от конечной цели проведения работ по сканированию могут применяться различные методы сканирования, комбинируемые с использованием лазерного сканера. Основным видом таких методов – это аэрофотограмметрическая съемка. Аэрофотограмметрическая съемка может применяться для создания облаков точек труднодоступных для лазерного сканирования частей зданий, таких как покрытия и кровли сложной формы, а также для создания ортофотопланов местности для привязки обследуемого объекта к ней. Облако точек, создаваемое дополнительными средствами сканирования, может выдаваться как отдельный элемент, дополняющий основные работы, так и в дальнейшем сшиваться с общим облаком точек по объекту.

4. Определение зон объекта и соответствующих станций, на которых необходимо выставление повышенного и пониженного качества и разрешения сканирования.

При разработке схемы установки станций сканирования либо после её согласования рекомендуется определять типы станций по необходимому качеству и разрешению съемки. Чем выше задаваемое качество сканирования и его разрешение, тем больше времени требуется на его реализацию, тем больший объем данных будет занимать итоговый файл сканирования и тем сложнее последующая камеральная обработка данных. Поэтому на практике становится нерациональным выставление повышенных параметров на перевязочных станциях, в коридорах без архитектурных элементов и т. п.

Вместе с тем при обследовании объектов культурного наследия на отдельных участках могут находиться сложные, высоко детализованные архитектурные элементы, такие как потолочная лепнина, барельефы и пр. В данных зонах повышенные параметры сканирования являются необходимыми для качественной фиксации всех деталей в облаке точек.

5. Определение параметров качества, цветности и разрешения для различных зон и соответствующих станций сканирования.

После разбивки станций сканирования на группы по принципу повышенного и пониженного качества следует определить конкретные технические параметры сканирования для различных групп станций. Данный этап напрямую связан с характеристиками и возможностями используемого оборудования.

В общем случае определяется различная дальность сканирования для станций сканирования, установленных в помещениях и на открытых пространствах (со стороны фасадов). Далее задается разрешение (количество точек сканирования по отношению к площади) для различных станций. В отдельных типах сканеров также задается параметр качества, влияющий на время выполнения единичного измерения последующей обработки.

Параметры разрешения и качества имеют свои фиксированные численные величины и могут быть различны в зависимости от конкретной модели сканера и его возможностей. Для станций, позиционированных на участках объекта, включающих сложные архитектурные элементы, выбираются повышенные показатели качества и разрешения, что, в свою очередь, увеличивает время сканирования на данных станциях. На перевязочных станциях, установленных в местах сопряжения станций высокого разрешения будущего облака точек (дверные проёмы, узкие коридоры и т. п.), а также в местах с минимальным количеством фиксируемой пространственной информации (плоские, однотонные поверхности), выбираются пониженные параметры качества и разрешения, что ускоряет работы по сканированию в целом.

Б) На этапе камеральной обработки:

1. Ручная либо автоматическая сшивка данных из различных станций сканирования между собой.

Базовая камеральная обработка данных сканирования предполагает первичную автоматическую сшивку облака точек по загруженным данным станций сканирования. Автоматическую сшивку часто целесообразно проводить не по всему объекту в целом, а укрупнённо, по этажам, отдельным объемам здания, отдельным конструкциям. Только после этого из укрупнённых элементов сшивается итоговое облако. Такой подход позволяет избежать лишних ошибок. Но автоматическая обработка данных не всегда производится должным образом и всё же может содержать в себе ошибки, поэтому рекомендуется ручная проверка результатов после автоматической обработки.

2. Определение необходимости сшивки облаков точек из различных источников между собой.

Для получения наиболее качественного и полноценно проработанного облака точек при обследовании объектов культурного наследия может возникнуть необходимость сшивки между собой данных из различных источников сканирования, таких как лазерные сканеры, аэрофотограмметрическая съёмка и т. п. Такая обработка возможна, однако по опыту проведения подобных работ на объектах культурного наследия Ростовской области с использованием такого ПО, как Autodesk ReCap, FARO Scene и Agisoft Metashape, можно заключить, что именно работы по сшивке данных из различных источников являются наиболее трудозатратными и несут наибольшее количество потенциальных ошибок исполнения. В связи с этим необходимость выполнения такой сшивки следует рассматривать индивидуально.

3. Установка параметров прореживания облака точек, его плотности и формата сохранения данных.

В зависимости от пространственной сложности объекта сканирования, его наполненности архитектурными деталями и характеристик оборудования, используемого при сканировании, могут быть выбраны различные подходы к прореживанию облака точек. Данная процедура выполняется специализированным программным обеспечением (например, FARO Scene) и предназначена для устранения шумов и дефектов в облаке сканирования, а также для оптимизации облака в целом. Фактически устанавливаемые характеристики прореживания напрямую зависят от устанавливаемых в ходе производства

работ параметров качества и разрешения и могут в значительной степени меняться в зависимости от исходных характеристик сканера и от задач, стоящих перед обследованием.

4. Определение типа выходных данных.

Итогом проведения работ по лазерному сканированию того или иного объекта может быть как комплексное облако точек, так и отдельные облака по различным зонам и участкам здания или сооружения, например отдельные поэтажные съемки, фасады без привязки к внутреннему пространству и т. п. Кроме того, в случае необходимости по облаку точек подготавливаются высокоточные ортофотоснимки, которые в дальнейшем используются для изготовления обмерных чертежей. Тип выходных данных определяется в зависимости от исходного технического задания.

В стандартном сценарии результатом работ является комплексно сшитое облако по всему объекту, а также ключевые ортофотоснимки, используемые для дальнейшего проектирования, такие как планы этажей, виды на фасады, продольный и поперечный разрезы и т. п. Однако с целью сокращения времени камеральной обработки и, соответственно, стоимости работ допускается исключение из результатов сканирования отдельных типов выходных данных, если это не имеет существенного значения для последующего их использования.

На рис. 1 показан пример выполненного облака точек по итогам лазерного сканирования объекта культурного наследия регионального значения «Ансамбль церкви Святых Дмитрия и Серафима». На рис. 2 можно увидеть результаты дополнительного метода сканирования аэрофотограмметрической съемки, используемые для уточнения параметров кровли здания в итоговом облаке.



Рис. 1. Облако точек по итогам лазерного сканирования объекта культурного наследия регионального значения «Ансамбль церкви Святых Дмитрия и Серафима», Ростовская область



Рис. 2. Облако точек по итогам аэрофотограмметрии объекта культурного наследия регионального значения «Ансамбль церкви Святых Дмитрия и Серафима», Ростовская обл., использованное для уточнения параметров кровли здания в итоговом облаке

Выводы

Систематизация полученного опыта проведения работ по лазерному сканированию объектов культурного наследия Ростовской области помогает понять закономерности при их проведении и учесть допущенные ошибки. Повсеместное внедрение данного метода при обследовании зданий с одновременным отсутствием стандартизованного подхода к выполнению работ по сканированию осложняет проектным организациям дальнейшее использование результатов сканирования в своей работе, негативно влияет на сроки изыскательских и проектных работ.

Технология лазерного сканирования зданий и сооружений имеет огромный потенциал для упрощения и ускорения как работ по обследованию объектов культурного наследия, так и работ по дальнейшему проектированию реставрации и приспособления под современное использование этих объектов. Но для полноценной реализации этого потенциала необходима выработка стандартизованного подхода к проведению данного типа работ и, главное, к форме и формату выходных данных. Обобщение полученного в ходе фактического выполнения подобных работ опыта позволит создать полноценные методические рекомендации и нормативные документы по вопросам проведения лазерного сканирования, что, в свою очередь, является весомым фактором, имеющим влияние на качество результата всей цепочки работ по реставрации памятников архитектуры. На основе приведённых в статье принципов уже возможна выработка подхода к проведению лазерного сканирования того или иного объекта строительства, однако для формирования полноценных методических указаний требуется дальнейшее изучение затронутых в статье вопросов.

Сохранение объектов культурного наследия для будущих поколений – задача, значение которой трудно переоценить. И грамотное применение сов-

ременных технологий, способных повысить качество её выполнения, является необходимым условием.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Спириденко А.А., Горина А.В., Хахулина Н.Б. 3D лазерное сканирование строительных конструкций // Студент и наука. 2018. № 4 (7). С. 54–61.
2. Новик Ю.С., Губеладзе О.А. Перспективы использования лазерного сканирования для обследования памятников архитектурного наследия // Современные исследования. 2018. № 4 (8).
3. Шевченко Г.Г., Гура Д.А., Акопян Г.Т. Применение наземного лазерного сканирования в строительстве и BIM-технологиях // Научные труды КубГТУ. 2018. № 2. С. 251–260.
4. Оминин С.В., Олехнови Я.А. Сравнение способов получения массива информации в виде облака точек при выполнении картографических работ // Недели науки : сб. материалов Всероссийской конференции (4–10 апреля 2022 г.). Санкт-Петербург : СПбПУ, 2022. Ч. 2. С. 433–436.
5. Незвицкая Т.В. К вопросу об эволюции подходов к сохранению памятников деревянного зодчества // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. № 4. С. 9–22.
6. Ширкин В.В., Лапунова К.А. Натурное обследование памятников архитектуры // Научно-образовательные дискуссии: фундаментальные и прикладные исследования. Ростов-на-Дону, 2021. С. 20–23.
7. Михайлов А.В. Определение предметов охраны для объектов культурного наследия на примере больничных комплексов Санкт-Петербурга // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета : сб. трудов конференции.. 2019. Т. 21. № 3. С. 20–37.
8. Гинзбург А.В., Казисова М.Е. Особенности проектирования объектов культурного наследия с применением BIM-технологий // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы. Москва : МИСИ-МГСУ, 2019. С. 131–134.
9. Соина Н.С. Виртуальная реконструкция крепости Суджук-Кале // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 3. С. 75–84.
10. Barazzetti L., Gianinetti M., Scaioni M. Automatic processing of many images for 2D/3D modelling // Digital transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built Environment. 2020.
11. Rocha G., Mateus L., Fernández J., Ferreira V. A Scan-to-BIM methodology applied to heritage buildings // CIAUD, Lisbon School of Architecture. 2020.
12. Khalil A., Stravoravdis S. H-BIM and the domains of data investigations of heritage buildings current state of the art // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2019. V. XLII-2/W11.

REFERENCES

1. Spiridenko A.A., Gorina A.V., Khakhulina N.B. 3D laser scanning of buildings [Laser 3D scanning of buildings]. *Student i nauka*. 2018. No. 4 (7). (rus)
2. Novik Yu.S., Gubeladze O.A. Perspektivy ispol'zovaniya lazernogo skanirovaniya dlya obsledovaniya pamyatnikov arkhitekturnogo naslediya [Prospects of laser scanning for examination of architectural monuments]. *Sovremennyye issledovaniya*. 2018. (rus)
3. Shevchenko G.G., Gura D.A., Akopyan G.T. Primenenie nazemnogo lazernogo skanirovaniya v stroitel'stve i BIM tekhnologiyakh [Application of laser 3D scanning in construction and BIM technologies]. *Nauchnye trudy KubGTU*. 2018. No. 2. (rus)
4. Ominin S.V., Olekhnovi Ya.A. Sravnenie sposobov polucheniya massiva informatsii v vide oblaka tochek pri vypolnenii kartograficheskikh rabot [Comparison of ways to obtain data array in the form of a point cloud during cartographic works]. In: *Nedeli nauki: sb. materialov Vserossiiskoi konferentsii (Proc. All-Russ. Sci. Conf. 'Scientific Weeks')*. Saint-Petersburg, 2022. Pp. 433–436. (rus)

5. *Nezvitskaya T.V.* K voprosu ob evolyutsii podkhodov k sokhraneniyu pamyatnikov derevyanogo zodchestva [Toward evolution of approaches to preservation of wooden architecture]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2020. No. 4. Pp. 9–22. (rus)
6. *Shirkin V.V., Lapunova K.A.* Naturnoe obsledovanie pamyatnikov arkhitektury [Field inspection of architectural monuments]. In: Nauchno-obrazovatel'nye diskussii: fundamental'nye i prikladnye issledovaniya [Scientific and educational discussions: Fundamental and applied research]. Rostov-on-Don, 2021. (rus)
7. *Mikhailov A.V.* Opredelenie predmetov okhrany dlya ob'ektov kul'turnogo naslediya na primere bol'nichnykh kompleksov Sankt-Peterburga [Security of cultural heritage objects on the example of hospital complex of Saint-Petersburg]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2019. V. 21. No. 3. Pp. 20–37. (rus)
8. *Ginzburg A.V., Kazisova M.E.* Osobennosti proektirovaniya ob'ektov kul'turnogo naslediya s primeneniem BIM-tehnologii [Design of cultural heritage objects using BIM echnologies]. In: Sistemotekhnika stroitel'stva. Kiberfizicheskie stroitel'nye sistemy [Construction system engineering. Cyberphysical construction systems]. Moscow, 2019. (rus)
9. *Soina N.S.* Virtual'naya rekonstruktsiya kreposti sudzhuk-kale [Virtual reconstruction of Sudzhuk-Kale Fortress]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2020. V. 22. No. 3. Pp. 75–84. (rus)
10. *Barazzetti L., Gianinetto M., Scaioni M.* Automatic processing of many images for 2D/3D modelling. Digital transformation of the Design. Construction and Management Processes of the Built Environment. 2020.
11. *Rocha G., Mateus L., Fernández J., Ferreira V.* A Scan-to-BIM methodology applied to heritage buildings. CIAUD, Lisbon School of Architecture. 2020.
12. *Khalil A., Stravoravdis S.* H-BIM and the domains of data investigations of heritage buildings current state of the art. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2019. V. XLII-2/W11.

Сведения об авторах

Гиря Лидия Владимировна, канд. техн. наук, доцент, Донской государственный технический университет, 344000, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, Giryal@inbox.ru

Трофимов Георгий Павлович, магистрант, Донской государственный технический университет, 344000, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, G.P.Trofimoff@gmail.com

Authors Details

Lidiya V. Giryal, PhD, A/Professor, Don State Technical University, 1, Gagarin Sq., 344000, Rostov-on-Don, Russia, Giryal@inbox.ru

Georgiy P. Trofimov, Graduate Student, Don State Technical University, 1, Gagarin Sq., 344000, Rostov-on-Don, Russia, G.P.Trofimoff@gmail.com

УДК 72.035

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-44-61

*Д.В. ПРИСЛОНОВА, Е.В. СИТНИКОВА,**Томский государственный архитектурно-строительный университет*

УСАДЬБА КУПЕЧЕСКОЙ СЕМЬИ КУЗНЕЦОВЫХ В Г. КРАСНОЯРСКЕ. МАТЕРИАЛЫ КОМПЛЕКСНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Аннотация. В статье представлен комплексный историко-архитектурный анализ усадьбы купеческого семейства Кузнецовых, расположенной в историческом ядре г. Красноярска. Эта усадьба, сформировавшаяся на протяжении XIX и до начала XX в., является наиболее крупной в городе и обладает значительным процентом сохранности элементов.

Актуальность исследования заключается в освещении общероссийской проблемы – утраты ценной исторической жилой застройки как основного массива, формирующего архитектурный облик и характер городской среды центральной части исторического города. Кроме того, комплексный анализ усадьбы Кузнецовых позволяет рассмотреть закономерности в формировании купеческого жилища, т. к. показывает характерные для данного условия и исследуемого периода принципы организации своего «родового гнезда».

Целью работы является комплексное изучение усадьбы купцов Кузнецовых в г. Красноярске, в том числе: фиксация состояния усадьбы, оценка ее градостроительной роли в современной структуре, определение степени утрат и трансформаций, научное подтверждение исторического состава и границ домовладения. Научной базой статьи являются материалы историко-архивных, библиографических и натурных исследований. Используются методы выявления, комплексного, системного и сравнительного анализа информации.

Основными результатами исследования являются собранные и проанализированные материалы по усадьбе купеческого семейства Кузнецовых как уникального и наиболее крупного домовладения в г. Красноярске. Острой проблемой сохранения усадьбы является нивелирование исторической архитектурно-градостроительной ценности в результате утрат, реконструкций и современных внедрений, а также осуществление раздельной охраны ее элементов.

Ключевые слова: купцы Кузнецовы, купеческая усадьба, архитектурное наследие, историко-градостроительная среда, Красноярск

Для цитирования: Прислонова Д.В., Ситникова Е.В. Усадьба купеческой семьи Кузнецовых в г. Красноярске. Материалы комплексных научных исследований // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 6. С. 44–61.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-44-61

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

COUNTRY ESTATE OF THE KUZNETSOV FAMILY IN KRASNOYARSK. MATERIALS OF INTEGRATED RESEARCH

Abstract. Purpose: A comprehensive study of the country estate of the Kuznetsovs in Krasnoyarsk built in the 19–20th centuries, including its current state, urban planning role in the

modern structure, losses and transformations, scientific confirmation of the historical composition and boundaries of the ownership. *Methodology*: Historical archival materials, bibliography, and field studies. Identification methods, comprehensive, systematic, and comparative analyses of information studied. *Research findings*: Collected and analyzed materials on the Kuznetsovs' estate as a unique and largest household in the city of Krasnoyarsk. The estate preservation problem is leveling the historical architectural and town-planning value owing to losses, reconstructions, and separate protection of its elements. *Originality*: Research covers the problem of the loss of valuable historical residential buildings forming the architectural appearance of the urban environment of the central part of the historical city. The comprehensive analysis of the Kuznetsovs' estate in Krasnoyarsk allows considering the patterns in the formation of a merchant's dwelling, as it demonstrates principles of organizing the family seat characteristic of this estate and the period under study.

Keywords: Kuznetsov family, merchant estate, architectural heritage, historical and urban environment, Krasnoyarsk

For citation: Prislonova D.V., Sitnikova E.V. Usad'ba kupecheskoi sem'i Kuznetsovykh v g. Krasnoyarske. Materialy kompleksnykh nauchnykh issledovaniy [Country estate of the Kuznetsov family in Krasnoyarsk. materials of integrated research]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 6. Pp. 44–61. DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-44-61

Преобладающим типом частного владения и базовым структурным элементом ткани городской застройки в сибирских дореволюционных поселениях вплоть до начала XX в. являлась усадьба. В архитектурно-градостроительном контексте усадьба представляла собой устойчивый планировочный модуль и во многом определяла объемно-пространственные характеристики и своеобразие архитектурного облика города. Консолидируясь в группы, участки усадеб формировали квартал застройки и характеризовались единством архитектурно-композиционного замысла. «В тех случаях, когда несколько домов принадлежали одному владельцу, такая укрупненная усадьба решалась единой планировочной ячейкой» [1]. Объемно-планировочная структура Красноярска также формировалась в русле общих тенденций, основываясь на принципе усадебности.

Если рассматривать усадьбу в социокультурном контексте, очевидным становится ее значимость как элемента материальной памяти, отражающего специфику городской жизни, характеризующего уклад и процессы, протекающие в обществе. Особый интерес представляют купеческие усадьбы.

Становление купеческого сословия в Сибири как основы региональной элиты в совокупности с особенностями их предпринимательской деятельности создало условия для формирования значительного объема частной застройки. Часто купеческая усадьба могла занимать большую часть квартала. Расположение и сосредоточение купеческих усадеб в наиболее выгодных – центральных – частях города способствовало формированию целых улиц купеческой застройки. Коммерческая деятельность нередко была внедрена в жилую усадьбу, в результате сформировались различные типы усадеб по функциональному составу. Архитектурно-художественные решения зданий купеческих домов во многом отражали вкусы заказчика, что в общей тенденции повлияло на формирование индивидуального облика сибирских городов.

Научную базу исследования составляют труды по истории сибирского купечества и определению его вклада в архитектурно-градостроительное развитие сибирских городов: «Сибирское купечество и формирование архитектурного облика г. Томска в XIX – начале XX в.», 2008 г. (авторы: В.П. Бойко, Е.В. Ситникова) [2], «Архитектура городов Томской губернии и сибирское купечество (XVII – начало XX века). Томск, Бийск, Барнаул, Кузнецк, Колывань, Камень-на-Оби, Нарым, Мариинск, Новониколаевск», 2011 г. (под ред. проф. В.П. Бойко) [3], «Формирование архитектурного облика городов Западной Сибири в XVII – начале XX в. и местное купечество (Тобольск, Тюмень, Томск, Тара, Омск, Каинск)», 2017 г. (авторы: В.П. Бойко, Е.В. Ситникова, О.В. Богданова, Н.В. Шагов) [4], «Вклад купечества в формирование культурно-просветительской инфраструктуры городов Красноярска и Ачинска», 2022 г. (авторы: Д.В. Прислонова, Е.В. Ситникова) [5]. Семейная биография и вклад семьи Кузнецовых в формирование архитектурно-градостроительной среды и культурного развития региона рассматривается в книге «Во славу любезного Отечества. Семья Кузнецовых в истории Красноярска и России», 2010 г. (автор Л.А. Сысоева) [6].

Анализ градостроительной и историко-культурной роли усадьбы в структуре провинциального города рассмотрен в диссертационных исследованиях: И.С. Гурьяновой «Усадьба в культурном пространстве сибирского города», 2008 г. [7]; Л.А. Ждановой «Купеческая усадьба в социокультурном ландшафте региона», 2017 г. [8], а также в статье об особенностях формирования и развития усадеб в Сибири, написанной Н.В. Шаговым, М.В. Савельевой, Ю.Е. Крюковой [9].

В современной градостроительной ситуации городская усадьба является наиболее уязвимым элементом исторической объемно-планировочной структуры. При анализе городской застройки Красноярска обнаруживается сохранность прежде всего жилых домов. Такие компоненты усадьбы, как флигель, хозяйственные постройки, службы, ворота, ограды и другие сооружения, характеризующие жизненный уклад бывших владельцев, часто утрачены. Данная ситуация сложилась вследствие долговременного процесса трансформации жилья в XX в. и перехода от усадебного дома к многоквартирному. Этот период можно охарактеризовать как переломный и во многом болезненный, т. к. он негативно отразился на сохранности и целостности как усадебных комплексов, так и исторической городской ткани в целом. Градостроительная практика второй половины XX – начала XXI в. характеризуется окончательным отказом от принципа преемственности в пропорциях, масштабности, архитектурной эстетике, локальных традициях в строительстве, в результате постепенно стираются черты самоидентичности городов. Прослеживаются явные процессы уплотнения застройки исторического центра г. Красноярска. Достаточно агрессивными методами, сопряженными со сносом элементов исторических усадеб, застраиваются внутриквартальные территории. Одновременно с указанными явлениями существует проблема низкой степени изученности дореволюционной застройки, что приводит к обесцениванию исторического наследия. Таким образом, в современной градостроительной структуре исторического ядра Красноярска целостные усадьбы, с сохранностью большей части

исторических построек, являются достаточно редкими элементами, в связи с этим требуется проведение исследований, фиксация и организация их комплексной охраны. Совокупность перечисленных факторов обосновывает актуальность рассматриваемой темы.

В настоящей статье предлагается проанализировать в историко-архитектурном и градостроительном контексте крупную многофункциональную купеческую усадьбу семьи Кузнецовых в г. Красноярске, известную как «Кузнецовское подворье». Комплекс является ярким примером, отражающим типологические особенности формирования купеческой усадьбы.

Данное исследование проводится в рамках работы над кандидатской диссертацией, посвященной изучению влияния купеческого сословия на формирование архитектурного облика городов Красноярского края.

Научная новизна статьи заключается в проведении комплексного историко-архитектурного анализа крупной купеческой усадьбы г. Красноярска, научной аргументации характера утрат, описании актуального состояния усадьбы, оценке градостроительной значимости и степени влияния комплекса на формирование архитектурного облика города, а также в публикации не учтенных ранее фактов и архивных материалов.

Династия Кузнецовых являлась одной из наиболее богатых, выдающихся и устойчивых в своем положении и статусе купеческих семейств г. Красноярска. Представители рода имели существенное влияние в городе, т. к. занимали высшие управленческие должности. Кузнецовы отличались щедростью и отзывчивостью, активно занимались благотворительностью. На средства различных представителей семейства в г. Красноярске были построены: часовня Параскевы Пятницы, женская гимназия, лечебница для бедных, здание аптеки Общества врачей, Александровский хирургический корпус [10, с. 179–180].

Основоположителем семьи являлся Иван Кириллович Кузнецов (1792–1848), ставший первым купцом 1-й гильдии в г. Красноярске (рис. 1). Основными сферами его коммерческой деятельности были торговля и золотопромышленность. Иван Кириллович дважды избирался на должность городского головы и активно занимался благотворительностью, за что первым в Красноярске был удостоен звания потомственного почетного гражданина. И.К. Кузнецов официально был женат один раз на купеческой дочери Аксины, рано овдовел. В браке родилось двое детей: Петр и Анна.

Достойным наследником стал сын Ивана Кирилловича – Петр Иванович Кузнецов (1819–1878). П.И. Кузнецов состоял в 1-й купеческой гильдии г. Красноярска, был известным меценатом и попечителем, также имел статус потомственного почетного гражданина, трижды исполнял обязанности городского головы.

П.И. Кузнецов был женат на Александре Федоровне. Жена Петра Ивановича самостоятельно получила разрешение на право поиска золота, занималась коммерческой и общественной деятельностью, меценатством. В браке у Кузнецовых родилось девять детей: Александр (стал красноярским купцом 1-й гильдии), Иннокентий (стал ученым, занимался историческими и археологическими исследованиями), Николай, Иван, Лев (стал красноярским купцом купец 1-й гильдии), Елизавета, Евдокия, Юлия и Александра (рис. 2).



Рис. 1. Портрет И.К. Кузнецова. Фонды КККМ



Рис. 2. П.И. Кузнецов с женой А.Ф. Кузнецовой и детьми. Фонды КККМ

Родовая усадьба семьи Кузнецовых находилась в г. Красноярске в юго-западной части квартала, ограниченного ул. Воскресенской (совр. пр. Мира), пер. Степановским (совр. ул. Каратанова), ул. Благовещенской (совр. ул. Ленина) и пер. Благовещенским (совр. ул. 9 Января). Эта территория относится к наиболее старинной части города, исторически она соседствовала со Старобазарной площадью.

Основой для анализа послужили результаты натурного обследования территории усадьбы, текстовые описания состава домовладения, представленные в оценочных документах различных периодов, и иконографические материалы (карты и схемы Красноярска, исторические фотографии).

Усадебный комплекс формировался на протяжении XIX в. и к концу столетия занимал крупный участок квартала. В фондах Красноярского краевого краеведческого музея хранится рукопись друга семьи Кузнецовых Ивана Фёдоровича Парфентьева «Воспоминания Парфентьева Ивана Федоровича (1777–1898)», в которой отражено начало формирования подворья Кузнецовых: «Приобрёл он (Кузнецов. – прим. авторов) порядочное состояние, и когда откупа кончились, он завёл на Воскресенской улице деревянный дом, впоследствии на этом месте воздвигнул каменной дом, занимаемый ныне внучатами Ивана Кирилловича, который смежно с этим домом купил ещё с левой стороны у статского советника Ивана Ивановича Галкина каменной дом, а с левой, где было училище, в котором и я с 1830 г. обучался; а далее – к Благовещенской церкви, у протоиерея о. Фортуната Петухова деревянный дом; за церковью же куплены наследником Ивана Кирилловича Петром Ивановичем у мещан Худоноговых все надворные постройки, так что образовалась громадная площадка, застроенная впоследствии Петром Ивановичем, который там же купил рядом с Галкинским домом у провизора Наттерера деревянный дом, снаружи оштукатуренный» [11, с. 241].

Таким образом, из приведенного описания можно определить исторические границы усадьбы: в глубину квартала – до территории Благовещенской церкви и ул. Благовещенской, по длине квартала, вдоль ул. Воскресенской, граница доходила до домовладения купца И.Н. Яковлева.

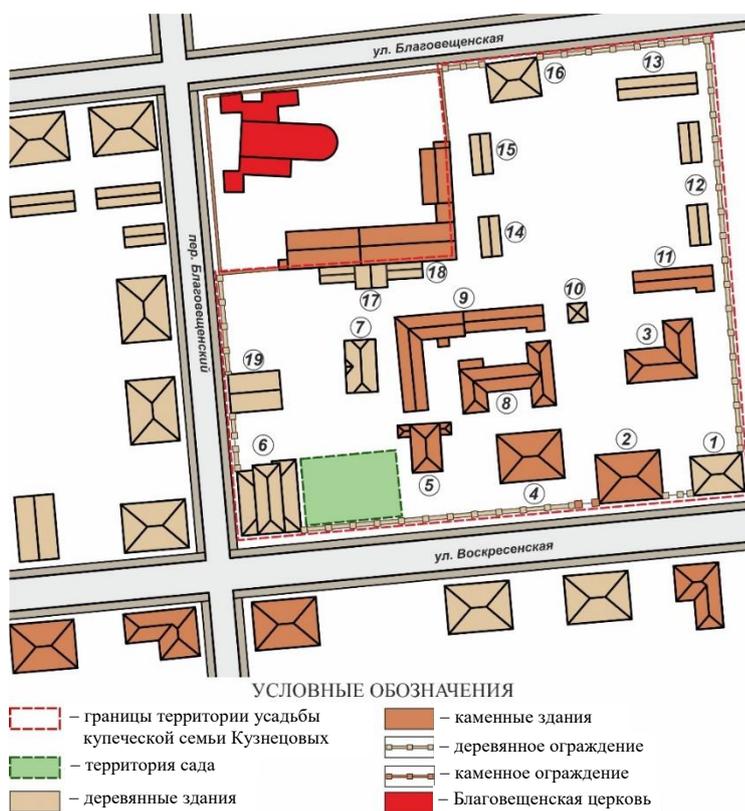
В воспоминаниях И.Ф. Парфентьева также встречается описание дома – конторы И.К. Кузнецова: «Иван Кириллович по объёму дел его и по тесноте деревянного здания выстроил каменный 2-х этажный флигель <...> Верхний этаж флигеля занимал сам Иван Кириллович, а внизу была контора в одной половине, а в другой, в небольшой каморке, проживал Пётр Иванович <...> в верхнем этаже расположение комнат было так: передняя небольшая, в которой находился постоянно лакей <...> потом входите в зал; направо, из приёмной, небольшая комната, из нея вход в спальню; перед приёмной небольшая комната – лакейская» [11, с. 242].

При анализе архивных материалов наиболее подробное описание всей усадьбы выявлено в сведениях документа «Перепись населения по Воскресенской улице, 1913 г.», согласно которому одна часть семейного домовладения, расположенного на Большой улице (ул. Воскресенская – ныне пр. Мира), принадлежала потомственным почетным гражданам А.Ф. Кузнецовой и А.П. Кузнецову и состояла из: «Дом деревянный одноэтажный на каменном фундаменте, оштукатуренный снаружи, крытый железом, имеет длину по улице 7 с., а внутрь двора 11 с. Флигель каменный двухэтажный, новый, крытый железом, по улице 9 с., а во двор 8 с. Флигель каменный двухэтажный, новый, крытый железом 11×15 с. Баня деревянная старая, крытая железом на 3×7 аршин. Конюшня новая, каменная, крытая железом на 10 ар. и 15 саж. Каретник и конюшня старые, деревянные, крытые тесом на 4×7 саж. Амбар деревянный, старый, крытый тесом на 10 ар. × 3 саж., при нем под навесом крытый тесом на 5×3 саж. Каретник деревянный, новый, крытый тесом на 1 скат на 3×5 саж. Сеновал деревянный, старый, крытый тесом на 3×5 саж.» [12, с. 24–25]. Владельцем угловой, второй, части усадьбы – угол ул. Большой (ул. Воскресенская – ныне пр. Мира) и пер. Благовещенского (ныне ул. 9 Января) числилась Е.П. Кузнецова, здесь размещались: «Дом одноэтажный деревянный на каменном фундаменте, новый, с уличной стороны оштукатурен, крытый железом, имеет длину по улице 9 саж., а по переулку 10 саж. Флигель двухэтажный каменный, новый, крытый железом, имеет ширину поперек двора 5 с., а по двору 7 с. Прачечная деревянная, новая, на каменном фундаменте, крытая железом на 5 ар. × 8 саж. Амбар и каретник деревянные, новые, крытые железом на 7 ар. × 11 саж. Амбар, завозня и проч. каменные, новые, крытые железом на 3×10 с., к нему приткнут глаголем амбар каменный на 3×3 саж. Конюшня деревянная, новая, крытая железом на 5×3 саж. Завозня и навес... на столбах, деревянные, крытые тесом на 8×5 с. Подвал каменный с двумя отдельными выходами» [Там же, с. 26].

В более поздней описи имущества, проводившейся в 1923 г. в Красноярске при национализации, отмечается, что усадьба включала домовладения по адресам: «1) ул. Советская, 16 (одноэтажный деревянный дом, два двухэтажных каменных флигеля, двухэтажный каменный дом, деревянная баня, каменная конюшня, деревянный каретник и конюшня, деревянный амбар, деревянный коровник); 2) ул. Советская, 18/24 (каменный двухэтажный флигель, одноэтажный деревянный флигель, каменный амбар и завозня, одноэтажный деревянный дом, деревянная конюшня и каретник, деревянная завозня, каменный подвал)» [13, с. 45].

Из анализа двух описей можно сделать вывод, что в период 1914–1917 гг. на территории домовладения были возведены двухэтажный каменный дом в части, принадлежавшей А.П. Кузнецову, и одноэтажный деревянный флигель на территории Е.П. Кузнецовой.

В соответствии с данными исторических текстовых описаний усадьбы и иконографических материалов составлена схема реконструкции усадьбы купеческой семьи на начало XX в. (рис. 3).



Экспликация объектов усадьбы

Жилой блок усадьбы:

- 1 – одноэтажный деревянный дом
- 2 – двухэтажный каменный флигель
- 3 – двухэтажный каменный флигель
- 4 – двухэтажный каменный дом
- 5 – каменный двухэтажный флигель
- 6 – одноэтажный деревянный дом
- 7 – одноэтажный деревянный флигель
- 8 – двухэтажный каменный флигель

Хозяйственный блок усадьбы:

- 9 – каменная конюшня, амбар и завозня
- 10 – деревянная баня
- 11 – каменная конюшня
- 12 – деревянный каретник и конюшня
- 13 – деревянный амбар
- 14 – каретник деревянный
- 15 – сеновал
- 16 – оранжерея
- 17 – прачечная
- 18 – деревянная завозня
- 19 – деревянный каретник и конюшня

Рис. 3. Схема усадьбы Кузнецовых в г. Красноярске на начало XX в. Составлена Д.В. Прислоновой по материалам историко-архивных сведений

Также допустимо утверждать, что контора Кузнецова находилась не в угловом здании, как отмечается во многих источниках, а в утраченном (к настоящему времени) каменном здании флигеля (рис. 3, объект 2), выходившем на красную линию пр. Мира. Этот дом также просматривается в линии застройки ул. Воскресенской на исторической фотографии конца XIX в. (рис. 4, второй дом справа). Настоящий вывод основывается на следующих фактах: во-первых, описание конторы, составленное поверенным И.Ф. Парфентьевым, в большей степени соотносится с двухэтажным флигелем по ул. Воскресенской; во-вторых, угловой дом был выстроен позднее, после 1880-х гг. (рис. 3, объект 6; рис. 5). На фотографии конца XIX в. (рис. 4) видно, что на углу ул. Воскресенской и пер. Благовещенского еще располагается старое (бывшее) здание училища.



Рис. 4. Вид усадьбы Кузнецовых со стороны ул. Воскресенской (совр. пр. Мира). Фото конца XIX в. Фонды КККМ

В фондах Красноярского краевого архива сохранились материалы проекта деревянной одноэтажной оранжереи и теплицы, утвержденные в 1873 г. (рис. 7). В списках домовладельцев за 1913 г. по ул. Благовещенской (ныне ул. Ленина), в линии застройки между пер. Степановским и пер. Благовещенским указана «Оранжерея, огород и старый сарай, крытый тесом», принадлежавшие А.П. Кузнецову [14, с. 193]. Таким образом, можно утверждать, что проект по строительству был осуществлен, кроме того, подтверждается факт, что усадьба купеческой семьи выходила и на ул. Благовещенскую, в границах участка Александра Петровича. На исторических фотографиях также просматривается уличный сад, примыкавший с восточной стороны к угловому деревянному дому (рис. 6).

В структуре исторического ядра г. Красноярска усадьба семьи Кузнецовых обладает огромной ценностью как градостроительный ансамбль. Угловое расположение комплекса способствует фиксации исторических красных линий, организации планировочного узла – перекрестка пр. Мира и ул. 9 Января. Прослеживается четкая функционально-планировочная структура, где жилые

объекты усадьбы формируют линии застройки пр. Мира и ул. 9 Января, часть объектов выстроена с отступом от красной линии, а хозяйственная зона размещена в глубине квартала.



Рис. 5. Угловой жилой дом усадьбы Кузнецовых. Фото начала XX в. Фонды КККМ



Рис. 6. Усадьба Кузнецовых, вид сада с внутридомовой территорией. Фото начала XX в. Фонды КККМ

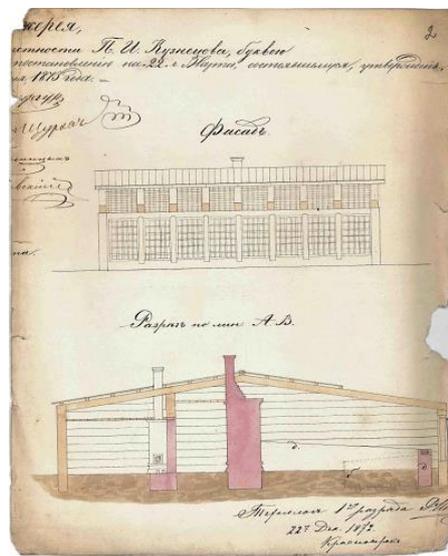
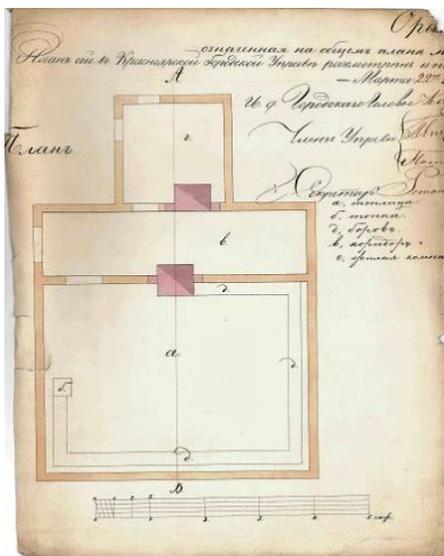


Рис. 7. Проект оранжереи. Материалы Красноярского краевого архива [15, с. 2]

К сохранившимся объектам исторического жилого блока относятся:

1. Дом жилой Кузнецовых (совр. пр. Мира, 24г) (рис. 3, объект б). Является объектом культурного наследия регионального значения «Контора Кузнецова, II четв. XIX в.». В настоящее время объект приспособлен под Дом семейных торжеств. Бывший жилой дом представляет собой деревянное оштукатуренное одноэтажное здание на каменном фундаменте и высоком цоколе. В современной градостроительной ситуации является главным зданием усадьбы, занимает северо-восточный угол перекрестка пр. Мира и ул. 9 Января. Предположительно, жилой дом построен по образцовому проекту, переработанному архитектором А.Ф. Хейном. Здание выполнено в формах классицизма, из-за углового расположения имеет два главных фасада по семь осей

окон. Фасад по пр. Мира – симметричной композиции с выделением центральной части ризалитом в три оси окон полуциркульного очертания и венчающимся прямолинейным аттиком. Фасад по ул. 9 Января также симметричный, центральная ось выделена ризалитом, завершающимся аттиком с треугольным фронтоном, акцентирующим главный вход в дом под кованым металлическим козырьком (рис. 8).

2. Флигель начала XX в. (совр. пр. Мира, 22/2) (рис. 3, объект 7). Является объектом культурного наследия регионального значения «Флигель усадьбы А.Ф. Кузнецовой». Здание расположено в глубине усадьбы, в настоящее время используется по прямому назначению как частный жилой дом. Объект представляет собой одноэтажный деревянный компактный объем на каменном цоколе. Архитектурно-стилистическое решение близко к формам модерна. Дом, рубленный в обло, без обшивки, имеет скромный резной декор. Южный фасад имеет четыре оси оконных проемов, расположенных симметрично относительно центральной линии – плоской лопатки, закрывающей торец переруба, с восточной стороны примыкает пристройка главного входа. Западный фасад имеет трехчастную композицию, разделенную открытыми торцами перерубов. Каждое из прясел стены западного фасада имеет по два оконных проема. Центральная часть акцентирована треугольным фронтоном. Восточный фасад имеет асимметричную двухчастную композицию. В первой части расположен главный вход в здание. Южный фасад имеет три оси оконных проемов. Завершается здание крышей сложной формы с трапециевидными фронтонами в северной и южной части и треугольным с западной. Оконные проемы оформлены наличниками, имеющими традиционное композиционное решение: в верхней части – сандрик с резным подзором и плоской подкарнизной доской, филенчатые ставни, в подоконной части – профилированный карниз, в боковой части наружной обвязки установлены резные колонки. Верхние выпуски бревен здания фигурно обработаны. Фронтоны украшены зубчатым поясом (рис. 9).



Рис. 8. Деревянный жилой дом усадьбы. Фото Д.В. Прислоновой, октябрь 2022 г.



Рис. 9. Деревянный флигель усадьбы. Фото Д.В. Прислоновой, май 2022 г.

3. Флигель (пр. Мира, 22/2) (рис. 3, объект 5). Здание является объектом культурного наследия регионального значения «Дом Тюрепина, I четв. XIX в.». В настоящее время в доме размещаются офисные помещения. Каменный оштукатуренный двухэтажный объем флигеля в плане имеет Т-образную конфигурацию за счет небольших выступающих частей с боковых фасадов. Объект рас-

полагается на внутренней территории усадьбы. Архитектурное решение объекта соответствует стилистике раннего классицизма. Южный фасад состоит из трех композиционных частей: центральной с пятью осями оконных проемов и двух узких боковых с одной осью проемов. Западный фасад имеет четыре оси окон, расположенных на основном объеме, и одно окно в уровне второго этажа на выступающем объеме. Восточный фасад имеет также четыре оси оконных проемов на основном объеме и одно окно в уровне первого этажа на фасаде выступающего объема. Композицию северного фасада формируют три части: центральная и две боковые. В центральной части расположено три оси оконных проемов, в восточной одна ось, западная часть глухая. Все окна прямоугольной формы. Проемы первого этажа имеют обрамление в виде декоративного руста, проемы второго этажа обрамлены профилированным узким наличником с сандриком. Все углы здания декорированы рустом. Уровни первого и второго этажей разделяются широким междуэтажным трехчастным поясом. Завершается здание двумя узкими профилированными поясками на основном объеме и узким карнизом на выступающих частях. Основной объем немного возвышается над боковыми и имеет карниз большего выступа. Завершается здание вальмовой крышей (рис. 10).

4. Дом жилой (пр. Мира, 20), вторая половина XIX в. (рис. 3, объект 4). Объект возведен с отступом от красной линии, представляет собой каменное оштукатуренное трехэтажное здание, формирующее линию застройки пр. Мира. Исторический объект реконструирован в XX в. – надстроен третий этаж. Частично сохранились элементы исторического декора: обрамления окон в уровне второго этажа, часть широкого междуэтажного пояса (рис. 11).



Рис. 10. Каменный флигель усадьбы. Фото Д.В. Прислоновой, май 2022 г.



Рис. 11. Жилой дом усадьбы. Фото Д.В. Прислоновой, октябрь 2022 г.

5. Дом жилой (пр. Мира, 18), начало XX в. (рис. 3, объект 3). В настоящее время является административным зданием. Объект расположен в глубине усадьбы и представляет собой каменное трехэтажное оштукатуренное здание. Исторический облик искажен – объект реконструирован: надстроен третий этаж, имеет поздние многочисленные пристройки. Частично сохранился исторический декор: обрамления окон первого и второго этажей, отделка первого этажа в виде руста, межэтажный карниз (рис. 12).

6. Флигель (пр. Мира, 20/1), середина XIX в. (рис. 3, объект 8). Является объектом культурного наследия регионального значения «Дом кирпичный

жилой Кузнецовых». Современная функция – многоквартирный жилой дом. Кирпичное оштукатуренное здание двухэтажного флигеля расположено в глубине территории усадьбы. В плане объект имеет Н-образную конфигурацию. На северном фасаде в центральной части сохранились исторические галереи: между массивными колоннами прямоугольного сечения высотой в два этажа расположены деревянные ограждения галерей. Архитектурно-художественное решение фасадов достаточно аскетично. Межэтажное пространство стен по периметру всего здания украшено профилированными тягами. Венчает здание ступенчатый карниз и вальмовая крыша. Частично сохранились деревянные наличники окон первого этажа (рис. 13).



Рис. 12. Жилой дом усадьбы. Фото Д.В. Прислоновой, октябрь 2022 г.

Рис. 13. Флигель усадьбы. Фото Д.В. Прислоновой, май 2022 г.

Исторический хозяйственный блок в настоящее время представлен объектами:

1. Амбар (пр. Мира, 22а), вторая половина XIX в. (рис. 3, объект 9). Является выявленным объектом культурного наследия «Кузнецовское подворье. Конюшни, завозня, амбар». Современная функция – административное здание. Одноэтажное прямоугольное в плане каменное здание амбара примыкает к корпусу конюшен, расположено на внутренней территории квартала. Объект имеет двускатную кровлю. Торцевой фасад завершается высоким треугольным фронтоном со столбиками. Планировочное решение здания отражено на фасадах в виде выступов поперечных стен как плоских лопаток и возвышений их над уровнем крыши здания, в результате «прочитываются» три планировочные секции. Углы объема и центральная лопатка торцевого фасада декорированы рустом. Все оконные проемы здания амбара прямоугольные (рис. 14).

2. Конюшня и завозня (пр. Мира, 20/1, строение 1), вторая половина XIX в. (рис. 3, объект 9). Является выявленным объектом культурного наследия «Кузнецовское подворье. Конюшни, завозня, амбар». Не эксплуатируется. Одноэтажное каменное здание конюшен совместно с корпусом амбара формирует единый хозяйственный блок службы, расположенный в глубине территории исторического комплекса, и имеет аналогичное архитектурно-композиционное решение. В планировочном решении выделено пять секций, выявленных на фасадах в виде выступающих поперечных стен. Частично сохранились окна с лучковым завершением и историческое обрамление проемов (рис. 15).



Рис. 14. Амбар. Фото Д.В. Прислоновой, май 2022 г.



Рис. 15. Здание конюшен. Фото Д.В. Прислоновой, май 2022 г.

3. Прачечная (пр. Мира, 22/1), начало XX в. (рис. 3, объект 17). Приспособлен под частный жилой дом. Одноэтажный деревянный объем здания на каменном цоколе северным фасадом фиксирует границы домовладения и примыкает к глухой кирпичной стене хозяйственных построек комплекса Благовещенского монастыря. Главный южный фасад имеет три оси окон, однако сохранность частей исторического наличника указывает на наличие одного центрального окна в первоначальном композиционном решении. Деревянный резной декор здания аналогичен декору одноэтажного деревянного флигеля. Завершается объем двускатной крышей с фронтоном с большим свесом. Свесы кровли поддерживаются тремя фигурными кронштейнами. Объект реконструирован: прорезаны дополнительные окна, имеются поздние пристройки (рис. 16).

4. Завозня (пр. Мира, 22/1), начало XX в. (рис. 3, объект 18). Приспособлен под частный жилой дом. Одноэтажный деревянный объем постройки северным фасадом фиксирует границы домовладения и примыкает к глухой кирпичной стене хозяйственных построек комплекса Благовещенского монастыря, восточной стеной примыкает к одноэтажному деревянному амбару. Объект реконструирован: прорезаны дополнительные окна, имеются поздние пристройки. Деревянный резной декор здания аналогичен декору одноэтажного деревянного флигеля (рис. 17).

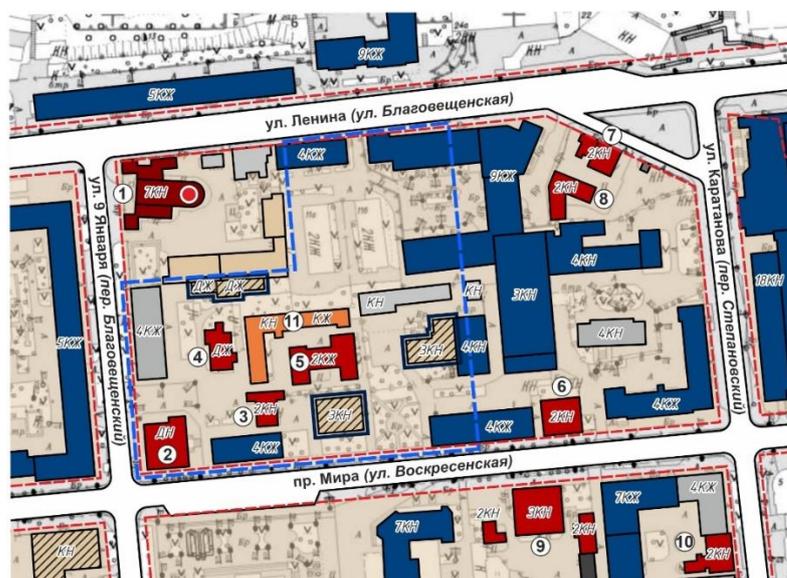


Рис. 16. Деревянный амбар. Фото Д.В. Прислоновой, октябрь 2022 г.



Рис. 17. Деревянная хозяйственная постройка. Фото Д.В. Прислоновой, май 2022 г.

На основании результатов комплексного научного исследования составлен историко-культурный опорный план территории (рис. 18).



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

| | | | |
|--|--|--|-------------------------------------|
| | - объекты культурного наследия федерального значения | | - исторические красные линии |
| | - объекты культурного наследия регионального значения | | - историческая граница домовладения |
| | - выявленные объекты культурного наследия | | - улично-дорожная сеть |
| | - объекты ценной историко-архитектурной среды | | - современное название улицы |
| | - объекты рядовой историко-архитектурной среды | | - историческое название улицы |
| | - нейтральная застройка | | - этажность |
| | - дисгармоничная застройка | | - каменное |
| | - объекты с искаженным историческим обликом | | - деревянное |
| | - сохранившиеся исторические градостроительные доминанты | | - жилое |
| | - территории исторических кварталов согласно Плану губернского города Красноярска, составленному в 1906 г. | | - нежилое |

Экспликация объектов культурного наследия

| Номер экспликации | Наименование объекта культурного наследия | Дата строительства | Адрес | Вид объекта/Видовая принадлежность |
|---|--|------------------------|------------------------|--|
| Объекты культурного наследия федерального значения | | | | |
| 1 | Благовещенская церковь, 1804–1823 гг. | 1804–1823 гг. | ул. 9 Января, 30 | Памятник/Памятник градостроительства и архитектуры |
| Объекты культурного наследия регионального значения | | | | |
| 2 | Контора Кузнецова | II четверть XIX в. | пр. Мира, 24г | Памятник/Памятник градостроительства и архитектуры |
| 3 | Дом Тюрепина | I четверть XIX в. | пр. Мира, 24б | Памятник/Памятник градостроительства и архитектуры |
| 4 | Флигель усадьбы А.Ф. Кузнецовой | Последняя треть XIX в. | пр. Мира, 22 (лит. А1) | Памятник/Памятник градостроительства и архитектуры |
| 5 | Дом кирпичный жилой Кузнецовых | Середина XIX в. | пр. Мира, 20 | Памятник/Памятник градостроительства и архитектуры |
| 6 | Жилой дом. Русский классицизм | Нач. XX в. | пр. Мира, 14 | Памятник/Памятник градостроительства и архитектуры |
| 7 | Дом жилой с воротами усадьбы Ларионовых | До 1817 г. | ул. Ленина, 3, стр. 1 | Памятник/Памятник градостроительства и архитектуры |
| 8 | Флигель усадьбы Ларионовых | I пол. XIX в | ул. Ленина, 3а | Памятник/Памятник градостроительства и архитектуры |
| | Комплексе Щёголевского училища | 1890–1904 гг. | пр. Мира, 9 | Ансамбль/Памятник градостроительства и архитектуры |
| 9 | Дом Е.И. Шарыпова | 1896 г. | пр. Мира, 7б | Памятник/Памятник градостроительства и архитектуры |
| Выявленные объекты культурного наследия | | | | |
| 10 | Кузнецовское подворье. Коношни, завозня, амбар | II пол. XIX в | пр. Мира, 22 | Памятник градостроительства и архитектуры |

Рис. 18. Историко-культурный опорный план территории исследования. Составлен Д.В. Прислоновой на 2022 г.

Территория объектов культурного наследия утверждена приказом Министерства культуры Красноярского края № 281 от 24.05.2013 и частично соответствует историческим границам территории домовладения. Зоны охраны и регламенты установлены Постановлением Правительства Красноярского края № 569-п от 15.11.2016 «Об утверждении границ зон охраны объектов культурного наследия федерального, регионального и местного (муниципального) значения, расположенных в г. Красноярске, особых режимов использования земель и требований к градостроительным регламентам в границах данных зон охраны» (рис. 19).

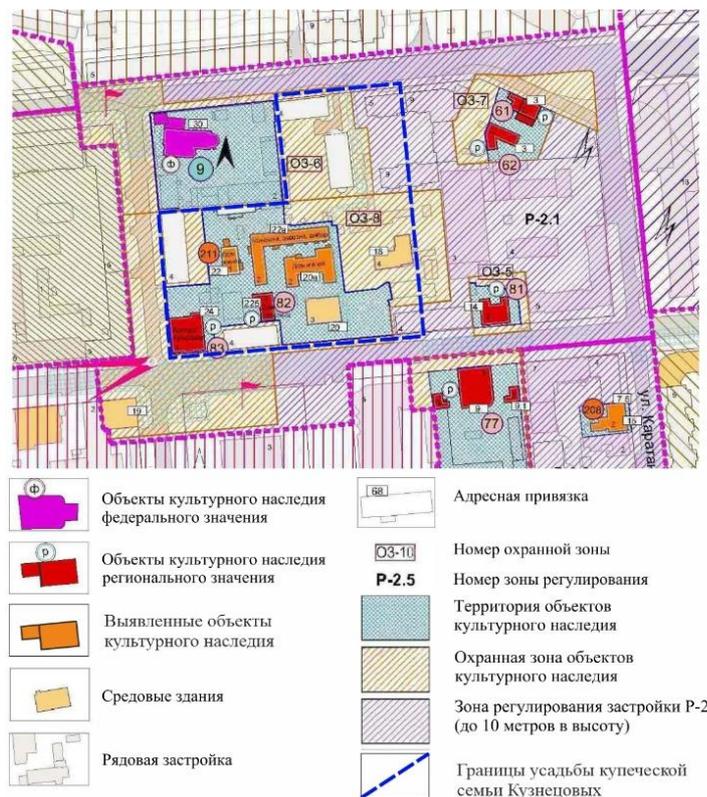


Рис. 19. Фрагмент проекта зон охраны г. Красноярска с обозначением границ усадьбы купеческого семейства Кузнецовых

Таким образом, сравнивая дореволюционную и современную структуру усадьбы, возможно определить степень трансформации территории и объектов. К утраченным объектам относятся: каменный двухэтажный флигель и одноэтажный деревянный дом, располагавшиеся по пр. Мира, оранжерея, одно из зданий каменных конюшен, большая часть деревянных служб и хозяйственных построек, а также элементы усадьбы: каменные и деревянные ворота, ограждение, сад. Существенно изменился исторический облик сохранившихся зданий усадьбы: перестроено два каменных флигеля (пр. Мира, 18 и 20). Кроме того, в исторических границах домовладения в середине XX в. возвели три четырёхэтажных жи-

лых дома (пр. Мира, 16; пр. Мира, 22; ул. 9 Января, 26а), в начале XXI в. – четырехэтажное административное здание (пр. Мира, 18, строение 3) и девятиэтажный жилой дом (ул. Ленина, 5а). Окружающая застройка также характеризуется низкой степенью сохранности: утрачены целые линии исторической застройки по пр. Мира и ул. 9 Января, на различных этапах внедрены объекты, диссонирующие с историческими зданиями по объёмным и архитектурно-композиционным параметрам. В совокупности все перечисленные изменения привели к дезорганизации исторической объёмно-пространственной и планировочной структур, частичной утрате подлинности и достоверности как архитектурного облика усадьбы, так и ее средового окружения.

Даже при наличии нарушений исторической подлинности усадьба Кузнецовых в современной градостроительной ситуации остаётся ценным архитектурным комплексом дореволюционных построек в структуре исторического ядра г. Красноярска. Длительный этап формирования отразился на стилевом и функционально-планировочном многообразии состава домовладения. В совокупности все здания представляют единую композиционно-взаимосвязанную группу исторических объектов с выраженными региональными особенностями. Для обеспечения комплексной защиты необходимо уточнить статусы не включенных в реестр построек и включить в реестр все объекты усадьбы в качестве градостроительного ансамбля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горбачёв В.Т., Крадин Н.Н., Крадин Н.П., Крушинский В.И., Степанская Т.М., Царёв В.И. Градостроительство Сибири / под общ. ред. В.И. Царёва ; Рос. акад. архит. и строит. наук, НИИ теории и истории архит. и градостроит. НИИТИАГ РААСН. Санкт-Петербург : Коло, 2011. 784 с.
2. Бойко В.П., Ситникова Е.В. Сибирское купечество и формирование архитектурного облика г. Томска в XIX – начале XX в. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2008. 180 с.
3. Архитектура городов Томской губернии и сибирское купечество (XVII – начало XX века). Томск, Бийск, Барнаул, Кузнецк, Колывань, Камень-на-Оби, Нарым, Мариинск, Новониколаевск : монография / под ред. В.П. Бойко. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2011. 480 с.
4. Бойко В.П., Ситникова Е.В., Богданова О.В., Шагов Н.В. Формирование архитектурного облика городов Западной Сибири в XVII – начале XX в. и местное купечество (Тобольск, Тюмень, Томск, Тара, Омск, Каинск). Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2017. 324 с.
5. Прислонова Д.В., Ситникова Е.В. Вклад купечества в формирование культурно-просветительской инфраструктуры городов Красноярска и Ачинска // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 2. С. 9–23. DOI 10.31675/1607-1859-2022-24-2-9-23
6. Сысоева Л.А. Во славу любезного Отечества. Семья Кузнецовых в истории Красноярска и России. Красноярск : Сибирский печатный двор, 2010. 120 с.
7. Гурьянова И.С. Усадьба в культурном пространстве сибирского города : специальность 24.00.01 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата культурологии / Гурьянова Ирина Сергеевна. Санкт-Петербург, 2008. 22 с.
8. Жданова Л.А. Купеческая усадьба в социокультурном ландшафте региона: специальность 24.00.01 : диссертация на соискание ученой степени кандидата исторических наук / Жданова Людмила Александровна. Краснодар, 2017. 222 с.
9. Шагов Н.В., Савельев М.В., Крюкова Ю.Е. Особенности развития городской усадьбы в Сибири XVII – начала XX в. // Вестник Томского государственного университета. 2012.

- № 362. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-razvitiya-gorodskoy-usadby-v-sibiri-xvii-nachala-xx-v> (дата обращения: 19.10.2022).
10. *Быконя Г.Ф., Комлева Е.В., Погребняк А.И.* Енисейское купечество в лицах (XVIII – начало XX в.). Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2012. 316 с.
 11. *Воспоминания Парфентьева Ивана Федоровича (1777–1898)* : рукопись из фондов Красноярского краевого краеведческого музея (КККМ о/ф 7886/231) / под ред. Т.С. Комаровой ; предисл. В.И. Федоровой. Красноярск : Поликор, 2016. 360 с.
 12. *Перепись населения по Воскресенской улице* // Государственный архив Красноярского края. Ф. 161. Оп. 1. Д. 299.
 13. *Отчет о работе* Енисейского губернского отдела коммунального хозяйства. Документы о ревизионном обследовании Енисейского губернского и Красноярского городского отделов коммунального хозяйства (протоколы, акты, ведомости, докладные записки, штатные расписания, переписка). Список муниципализированных домов г. Красноярска // Государственный архив Красноярского края. Ф. Р-241. Оп. 1. Д. 375.
 14. *Списки домовладельцев* г. Красноярска, 1913 г. // Государственный архив Красноярского края. Ф. 161. Оп. 1. Д. 236.
 15. *Проекты планов* на строительство оранжереи, пристройки на участках местности, принадлежащей Кузнецовым // Государственный архив Красноярского края. Ф. 140. Оп. 1. Д. 29.
 16. *Общий фотофонд* // Красноярский краевой краеведческий музей.

REFERENCES

1. *Gorbachev V.T., Kradin H.H., Kradin N.P., Krushlinsky V.I., Stepankaya T.M., Tsarev V.I., Ed.* Gradostroitel'stvo Sibiri [Urban planning of Siberia]. Saint-Petersburg: Kolo, 2011. 784 p. (rus)
2. *Boiko V.P., Sitnikova E.V.* Sibirskoe kupechestvo i formirovanie arkhitekturnogo oblika g. Tomsk v XIX–XX vv. [Siberian merchants and Tomsk architecture in the 19th and early 20th centuries]. Tomsk: TSUAB, 2008. 180 p. (rus)
3. *Boiko V.P. (Ed.)* Arkhitektura gorodov Tomskoi gubernii i sibirskoe kupechestvo (XVII – nachalo XX veka). Tomsk, Biisk, Barnaul, Kuznetsk, Kolyvan', Kamen'-na-Obi, Narym, Mariinsk, Novonikolaevsk [Architecture of the cities of the Tomsk province and Siberian merchants (17th – early 20th centuries). Tomsk, Biisk, Barnaul, Kuznetsk, Kolyvan, Kamen-on-Ob, Narym, Mariinsk, Novonikolaevsk]. Tomsk: TSUAB, 2011. 480 p. (rus)
4. *Boyko V.P., Sitnikova E.V., Bogdanova O.V., Shagov N.V.* Formirovanie arkhitekturnogo oblika gorodov Zapadnoi Sibiri v KhVII – nachale KhKh v. i mestnoe kupechestvo (Tobol'sk, Tyumen', Tomsk, Tara, Omsk, Kainsk) [Architecture of West Siberian cities in the in the 19th and early 20th centuries and local merchants (Tobolsk, Tyumen, Tomsk, Tara, Omsk, Kainsk)]. Tomsk: TSUAB, 2017. 324 p. (rus)
5. *Prislonova D.V., Sitnikova E.V.* Vklad kupechestva v formirovanie kul'turno-prosvetitel'skoi infrastruktury gorodov Krasnoyarska i Achinska [Merchants' contribution to the cultural and educational infrastructure of Krasnoyarsk and Achinsk]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2022. V. 24. No. 2. Pp. 9–23. DOI 10.31675/1607-1859-2022-24-2-9-23 (rus)
6. *Sysoeva L.A.* Vo slavu lyubeznogo Otechestva. Sem'ya Kuznetsovykh v istorii Krasnoyarskai Rossii [For the glory of our dear Fatherland. The Kuznetsov family in the history of Krasnoyarsk and Russia]. Krasnoyarsk, 2010. 120 p. (rus)
7. *Gur'yanova I.S.* Usad'ba v kul'turnom prostranstve sibirskogo goroda : spetsial'nost': avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoi stepeni kandidata kul'turologii [Homestead in the cultural space of a Siberian city. PhD Abstract]. Saint-Petersburg, 2008. 22 p. (rus)
8. *Zhdanova L.A.* Kupecheskaya usad'ba v sotsiokul'turnom landshafte regiona: spetsial'nost': dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata istoricheskikh nauk [Merchant's estate in the socio-cultural landscape of the region. PhD Thesis]. Krasnodar, 2017. 222 p. (rus)
9. *Shagov N.V., Savel'ev M.V., Kryukova Yu.E.* Osobennosti razvitiya gorodskoi usad'by v Sibiri XVII nachala XX v. [Development of urban homestead in Siberia in the 17th and early 20th centuries]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2012. No. 362. Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-razvitiya-gorodskoy-usadby-v-sibiri-xvii-nachala-xx-v> (accessed October 19, 2022). (rus)

10. *Bykonya G.F., Komleva E.V., Pogrebnyak A.I.* Eniseiskoe kupechestvo v litsakh (XVIII – nachalo XX v.) [Yenisei merchants in persons (18–20th centuries)]. Novosibirsk, 2012. 316 p. (rus)
11. *Komarova T.S. (Ed.)* Vospominaniya Parfent'eva Ivana Fedorovicha (1777–1898): rukopis' iz fondov Krasnoyarskogo kraevogo kraevedcheskogo muzeya [Memories of Ivan Feodorovich Parfent'ev (1777-1898): Manuscript from the funds of the Krasnoyarsk Museum of Regional Studies]. Krasnoyarsk: Polikor, 2016. 360 p. (rus)
12. State Archive of the Krasnoyarsk Krai, Form 161. List 1. P. 299. (rus)
13. State Archive of the Krasnoyarsk Krai, Form R-241. List 1. P. 375. (rus)
14. State Archive of the Krasnoyarsk Krai, Form 161. List 1. P. 236. (rus)
15. State Archive of the Krasnoyarsk Krai, Form 140. List 1. P. 29. (rus)
16. General photography archive. Krasnoyarsk Museum of Regional Studies. (rus)

Сведения об авторах

Прислонова Дарья Валерьевна, аспирант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, dasha.prislonova@yandex.ru

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

Authors Details

Darya V. Prislonova, Research Assistant, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, dasha.prislonova@yandex.ru

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

УДК 711.4: 72.036

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-62-78

В.Д. ФИЛИППОВ,

Самарский государственный технический университет

РАБОЧИЙ ГОРОД В МЮЛУЗЕ (1853–1897) – ИНДУСТРИАЛИЗМ, РАЦИОНАЛИЗМ И УСТОЙЧИВОСТЬ ПОСЕЛЕНИЙ

Аннотация. Описана история рождения в 1853 г. во Франции одного из прообразов города-сада – Рабочего города в Мюлузе. Показана связь его возникновения с местными социальными условиями и идеями индустриализма Анри де Сен-Симона.

Для выявления причин сходства архитектурных решений сопоставлены условия рождения Рабочего города и советских рабочих посёлков второй половины 1930-х гг. Приведена история развития Рабочего города и проанализирован комплекс возможных причин устойчивости этого поселения в течение более чем 150 лет.

Ключевые слова: Мюлуз, Рабочий город, Сен-Симон, Эмиль Мюлле, индустриализм, мюлузское каре, рационализм, собственность жилья, сделай сам, устойчивость

Для цитирования: Филиппов В.Д. Рабочий город в Мюлузе (1853–1897) – индустриализм, рационализм и устойчивость поселений // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 6. С. 62–78.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-62-78

V.D. FILIPPOV,

Samara State Technical University

MULHOUSE WORKERS' TOWN (1853–1897): INDUSTRIALISM, RATIONALISM AND SETTLEMENTS

Abstract. The paper describes the history of the of Mulhouse, a working-class town in France found in 1853. Shown is the connection of its foundation with local social conditions and industrialism of Henri de Saint-Simon.

The conditions of the workers' town emergence and the Soviet workers' settlements in the 1930s are compared to identify the reasons for the similarity in the architectural design. The development history of the Workers' Town is given and possible reasons for this settlement over 150 years is analyzed.

Keywords: Mulhouse, Saint-Simon, Émile Muller, industrialism, rationalism, le carré mulhousien, ownership, do-it-yourself, sustainability

For citation: Filippov V.D. Rabochii gorod v Myuluze (1853–1897) – industrializm, ratsionalizm i ustoichivost' poselenii [Mulhouse Workers' Town (1853–1897): Industrialism, rationalism and settlements]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 6. Pp. 62–78.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-62-78

Введение

Одним из образцов жилья для рабочих во времена правления Наполеона III [1] стал Рабочий город в Мюлузе. Здесь в несколько этапов, с 1853 по 1897 г., было построено 1243 единицы жилья на одну семью. Это был город-сад – тут каждое жильё, кроме отдельного входа в квартиру (в большинстве домов их было четыре, в ряде проектов – несколько больше), в любом случае имело собственный небольшой сад. К 1855 г. на 8 га было построено 200 единиц жилья, к 1870 г. на 30 га – 920 единиц и к 1895 г. на 60 га – 1240 единиц жилья, каждое со своим садом площадью 130 кв. м. Проект субсидировался государством, с 1853 по 1859 г. было получено 300 000 франков, в строительстве жилья их не использовали, направив на прокладку улиц, постройку общественных зданий и благоустройство [2]. Это всё было инициативой местных промышленников, а субсидия была скромным дополнением к их вкладу. Надо отметить, что формы домов, сходные с формами этого поселения, были вновь найдены при строительстве рабочих посёлков советской индустриализации [3] (рис. 1). В связи с этим нужно рассмотреть историю этой инициативы, прецедентов которой в середине XIX в. во Франции не было, сопоставив условия её возникновения с условиями СССР 2-й половины 1930-х гг., когда рождались советские рабочие посёлки.



Рис. 1. Рабочий город в Мюлузе, арх. Эмиль Мюлле. Фото 1860 г. (URL: scd.uha.fr) и Коломенский посёлок ЗиС в Москве [3], арх. мастерские Наркомтяжпрома, 1930-е гг. Фото 1948 г. (URL: pastvu.com)

Индустриализм и Индустриальное общество Мюлуза

Индустриализация Мюлуза началась тогда, когда город был городской протестантской республикой (католики и евреи были изгнаны в пригороды ещё в 1529 г.). В 1746 г. три молодых предпринимателя, Самюэль Кехлин (1719–1776), Жан-Жак Шмальцер (1721–1797) и Жан-Анри Дольфюс (1724–1802), основали здесь первую ситценабивную фабрику Koechlin Schmalzter Dollfus & Cie. Жан-Анри Дольфюс, внук великого математика Якоба Бернулли, создавал для ситцев фабрики рисунки, а в самом Мюлузе тогда проживало около 3000 человек. Производство набивного ситца во Франции было с 1686 г. запре-

щено, и продукция фабрики шла в основном туда, в 1759 г. производство во Франции разрешили, запретив импорт, и ситец Мюлуза стали поставлять контрабандой. В 1767 г. в городе было 13 таких фабрик [4].

В 1798 г. город-республику Мюлуз, после месяца французской блокады, присоединили к Французской республике, что привело к снятию барьеров таможи и второй волне индустриализации, когда появились машиностроение и химическая промышленность. В 1803 г. здесь разрешили жить католикам и евреям, но вся муниципальная и экономическая власть в городе осталась под контролем ряда богатых протестантских семей. 24 декабря 1825 г. ими был принят Устав Индустриального общества Мюлуза (*Société industrielle de Mulhouse*), устанавливающий для общества такие виды деятельности:

1. Развитие и распространение промышленности, как мануфактурной, так и сельскохозяйственной.
2. Организация как можно более полной библиотеки произведений, признанных классическими, по механическому и химическому искусству и другим смежным наукам.
3. Издание ежемесячного бюллетеня.
4. Присуждение премий за изобретения и усовершенствования.
5. Содействие научным исследованиям, экспериментам и изобретениям.
6. Распространение и укрепление среди рабочего класса буржуазных ценностей: любви к труду, экономии и образованию [4].

Название общества не было случайным. Общество, как и его имя и программа, возникли под прямым влиянием книги Анри де Сен-Симона «Катехизис промышленников» (*Le Catéchisme des industriels*), вышедшей в 1823–1824 гг. В ней провозглашалось: «Промышленный класс должен занять первенствующее положение, потому что он важнее всех, потому что он может обходиться без всех других классов, но никакой другой класс не может обходиться без него, потому что он существует своими собственными силами и своим личным трудом. ...Общественное спокойствие не может быть устойчивым до тех пор, пока на самых выдающихся промышленников не будет возложено управление государственным достоянием. ...Дворянство и буржуазия желают взять в свои руки управление достоянием государства главным образом для того, чтобы извлечь из этого выгоду. Промышленники добиваются этого, наоборот, для проведения возможно большей экономии. ...Промышленники составляют больше двадцати четырех двадцать пятых нации» [5]. Сен-Симон не разделял фабрикантов и рабочих, считая их единым промышленным классом, и, вдохновлённое его идеями, молодое поколение капиталистов Мюлуза начало пытаться воплотить их в жизнь, стараясь найти способы повысить уровень жизни своих рабочих как собратьев по классу.

Под влиянием меньшинства молодых реформаторов в 1827 г. общество, кроме поддержки исследований в науке и промышленности, начинает выполнение проектов «общественной пользы», ставших с 1830 г. частью программы социальных реформ и социального обеспечения. Основные направления этой программы, за исключением вопроса о жилье рабочих, были решены в Мюлузе еще до 1848 г.; это образование, пропитание, прачечные и бани, службы здравоохранения и взаимопомощи при болезни, сберегательные кассы и фонды по-

мощи и ссуд, пенсионные фонды, приюты для престарелых и немощных, пенсии, меры предосторожности от несчастных случаев на производстве. Целостное проведение этих мер постоянно наталкивалось на сопротивление консервативного либерального большинства общества, и оно становилось ожесточённым при обсуждении вопроса о жилье для рабочих [4].

Но неожиданно реформаторы-индустриалисты получили поддержку от виднейшего представителя консервативных либералов Парижа. Врач, один из основателей эпидемиологии, Луи-Рене Вильерме был убеждён, что либеральное развитие капитализма при повышении богатства нации способно в итоге привести к улучшению здоровья людей, но при своих убеждениях он оставался добросовестным учёным. Когда по поручению Академии моральных и политических наук для изучения условий жизни и труда рабочих, и в особенности детского труда, в 1835–1837 гг. он побывал в центрах текстильной промышленности, в своём докладе про Мюлуз он зафиксировал следующее:

«Они прибывают в город каждое утро и возвращаются каждый вечер. Множество бледных, худых женщин, идущих босиком по грязи, которые, за неимением зонта, надевают фартуки или верхние юбки на голову, когда идет дождь, чтобы защитить лицо и шею, и еще больше малолетних детей, не менее грязных, не менее исхудавших, в лохмотьях, засаленных ремесленным маслом, попавшим на них во время работы. ...К усталости от и без того непропорционально долгого дня, поскольку он составляет по меньшей мере 15 часов, этим несчастным добавляется усталость от этих частых и болезненных приходов и уходов. ...Чтобы не проходить такую длинную дорогу два раза в день, они скапливаются, если можно так выразиться, в помещениях, тесных, нездоровых, но расположенных близко к их работе. Я видел в Мюлузе, в Дорнахе и в соседних местах эти жалкие жилища, где по две семьи спали в углу, на соломе, брошенной на пол и прижатой двумя досками. Обрывки одеял и часто что-то вроде отвратительно грязного пухового матраца – вот и все, что покрывало эту солому. Эта комната... обычно стоит каждому, кто хочет иметь комнату в Мюлузе или недалеко от него, от 72 до 96, а иногда и 108 франков в год. Такая непомерная цена соблазняет спекулянтов, поэтому они каждый год строят новые дома для рабочих на фабрике, и эти дома едва поднимаются, как бедность наполняет их обитателями. И эта нищета... так глубока, что приводит к печальному итогу: тогда как у фабрикантов, купцов, суконщиков, директоров фабрик половина детей достигает возраста 29 лет, у ткачей и рабочих на фабриках эта же половина прекращает существование до достижения двухлетнего возраста» [6].

В Мюлузе, где с докладом Вильерме ознакомились в изложении *l'Industriel Alsacien* в мае 1837 г., через 10 дней после его прочтения в Академии [4] он вызвал живую реакцию, в результате чего Индустриальным обществом Мюлуза в 1838 г. была открыта публичная дискуссия «Индустриализм и его отношения с обществом с моральной точки зрения», одной из главных тем было физическое и моральное состояние рабочих и их жилищные условия.

29 мая 1839 г. Общество объявило конкурс с премией 1000 франков на лучшее исследование, «посвященное индустриализму в его отношениях с обществом с моральной точки зрения». В его требованиях отмечалось: «Индустриализация многими рассматривается как источник падения общественной морали.

Это мнение спорно и в любом случае заслуживает более подробного рассмотрения. Есть места, где создание промышленного заведения стало не только источником материального благосостояния, но в то же время могучим средством укрепления морали», и предлагалось исследовать позитивные «факты такого рода и вывести из них причины, которые могли их породить», а также собрать факты «о благотворном влиянии, которое в состоянии оказывать глава промышленного предприятия; обязанности, возложенные на него его положением по отношению к обществу и по отношению к его собственным хорошо понимаемым интересам; о благотворительных учреждениях, которые ему придется создать, таких как сберегательные кассы, больничные кассы, школы, добавляя к этому представлению подробное рассмотрение того, что лучше всего в этом отношении, в основном в Эльзасе» [7]. Так промышленники Мюлуза сформулировали свои цели, отчасти уже тогда достигнутые, не только для развития своего производства, но и общества в целом, что полностью соответствовало идее индустриализма Анри Сен-Симона, изложенной в не переведённом у нас произведении, где он прямо противопоставил индустриализм либерализму: «Цель – основание социальной организации на интересах большинства; а средство – доверить управление общественным состоянием крупным промышленникам» [8]. Премию, средства на которую дал Жан Зюбер-младший (1799–1853), присудили 23 декабря 1840 г. работе Жозефа-Мари де Жирандо «О прогрессе промышленности в связи с физическим и моральным благополучием рабочего класса» [7]. Для реализации идей Сен-Симона условия Мюлуза были вполне благоприятны. В контроле над экономикой и мэрией город так и остался протестантской республикой: этика протестантских богатых семей города всё подчиняла интересам промышленности, с презрением относясь к деньгам за счёт ренты и спекуляций – это они оставили пришлому капиталу. Большинство земель в Мюлузе было скуплено ими для развития производства, что стало надёжной основой для успеха выдвинутого им социального проекта [4].

Тема благополучия рабочего класса стала на десятилетие темой раздумий и исследований не только для меньшинства реформаторов, но и для всего Индустриального общества Мюлуза. И жильё рабочих стало предметом его практического изучения. В 1845 г. Даниэль Дольфюс-Оссе представил Обществу отчет о жильё для рабочих за границей, в дальнейшем он регулярно составлял подобные отчёты [9]. По свидетельству одного из инициаторов реформ, химика и статистика доктора Ашиля Пено (1801–1886), в 1847 г. Вильерме вновь посетил Мюлуз: «Я провел его по самым густонаселенным кварталам нашего города, которые он прежде так резко критиковал в своем докладе. Все, что есть, очень хорошо, сказал мне мой ученый друг; но где тот Мюлуз, который я посетил в 1836 году? Слава богу, тот Мюлуз, с его грязными, тесными и убогими жилищами, исчез и почти не оставил следа» [10]. Однако Пено при этом заметил: «Почти всюду было построено много больших домов, но были ли там достигнуты лучшие гигиенические условия и моральная защищенность? Руководились ли застройщики какой-либо высокой и человеколюбивой мыслью или, надо это признать, улучшая жилище рабочего, они имели в виду одну только корыстную спекуляцию?» [Там же]. В марте 1848 г. по инициативе Жана Зюбера-младшего в Обществе был создан Комитет социальной экономики, а в 1849–1851 гг. он воз-

ле своей обойной фабрики, построенной в 1840 г. на обводном канале на о. Наполеона вместе с компаньоном инженером Амеди Ридером, выстроил для рабочих небольшое поселение [9] из однотипных недорогих домов на одну семью с маленьким садом у каждого дома [10]. Наконец, на заседании Индустриального общества 24 сентября 1851 г. объявили конкурс на лучший проект жилья рабочих в Мюлузе [9]. Это вновь произошло по предложению Жана Зюбера-младшего: он показал собранию план образцовых домов для рабочих принца Альберта и лорда Эшли в Англии и книгу Генри Робертса «Жилища трудящихся классов» [10, 11], указанием президента Луи-Наполеона тогда уже переведённую на французский.

При выработке требований к рабочему жилью Обществу «не хватало прецедентов или, по крайней мере, хороших прецедентов, которым можно было бы следовать. Мы знали в Мюлузе... эти большие здания, обозначаемые у нас под названием казарм, где иногда во множество маленьких отдельных квартир набивается до двадцати с лишним семей. Понятно, что в городе, где земля дорога, спекулянту выгодно собрать на одном месте как можно больше жилищ и укрыть их под одной крышей. Но это соображение мало касалось нашего комитета, потому что скопление в одном доме большого числа чуждых друг другу людей редко имеет мирную внутреннюю гармонию и может вызвать серьезные беспорядки» [10]. Многоквартирные дома были отвергнуты сразу, и после рассмотрения отклонили проекты английских коттеджей, также приведённые в книге Робертса: «У каждого народа свои привычки, свои требования у каждого климата. То, что считалось хорошим в Англии, могло не быть таковым у нас» [Там же]. После изучения местного опыта владельцев рабочего жилья наличие у жилищ своего сада было признано необходимым, как и требования «чистоты, света и здорового воздуха», а также отделения одного жилища от другого. Об этом в отчёте Комитета общественной пользы Общества Ашиль Пено доложил на его собрании в сентябре 1852 г. Наиболее близкими к этим идеям были признаны дома рабочих Жана Зюбера-младшего, но вместо рекомендации их проекта членам Общества было предложено самостоятельно построить модельные дома, чтобы их «опыт показал бы, что мы можем сделать лучше всего на этом пути» [Там же].

На предложение Комитета откликнулся Жан Дольфюс (1800–1887), совладелец крупной текстильной компании «Дольфюс-Миг» (Dollfus-Mieg et Cie). По проектам архитектора и инженера Эмиля Мюлле (1823–1889) у главного входа его фабрики в пригороде Мюлуза Дорнахе в 1852 г. было построено четыре модельных дома, которые затем были заселены её работниками. После достаточного периода проживания с ним были проведены консультации, и с учетом замечаний и наблюдений, основанных на повседневной жизни, за основу было принято два типа домов [10]. Это были 2-этажные рядные и 4-квартирные дома, затем названные «мюлузскими каре» (рис. 2).

Следуя рекомендациям Комитета, Эмиль Мюлле сумел найти красивое, эффективное и экономичное решение: дом, стоящий на открытом огороженном квадратном участке земли, двумя внутренними несущими стенами разделён на 4 одинаковые двухэтажные квартиры, в каждую из которых был свой, отдельный от соседей, вход и каждой принадлежал свой отдельный земельный участок (рис. 2, 3).

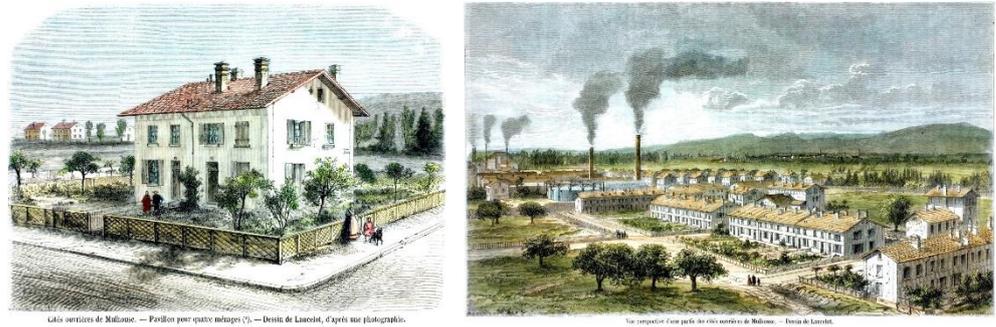


Рис. 2. «Мюлузское каре» на 4 семьи и рядные дома (справа – дом между двором и садом) с индивидуальным садом для каждой квартиры. Арх. Эмиль Мюлле. Рисунки Lancelotti, 1855 г. (Archives municipales de Mulhouse)

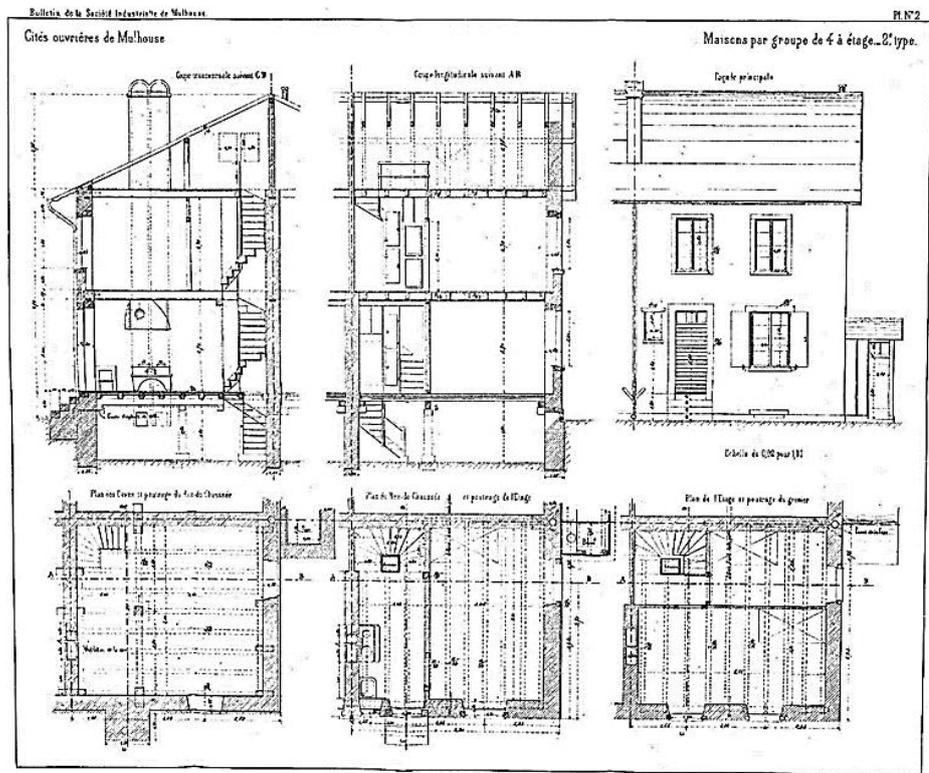


Рис. 3. Чертёж 4-квартирного «мюлузского каре» (одна квартира). Арх. Эмиль Мюлле [10]

После того как опыт Дольфюса и Мюлле был признан удачным, возник вопрос: сдавать ли дома для рабочих в аренду, как это было тогда принято, или попробовать предоставить рабочим возможность через какое-то время стать собственниками своего жилья? Второе решение не исключало первого, но при всех очевидных трудностях обеспечения доступности жилья для приобретения его рабочими для индустриалистов Мюлуза, считавших подобающее состояние здо-

Рабочий город не превратился в гетто, а стал многообразным, как и окружавший его Мюлуз: исследование Индустриального общества 1874 г. выявило среди 920 владельцев жилья представителей 80 профессий. Их было четыре социальных категории: рабочие – 70 %, управленческий персонал – 11,1 %, мелкие ремесленники и торговцы – 9,3 %, вдовы с детьми и пенсионеры – 8,8 %. У остальных 0,8 % профессии не были учтены Обществом рабочих поселений [4].

В то время как индустриалисты Мюлуза во главе с Жаном Дольфюсом и доктором Пено начали свой социальный эксперимент, первые годы застройки Рабочего города стали для Мюлле постоянным архитектурным экспериментом ради обеспечения общего успеха. На пути строительства недорогого, но в то же время качественного и здорового жилья не обошлось без проблем, которые решались при дальнейшем развитии поселения. Так, при более длительной эксплуатации выяснилось, что у одного из выбранных для строительства типа домов, рядного дома с самым недорогим жильём (рис. 5), где возможность сквозной вентиляции отсутствовала, были сложности при проветривании помещений, особенно в зимнее время. Кроме того, в этих зданиях ощущался недостаток дневного света. Поэтому, как видно из окончательного плана (рис. 4), построив несколько домов, фасады которых выходили непосредственно на улицу, архитекторы от этого типа затем отказались [10].

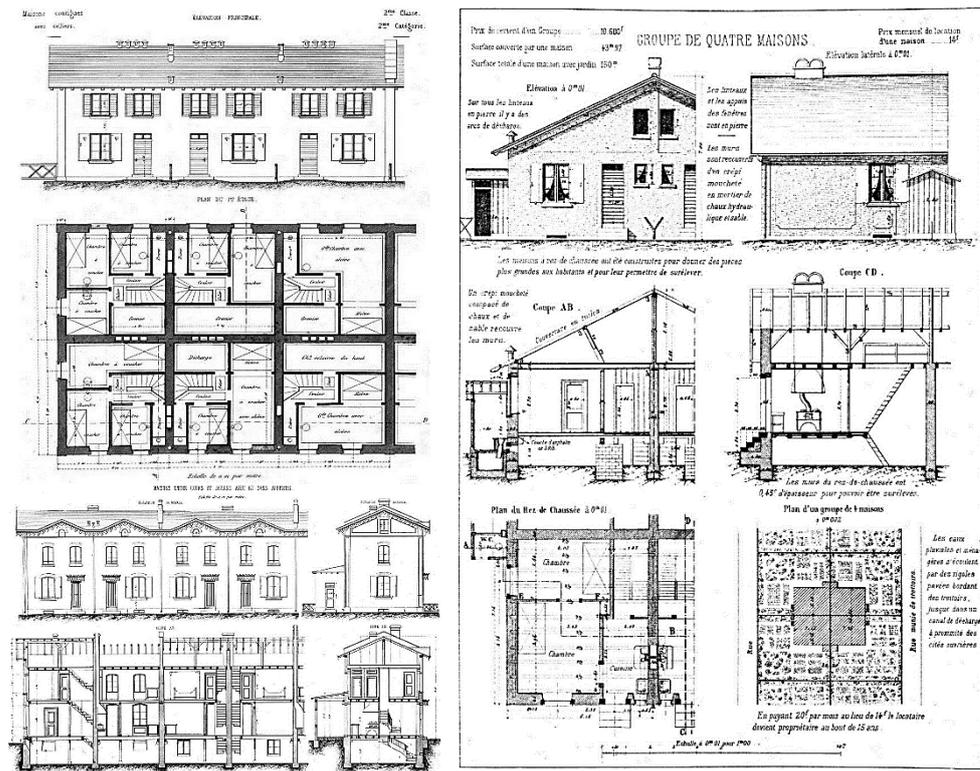


Рис. 5. Дома Рабочего города в Мюлузе. Слева: сверху рядный дом, внизу дом «между двором и садом» [12]; справа: одноэтажный вариант «мюлузского каре» [13].
Арх. Эмиль Мюлле

Также был разработан дом «между двором и садом» (рис. 5), квартиры которого занимали всю ширину здания (что давало возможность сквозной вентиляции), земельный участок делился надвое с двух сторон дома – сад и хозяйственный двор, что было сделано для лучшего доступа в жильё естественного освещения. По принципам построения этот дом был прообразом зданий строчной застройки «нового строительства» [14], появившихся в Германии 70 лет спустя, но про ориентацию зданий по сторонам света в середине XIX в. ещё не думали. У дома был недостаток – относительно высокая стоимость строительства, что делало его квартиры для большинства рабочих недоступными [10]. Из окончательного плана застройки (рис. 4) видно – этих зданий построено больше, но не они задали архитектурный облик Рабочего города.

Самым популярным оказалось 4-квартирное «мюлузское каре» (*le carré mulhousien*) (рис. 2, 3), удачно совместившее в себе существовавшие у всех представления об экономичности и комфорте. Но и в этом случае вопрос стоимости играл определяющую роль, ограничивая возможности рабочих по приобретению своего жилья. В квартирах здания были гостиная, кухня с кладовой и три спальни – во избежание соблазна устройства на чердаке комнат для сдачи в аренду с плохими условиями жизни, его высота, соответственно, и высота крыши были сделаны минимальными [Там же]. С сегодняшней точки зрения для внешнего вида здания это решение пошло на пользу. После первых, не очень оживлённых продаж, для снижения себестоимости ширина здания была уменьшена, что, благодаря сниженной цене, привело к увеличению притока желающих. Для дальнейшего роста продаж в 1857 г. появился четвёртый тип здания – одноэтажное «мюлузское каре» (рис. 5).

При сохранении преимуществ планировки для вентиляции и освещения площадь его квартир стала минимально (как тогда посчитали) возможной – 30–33 кв. м вместо 48–52 кв. м в двухэтажном «мюлузском каре» [4]. Здесь были две комнаты и кухня. В отличие от двухэтажного дома, из-за малой площади квартир, высота чердака была увеличена – для возможности обустройства здесь жилья, «если увеличение семьи владельца потребует этого расширения» [10]. Исследовавший Рабочий город Стефан Джонас оценил число квартир в этих домах как 44 % от общего количества квартир всего поселения [4]. Следует отметить: установленная вначале высота ограждений участков составляла 0,9 м [10], что поощряло общение жителей поселения, особенно их детей.

Проект Рабочего города в 1853 г. был рассмотрен комиссией Министерства внутренних дел и одобрен Генеральным советом гражданских зданий, было решено предоставить ему субсидию императора. Общий объём помощи проекту составил 300 тыс. франков, при этом субсидия выплачивалась по частям: в 1853 г. – 50 тыс., в 1854 г. – 150 тыс., в 1855 г. – 50 тыс. и в 1859 г. – 50 тыс. [2]. В соответствии с договором субсидии Мюлузское общество рабочих поселений обязалось продавать жильё рабочим по себестоимости или сдавать его им в аренду по ставке, не превышающей ежегодно 8 % от этой цены: в аренду жильё сдавалось до появления желающих его приобрести. При этом для всех жителей существовали требования: «поддержание порядка, чистоты и определенного внешнего единообразия», что исключало любое самовольное строитель-

ство на участке. Покупатель не мог продать жильё раньше чем через десять лет после заключения договора или сдать часть жилища без разрешения в субаренду другой семье. Правила являлись средством борьбы со спекуляцией, но для работников предприятий из них, после надлежащей проверки, делались исключения. Казённые деньги при возведении жилья не использовали, они шли на «строительство улиц, тротуаров, канализации, фонтанов, ограждений и вообще всего, что имело общественное значение, как-то: посадку деревьев, постройку бань, прачечных, пекарен, столовых и т. д.» [10].

Успех Рабочего города в Мюлузе был признан на международном уровне ещё до его завершения. На Международном благотворительном конгрессе 1856 г. в Брюсселе в составе делегации Франции в его работе принимали участие Жан Дольфюс, Ашиль Пено и Эмиль Мюлле [4], Пено и Мюлле при этом выступили с докладами о своём новом поселении. В 1856 г. Мюлле издал в Париже книгу с планами застройки, описанием и строительными чертежами всех тогда уже построенных зданий Рабочего города [12]. Её продолжением стала в 1879 г. его книга [13] в соавторстве с Эмилем Каше (1844–1923), где были описаны, с чертежами домов, известные в то время рабочие поселения во всём мире. Книга ещё раз, с дополнениями, была издана в Париже в 1889 г.

Идейной основой Рабочего города в Мюлузе был индустриализм Сен-Симона – сочетание власти и социальной ответственности промышленного капитала, попавший на благодатную для него почву протестантской этики. Со временем Рабочий город полностью перешёл в собственность и под ответственность его жителей. Индивидуальному, благодаря возможности собственности, здесь было место, но сама структура домов и поселения не позволяла забывать про общее – владелец жилья в мюлузском каре имел право сказать «мой» сад, но должен был помнить, что дом, где он живёт, – это «наш» дом, т. е. его и как минимум трёх его соседей. Здесь была комплексная модель социального обеспечения, она предусматривала пенсионные планы, кассы взаимопомощи, бесплатную медицину, школы, кооперативные магазины и т. д., всё это было распределено по площади застройки поселения.

Для иллюстрации важности условий и идейной основы для успеха Рабочего города в Мюлузе можно привести два примера неудачи парижских проектов, начатых индустриалистами, добившимися здесь признания. В середине 1850-х гг. проект рабочего поселения для Парижа, по предложению застройщика Эмануэля Мартана, разработал Эмиль Мюлле, он получил одобрение комиссии императора и в связи с этим денежную субсидию. По проекту проезд между улицами Рейи и Пикпю в пригороде Сен-Антуан застраивался «мюлузскими каре» и домами «между двором и садом» (рис. 6). Всё выстроив, застройщик предпочёл отказаться от щедрости императора и вместо рабочих решил продать здания более состоятельным клиентам [1]. Около 1875 г. Жан Дольфюс запланировал основать в пригороде Парижа небольшое поселение по типу Мюлуза для беженцев из Эльзаса, отошедшего после Франко-прусской войны 1870 г. к Германии, но и его проект также окончился неудачей [Там же].

Можно показать, что внешнее сходство зданий Рабочего города в Мюлузе и домов посёлков советской индустриализации было не случай-

ным. В Мюлузе жилища для рабочих строили индустриалисты ни в коем случае не в ущерб их удобству и комфорту, но из соображений «проведения возможно большей экономии».

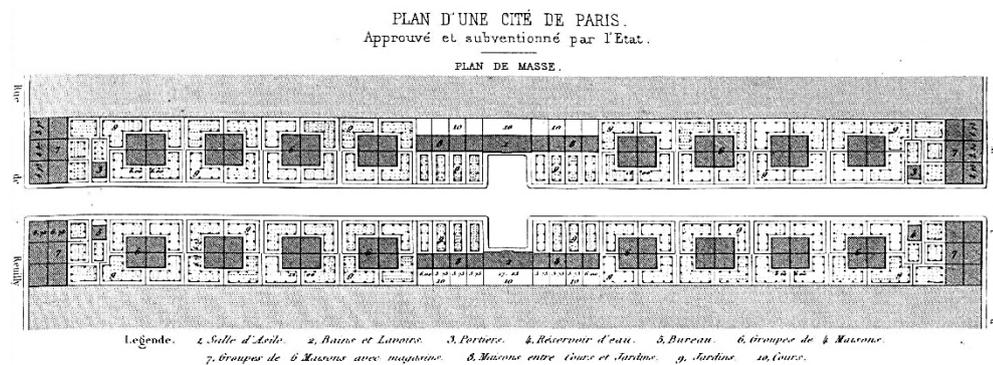


Рис. 6. План рабочего поселения в Париже между улицами Рейи и Пикпю. Арх. Э. Мюлле [12]

Рабочие посёлки в СССР второй половины 1930-х гг. строили архитекторы-конструктивисты, суть творческого метода которых выразил один из их лидеров Пантелеймон Голосов: «Стремление к простоте, выражению задуманного образа минимумом средств. Решение, в котором идея автора раскрывается простыми и лаконичными средствами, достигается с большими трудностями; путь простоты – путь наибольшего сопротивления. Однако только этот путь ведет к успеху и получению предельно выразительного правдивого образа» [15]. Несмотря на то, что конструктивизм в СССР уже в начале 1930-х гг. был подвергнут осуждению, как не предоставлявший в должной мере «свидетельства победы социализма», благодаря Наркомтяжпрому СССР под руководством Г.К. Орджоникидзе здесь в октябре 1933 г. «с целью обеспечения единой политики в проектировании соцгородов и соцпоселков, которые возводятся подле промышленных предприятий-новостроек», был создан единый трест «Горстройпроект» [16] под руководством неоклассика И.В. Жолтовского, в мастерской которого стали работать конструктивисты М.О. Барщ и Г.А. Зундблат. В 1934–1935 гг. в дополнение в Наркомтяжпроме были организованы архитектурно-проектные мастерские ведущих конструктивистов: № 1 (В.А. Веснин), № 2 (П.А. Голосов) и № 3 (М.Я. Гинзбург) [17]. В результате «к концу 1933 г. в Советском Союзе окончательно оформляется структура общегосударственной системы массового архитектурно-градостроительного проектирования, в которой фактически обособленно функционируют две подсистемы – «ведомственная» и «местная» [16]. В то время как «местная» подсистема демонстрировала «свидетельства победы социализма» в виде классических портиков, колонн и украшений центральных парадных улиц городов, «ведомственная», на «путях простоты», строила рабочие поселения при новых и расширяемых промышленных объектах. Простота и рационализм являлись фундаментальной основой архитектуры конструктивизма. В этом и была причина сходства зданий Рабочего города в Мюлузе и домов советских рабочих посёлков второй половины 1930-х гг. Отличие в том, что в первом слу-

чае простота служила цели доступности для приобретения жилья рабочими, а во втором – цели наилучшей возможности его массового строительства.

Судьба Рабочего города

Компания Дольфюс-Миг в 1960-е гг. по причине своей несостоятельности была не только поглощена, но и далее, в XXI в. (в 2009 г.), была ликвидирована в судебном порядке – её производственные корпуса сегодня в полуразрушенном состоянии. Однако на Рабочем городе это практически никак не отразилось. Первая причина была в реальном взятии на себя жителями ответственности за состояние своих небольших домов – им было вполне по силам как договориться, так и найти средства для такой цели. Вторая, возможно основная, состояла в том, что г. Мюлуз в то время реально находился под властью Индустриального общества – все его мэры до 1887 г. были выходцами оттуда. Например, Жан Дольфюс, основатель Рабочего города в 1853 г., руководил Мюлузом в 1863–1869 гг., а старший брат, Эмиль Дольфюс, перед ним одновременно возглавлял и город (1843–1848), и общество (1834–1858) [18]. Поэтому все общественные здания, построенные как Обществом рабочих поселений, так и самим Индустриальным обществом, различным путём (по себестоимости, в дар или по обмену) передавались городу [4]. Это не только бани, прачечные и столовые, но также и профессиональные и муниципальные школы, библиотеки, музеи (естествознания – 1828 г., промышленного искусства – 1858 г., Исторический – 1871 г., изящных искусств – 1883 г.) и зоопарк (1868), затем дополненный ботаническим садом [18]. На деле Индустриальное общество и Общество рабочих поселений передавали общественные объекты от себя себе (своему мэру), в связи с чем начинать искать средства на их содержание из казны города не было нужды – это было предусмотрено и запланировано. Даже в XX в., когда Индустриальное общество растеряло всё своё могущество, благодаря такому начальному импульсу эти общественные институты и инфраструктура, уже под опекой города, продолжили жить и развиваться.

После передачи домов Рабочего города выплатившим их себестоимость собственникам (что было впервые в истории жилья для рабочих) ограничения на самовольную застройку прекращались. И благодаря низкой плотности застройки каждый дом получал возможность адаптации к растущим со временем потребностям хозяев, для чего, в силу расположения на земельном участке с наличием наибольшего открытого пространства, наилучшими возможностями обладало «мюлузское каре».

Люциус Буркхардт и Кристиан Хунцикер сравнили Рабочий город в Мюлузе и построенное примерно тогда же, в 1862 г., рабочее поселение в Базеле, где жильё рабочим сдавалось в аренду [19]. Поселение в Базеле просуществовало до 1971 г. и затем было полностью снесено (в те же годы снесли и упомянутый выше советский Коломенский посёлок). Но о сносе Рабочего города, который постоянно достраивался и перестраивался владельцами, тогда (да и сейчас) не могло быть и речи.

И авторы видят в этом четыре урока: радость жизни в своём доме тесно связана с возможностью выразить себя в его строительстве; владелец может сам выбирать уровень своих стремлений, поэтапно, в соответствии с финансовыми

возможностями своей семьи; принцип «сделай сам» позволяет добиться невозможного в регулярной строительной отрасли; старые здания представляют собой структуру, которая состоит из – давно списанных – стен, а также из нематериальных ценностей, таких как право собственности и право на строительство. Плотно сплетенная текстура, сотканная из материальных и нематериальных нитей, постоянно заполняет, освобождает и обновляет свои клетки [19] (рис. 7).



Рис. 7. Разнообразие эволюции домов Рабочего города в Мюлузе к 1972 г. [19]

Фани Костору исследовала эволюцию морфологии домов Рабочего города, при этом было показано, что поначалу единый стандартный район постепенно, силами его жителей, превратился в именно такую разнообразную структуру (рис. 8), не теряя при этом своей целостности [20]. Это не могло не способствовать формированию здесь устойчивого сообщества его жителей.



Рис. 8. Эволюция застройки Рабочего города в Мюлузе: рядные дома (фото 1907 и 2017 гг.) и аксонометрии изменения морфологии «каре» в 1868 и 2017 гг. [20]

В 1960–1970 гг. текстильная промышленность Мюлуза, проиграв конкуренцию итальянским фабрикам, пережила тяжёлый кризис и по существу прекратила своё существование как градообразующий фактор. Однако в 1962 г. на о. Наполеона компанией «Пежо» был построен автозавод, выпускавший коробки передач, затем превращённый в предприятие полного цикла и с 1971 г. начавший выпускать автомобили. Промышленность Мюлуза всегда была местом притяжения иммигрантов – в XIX в. они были из Германии и Швейцарии, в этот раз – из Турции, Северо-Западной Африки, Италии и Португалии. При этом Рабочий город стал одной из опор для их адаптации в существующее общество и формирования различных устойчивых сообществ, т. к. сама его структура «создает благоприятные социальные условия для культуры общения и солидарности между соседями» [Там же]. Можно добавить, что, исследуя Рабо-

чий город, Стефан Джонас нашёл заселёнными самые первые опытные дома 1852 г. и, «благодаря доброте владельцев», изучил их [4].

Заключение

Описанный архитектурно-градостроительный проект формально являлся частью движения, начатого Наполеоном III, по строительству поселений для рабочего класса. Однако, как показано выше, это движение стало лишь благоприятным моментом для начала его реализации. Ведь в течение многих лет, на основе идей Сен-Симона, в местном обществе формировались условия для его принятия и, как следствие, успеха. Изучение Рабочего города в Мюлузе может и сегодня указать на исключительную важность учёта экономических и социальных обстоятельств при планировании и застройке городов и, вероятно, подсказать пути формирования городской среды, устойчивой во времени.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Dumont M.-J.* Le Logement social à Paris 1850-1930: les habitations à bon marché. Liège : Mardaga, 1991. 192 p.
2. *Penot A.* Les Cités ouvrières de Mulhouse. 4e édition revue à l'occasion de l'Exposition universelle de Paris en 1889. Mulhouse et Paris, 1889.
3. *Филиппов В.Д.* Веснины и «Коломенград» как прототип массовой жилой застройки // Innovative Project. 2016. Т. 1. № 1. С. 34–41. DOI: 10.17673/IP.2016.1.01.6
4. *Jonas S.* Structures industrielles et politique urbaine à Mulhouse au XIXe siècle (1798–1870) // Construire la ville: XVIIIe–XXe siècles / dir: M. Garden, Y. Lequin. Presses universitaires de Lyon. 1983. P. 87–115. DOI: 10.4000/books.pul.14651
5. *Сен-Симон А.* Избранные сочинения в двух томах. Т. 2. Москва ; Ленинград : Изд-во Академии Наук СССР, 1948. 486 с.
6. *Villermé L.-R.* Tableau de l'état physique et moral des ouvriers employés dans les manufactures de coton, de laine et de soie. Tome Premier. Paris : Jules Renouard et Cie, 1840. P. 25–29.
7. *de Gérando J.-M.* Des Progrès de l'industrie dans leurs rapports avec le bien-être physique et moral de la classe ouvrière. Deuxième Édition. Paris : L. de Guillaumin, 1845. 126 p.
8. *de Saint-Simon C.-H.* Catéchisme des industriels. Deuxième Appendice. Paris : Impr. de Sétier, 1823–1824. P. 163–186.
9. *Studer A.* Mulhouse, ville de la Révolution industrielle (XIXe siècle) // CRDP d'Alsace. 2010. Septembre. URL: <http://www.crdp-strasbourg.fr/data/patrimoine-industriel/mulhouse-19/textes/mulhouse.pdf>
10. *Penot A.* Les cités ouvrières de Mulhouse et du département du Haut-Rhin // Nouvelle édition augmentée de la description des bains et lavoirs établis à Mulhouse. Mulhouse : Impr. de L.L. Bader ; Paris : Lacroix, 1867. 178 p.
11. *Roberts H.* Des habitations des classes ouvrières // Leur composition et leur construction avec l'essentiel d'une habitation salubre. Paris : Gide et Baudry, 1850. 54 p.
12. *Muller E.* Habitations ouvrières et agricoles, cités, bains et lavoirs, sociétés alimentaires: détails de construction; formules représentant chaque espèce de maison, et donnant son prix de revient en tous pays: statuts, règlements et contrats. Paris : Victor Dalmont, 1855–1856.
13. *Muller É., Cacheux É.* Les habitations ouvrières en tous pays. Situation en 1878 // Planches. Paris, 1879.
14. *Филиппов В.Д.* Происхождение строчной застройки // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10. № 2. С. 147–159.
15. *Голосов П.А.* Наше творческое кредо. Из тезисов творческого отчета П.А. Голосова о деятельности 9-й архитектурно-проектной мастерской Моссовета, сделанного им два года спустя после ее образования, в 1935 г. // Мастера советской архитектуры об архитектуре. Т. 1 (2) / под ред. М.Г. Бархина, А.В. Иконникова [и др.]. Москва : Искусство, 1975. С. 394.

16. *Меерович М.Г.* На острие схватки титанов // Архитектон: известия вузов. 2011. № 1 (33). С. 9. URL: http://archvuz.ru/2011_1/9/
17. *Васильева А.В.* Оптимальный тип жилого дома для массового строительства в проектах архитекторов первой и третьей пятилеток // Academia. Архитектура и строительство. 2015. № 2. С. 56–62.
18. *Tessier R.* Société industrielle de Mulhouse 1826–1914 // Curiosité scientifique, audace et solidarité. 2020. 7 May. URL: <https://www.memoire-mulhousienne.fr/files/downloads/2020-mulhouse-et-la-sim.pdf>
19. *Burckhardt L., Hunziker C.* Learning from Mulhouse // Das Werk : Architektur und Kunst. 1972. В. 59. Н. 4. С. 220–222. DOI: 10.5169/seals-45825
20. *Kostourou F.* Mass Factory Housing: Design and Social Reform // Design Issues. 2019. № 35 (4). P. 79–92. DOI: 10.1162/desi_a_00567

REFERENCES

1. *Dumont M.-J.* Le Logement social à Paris 1850–1930: les habitations à bon marché. Liège: Mardaga, 1991. 192 p.
2. *Penot A.* Les Cités ouvrières de Mulhouse. 4e édition revue à l'occasion de l'Exposition universelle de Paris en 1889. Mulhouse et Paris, 1889.
3. *Filippov V.D.* Vesniny i “Kolomengrad” kak prototip massovoi zhiloi zastroiki [The Vesnins and Kolomengrad as a prototype for mass housing development]. *Innovative Project*. 2016. V. 1. No. 1. Pp. 34–41. DOI: 10.17673/IP.2016.1.01.6 (rus)
4. *Jonas S.* Structures industrielles et politique urbaine à Mulhouse au XIXe siècle (1798–1870). Construire la ville: XVIIIe–XXe siècles. Presses universitaires de Lyon. 1983. Pp. 87–115. DOI: 10.4000/books.pul.14651
5. *Sen-Simon A., de.* Izbrannye sochineniya v dvukh tomakh [Selected works in two volumes]. Vol. 2. Moscow; Leningrad, 1948. Pp. 121–272. (rus)
6. *Villermé L.-R.* Tableau de l'état physique et moral des ouvriers employés dans les manufactures de coton, de laine et de soie. Tome Premier. Paris: Jules Renouard et Cie, 1840. Pp. 25–29.
7. *Gérando J.-M., de.* Des Progrès de l'industrie dans leurs rapports avec le bien-être physique et moral de la classe ouvrière. Deuxième Édition. Paris: L. de Guillaumin, 1845. 126 p.
8. *Saint-Simon C.-H., de.* Catéchisme des industriels. Deuxième Appendice. Paris: Impr. de Sétier, 1823–1824. Pp. 163–186.
9. *Studer A.* Mulhouse, ville de la Révolution industrielle (XIXe siècle). In: CRDP d'Alsace. 2010. Available: www.crdp-strasbourg.fr/data/patrimoine-industriel/mulhouse-19/textes/mulhouse.pdf
10. *Penot A.* Les cités ouvrières de Mulhouse et du département du Haut-Rhin. In: Nouvelle édition augmentée de la description des bains et lavoirs établis à Mulhouse. Mulhouse: Impr. de L.L. Bader; Paris: Lacroix, 1867. 178 p.
11. *Roberts H.* Des habitations des classes ouvrières. In; Leur composition et leur construction avec l'essentiel d'une habitation salubre. Paris: Gide et Baudry, 1850. 54 p.
12. *Muller E.* Habitations ouvrières et agricoles, cités, bains et lavoirs, sociétés alimentaires: détails de construction; formules représentant chaque espèce de maison, et donnant son prix de revient en tous pays: statuts, règlements et contrats. Paris: Victor Dalmont, 1855–1856.
13. *Muller É., Cacheux É.* Les habitations ouvrières en tous pays. Situation en 1878. Planches. Paris, 1879.
14. *Filippov V.D.* Proiskhozhdenie strochnoi zastroiki [The origins of line building]. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura*. 2020. V. 10. No. 2. Pp. 147–159. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.02.20
15. *Golosov P.A.* Nashe tvorcheskoe kredo. Iz tezisov tvorcheskogo otcheta P.A. Golosova o deyatelnosti 9-i arkhitekturno-proektnoi masterskoi Mossoveta, sdelannym im dva goda spustya posle ee obrazovaniya, v 1935 g. [Our creative credo. From theses by P.A. Golosov's creative report on the activities of the 9th Architectural Design Studio of the Mossoviet, 1935]. *Mastera sovetskoi arkhitektury ob arkhitekture* [Masters of Soviet Architecture on Architecture]. Vol. 1 (2), M.G. Barkhina, A.V. Ikonnikova, et al. Eds., Moscow: Iskusstvo, 1975. P. 394. (rus)

16. *Meerovich M.G.* Na ostriie skhvatki titanov [On the edge of titans'a battle]. *Arkhitekton: izvestiya vuzov*. 2011. No. 1 (33). P. 9. Available: http://archvuz.ru/2011_1/9/ (rus)
17. *Vasil'eva A.V.* Optimal'nyi tip zhilogo doma dlya massovogo stroitel'stva v proektakh arkhitektorov pervoi i tret'ei pyatiletok [Residential building optimal for mass construction in architectural design of first and third five-year plans]. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2015. No. 2. Pp. 56–62. (rus)
18. *Tessier R.* Société industrielle de Mulhouse 1826–1914. In: *Curiosité scientifique, audace et solidarité*. 2020. Available: www.memoire-mulhousienne.fr/files/downloads/2020-mulhouse-et-la-sim.pdf
19. *Burckhardt L., Hunziker C.* Learning from Mulhouse. *Das Werk: Architektur und Kunst*. 1972. V. 59. No. 4. Pp. 220–222. DOI: 10.5169/seals-45825
20. *Kostourou F.* Mass factory housing: Design and social reform. In: *Design Issues*. 2019. No. 35 (4). Pp. 79–92. DOI: 10.1162/desi_a_00567

Сведения об авторе

Филиппов Василий Дмитриевич, соискатель, Самарский государственный технический университет, 443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, filippov.vd@samgtu.ru

Author Details

Vasily D. Filippov, PhD Degree-Seeking Student, Samara State Technical University, 244, Molodogvardeyskaya Str., 443100, Samara, Russia. filippov.vd@samgtu.ru

УДК 72.012

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-79-90

*Л.М. ГРИГОРЬЕВА,
Южный федеральный университет*

АКТУАЛЬНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦВЕТА В АРХИТЕКТУРЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация. В статье подробно рассматриваются актуальные тенденции цветовых решений среды новых промышленных предприятий: экологичность, интеграция природных элементов в урбанистическую среду, сближение производственного и общественного пространства, необходимость внедрения производственных сооружений в исторически сложившуюся застройку.

Выявляются взаимосвязи между социокультурными тенденциями и последними изменениями в эстетике и колористике среды промышленного предприятия.

Все эти тенденции выразились в использовании новых колористических сочетаний, ранее не свойственных промышленной архитектуре.

Ключевые слова: цвет, промышленное предприятие, архитектурная колористика, современная промышленная архитектура

Для цитирования: Григорьева Л.М. Актуальные тенденции использования цвета в архитектуре промышленных предприятий // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 6. С. 79–90. DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-79-90

*L.M. GRIGOR'EVA,
Southern Federal University*

MODERN COLOR TRENDS IN ARCHITECTURE OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Abstract. The paper considers the latest trends in color solutions in the architecture of new industrial enterprises. Eco-friendly environment, integration of natural elements into the urban environment, convergence of industrial and public space, production facilities in historically developed buildings are expressed in new color combinations, which have not been previously used in the industrial architecture.

Keywords: color, industrial enterprise, color in architecture, industrial architecture

For citation: Grigor'eva L.M. Aktual'nye tendentsii ispol'zovaniya tsveta v arkhitekture promyshlennykh predpriyatii [Modern color trends in architecture of industrial enterprises]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 6. Pp. 79–90. DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-79-90

Предпосылки эволюции цветовых решений в архитектуре промышленных предприятий

Эстетика промышленного предприятия ассоциируется с чётким набором определённых цветов, особенно в нашей стране, где красный и оттенки серого – цвета конструктивизма, светло-серый и светло-голубой – цвета рас-

цвета промышленной архитектуры 1970–80-х гг. стали неотъемлемой частью образа города, подсознательно узнаваемыми образами и нашли своё отражение практически во всех направлениях изобразительного искусства.

Промышленная архитектура была «знаковым» социокультурным явлением, поскольку отображала саму суть идеологии коммунистического общества [1].

Продолжающие эксплуатироваться промышленные объекты несут в себе культурное наследие уникальной эстетики «советского предприятия». Ярким примером может служить Волжская ТЭЦ, пережившая многократную реорганизацию, техническое перевооружение и архитектурную реконструкцию, однако сохранившая узнаваемый облик и оригинальные декоративные элементы, в том числе витраж в здании дирекции (рис. 1).



Рис. 1. Витраж. Здание дирекции Самарского филиала ОАО «Волжская ТГК» [1]

Наше общество переживает период крайне динамических технологических и социальных изменений, отражающихся во всех сферах: в культуре, искусстве, экономике, производстве, быту.

Исследуя реализуемые сегодня проекты и новые предприятия, можно с уверенностью сказать, что эстетика промышленного предприятия резко эволюционирует. В композиции новых производственных объектов доминируют цветовые сочетания, не характерные для промышленной архитектуры. Коричневый и серо-коричневый, естественный цвет живой «зелени», лимонный, светло-розовый, салатный и подчёркнуто монохромный белый пришли на смену традиционным сочетаниям светло-серого и светло-голубого – цветов промышленной архитектуры 1970–80-х гг., красного и графитового – цветов конструктивизма.

Целью статьи является выявление взаимосвязи между социокультурными тенденциями и последними изменениями в эстетике и колористике среды промышленного предприятия. Для решения поставленной задачи необходим сравнительный анализ актуальных тенденций в подборе цветовых решений и сопоставление их с традиционными подходами к формированию колористики промышленной архитектуры. С этой целью в настоящей статье рассматриваются промышленные объекты, введённые в эксплуатацию в течение последних 5–10 лет и/или находящиеся на стадии строительства.

Традиционное применение цвета в производственной среде

Рассматривая колористику советский промышленной архитектуры, можно чётко выявить две основные задачи, выполняемые цветом в формировании среды промышленного предприятия:

1. Цвет традиционно является одним из самых востребованных инструментов, т. к. он оказывает непосредственное воздействие на психофизиологическое состояние сотрудников предприятия. Грамотное цветовое решение способствует концентрации внимания, повышению трудоспособности и периода активности, созданию комфортной, успокаивающей атмосферы.

2. Другой важной задачей колористического решения среды промышленного предприятия является объединение различных по стилистике, текстуре и пропорциям объектов: как технологического оборудования (станков, трубопроводов) и внутренних несущих конструкций в интерьере, так и в целом зданий, сооружений и крупных отдельно стоящих элементов инженерного обеспечения в единую, гармоничную композицию [2].

Советские исследователи выявили следующие уровни воздействия цвета на человека [3]:

- 1) физический (излучение);
- 2) физиологический (воздействие на органы зрения);
- 3) психологический (подсознательные ассоциации).

Привычным подходом к колористике среды промышленного предприятия является создание цветовой гаммы, состоящей из двух контрастных компонентов [2]:

1. Психологически комфортная основа среды, представленная оттенками серо-зелёного, мятного, болотного и серо-голубого цветов. Создание этой гаммы формировалось на основе тезиса, что напряжённый труд рабочих, утомляющий как физически, так и эмоционально, необходимо компенсировать формированием архитектурного пространства, которое не будет оказывать дополнительного давления, а наоборот, будет вызывать психологический комфорт.

2. Яркое выделение потенциально опасных элементов. Движущиеся детали, вентили кранов и рукояти всевозможных манипуляторов, ограждения лестниц и переходных внутрицеховых мостиков, трубопровод и многие другие детали производственной среды окрашивались в красный и красно-оранжевый оттенки. Это также продиктовано необходимостью психофизиологического воздействия на рабочих. Цвет используется как основной предупредительный сигнал об опасности и необходимости концентрации внимания.

В производственном процессе участвуют предметы, различные по чёткости и очерёдности их восприятия, опознанию и временному интервалу удержания внимания рабочим. Эти характеристики должны быть основой при создании колористической системы рабочего места [3].

Советскими исследователями цвета, в частности И.С. Полшковым, выделяются категории элементов производственного пространства с соответствующими им оптимальными цветовыми сочетаниями [Там же].

1. Обработываемые детали и инструментарий, т. е. предметы, которые надо различать чётче и быстрее других, а также постоянно удерживать в поле зрения, нуждаются в контрастной окраске и должны отличаться неяркими, не вызывающими ни напряжения, ни расслабления цветами (серый, графитовый, серо-голубой, серо-зелёный).

2. Транспорт и другие движущиеся предметы требуют быстрой и сильной реакции. Их окрашивают в цвета, являющиеся сильными раздражителями (красный, ярко-оранжевый, контрастное сочетание черного и жёлтого).

3. Статичные поверхности интерьера, т. е. стены, пол, колонны, неопасные части производственного оборудования. На эти элементы, образующие основное пространство цехов и переходов, накладывается миссия давать глазу разрядку. Они принимают спокойные цвета средневолновой части спектра (мягкие оттенки зелёного, голубого, светло-коричневого).

Таким образом, при создании цветового решения среды производственного предприятия советские архитекторы ставили перед собой следующие задачи [3]:

1. Усиление различимости обрабатываемой детали (или материала) и инструмента в сочетании с окраской всей рабочей зоны, чтобы максимально снизить утомляемость глаз.

2. Структурирование производственной информации. Речь идёт о работе с большим количеством органов управления (на пультах, панелях), которые следует собирать в группы. Цвет поможет зрительно упорядочить размещение, подчеркнуть разделение и выделить, если необходимо, главное внутри групп технических установок и инженерного оборудования, структурируя общее заводское пространство.

3. Создание цельной, но информативно-структурированной среды. В интерьере и экстерьере промышленного предприятия взаимодействуют несущие и несомые массы архитектуры, устойчивые и подвижные элементы. Тяжесть или лёгкость, монументальность и динамика – цвет является мощным композиционным инструментом, способным объединить сложную композицию промышленного объекта.

Одна из основных концепций советского общества – жизнь человека труда на благо страны. И цветовое решение производственной среды полностью воплощало эту идею как на художественно-эстетическом уровне, так и с научной точки зрения.

Современное общество формируется на основе других социально-культурных концепций. Психологический комфорт сотрудников, потребность личности рабочего в развитии и самоактуализации понимаются сегодня на качественно новом высоком уровне. Это нашло своё отражение в изменении

принципиального подхода к колористике промышленного предприятия наряду с нарастающей тенденцией слияния производственной и городской общественной среды [4, 5].

Новый цветовой облик тенденции экологичности

Мягкие оттенки зелёного и коричневого пришли в производственную среду не просто так. Это цвета цитирования естественного природного ландшафта. Так и серо-голубой – мягкий оттенок пасмурного дневного неба.

На сегодняшний день экологичность является одной из доминирующих социально-культурных идей, проникших во все сферы человеческой жизнедеятельности. Стремление общества к качественно новым уровням комфорта и здоровья не просто возвращает элементы живой природы в быт современного человека, а наполняет его максимально живыми растениями и природными текстурами.

В архитектуре снова уверенно доминируют дерево и природный камень, оттесняя в прошлое хромированную сталь и грубый бетон. Особенно яркой тенденцией последнего десятилетия стали «зелёные» ограждающие конструкции. Озеленение пешеходных зон общественного пространства и эксплуатирующихся кровель было только первым шагом. Сейчас в оформлении городской среды доминируют стены, экраны и перегородки, сформированные живой массой вьющихся кустарников и цветов.

Но если ещё лет пять назад природные отделочные материалы и «зелёный» декор были узнаваемыми атрибутами общественного городского пространства, то сейчас мы смело можем говорить о внедрении природных элементов в среду производственных предприятий [4, 5].

Так примером нестандартного использования рельефа является подземный винный завод фирмы Cantina Antinori Winery, разработанный архитектурной студией Archea Associati в начале XXI в. [6]. Производственные, складские и административные помещения располагаются под слоем грунта, на котором высажены виноградники. Перед наблюдателем предстаёт естественный ландшафт: светлые холмы, темно-зелёные рощи, поднимающиеся по склону виноградники, лазурное небо, в то время как производственный процесс скрыт от глаз.

Максимальный эффект использования «зелёных» ограждающих конструкций достигнут в проекте реконструкции мануфактуры DESINO Eco во Вьетнаме архитектора Хо Кхуе, реализованном в 2015 г. Фасады промышленного здания полностью покрыты солнцезащитными панелями и панелями с зелёными насаждениями различных оттенков и природных фактур, формирующих сложный архитектурно-художественный облик. Применение вертикального озеленения в этом проекте можно назвать эволюцией зелёного цвета. Вместо имитации природного зелёного архитектор использует неподдельный «живой» зелёный цвет.

В 2020 г. архитекторы компании Gottlieb Paludan выиграли архитектурный конкурс, выразив идею экологически чистой технологии через создание максимально «природной» среды. Целью конкурса был выбор оптимального проектного решения новой теплоэлектростанции для Копенгагена. Комбинированная теплоэнергетическая установка (ТЭЦ), получившая название BIO4,

будет питать объект биотопливом, поддерживая местные усилия по превращению Копенгагена в полностью экологически чистый город [7].

Расположенная всего в двух километрах от центра Копенгагена, ВЮ4 будет находиться в непосредственной близости от значимых культурных объектов и займёт видное место в общей панораме города. Поэтому ее внешний облик был особо значимой характеристикой проекта победителя.

Создатели продвигают тему «городского леса» как в функциональном, так и в архитектурном выражении. Архитекторы компании Gottlieb Paludan предложили идею создания двухслойного фасада, обращённого к городу, имитирующего «восход солнца в лесной чаще» [Там же]. Свободный фасад из подвесных брёвен создаст уникальную природную текстуру в естественной цветовой гамме и фактуре леса. Сразу за подвесными брёвнами располагается внутренний фасад, покрытый золотистой металлической облицовкой, которая отражает свет и излучает «естественное сияние леса» (рис. 2).

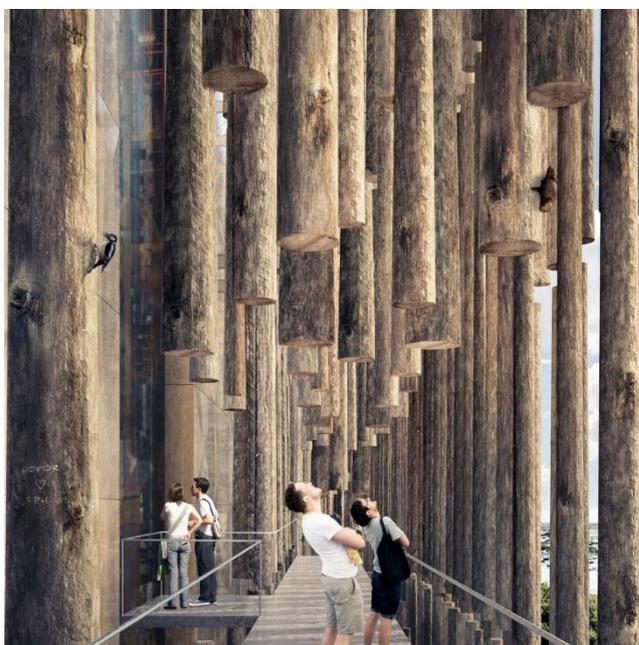


Рис. 2. ТЭЦ ВЮ4. Общий вид со стороны центра Копенгагена [7]

Усилению эстетики и колористики леса будут способствовать местные растения, которые создают зелёный периметр вокруг участка.

Задачи ВЮ4 – служить обществу за счёт устойчивого производства тепла на основе экологически чистого топлива, а также популяризировать эти идеи в обществе. Для этого в структуру производственного предприятия внедрены общественные экспозиционные пространства.

Посетители ВЮ4 могут воочию увидеть производство энергии на объекте, поднявшись по лестнице, идущей вверх через бревенчатый «лес». На его вершине находится смотровая площадка, где располагается экспозиция, по-

свящённая проблемам экологии и производства «чистой» энергии, декорированная большим количеством живых растений, представляющих уникальную природу Дании.

Таким образом, тенденция «экологичности» отражается в колористике среды производственных предприятий, сменяющей имитирующую цветовую гамму на естественную палитру природных материалов и «живой зелени».

Коричневый, серо-коричневый и оттенки зелёного уходят от монотонности и блеклости окрашенных поверхностей, а наполняются сложной уникальной фактурой, повышающей яркость и насыщенность цвета, яркость создаваемого им впечатления.

Новый цветовой облик тенденции слияния общественной и производственной среды

Тенденция сближения производственной и городской общественной среды зародилась ещё в конце XX в. Принцип экспозитарности, основанный на открытости производства, проникает в архитектурные решения все большего числа промышленных объектов при создании новых предприятий и реконструкции существующих [8].

Вслед за новой функцией общественная среда привносит яркие смелые цветовые решения. Часто более мелкомасштабная и антропометричная городская среда стремится «сгладить» крупные пропорции и угловатые черты промышленной застройки, а также снизить ощущение опасности, которое в коллективном подсознании вызывают производственные объекты. Одним из устоявшихся архитектурных приёмов является придание промышленным зданиям вид ярких, невесомых и легкомысленных объектов, в первую очередь светлыми, открытыми цветовыми сочетаниями, создавая прообразы детского мировосприятия.

Самым известным примером является мусоросжигательный завод Maishima в Осаке. Его причудливые формы, а главное яркие светлые цвета (сочетание бежевого, золотистого, светло-оранжевого и голубого), напоминают детскую игрушку, полностью разрушая негативное восприятие, созданное функцией предприятия.

В 2014 г. стартовал проект создания «нетрадиционной» электростанции в г. Уппсала в Швеции. Традиционная функция электростанции была дополнена неожиданной – пространство выработки электроэнергии было скомпилировано с пространством, предназначенным для проведения сезонных городских фестивалей [9].

Автором проекта Crystalline выступила компания BIG. Учитывая предполагаемое сезонное использование проекта, архитекторы разработали электростанцию двойного назначения, которая выходит за рамки общественного восприятия; в летние месяцы внутреннее пространство Crystalline превращается в место проведения фестивалей во время пика туризма. Городские власти Уппсалы выбрали компанию BIG спроектировать когенерационную установку на биомассе, которая компенсировала бы пиковые энергетические нагрузки в течение осени, зимы и весны в рамках международного конкурса [Там же].

Особой задачей было внедрение промышленного объекта в сложившуюся городскую среду, т. к. неподалёку от выбранной площадки строительства

находятся старейший университет Скандинавии и знаменитый кафедральный собор Уппсалы. Проект, предложенный BIG, объединяет два традиционных промышленных архетипа в нетрадиционный гибрид: завод и теплицу.

Художественная идея проекта заключается в создании яркого прозрачного цветного купола – полусферы, собранной из модульных треугольных секторов. Каждый «треугольник» имеет свой уникальный оттенок, цвет распространяется по полусфере, перетекая от малинового через оранжевый и жёлтый к салатному и голубому. Цветовая гамма Crystalline задействует практически всю палитру радуги в её светлом ярком диапазоне. Crystalline напоминает мыльный пузырь, запущенный ребёнком в небо и приземлившийся сверху на город (рис. 3).



Рис. 3. ТЭЦ Crystalline. Общий вид в панораме Уппсалы [9]

Под цветным куполом в центре располагаются инженерные установки и корпуса электростанции, а по периферии – свободное пространство, оставленное для размещения временных элементов: сцены, аттракционов, торговых павильонов, экспозиционных экранов и подиумов.

Монохромный белый как способ решения проблемы интеграции урбанистического объекта в исторически сложившуюся застройку

Проблема внедрения промышленных объектов в исторически сложившуюся застройку стоит в современной архитектуре очень остро. И яркие, открытые «детские» цвета не всегда являются хорошим решением. Чем старше город, чем многослойней и сплетённой городская застройка, формирующаяся веками, тем сложнее поиск оптимального решения.

Иногда архитекторам приходится действовать по принципу «наименьшего зла», чтобы внедрить новый объект, поскольку согласовать его со всеми компонентами городской среды не представляется возможным.

С начала XXI в. стала формироваться идея внедрения чистого белого цвета в тех проектных ситуациях, когда город требует особой деликатности. Чистый белый цвет – торжественный и строгий – позволяет раскрыть тектонику здания и подчеркнуть глубину других цветов – участников общей композиции.

Монохромный белый цвет применён в энергетическом центре архитектора С.Ф. Меллера в Гринвиче, Лондон, Великобритания, использован как главный композиционный акцент в музее-складе коньячного завода «Альянс-1892» архитектурным бюро TOTEMENT/PAPER. Он же стал главной визитной карточкой так и нереализованного проекта Solar City Tower – солнечной фабрики с водопадом.

В 2022 г. в эксплуатацию был введён крупный энергетический узел «Башня света и стена энергии» архитектора Тонкин Лю в Манчестере, Северо-Западная Англия. Общая площадь комплекса составляет 373 м² [10]. Его силуэт в городском контексте является своеобразными воротами в исторический район Манчестера (рис. 4).



Рис. 4. Энергетический узел «Башня света и стена энергии» Общий вид в панораме Манчестера [10]

Как следует из названия, архитектурный объем низкоуглеродного энергетического центра в сердце Манчестера разделён на два технологических, конструктивных и композиционных элемента. Основные производственные мощности ТЭЦ скрыты за фасадом «Стены энергии». «Башня света» – это 40-метро-

вая башня, поддерживающая и ограждающая дымоходы. Особая биомиметическая тектоника башни основана на инновационных разработках компании Shell Lace Structure и впервые применена Тонкин Лю в сотрудничестве с инженерами компании Agur [10].

Устремившаяся в небо «Башня света» представляет собой цилиндр бело-снежного кружева, все более тонкого и ажурного в верхних ярусах, напоминающего одновременно узоры морских раковин и причудливую рябь облаков.

«Стена энергии» представляет собой уличный фасад длиной 63 м и высотой 4–6 м, окружающий новый энергетический центр. Глазурованная керамическая плитка отражает свет и движение облаков в небе, а также шум и суету пешеходов и автомобилей на улицах. Мозаичный узор из взаимосвязанных ромбовидных плиток напоминает динамическую энергию движения земли, в узорах прослеживается образ следов, оставляемых на песке океанскими волнами. Волнообразную поверхность создает 31 тип различной плитки. Среда нового энергетического центра также обладает свойством экспозитарности, поскольку кружево башни и остеклённые части стен производственных корпусов дают возможность горожанам наблюдать процессы преобразования энергии, протекающие внутри предприятия.

Текстура плитки позволяет «Стене энергии» отражать свет движущихся облаков и автомобильных фар на улице, а также в ночное время анимируется встроенным запрограммированным светом. «Башня света» также обладает встроенной системой цветовой проекции, предназначенной для использования в праздничные дни. Однако именно белый цвет остаётся главным узнаваемым композиционным элементом, формирующим пространство вокруг себя и подчёркивающим глубину терракотовых оттенков кирпича окружающей исторической застройки.

Таким образом, можно смело сказать, что монохромный белый становится выигранным цветом промышленной среды, когда её внедрение в городскую среду особенно проблематично.

Заключение

Современное общество быстро эволюционирует, обогащаясь новыми социально-культурными тенденциями. На стыке промышленной архитектуры и колористики самыми яркими тенденциями сегодняшнего дня можно назвать экологичность, слияние общественной и производственной среды, а также внедрение производственных объектов в исторически сложившуюся застройку. Каждая из этих тенденций формирует новую колористическую трактовку среды производственного предприятия.

Идея повышения экологичности среды, распространяясь на пространство промышленного предприятия, формирует новое представление о психологически комфортном цвете. На смену имитации цвета природной естественной гаммы приходят живые «зелёные» ограждения, натуральная древесина и камень.

Природная и производственная среда стремятся к слиянию, выраженному в колористическом поглощении цветом живой природы, цвета, традиционно ассоциирующегося с промышленной архитектурой.

Тенденции слияния общественной и производственной среды выражаются в стремлении города снизить уровень тревожности и раздражительности, вызываемый на подсознательном психологическом уровне промышленными объектами. Город стремится сгладить восприятие промышленных предприятий, придавая им «детские» образы и колористику.

Таким путём в промышленную архитектуру проникают совсем не свойственные ей яркие радужные оттенки цвета.

При внедрении производственных объектов в исторически сложившуюся ценную городскую среду архитекторы все чаще применяют строгий и торжественный монохромный белый.

Таким образом, можно смело утверждать тезис о тенденции размытия прежнего подхода к формированию колористики производственного предприятия. Комфортабельная и антропометричная общественная среда стремится полностью поглотить среду производственную, уничтожив границу с ней. И поскольку на инженерном и технологическом уровне это невозможно, производственный процесс всегда будет обладать ограничивающим качеством «опасности», то слияние это происходит на уровне архитектурного решения.

Цвет становится главным инструментом поглощения «зелёным» городом серой среды промышленного предприятия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Громов В., Овсянникова Е.* ТЭЦ. Территория искусства: архитектура, дизайн, следы времени. Екатеринбург : Tatlin, 2014. 102 с.
2. *Громова А.С.* Цветовое восприятие объектов промышленной архитектуры // Молодой учёный. 2019. № 20 (258). С. 131–133.
3. *Поликов И.С.* Цвет в промышленном интерьере. Пермь : Книжная типография № 2, 1967. 66 с.
4. *Григорьева Л.М.* Основные инновационные тенденции зарубежной промышленной архитектуры второго десятилетия XXI в. // Студенческое творчество в архитектурно-художественной культуре России : материалы IX Всероссийской научно-практической конференции студентов, магистрантов и аспирантов. Ростов-на-Дону ; Таганрог : Изд-во Южного федерального университета, 2019. С. 42.
5. *Григорьева Л.М.* Особенности развития промышленной архитектуры рубежа XX–XXI вв. в странах Европы, Юго-Восточной Азии и США // Студенческое творчество в архитектурно-художественной культуре России : материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, магистрантов и аспирантов. Ростов-на-Дону ; Таганрог : Изд-во Южного федерального университета, 2018. С. 47.
6. *Григорьева Л.М., Иевлева О.Т.* Энергоэффективность как формообразующий фактор современной промышленной архитектуры в климатических условиях юга России // Инженерный вестник Дона. 2019. № 1. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5740.html> (дата обращения: 27.07.2022).
7. *Giermann H.* Gottlieb paludan architects design a Forest-inspired biomass unit for Copenhagen // Arch Daily. URL: https://www.archdaily.com/631048/gottlieb-paludan-architects-design-a-forest-inspired-biomass-unit-for-copenhagen?ad_source=search&ad_medium=projects_tab.html (дата обращения: 27.07.2022).
8. *Лосев И.В.* Основные современные направления при реконструкции производственных зданий // Научный журнал молодых ученых. 2021. № 4 (25). С. 92–93.
9. *Rosenfield K.* BIG's "unconventional" Uppsala Power plant designed to Host summer festivals // Arch Daily. URL: https://www.archdaily.com/603259/big-s-unconventional-uppsala-power-plant-to-host-summer-festivals?ad_source=search&ad_medium=projects_tab.html (дата обращения: 27.07.2022).

10. *Pintos P.* Tower of Light and Wall of Energy / Tonkin Liu // Arch Daily. URL: https://www.archdaily.com/979720/tower-of-light-and-wall-of-energy-tonkin-liu?ad_source=search&ad_medium=projects_tab.html (дата обращения: 27.07 2022).

REFERENCES

1. *Gromov V., Ovcyannikova E.* TETs. Territoriya iskusstva: arkhitektura, dizain, sledy vremeni [TTP. The territory of art: Architecture, design, traces of time]. Ekaterinburg: Tatlin, 2014. 102 p. (rus)
2. *Gromova A.S.* Tsvetovoe vospriyatie ob"ektov promyshlennoi arkhitektury [Colour perception of industrial architecture]. *Molodoi uchenyi*. 2019. No. 20 (258). Pp. 131–133. (rus)
3. *Polshkov I.S.* Tsvet v promyshlennom inter'ere [Colour in industrial interior]. Perm: Knizhnaya tipografiya, 1967. No. 2. 66 p. (rus)
4. *Grigor'eva L.M.* Osnovnye innovatsionnye tendentsii zarubezhnoi promyshlennoi arkhitektury vtorogo desyatiletiya XXI v. [Major innovative trends in foreign industrial architecture in the 21st century]. In: *Studencheskoe tvorchestvo v arkhitekturno-khudozhestvennoi kul'ture Rossii: materialy 9 Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, magistrantov i aspirantov (Proc. 9th All-Russ. Conf. 'Student Creativity in Russian Architectural and Artistic Culture')*. Rostov-on-Don; Taganrog, 2019. P. 42. (rus)
5. *Grigor'eva L.M.* Osobennosti razvitiya promyshlennoi arkhitektury rubezha 21 vv. v stranakh Evropy, Yugo-Vostochnoi Azii i SShA [Development of industrial architecture in the 21st century in Europe, South-East Asia and USA]. In: *Studencheskoe tvorchestvo v arkhitekturno-khudozhestvennoi kul'ture Rossii: materialy VIII Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, magistrantov i aspirantov (Proc. 8th All-Russ. Conf. 'Student Creativity in Russian Architectural and Artistic Culture')*. Rostov-on-Don; Taganrog, 2018. P. 47. (rus)
6. *Grigor'eva L.M., Ievleva O.T.* Energoeffektivnost' kak formoobrazuyushchii faktor sovremennoi promyshlennoi arkhitektury v klimaticheskikh usloviyakh yuga Rossii [Energy efficiency in modern industrial architecture in climatic conditions of southern Russia]. *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2019. No. 1. Available: www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5740.html (accessed July 27, 2022). (rus)
7. *Giermann H.* Gottlieb Paludan Architects Design a forest-inspired biomass unit for Copenhagen. Arch Daily. Available: www.archdaily.com/631048/gottlieb-paludan-architects-design-a-forest-inspired-biomass-unit-for-copenhagen?ad_source=search&ad_medium=projects_tab.html (accessed July 27, 2022).
8. *Losev I.V.* Osnovnye sovremennye napravleniya pri rekonstruktsii proizvodstvennykh zdaniy [Modern trends in renovation of production halls]. *Nauchnyi zhurnal molodykh uchenykh*. 2021. No. 4 (25). Pp. 92–93. (rus)
9. *Rosenfield K.* BIG's "unconventional" Uppsala Power plant designed to Host summer festivals. Arch Daily. Available: www.archdaily.com/603259/big-s-unconventional- uppsala-power-plant-to-host-summer-festivals?ad_source=search&ad_medium=projects_tab.html (accessed July 27, 2022).
10. *Pintos P.* Tower of Light and Wall of Energy. Tonkin Liu. Arch Daily. Available: www.archdaily.com/979720/tower-of-light-and-wall-of-energy-tonkin-liu?ad_source=search&ad_medium=projects_tab.html (accessed July 27, 2022).

Сведения об авторе

Григорьева Лидия Михайловна, ст. преподаватель, Южный федеральный университет, 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42, lmgrigoreva@sfedu.ru

Authors Details

Lidiya M. Grigor'eva, Senior Lecturer, Southern Federal University, 105/42, Bol'shaya Sadovaya Str., 344006, Rostov-on-Don, Russia, lmgrigoreva@sfedu.ru

УДК 711.435

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-91-102

*М.М. КАШИРИПУР,**Белорусский национальный технический университет*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ СЕРТИФИКАЦИИ В ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. Концепция устойчивого развития была принята в начале 1990-х гг. и с тех пор получила широкое распространение в большинстве научных и промышленных отраслей. С момента появления этой концепции были предложены различные определения и применены разные методы для ее реализации.

В настоящее время устойчивое развитие города рассматривается на уровне общей стратегии и пока не разработано четких градостроительных критериев, методов проектирования города и его застройки, удовлетворяющих целям данного подхода. Сертификация как система обладает высокой важностью на межгосударственном уровне, но еще большую роль она играет в контексте устойчивого социального развития. Как правило, сертификация применяется для того, чтобы оценить устойчивость отдельных строений, зданий и иных образований градостроительства. Важность целей и задач, решаемых системой сертификации, актуализирует проблему разработки мер, направленных на адаптацию и поступательное развитие обозначенной системы под нужды современного градостроительства.

В статье рассматриваются актуальные вопросы сертификации и такие системы сертификации в сфере градостроительства, как DGNB, LEED, BREEAM, HQE, Green Star и CASBEE. Также проводится сравнительный анализ обозначенных систем сертификации. В заключении приведены результаты анализа этих систем, а также рассматриваются их преимущества и недостатки. Результат этой оценки может быть полезен для национальных и местных органов власти, урбанистов, проектировщиков, строителей, инвесторов и т. д. Следует добавить, что ни одна из рассмотренных систем сертификации не является универсальной, каждая из них обладает как преимуществами, так и недостатками. Можно сделать вывод, что применение систем сертификации в градостроительстве способствует устойчивому развитию поселений.

Научная новизна: сравнение шести действующих основных мировых стандартов, их систем сертификации в градостроительстве, их критерии оценки, и их сравнение с основными аспектами устойчивого развития (экономический, экологический, социальный).

Ключевые слова: устойчивое развитие, рейтинговая система сертификации, градостроительство, система оценки устойчивости, DGNB, LEED, BREEAM, HQE, Green Star, CASBEE

Для цитирования: Каширипур М.М. Сравнительный анализ характеристик систем сертификации в градостроительстве // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 6. С. 91–102.
DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-91-102

*М.М. KASHIRIPOOR,**Belarusian National Technical University*

COMPARATIVE ANALYSIS OF CERTIFICATION SYSTEMS IN URBAN CONSTRUCTION

Abstract. The development concept was accepted early in the 1990s, and since then it was developed in most scientific and industrial sectors. Since the advent of this concept, various

definitions were proposed and various methods were applied to implement this concept. The urban development is currently considered at the level of the overall strategy and urban planning criteria, which meet the objectives of this approach. Certification system is of high importance at the interstate level, but it plays even a greater role in the social development. As a rule, certification is used to evaluate the development of individual buildings and other urban facilities. The importance of goals and objectives solved by the certification system actualizes the elaboration of measures aimed at adapting and progressive development of the designated system to the needs of modern urban construction. The paper deals with topical issues of certification and certification systems in the field of urban planning such as DGNB, LEED, BREEAM, HQE, Green Star and CASBEE. A comparative analysis of certification systems is also carried out. In conclusion, the results of the analysis of these systems are presented as well as their advantages and disadvantages. The result of this assessment can be useful for national and local authorities, urbanists, planners, builders, investors. It should be added that none of the considered certification systems is universal, each of them has both advantages and disadvantages. It can be concluded that the use of certification systems in urban construction contributes to the settlement development. *Originality*: Comparison of six major global standards, their urban certification systems, evaluation criteria, and comparison with the main development aspects (economic, environmental and social).

Keywords: development, certification system, urban construction, assessment system, DGNB, LEED, BREEAM, HQE, Green Star, CASBEE

For citation: Kashirpuno M.M. Sravnitel'nyi analiz kharakteristik sistem sertifikatsii v gradostroitel'stve [Comparative analysis of certification systems in urban construction]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 6. Pp. 91–102. DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-91-102

Введение

Устойчивое развитие общества имеет три основных аспекта: экологический, экономический и социальный. В градостроительстве эти три аспекта в основном рассматриваются в границах городов (как место жительства, работы, образования и социальной активности людей), поэтому их устойчивое развитие относится к одному из направлений устойчивого развития общества. В результате быстрых международных изменений во всех аспектах (экологических, экономических, социальных) принятие эффективных стратегий устойчивого развития городов, а также создание и разработка эффективных механизмов оценки устойчивости является одним из ведущих направлений научных исследований.

В настоящей статье изучаются системы сертификации в градостроительстве, выступающие инструментами оценки устойчивого развития. Для достижения сравнительного анализа между ними автор рассматривает их по основным параметрам (как системы оценки, системы сертификатов и их характеристика, процесс сертификации и, наконец, сам сертификат в каждом стандарте) для дальнейшего исследования и итогового сравнительного анализа и его совместимости с основными аспектами устойчивого развития.

Основная часть

Концепция устойчивого развития общества преобладает в экономической, экологической, социальной и некоторых других стратегиях развитых стран. Суть концепции заключается в том, чтобы сбалансировать эти три со-

ставляющих развития жизни общества, т. е. достичь такого состояния, когда развитие экономики и социальной сферы не наносит вреда биосфере (экологии), и наоборот, когда акцентирование внимания на экологической составляющей не приводит к стагнации экономики страны и социальной сферы. Итак, устойчивое развитие общества – это гармонизация отношений общества и природы. Города и их части как места проживания людей выступают основой устойчивого развития, они играют важную роль в ее продвижении. Все разнообразие взаимоотношений между уровнями устойчивого развития можно обобщить двумя типами [1, 2]:

– «сверху-вниз» – определение общих целей и основных аспектов устойчивого развития на национальном и международном уровнях, а также решение задач на региональном и городском уровнях;

– «снизу-вверх» – определение функциональных стратегий и исполнительных проектов на региональном и местном уровнях, поддержка и мониторинг на национальном и международном уровнях (рис. 1).



Рис. 1. Использование метода «сверху-вниз» и «снизу-вверх» для устойчивого развития городов [3]

Концепция устойчивого развития общества, как и любая другая концепция, требует оценки развития в каждой сфере по определенным критериям, которые должны быть стандартизированы. Именно необходимость инструмента по оценке прогресса развития привела к появлению и распространению систем сертификации [4]. Сертификация позволяет подтвердить, соответствует ли тот и иной объект определенным требованиям. Системы сертификации разрабатывались как количественный стандарт для измерения результатов развития в каждой области.

Первоначально системы оценки разрабатывались для зданий [5]. Несколько позже появились системы оценки градостроительных образований. Однако эти сертификаты отличаются от строительных норм и правил. Нормы устанавливают минимальные требования к разработке и строительству, тогда

как сертификаты оценивают проекты зданий и сами здания на соответствие требованиям качества по установленным критериям, которые могут отражать максимальные требования. Система сертификации по своей структуре – это сложная система, включающая несколько элементов, а именно:

– *критерии* – это ключевые характеристики, а также детали конкретных задач (цели и аспекты развития);

– *индикатор* – это количественный или качественный показатель, описывающий важнейшие характеристики. Один критерий может включать несколько индикаторов, описывающих его;

– *система оценок* – устанавливает методы проведения оценки и методы определения критериев, вес критериев, минимальные и обязательные требования [6];

– *процесс сертификации* – этапы, последовательное прохождение которых приводит к получению сертификата.

Оценка обычно проводится на нескольких этапах жизненного цикла здания или квартала города (проектирование и планирование, строительство, эксплуатация и т. д.). Необходимо принять во внимание, что процедура оценки должна быть прозрачна и понятна. Кроме того, должны быть указаны лица или организации, которые проводят оценку, используемый инструментарий и применяемые стандарты качества, документы, необходимые для проведения такой оценки.

Существует множество систем сертификации, обычно их классифицируют по такому признаку, как предмет оценки. Сначала появились системы, которые оценивают устойчивость зданий, однако на сегодняшний день они все больше направлены на оценку жилого комплекса (муниципалитета, микрорайона, квартала, соседства). Соседства и кварталы можно назвать новой формой городской публичности, они являются чем-то промежуточным между зданием и городом. Развитие этих форм способствует устойчивому развитию на более высоких уровнях.

Системы оценки. Работы по оценке соответствия градостроительных объектов принципам устойчивости развития ведутся во многих странах, особенно это распространено в развитых странах, т. к. все концепции развития таких государств соответствуют концепции устойчивого развития. Каждая страна разрабатывает свои системы сертификации в градостроительстве, которые соответствуют ее потребностям. Наибольшую известность получили следующие системы рейтинговой оценки устойчивости в градостроительстве:

BREEAM Communities – данная система была разработана в 1990 г. в Великобритании Научно-исследовательским центром по строительству (BRE). Стоит отметить, что эта система сертификации в градостроительстве является одной из самых старых и наиболее популярных систем рейтинговой оценки устойчивости в градостроительстве [7];

LEED-ND – это система сертификации США (1998 г.), разработанная Советом по экологическому строительству США (USGBC). Этот инструмент оценки в градостроительстве является самым известным и широко применяемым [8];

HQE-Aménagement (разработала Ассоциация за высокое качество окружающей среды (ASSOHQE), Франция, 1996 г.) – ведущая система оценки во Франции [9], обоснована и сформирована из объединения двух систем: LEED и BREEAM [10];

DGNB-NSQ (разработал Немецкий совет по устойчивому строительству (DGNB), Германия, 2009 г.) – это один из молодых сертификатов, ставший первым в Германии [11];

GreenStar Communities (разработал Совет по экологическому строительству Австралии, Австралия, 2002 г.) – ведущая система оценки и первая в Австралии [12];

CASBEE UD (разработал Совет по зеленому строительству Японии (JaGBC), Япония, 2001 г.) – самая креативная система и очень известна в Восточной Азии [13, 14].

Таблица 1

**Известные инструменты сертификации устойчивого развития
в градостроительстве**

| Инструмент сертификации | Сертификация для городских сообществ | Страна | Год |
|-------------------------|--------------------------------------|----------------|------|
| BREEAM | BREEAM Communities | Великобритания | 1990 |
| HQE | HQE-Aménagement | Франция | 1996 |
| LEED | LEED-ND | США | 1998 |
| CASBEE | CASBEE UD | Япония | 2001 |
| Green Star | GreenStar Communities | Австралия | 2002 |
| DGNB | DGNB-NSQ | Германия | 2009 |

Для сравнения систем сертификации могут применяться различные факторы. Инструменты сертификации сравниваются и оцениваются на основе рейтинговой системы оценки и её характеристики, уровней сертификации, фаз сертификации, процесса сертификации и критериев.

Системы сертификации и их основные характеристики. В табл. 2 систематизированы ключевые характеристики анализируемых систем сертификации. Следует заметить, что данное сравнение направлено не на выбор самой лучшей системы сертификации либо рекомендации какой-либо из них в качестве единого международного стандарта; в таблице представлены характеристики данных инструментов сертификации для сравнения, что позволяет выявить преимущества, недостатки и уникальность инструмента.

Система оценок. В системах сертификации можно выявить три основных различия.

Первое различие связано с весом, который имеет каждый критерий для оценки.

В DGNB этот вес, который указывает на значимость каждого критерия, считается от 1 до 3 для каждого критерия. По основным группам вес составляет 22,5 %, лишь качество процесса обладает весом в 10 %.

В системе BREEAM вес критериев различен, и, помимо этого, веса различаются по признаку места (в целом вес варьируется в границах 0,5–1,0). В основных группах нет конкретного веса.

LEED аналогична BREEAM, в зависимости от важности критерию может быть присвоен разный вес.

Таблица 2

Общие характеристики систем сертификации

| Системы сертификации | BREEAM Communities | LEED-ND | DGNB-NSQ | CASBEE UD | Green Star Communities | HQE-Aménagement |
|----------------------|---|--|---|---|--|--|
| Название | Building Research Establishment Environmental Assessment Method (for) Communities | Leadership in Energy and Environment Design – Neighborhood Development | German Sustainable Building Council – New City Districts | Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (for) Urban Development | Green Star Communities | Haute Qualité Environnementale Aménagement or HQE (High Quality Environmental standard (for) planning) |
| Разработчик | Научно-исследовательский центр по строительству (BRE) | Совет по экологическому строительству США (USGBC) | Немецкий совет по устойчивому строительству (DGNB) | Совет по зеленому строительству Японии (JaGBC) | Совет по экологическому строительству Австралии | Ассоциация за высокое качество окружающей среды (ASSOHQE) |
| Группы критериев | Климат и энергия, ресурсы, создание места назначения, транспорт, общество, экология, ресурсы, бизнес, здания, инновации | Умный рост и связь, модель и дизайн района, зеленая инфраструктура и здания, инновации, процесс проектирования | Экологическое качество, экономическое качество, социальное и функциональное качество, техническое качество, качество процесса | Окружающая среда, сервисные функции для обозначенной территории, вклад в местное сообщество, воздействие на окружающую среду, на микроклимат, фанд и ландшафт, социальная инфраструктура, управление местной средой | Управление, дизайн, жизнеспособность, экономическое процветание, окружающая среда, инновации | Энергия, окружающая среда, здоровье, комфорт |

Окончание табл. 2

| Системы сертификации | BREEAM Communities | LEED-ND | DGNB-NSQ | CASBEE UD | Green Star Communities | HQE-Aménagement |
|----------------------|--|---|---|---|---|---|
| Уровни сертификации | Выдающийся, отлично, очень хорошо, хорошо, пройдено, не классифицировано | Платина, золото, серебро, сертифицировано | Платина, золото, серебро, бронза | Отлично, очень хорошо, хорошо, удовлетворительно, плохо | 6 звезд, 5 звезд, 4 звезды, 3 звезды, 2 звезды, 1 звезда | 5 звезд, 4 звезды, 3 звезды, 2 звезды, 1 звезда |
| Фазы сертификации | Планирование, завершение проекта | Планирование, строительство, завершение проекта | Планирование, строительство, завершение проекта | Планирование, завершение проекта | Планирование, завершение проекта | Программа (предпроектный), проектирование, реализация, эксплуатация |
| Метод оценки | Сумма баллов, полученных от каждого критерия оценки | Баллы, полученные по отдельным критериям | Средняя суммарная оценка, полученная по отдельным критериям | Оценка производится путем сравнения показателей с эталонами | Средняя суммарная оценка, полученная по отдельным критериям | Оценки, полученные по отдельным критериям |

В HQE четыре основные цели (группы критериев) разделяются на 17 разных критериев оценки. Проект получает оценку для каждой цели, выраженную в соответствии с тремя порядковыми уровнями: базовый, исполнительский и высокоэффективный. Чтобы быть сертифицированным, проект должен показать эффективность как минимум в трех категориях, а базовый уровень – максимум в семи категориях. Эта рейтинговая система не оценивает каждую категорию по весовому коэффициенту, поскольку считается, что они имеют одинаковое значение в рамках всей системы оценки.

В Green Star пять основных целей (группы критериев) разделяются на 33 разных критерия оценки. Критерии помечены в соответствии с категорией, к которой они принадлежат. Система учитывает местоположение проекта в определенных категориях, что влияет на итоговую оценку. Каждый критерий имеет свой вес, и по итоговым оценкам вычисляется общая оценка (от 110 баллов). В зависимости от балла получается соответствующая звезда [12].

CASBEE, по сравнению с другими системами, отличается тем, что оценка производится с учетом показателя качества окружающей среды (или QUD). Данный показатель учитывает перспективное воздействие проектируемого градостроительного объекта на окружающую среду (выбросы в воду, почву и атмосферу, иные типы загрязнений). Такое воздействие именуют экологической нагрузкой (или LUD) [15].

Второе отличие заключается в «минимальном набранном балле».

Минимальный набранный балл в LEED определен как требование, а в BREEAM как обязательный критерий, т. е. определенные критерии обязательны и минимальный балл по этим критериям требуется в любых проектах. Это гарантирует, что конкретные основные элементы неотъемлемо присутствуют в проекте. В системе DGNB обязательные критерии отсутствуют, в каждой основной группе рассчитывается минимальное количество баллов. Окончательная оценка предмета определяется итоговой оценкой и этим фактором. Поэтому гарантируется минимальный уровень качества всех элементов проекта.

Третьим различием рассматриваемых рейтинговых систем сертификации является различие уровней рейтинга.

Процесс сертификации. В целом между шестью инструментами сертификации нет существенной разницы в уровнях, необходимых для сертификации. Иными словами, оценка начинается непосредственно с этапа регистрации проекта, заполнения необходимых документов для оценки и представления их в ответственный орган по сертификации. После проверки и оценки критериев происходит выдача сертификата. Методы подсчета рейтинга одинаковы для всех шести систем; единственным существенным отличием является LEED, не требующий наличия квалифицированного персонала для заполнения документов, их проверки и подачи. С другой стороны, наличие сертифицированного специалиста LEED (AP) считается плюсом для программы. Этапы сертификации по каждой системе наглядно представлены в табл. 3.

Процесс подготовки национальной системы рейтинговой оценки в градостроительстве состоит из следующих этапов: понимание состояния данной сферы на текущий момент; создание организаций на местах, неправительственных или правительственных департаментов; формирование нормативно-

правовых механизмов, которые дополняют и совершенствуют стандарты; заполнение или создание базы данных; формирование технических документов; предложение актуальной адаптированной системы сертификации; пилотный запуск системы; создание системы мониторинга.

Таблица 3

Сравнительная характеристика этапов сертификации

| BREEAM Communities | LEED-ND | DGNB-NSQ |
|--|--|---|
| Промежуточный сертификат (необязательно): этап планирования Итоговый сертификат: стадия после строительства | Условное утверждение плана Предварительный сертификат Сертификат: этап после строительства | Предварительный сертификат: планирование Сертификат: эксплуатация Сертификат: квартал после строительства |

Окончание табл. 3

| HQE-Aménagement | Green Star Communities | CASBEE UD |
|--|---|--|
| Планирование: желаемый сертификат Условное утверждение плана и документация Сертификат | Предварительный сертификат: планирование Итоговый сертификат Повторная сертификация (5 лет) | Планирование: желаемый сертификат/степень Условное утверждение плана и документации Конкретизация оценки Сертификат |

Критерии оценки. Устойчивость часто рассматривается как имеющая три основных аспекта или компонента – социальный, экономический и экологический, которые взаимосвязаны. Надо отметить, что каждый аспект равнозначен по отношению к другим основным аспектам, поэтому потерянным элементом в этих сертификатах является равновесие между аспектами. Критерии каждой системы сертификации устойчивого развития представлены в табл. 1–3 в целом. Сравнительный анализ критериев оценки устойчивого развития показал, что в разных системах оценки некоторым аспектам уделяется больше внимания, чем другим (табл. 4).

Таблица 4

Процентное отношение системы сертификатов устойчивого развития по основным аспектам устойчивого развития

| Название системы | Окружающая среда | Экономика | Социальная среда |
|------------------|------------------|-----------|------------------|
| LEED | 66 | 3,3 | 31 |
| BREEAM | 65 | 5,9 | 29 |
| DGNB | 34 | 29 | 37 |
| HQE | 40 | 2,4 | 58 |
| Green Star | 64 | 3,2 | 33 |
| Casbee | 43 | 25 | 32 |

В BREEAM Communities акцент делается на вопросы, связанные с транспортом, эффективным использованием ресурсов. В LEED-ND больше внимания уделяется местоположению проектируемой территории. Система DGNB-NSQ ориентирована на экономику проектирования, управление процессами и строительством. В HQE-Aménagement большая роль отводится социальным аспектам устойчивого развития. Система оценки Green Star Communities, как и CASBEE UD, сосредоточена на проблемах окружающей среды.

Выводы

Итак, изучение критериев и показателей в каждой из систем сертификации позволяет выделить следующие моменты:

DGNB акцентирует внимание на равновесии экологического, социального и экономического критериев устойчивого развития в отличие от остальных инструментов сертификации. DGNB-NSQ ориентирована на экономику проектирования, управление процессами и строительством.

LEED показывает наибольшую совместимость критериев и общих планов и элементов планирования территории. В LEED-ND большее внимание уделяется местоположению проектируемой территории.

BREEAM наибольшее внимание уделяет характеристике проекта и условиям окружающей среды. В BREEAM Communities акцент делается на вопросы, связанные с транспортом, эффективным использованием ресурсов.

HQE-Aménagement уделяет наибольшее внимание социальным аспектам устойчивости и охране окружающей среды. То есть в HQE-Aménagement большая роль отводится социальным аспектам устойчивого развития

Green Star Communities уделяет наибольшее внимание окружающей среде и вопросам управления.

В CASBEE UD разработчики постарались уравновесить влияние всех аспектов устойчивого развития и поэтому создали самую прогрессивную систему оценки, сосредоточив свое внимание на вопросах охраны окружающей среды [16].

Заключение

В статье рассмотрены актуальные вопросы сертификации и такие системы сертификации в сфере градостроительства, как DGNB, LEED, BREEAM, HQE, Green Star и CASBEE. Также был проведен сравнительный анализ обозначенных систем сертификации. Согласно результатам приведенного выше сравнения, системы рейтинговой оценки градостроительных объектов приняты в шести высокоразвитых странах (Великобритания, Франция, США, Япония, Австралия, Германия). Сравнительный анализ критериев оценки устойчивого развития показал, что в разных системах оценки некоторым аспектам уделяется больше внимания, чем другим. В BREEAM Communities акцент делается на вопросы, связанные с транспортом, эффективным использованием ресурсов. В LEED-ND большее внимание уделяется местоположению проектируемой территории. Система DGNB-NSQ ориентирована на экономику проектирования, управление процессами и строительством. В HQE-Aménagement большая роль отводится социальным аспектам устойчивого развития. Система оценки Green Star Communities, как и CASBEE UD, сосредоточена на проблемах окружающей среды.

В целом использование данных систем способствует устойчивому развитию общества. Под устойчивым развитием общества понимается баланс дости-

жения такого состояния, когда развитие экономики и социальной сферы не наносит вреда биосфере (экологии), и наоборот, когда акцентирование внимания на экологической составляющей не приводит к стагнации экономики страны и социальной сферы. Это поднимает основной вопрос о том, какие шаги необходимо предпринять для подготовки системы сертификации в других странах.

Процесс подготовки национальной системы рейтинговой оценки в градостроительстве состоит из следующих этапов: понимание состояния данной сферы на текущий момент времени; создание организаций на местах, неправительственных или правительственных департаментов; формирование нормативно-правовых механизмов, которые дополняют и совершенствуют стандарты; заполнение или создание базы данных; формирование технических документов; предложение актуальной адаптированной системы сертификации; пилотный запуск системы; создание системы мониторинга.

Можно резюмировать, что применение систем сертификации для контроля над осуществляемой градостроительной деятельностью способствует повышению качества проектов по развитию поселений. Ни одна из рассмотренных систем сертификации не является универсальной. Вместе с тем критерии оценки рейтинговых систем могут лечь в основу национальных систем оценки градостроительных проектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Coplák J., Rakšányi P.* Planning Sustainable Settlements. Slovakia, Bratislava : Slovak University of Technology, 2003. 112 p.
2. *Shen L.Y., Ochoa J.J., Shah M.N., Zhang X.* The application of urban sustainability indicators – A comparison between various practices // Habitat international. 2011. V. 35(1). Pp. 17–29.
3. *The DAC Guidelines: Strategies for Sustainable Development.* Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, 2001. 382 p.
4. *Reed R., Bilos A., Wilkinson S., Schulte K.W.* International comparison of sustainable rating tools. *Journal of sustainable real estate.* 2009. V. 1 (1). Pp. 1–22.
5. *Каширин М.М.* Совершенствование архитектурно-планировочной структуры малых городов региона Ближнего Востока на основе концепции устойчивого развития : специальность 05.23.23 : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры. Минск, 2017. 186 с.
6. *Каширин М.М.* Методологические основы и критерии оценки архитектурно-планировочной структуры малых городов Ирана с учетом требований устойчивого развития // Архитектура : сб. научных трудов. Минск, 2016. Вып. 9. С. 138–142.
7. *BREEAM communities assessor manual development planning application stage SD5065B.* Technical Manual. BRE Global Ltd, 2009. 184 p.
8. *LEED for neighborhood development a prescription for green healthy communities.* Council, U.G.B. URL: http://www.greenhomeguide.org/livinggreen/led_for_neighborhood_development.html. (дата обращения: 15.03.2009).
9. *Kyvelou S., Baer I., Sinou M., Papadopoulos T.* Developing a south-European eco-quarter design and assessment tool based on the concept of territorial capital. INTECH Open Access Publisher. 2012. P. 561–588.
10. *Fowler K.M., Rauch E.M.* Sustainable building rating systems summary. United States, Richland : Pacific Northwest National Lab.(PNNL), 2006. 55 p.
11. *DGNB Certification System.* Munich: DGNB (German Sustainable Building Council), 2008. 263 p.
12. *Green Star. Communities.* Australia: Green Building Council of Australia, 2017. 40 p.
13. *CASBEE-City.* Technical Manual. Japan : Japan Sustainable Building Consortium : Japan Sustainable Building Consortium : The committee for the development of an environmental performance assessment tools for cities, 2012. 63 p.

14. Haapio A. Towards sustainable urban communities // *Environmental Impact Assessment Review*. 2012. V. 32. № 1. Pp. 165–169.
15. Sharifi A., Murayama A. A critical review of seven selected neighborhood sustainability assessment tools // *Environmental Impact Assessment Review*. 2013. V. 38. Pp. 73–87.
16. Каширпур М.М. Рейтинговые системы оценки устойчивости в градостроительстве // *Архитектура : сб. научных трудов*. Минск : БНТУ, 2019. Вып. 12. С. 64–69.

REFERENCES

1. Coplák J., Rakšányi P. Planning sustainable settlements. Slovakia, Bratislava: Slovak University of Technology, 2003. 112 p.
2. Shen L.Y., Ochoa J.J., Shah M.N., Zhang X. The application of urban sustainability indicators – A comparison between various practices. *Habitat international*. 2011. V. 35(1). Pp. 17–29.
3. The DAC guidelines: Strategies for sustainable development. Paris: Organization for economic co-operation and development, 2001. 382 p.
4. Reed R., Bilos A., Wilkinson S., Schulte K.W. International comparison of sustainable rating tools. *Journal of Sustainable Real Estate*. 2009. V. 1 (1). Pp. 1–22.
5. Каширпур М.М. Сovershenstvovanie arkhitekturno-planirovochnoi struktury malykh gorodov regiona Blizhnego Vostoka na osnove kontseptsii ustoichivogo razvitiya: dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata arkhitektury [Improvement of architectural and planning structure of small towns in the Middle East region based on development concept. PhD Thesis]. Minsk, 2017. 186 p. (rus)
6. Каширпур М.М. Metodologicheskie osnovy i kriterii otsenki arkhitekturno-planirovochnoi struktury malykh gorodov Irana s uchedom trebovaniy ustoichivogo razvitiya [Methodological basics and evaluation criteria for urban structure and architecture of Iranian small city within sustainable development framework]. Minsk: Arkhitektura, 2016. V. 9. Pp. 138–142. (rus)
7. BREEAM communities assessor manual development planning application stage SD5065B. Technical Manual. BRE Global Ltd, 2009. 184 p.
8. LEED for neighborhood development a prescription for green healthy communities. Council, U.G.B. Available: www.greenhomeguide.org/livinggreen/led_for_neighborhood_development.html. (accessed March 15, 2009).
9. Kyvelou S., Baer I., Sinou M., Papadopoulos T. Developing a south-European eco-quarter design and assessment tool based on the concept of territorial capital. INTECH Open Access Publisher. 2012. Pp. 561–588.
10. Fowler K.M., Rauch E.M. Sustainable building rating systems summary. United States, Richland: Pacific Northwest National Lab., 2006. 55 p.
11. DGNB Certification System. Munich: German Sustainable Building Council, 2008. 263 p.
12. Green Star. Communities. Australia: Green Building Council of Australia, 2017. 40 p.
13. CASBEE-City, Technical Manual. Japan Sustainable Building Consortium, The committee for the development of an environmental performance assessment tools for cities, 2012. 63 p.
14. Haapio A. Towards sustainable urban communities. *Environmental Impact Assessment Review*. 2012. V. 32. No. 1. Pp. 165–169.
15. Sharifi A., Murayama A. A critical review of seven selected neighborhood sustainability assessment tools. *Environmental Impact Assessment Review*. 2013. V. 38. Pp. 73–87.
16. Каширпур М.М. Reitingovye sistemy otsenki ustoichivosti v gradostroitel'stve [Rating systems in urban design]. Minsk: Arkhitektura, 2019. V. 12. Pp. 64–69. (rus)

Сведения об авторе

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

Author Details

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

УДК 728.61

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-103-111

*М.А. РУБЛЕВ, Р.В. БУЛГАЧ,
Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет (Сибстрин)*

ФАКТОРЫ ТРАНСФОРМАЦИИ СЕЛЬСКОГО ЖИЛИЩА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (НА ПРИМЕРЕ СЕЛЬСКОГО ЖИЛИЩА НАЧАЛА XX ВЕКА КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Аннотация. В статье выявляется система факторов трансформации сельского жилища на примере формирования жилища Кемеровской области начала XX в. В рамках исследования определяется основная структура факторов трансформации, их взаимодействие и иерархичность системы факторов.

Актуальность темы заключается в обнаружении зависимостей между изменениями различных условий, оказывающих влияние на формирование сельского жилища, и непосредственными изменениями.

Целью данного исследования является вопрос построения факторов трансформации (формирования) архитектуры сельского жилища Западной Сибири и их взаимосвязи с изменениями в архитектуре сельского жилища.

Основные задачи исследования: выявление комплекса факторов, определяющих изменения архитектуры жилища, и специфики взаимодействия этих факторов.

В ходе работы использовались следующие методы: анализ источников и литературы по теме исследования, сравнительно-исторический метод при определении основных изменений архитектурных решений сельского жилища Притомья на период конца XX в., система этнографических методов полевого исследования для сбора необходимых материалов (интервьюирование, экспертные опросы, обмеры, фотофиксация).

Научная новизна исследования заключается в определении зависимостей между социокультурными, экономическими и иными изменениями и их влиянием на архитектуру жилища. Теоретической основой исследования являются работы сибирских историков, архитекторов и этнографов, таких как А.Ю. Майничева, В.А. Ильиных, Е.А. Ащепков, О.Н. Шелегина, Л.А. Скрябина, В.М. Кимеев, Б.Р. Рубаненко, К.К. Карташова, Р.В. Булгач и др.

Ключевые слова: архитектура сельской усадьбы, трансформация сельского жилища, факторы трансформации сельского жилища

Для цитирования: Рублев М.А., Булгач Р.В. Факторы трансформации сельского жилища Западной Сибири (на примере сельского жилища начала XX века Кемеровской области) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 6. С. 103–111.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-103-111

*M.A. RUBLEV, R.V. BULGACH,
Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering*

TRANSFORMATION OF RURAL HOUSING IN WESTERN SIBERIA (KEMEROVO REGION, THE 20TH CENTURY)

Abstract. Purpose: To suggest factors of transformation (formation) of rural dwelling architecture in Western Siberia. Identification of factors that determine changes in the dwelling archi-

ecture. Identification of the specifics of the factor interaction, which determine changes in architecture. *Methodology*: The analysis of the literature in the field, a comparative historical analysis of the main changes in the architectural solutions of a rural dwelling in Primorye at the end of the 20th century, ethnographic methods of the field research to collect materials for conducting research (interviewing, expert surveys, measurements, photo fixation). Study of works of Siberian historians, architects and ethnographers, namely A.Yu. Mainicheva, V.A. Ilinykh, E.A. Ashchepkov, O.N. Shelegina, L.A. Scriabin, V.M. Kimeev, B.R. Rubanenko, K.K. Kartashova. *Research findings*: The transformation of rural housing on the example of the Kemerovo region at the beginning of the 20th century. Determined are the main transformation factors, their interaction and hierarchy. *Originality*: Determination of relationships between sociocultural, economic and other changes as well as changes in the dwelling architecture.

Keywords: rural estate architecture, transformation of rural housing, factors of transformation of rural housing

For citation: Rublev M.A., Bulgach R.V. Faktory transformatsii sel'skogo zhilishcha Zapadnoi Sibiri (na primere sel'skogo zhilishcha nachala XX veka Kemerovskoi oblasti) [Transformation of rural housing in Western Siberia (Kemerovo region, the 20th century)]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 6. Pp. 103–111.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-103-111

На сегодняшний день тема трансформации (формирования) жилища является в достаточной мере изученной. Фундаментальное исследование Б.Р. Рубаненко и К.К. Карташовой «Жилая ячейка в будущем» [1] определило роль социально-экономических факторов формирования жилища в вопросе его дальнейшего изучения с возможностью применения системы факторов вне зависимости от типа городской структуры. Однако сельское жилище в рамках данного исследования осталось нерассмотренным, при этом оно имеет иные, нежели городское жилище, условия существования. Основные исследования, касающиеся вопросов формирования сельского жилища, носили характер анализа воздействия отдельных групп факторов, не рассматривая сельское жилище как сложную многокомпонентную систему. Принципиально работы, связанные с архитектурой сельского жилища, можно разделить на работы, связанные с теорией архитектуры сельского жилища и его историей. В работах А.Н. Сахарова [2, с. 12–24] рассматривается вопрос влияния природно-климатических и социально-экономических факторов, однако при этом автор не затрагивает вопросы влияния культурных особенностей региона, социальных условий на функциональные особенности жилища и вопрос его исторического развития. Аналогичные проблемы рассматриваются в исследованиях Р.В. Булгача [3, 4]. В работе А.Ю. Майничевой [5] раскрывается тема архитектурно-строительных традиций сельского жилища, в работах Л.А. Скрябиной [6], О.Н. Шелегиной [7] рассматриваются вопросы истории сельского жилища Западной Сибири. Следовательно, вопрос комплексного взаимодействия факторов формирования сельского жилища и объемно-планировочных, функционально-планировочных, декоративных и конструктивно-технологических решений остался не рассмотренным. Целью настоящего исследования является вопрос по-

строения многокомпонентной системы факторов трансформации (формирования) архитектуры сельского жилища Западной Сибири и их взаимосвязи с изменениями в его архитектуре.

Задачи исследования: выявление комплекса факторов, определяющих изменения архитектуры жилища; определение специфики взаимодействия факторов, обуславливающих изменения архитектуры.

Согласно исследованиям Б.Р. Рубаненко [1, с. 9], жилище как систему можно представить в виде трех групп влияния: «природа – общество – технология», изменения в любой из этих частей приводят к изменению жилой ячейки. Однако данная система не раскрывает непосредственно сам механизм трансформации жилища. Из существующих исследований наиболее полно вопрос трансформации раскрывается в работе С.А. Арутюнова «Народы и культуры: развитие и взаимодействие» [8, с. 165–169]. Так как сельское жилище является материальным отражением человеческой культуры, то совокупность опыта по его строительству, проектированию, его организации и пр. следует назвать архитектурно-строительными традициями, согласно понятию «традиция» по Э.С. Маркаряну [9]. Следовательно, независимо от источника создания объекта сельской архитектуры (будь то самострой либо профессиональная архитектура) систему архитектурного опыта можно рассматривать как традицию. Согласно С.А. Арутюнову, систему факторов трансформации культуры можно представить как систему, состоящую из уровня социально-экономического развития, где под социально-экономическим развитием можно принять систему социально-экономических факторов конкретно-исторической обстановки, т. е. влияние исторических событий и процессов, и природно-климатических условий, являющихся по сути природно-климатическими факторами. Изменениями природно-климатических факторов можно пренебречь, т. к. эти изменения несоизмеримо превышают сроки жизни конкретного сельского жилища, а на исторические процессы прямое и управляемое влияние оказывать невозможно, тогда к рассмотрению следует принять только социально-экономические факторы. Объединяя системы по С.А. Арутюнову и Б.Р. Рубаненко, можно получить систему факторов трансформации архитектуры сельского жилища (рис. 1), при которых природно-климатические факторы будут оказывать влияние непосредственно при выборе новых технологий, технологии же будут результатом выработки инноваций и их перехода в традицию. Принципиально систему социально-экономических факторов можно представить в виде двух групп (рис. 2): социокультурной, где происходит взаимодействие факторов, связанных с культурным обменом для выработки нового опыта, и социально-экономической, где происходит отбор тех или иных инноваций в текущих экономических условиях.

Применяя классификацию архитектурно-строительных традиций по А.Ю. Майничевой [5, с. 93], можно отметить, что описываемая система традиций отвечает и социальным факторам, и природно-климатическим, и технологическим, т. е. аспекту влияния технологий на различные архитектурные решения жилища.

Так как механизм инновации [8, с. 174–178] предполагает либо самостоятельную выработку нового опыта, т. е. инноваций, либо выработку на основе заимствований и последующей доработки тех или иных архитектурных реше-

ний, то социокультурные контакты необходимо разделить в зависимости от их типа. Согласно исследованию А.Ю. Майничей [5, с. 99], а также учитывая факт диахронности (последовательной передачи опыта от одного поколения другому) при передаче архитектурно-строительных традиций, принимая социокультурные факторы как отображение социального строя, для системы социокультурных контактов следует принять данную систему факторов (рис. 2):

- интенсивность межкультурных контактов (контакты различных этносов на одной сельской территории);
- интенсивность социальных контактов (контакты между сельскими жителями и иными социальными группами (горожане, архитекторы, профессиональные строители, ученые и пр.);
- диахронность межкультурных контактов (контакты между разными поколениями различных этносов в рамках одной сельской территории);
- диахронность социальных контактов (контакты между разными поколениями сельских жителей и иных социальных групп);
- диахронность внутренних контактов (контакты между разными поколениями одного этноса в границах одной сельской территории).

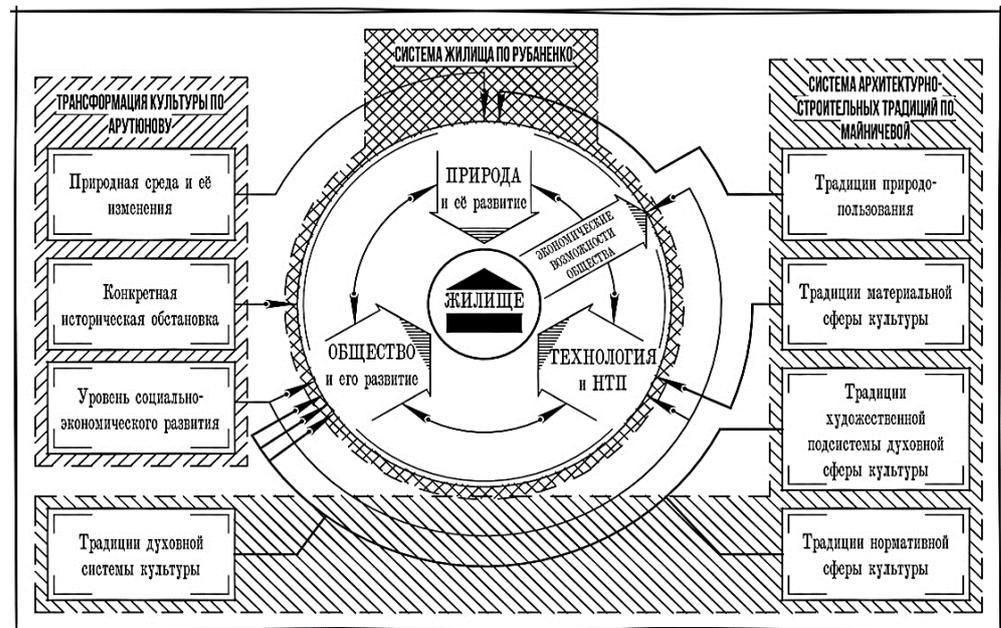


Рис. 1. «Объединенная» система факторов формирования жилища по Б.Р. Рубаненко и трансформации культуры по С.А. Арутюнову с системой распределения архитектурно-строительных традиций по А.Ю. Майничей

Со стороны экономических факторов, являющихся проявлением экономического строя, и, согласно исследованиям В.А. Ильиных [10], не тождественным укладу (социальному строю), единственным значимым фактором, влияющим на формирование архитектуры, будет уровень благосостояния.



Рис. 2. Классификация социально-экономических факторов формирования сельского жилища

Для подтверждения существования данных факторов необходимо рассмотреть вопрос их функционирования на примере трансформации архитектуры сельского жилища. Наиболее характерным в архитектуре сельского жилища Западной Сибири является период 1900–1930-х гг., связанный с активными социокультурными и экономическими изменениями.

Влияние фактора интенсивности межкультурных контактов наиболее очевидно отражается в планировочных решениях сельского жилища Западной Сибири. Так как для архитектуры сельского жилища в конце XIX и начале XX в. наиболее характерными планировочными решениями были дома-связи, одноклетные и пятистенки [11], то появление иных типов планировочных решений будет являться свидетельством влияния либо городской среды, либо иных культур. Согласно обследованиям в рамках архитектурно-этнографических экспедиций по Кемеровской области, на территориях Мариинского и Тяжинского районов были обнаружены не характерные для местных старожильческих культур типы планировочных решений домов Г-образной формы. По данным Л.А. Скрыбиной [12], такие дома принадлежали переселенцам из Витебской, Могилевской и Черниговской губерний, согласно опросам старожилов и жителей Тяжинского районов (А.П. Кубракова, 1955 г. р., директор музея с. Сандайка; А.А. Марцынюк, 1929 г. р., житель с. Борисоглебское Тяжинского района Кемеровской области), данные типы домов принадлежали переселенцам из Курской области, что подтверждает факт влияния интенсивности межкультурных контактов.

Влияние социальных контактов отчетливо видно в начале XX в. при появлении двухэтажных жилых домов и крестовиков на сельских территориях, более характерных для городской архитектуры г. Томска и г. Мариинска, что, в свою очередь, отмечали исследователи Е.А. Ащепков [11, с. 40], Л.А. Скрыбина [12].

Влияние диахронности межкультурных контактов отражается в последовательном заимствовании традиций и их унифицировании различными этносами. Наиболее красочным примером является массовый переход с соло-

менных на тесовые крыши в период 1900–1960-х гг. жителей сел Бороковка и Новотроицкое Тяжинского района Кемеровской области. Так как по происхождению жители села были латгальцами, то на первых этапах делали соломенные крыши, к 1980-м гг. данная традиция осталась только в хозяйственных постройках с. Новотроицкое (Н.Н. Башлакова, 1956 г. р., с. Бороковка). Аналогичным образом происходил переход от соломенных и камышовых крыш в с. Ступишино Тяжинского района Кемеровской области (А.Н. Жарова, 1932 г. р.). Влияние диахронности социальных контактов наиболее очевидно отражается в эволюции деревянных наличников городов Сибири [13] и последующей эволюции деревянных наличников на сельских территориях [11, с. 85–88]. Влияние же внутренней диахронности подтверждается самими понятиями традиции и преемственности.

Следует учесть, что факторы трансформации не взаимодействуют изолированно. При тех или иных социально-экономических изменениях происходит их комплексное влияние. Например, распространение сложных типов планировочных решений (двойные и тройные избы) (рис. 3) отмечено в старожильческих поселениях, находящихся в непосредственной близости от трактов между крупными поселениями (Томск – Мариинск; Томск – Кузнецкий острог). Такими поселениями являются Безменово, Проскоково, Варюхино, с. Красное (с. Брюхановское). Сведения о нахождении в данных поселениях сложных типов планировок (двойные и тройные избы) опубликованы в исследованиях А.Е. Ащепкова [11, с. 42–59]. Этот факт говорит об одновременном влиянии фактора интенсивности внутренней диахронности, т. к. данные типы жилищ расположены в старожильческих поселениях, и о факторе величины уровня благосостояния, т. к. такие дома требуют значительных трудозатрат, что возможно только при достижении более высокого уровня благосостояния, нежели у сельского жителя, проживающего в пятистенном или одноклетном доме.



Рис. 3. Жилой дом в с. Алаево Кемеровской области (по материалам А.Е. Ащепкова)

Выявлена зависимость между интенсивностью социальных контактов и распространением двухэтажных домов. Согласно исследованиям Л.А. Скрябиной, данные типы домов были найдены в с. Усть-Сосново (купец Ермолаев), д. Томилово, с. Красное [12], с. Тюменево (по материалам автора), в свою

очередь, согласно списку населенных мест Томской губернии за 1911 г. [14, с. 100, 362, 532], в данных поселениях есть торговые лавки, что косвенно свидетельствует о наличии в них купцов. Необходимость посещать город привела к контактам с городской средой и тяготению к городскому качеству жизни, что при наличии высокого уровня благосостояния позволило внедрять на сельских территориях новые типы планировочных решений.

Резюмируя вопрос о функционировании системы выведенных факторов формирования (трансформации) сельского жилища, следует сделать вывод о возможности существования данной системы, по крайней мере, в рамках 1900–1930-х гг. Для определения возможности функционирования такой системы в других временных рамках необходимо провести исследования в периоде XX в. в целом, что планируется осуществить в последующих исследованиях.

Заключение

Как отмечалось в исследованиях, опубликованных ранее, период 1900–1960-х гг. является ключевым в вопросе трансформации сельской архитектуры. Для определения основных изменений архитектуры сельского жилища в рамках данной работы был рассмотрен вопрос факторов трансформации архитектуры сельского жилища Западной Сибири. На основании исследованного материала был получен следующий вывод: на период 1900–1930-х гг. для сельского жилища Западной Сибири применима следующая система факторов трансформации:

- интенсивность межкультурных контактов (контакты различных этносов на одной сельской территории);
- интенсивность социальных контактов (контакты между сельскими жителями и иными социальными группами (горожане, архитекторы, профессиональные строители, ученые и пр.);
- диахронность межкультурных контактов (контакты между разными поколениями различных этносов в рамках одной сельской территории);
- диахронность социальных контактов (контакты между разными поколениями сельских жителей и иных социальных групп);
- диахронность внутренних контактов (контакты между разными поколениями одного этноса в границах одной сельской территории);
- уровень благосостояния.

Анализ изменений архитектуры Западной Сибири в период 1900–1930-х гг. показал, что выявленная система факторов трансформации применима к исследуемой области, верифицируема и описывает взаимосвязь и механизм трансформации сельского жилища Западной Сибири.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рубаненко Б.Р., Карташова К.К., Тонский Д.Г., Овсянников В.А. Жилая ячейка в будущем. Москва : Стройиздат, 1982. 198 с.
2. Сахаров А.Н. Жилые дома для сельского строительства на Севере. Ленинград : Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1984. 202 с.

3. Булгач Р.В. Архитектурное формирование сельского жилища Севера : специальность 18.00.02 : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Новосибирская государственная архитектурно-художественная академия. Новосибирск, 2007. 150 с.
4. Булгач Р.В., Симагин В.А., Некоторые вопросы генерации сельского жилища Зауралья // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2003. № 12. С. 88–94.
5. Майничева А.Ю. Архитектурно-строительные традиции крестьянства северной части Верхнего Приобья: Проблемы эволюции и контактов (середина XIX – начало XX в.). Новосибирск : Изд-во Института археологии и этнографии СО РАН, 2002. 144 с.
6. Скрябина Л.А. Русские Притомья. Историко-этнографические очерки (XVII – начало XX в.). Кемерово : Кузбассвузиздат, 1997. 130 с.
7. Шелегина О.Н. Очерки материальной культуры русских крестьян Западной Сибири (XVIII – первая половина XIX в.). Новосибирск : Наука, 1992. 252 с.
8. Арутюнов С.А. Народы и культуры. Развитие и взаимодействие / отв. ред. Ю.В. Бромлей ; АН СССР. Ин-т этнографии им. Н.Н. Миклухо-Маклая. Москва : Наука, 1989. 243 с.
9. Маркарян Э.С. Узловые проблемы теории культурной традиции // Советская этнография. 1981. № 2. С. 105–107.
10. Ильиных В.А. Аграрный строй в Сибири в XX веке: этапы трансформации // Ежегодник по аграрной истории Восточной Европы. 2012. № 1. С. 620–630.
11. Ащепков Е.А. Русское народное зодчество в Западной Сибири. Москва : Изд-во Академии архитектуры СССР, 1950. 140 с.
12. Скрябина Л.А., Стоянов А.М. Традиционная деревянная архитектура Кузбасса: крестьянское жилище в исторической ретроспективе // Ученые записки музея-заповедника «Томская Писаница». 2019. № 10. С. 64–82.
13. Крюкова Ю.Е., Шагов Н.В. Эволюция оконного проема деревянного городского жилища Сибири (XVII – начало XX в.) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2013. № 3 (40). С. 88–96.
14. Список населенных мест Томской губернии на 1911 год. Томск : Издание Томского губернского статистического комитета, 1911 (Типография губернского управления). 577 с.

REFERENCES

1. Rubanenko B.R., Kartashova K.K., Tonskii D.G., Ovsyannikov V.A. Zhilaya yacheika v budushchem [Residence in the future] Moscow: Stroiizdat, 1982. 198 p. (rus)
2. Sakharov A.N. Zhilye doma dlya sel'skogo stroitel'stva na Severe [Residential buildings for rural construction in the North]. Leningrad: Stroiizdat, 1984. 202 p. (rus)
3. Bulgach R.V. Arkhitekturnoe formirovanie sel'skogo zhilishcha Severa [Architecture of rural housing in the North]. Novosibirsk, 2007. 150 p. (rus)
4. Bulgach R.V., Simagin V.A. Nekotorye voprosy generatsii sel'skogo zhilishcha Zaural'ya [Rural housing generation in the Trans-Urals]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Stroitel'stvo*. 2003. No. 12. Pp. 88–94. (rus)
5. Mainicheva A.Yu. Arkhitekturno-stroitel'nye traditsii krest'yanstva severnoi chasti Verkhnego Priob'ya: Problemy evolyutsii i kontaktov (seredina XIX – nachalo XX v.) [Architectural and construction traditions of peasantry in northern part of the Upper Ob region: Problems of evolution and contacts (mid-19th and early 20th centuries)]. Novosibirsk, 2002. 144 p. (rus)
6. Skryabina L.A. Russkie Pritom'ya. Istoriko-etnograficheskie ocherki (17 – nachalo 20 vv.) [Russian Primorye. Historical and ethnographic essays (17–20th centuries)]. Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 1997. 130 p. (rus)
7. Shelegina O.N. Ocherki material'naya kul'tura russkikh krest'yan Zapadnoi Sibiri v XVIII – pervoi polovine XIX vv [Material culture of Russian peasants in Western Siberia in the 18–19th centuries]. Novosibirsk: Nauka, 1992. 256 p. (rus)
8. Arutyunov S.A. Narody i kul'tury. Razvitie i vzaimodeistvie [Peoples and cultures. Development and interaction]. Moscow: Nauka, 1989. 243 p. (rus)
9. Markaryan E.S. Uzlovye problemy teorii kul'turnoi traditsii [Key problems of cultural tradition theory]. *Sovetskaya etnografiya*. 1981. No. 2. Pp. 105–107. (rus)

10. *Il'nykh V.A.* Agrarnyi stroi v Sibiri v XX veke: etapy transformatsii [Agrarian system in Siberia in the 20th century: Stages of transformation]. *Ezhegodnik po agrarnoi istorii Vostochnoi Evropy*. 2012. No. 1. Pp. 620–630. (rus)
11. *Ashchepkov E.A.* Russkoe narodnoe zodchestvo v Zapadnoi Sibiri [Russian folk architecture in Western Siberia]. Moscow: Izdatel'stvo akademii arkhitektury SSSR, 1950. 140 p. (rus)
12. *Skryabina L.A., Stoyanov A.M.* Traditsionnaya derevyannaya arkhitektura Kuzbassa: krest'yanskoe zhilishche v istoricheskoi retrospektive [Traditional wooden architecture of Kuzbass: Peasant dwelling in historical retrospective]. *Uchenye zapiski muzeya-zapovednika "Tomskaya Pisanitsa"*. 2019. No. 10. Pp. 64–82. (rus)
13. *Kryukova Yu.E., Shagov N.V.* Evolyutsiya okonnogo proema derevyannogo gorodskogo zhilishcha Sibiri (XVII – nachalo XX v.) [Evolution of window area in town wooden houses of Siberia (17th and early 20th centuries)]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2013. No. 3(40). Pp. 88–96. (rus)
14. Spisok naseleennykh mest Tomskoi gubernii na 1911 god [List of populated places in the Tomsk province for 1911]. Tomsk, 577 p. (rus)

Сведения об авторах

Рублев Матвей Анатольевич, аспирант, ассистент, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113, teodrub@yandex.ru

Булгач Рубэн Вячеславович, канд. архитектуры, доцент, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113.

Authors Details

Matvei A. Rublev, Research Assistant, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, 113, Leningradskaya Str., 630008, Novosibirsk, Russia, teodrub@yandex.ru

Ruben V. Bulgach, PhD, P/Assistant, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, 113, Leningradskaya Str., 630008, Novosibirsk, Russia.

УДК 33.332.1.338.49

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-112-118

*М.В. УСТИНОВА, А.А. ЯРЛАКАБОВ,
Томский государственный архитектурно-строительный университет*

МЕХАНИЗМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПОЛИТИКИ В МУНИЦИПАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Аннотация. Современные подходы к понятию «благоустроенное жилье» уже не отражают в полной мере весь спектр запросов населения к уровню и наличию необходимых благ для комфортной жизни.

По факту благоустроенность вышла за рамки только жилищных условий. Обеспечение комфортной жизни на строящихся территориях возможно только при правильной системе планирования, взаимовязанности планов всех уровней власти.

Грамотная стратегия и понятная линия, учет интересов всех заинтересованных лиц, и прежде всего жителей, позволит достигнуть стратегических целей общего социально-экономического развития территории.

Ключевые слова: муниципальное планирование, градостроительная политика муниципальных образований, планирование территории, благоустройство, комфортное проживание, ЖКК

Для цитирования: Устинова М.В., Ярлакабов А.А. Механизмы совершенствования градостроительной политики в муниципальном образовании // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 6. С. 112–118.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-112-118

*M.V. USTINOVA, A.A. YARLAKABOV,
Tomsk State University of Architecture and Building*

MECHANISMS OF URBAN POLICY IMPROVEMENT IN MUNICIPALITY

Abstract. Modern approaches to the comfortable housing do not fully reflect the full range of the population's requests for the level and availability of necessary goods for a comfortable life. In fact, well-being has gone beyond just housing conditions. Ensuring a comfortable life in the territories under construction is possible only through a competent planning system, interconnectedness of plans at all governmental levels. A competent strategy and clear line with respect to the interests of all residents, will allow achieving the strategic goals of the overall socio-economic development of the territory.

Keywords: municipal planning, urban planning policy, territory planning, landscaping, comfortable living, housing

For citation: Ustinova M.V., Yarlakabov A.A. Mekhanizmy sovershenstvovaniya gradostroitel'noi politiki v munitsipal'nom obrazovanii [Mechanisms of urban policy improvement in municipality]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 6. Pp. 112–118.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-112-118

Сложившиеся стереотипы восприятия жилищно-коммунального комплекса в российской действительности неразрывны с определением степени благоустройства жилищных условий граждан. Так по запросу об определении благоустроенности жилья мы получим отсылку к ст. 89 Жилищного кодекса Российской Федерации. Благоустроенным считается жилое помещение, равноценное по общей площади ранее занимаемому жилому помещению, отвечающее санитарным и техническим нормам и требованиям, а также иным требованиям законодательства и находящееся в черте соответствующего поселения [1]. Жилищное законодательство исходит из того, что жилое помещение должно быть благоустроенным применительно к условиям конкретного населенного пункта. К элементам благоустройства относятся, в частности, водопровод, центральное отопление, электрическое освещение и другие виды коммунальных удобств. Уровень благоустройства в разных населенных пунктах неодинаков: обычно в городах он выше, в сельской же местности полностью благоустроенными чаще всего являются лишь многоквартирные (МКД) жилые дома. Степень благоустройства – это наличие внутридомовых инженерных коммуникаций и оборудования многоквартирного или жилого дома, используемых для предоставления потребителям коммунальных услуг. Поэтому содержание понятия «благоустроенное жилое помещение» зависит от степени благоустройства жилищного фонда социального использования, имеющегося в конкретном населенном пункте.

Таким образом, законодатель нас отсылает к пониманию благоустройства как обеспеченности основными коммунальными ресурсами, при этом, конечно, разделяя возможности и специфику благоустройства частного сектора и многоквартирных домов. На наш взгляд, данное понимание благоустройства суживает фактическое значение этого термина. Понимание благоустроенного жилья, в части наличия систем отопления и водоотведения, в современном обществе уже не удовлетворяет и не соответствует запросам населения, не может быть индикатором качественного уровня жизни населения. Сам термин «благоустроенное жилье» уже давно подразумевает наличие всех благ, которые могут быть предоставлены в современной жизни людям в населенных пунктах, будь то городская или иная комплексная застройка. При этом блага, которые предоставляются в существующем цивилизованном обществе, не могут ограничиваться только наличием предоставленных коммунальных услуг, таких как водоснабжение и водоотведение, теплоснабжение и электроснабжение, в ряде случаев еще газоснабжение. Авторами предлагается при определении благоустроенности отталкиваться от наличия на территории объектов, которые определяют комфорт проживания, это и объекты жилищно-коммунального комплекса, и не меньшие по востребованности объекты социального и культурно-массового обеспечения потребностей граждан.

Это подтверждается и уровнем удовлетворенности жителей новых микрорайонов, проведенный авторами мониторинг социальных сетей г. Томска, чатов и групп общения жителей новых микрорайонов (Южные ворота, Зеленые горки, Северный парк) позволил выявить основные группы вопросов, решение которых, по мнению жителей, могло бы значительно улучшить их восприятие и качество благоустроенности их жилищных условий в этих микрорайонах.

Одним из первых вопросов, с которым сталкиваются жители новых, современных микрорайонов Томска и Томского района, это решение вопросов транспортной доступности. Решение с застройкой и освоением новых земельных участков в г. Томске, да и в других городах, основывается на освоении периферических земель. Ведущийся ранее и практикуемый путь застройки через поиск подходящих земельных участков в центре города, так называемая точечная застройка, присутствует и поныне, но она не может удовлетворять все потребности, отрицательно сказывается в итоге на облике города и создает дополнительную потребность в парковочных местах, что для г. Томска уже критично.

Строительство микрорайонов позволяет решать целый ряд проблем, а самое главное – это относительная дешевизна крупных земельных участков, как правило, земель сельхозназначения, которые впоследствии переводятся под вид назначения «для строительства многоквартирных домов». Авторы в данном случае отдают отчет в том, что названные микрорайоны территориально находятся в разных муниципальных образованиях, но в связи с тем, что специфика строительства данных мегарайонов и микрорайонов ведется для удовлетворения потребности в жилье, как правило, жителей г. Томска, и по факту они выполняют роль спальных районов города, с отсутствием производственных точек и иных предприятий. Структура занятости населения ограничивается сферой услуг и торговыми точками, специфическими для спальных городских районов.

Основная проблема освоения и застройки – это то, что разработка проектов планировки микрорайонов, таких как Южные ворота, Зеленые горки и др. в г. Томске, содержит в себе планы строительства объектов социального назначения, однако часто по факту планы не являются жесткими нормативными документами, обязательными для исполнения, в них могут вноситься изменения, что очень ярко представлено на примере строительства Южных ворот. Первоначальный план содержал школу с гораздо большим количеством мест, чем та, которая в итоге была построена.

Исходя из оценки жителей уровня комфортного проживания и минимального набора благ, авторами выделены первоначальные элементы, соответствующие запросам современного общества. Проанализировав запросы населения в Зональненском сельском поселении и выделив две основные группы освоения земель, авторы предложили классифицировать их на городскую-сельскую застройку и микрорайоны частной застройки. К городской-сельской застройке относятся такие мегарайоны, как Южные ворота, жители которого ощущают и идентифицируют себя с горожанами, по факту являясь сельскими жителями. Соответственно, уровень благоустроенности и комфорта должен быть максимально приближен к общепринятым городским стандартам. Так, в районах с многоэтажной застройкой сфера жилищно-коммунальных услуг представлена большим количеством предприятий.

Элементы благ для жителей МКД городских-сельских территорий представлены на рис. 1.

Содержание сферы здравоохранения для удовлетворения первичных нужд заключается в наличии в шаговой доступности таких объектов, как поликлиника, станция скорой медицинской помощи или станция неотложной медицинской помощи. По проведенным исследованиям как раз отсутствие

поликлиники в Южных воротах на начальном этапе привело к снижению удовлетворённости жителей уровнем благоустройства территории. Если ваш ребенок болеет и вы не можете оперативно обратиться к врачу, никакое наличие детских площадок не даст вам удовлетворения от места вашего проживания.



Рис. 1. Элементы благ для жителей МКД городских-сельских территорий

Структура основных элементов благоустройства приводится на рис. 2, 3.

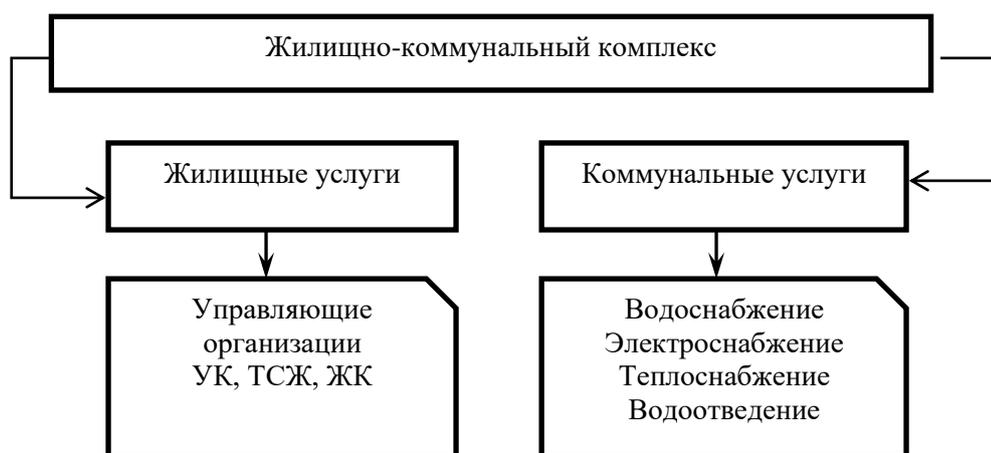


Рис. 2. Структура жилищно-коммунального комплекса

Элементы социокультурной сферы являются наиболее емкими (рис. 3). Сюда относятся досуговые и образовательные учреждения, наличие которых сказывается на восприятии и общем развитии территории.

Обеспеченность образовательными услугами относится к одному из основных полномочий муниципалитетов. И именно нерешенность этого вопроса на этапе первых продаж квартир стала фактором снижения привлекательности этого района для молодых семей. Несмотря на программу льгот молодым семьям, школа на первоначальном этапе была предоставлена первым жителям

Южных ворот в Мирненском сельском поселении, что, конечно, сразу снизило рейтинги самого района среди населения, а также способствовало тому, что жители предпочитали не регистрироваться по месту жительства, чтобы не потерять право прикрепиться к школам предыдущего места пребывания и иные возможности. Таким образом, схема выделения денег на строительство социального объекта в зависимости от количества проживающих сразу дала сбой. Нужно признать, что такой метод планирования и подход к финансированию строительства объектов здравоохранения и объектов образовательных учреждений совершенно неактуален в местах, где происходит масштабная застройка. На этапе планирования микрорайона уже известна его потенциальная емкость, в этой связи застройка социальной сферы должна вестись параллельно с жилищной застройкой.

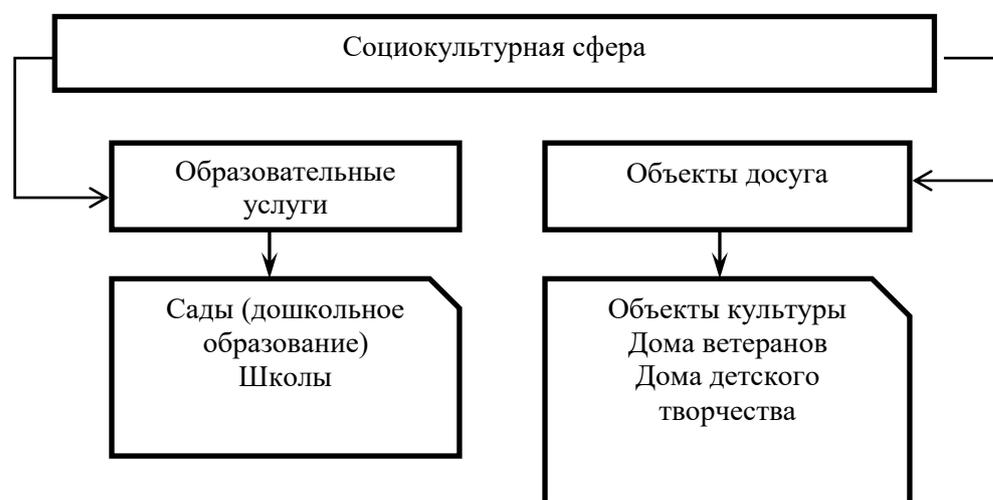


Рис. 3. Элементы социокультурной сферы

Это тем отчётливее бросается в глаза, когда строительство объектов торговли идет параллельно со строительством жилых домов. Почему коммерческое строительство опережает орган планирования развития территории, субъект Федерации и администрацию области, района? Это при любом объяснении расценивается населением как неэффективность работы структур власти региона.

К элементам дорожной сферы хочется отнести обеспеченность дорогами, парковочными местами и развитием общественно-маршрутной схемы движения. Авторы проанализировали удовлетворенность жителей по этим показателям. Удовлетворенность жителей новых микрорайонов находится на крайне низком уровне. Запуск развязки на 76-м км лишь немного снизил нагрузку на микрорайон Южных ворот, но проблема не может считаться решенной.

В заключение следует отметить, что, согласно принятой Стратегии развития Томской области, одной из целей социально-экономического развития до 2030 г. значится цель 4: «Сбалансированное территориальное развитие за счет развития инфраструктуры в Томской области».

Но это совершенно не коррелируется с современным планированием. Значительное отставание в планировании и расходовании бюджетных средств на объекты здравоохранения и образования, развитии транспортных схем способствует напряжению в гражданском обществе, неудовлетворительными оценками работы органов администрации простыми жителями. По мнению авторов статьи, без пересмотра подходов к развитию освоенных территорий и планируемых к освоению масштабные застройки будут встречать сопротивление граждан. Уровень удовлетворённости и благоустройства в широком смысле для города и областного центра будет оставаться крайне низким. Только комплексный подход, соблюдение интересов не только застройщика, а прежде всего тех жителей, которые будут жить в строящихся мегарайонах, смогут повысить привлекательность таких новостроек и рейтинг власти в регионе.

Долгосрочное планирование, планирование на опережение проблем, увязывается со Стратегией пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 г., одним из пунктов которой значится: обеспечение скоординированных действий федеральных органов исполнительной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, субъектов естественных монополий по реализации приоритетов пространственного развития Российской Федерации. Приоритетами пространственного развития Российской Федерации до 2025 г. являются: опережающее развитие территорий с низким уровнем социально-экономического развития, обладающих собственным потенциалом экономического роста, а также территорий с низкой плотностью населения и прогнозируемым наращиванием экономического потенциала; развитие перспективных центров экономического роста с увеличением их количества и максимальным рассредоточением по территории Российской Федерации; социальное обустройство территорий с низкой плотностью населения с недостаточным собственным потенциалом экономического роста [2].

Соблюдение всех принципов слаженности всех органов власти при территориальном планировании будет способствовать решению пятой цели стратегии Томской области: «Эффективное управление регионом» [3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Российская Федерация. Законы. Жилищный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 188-ФЗ (ред. от 07.10.2022)* // Консультант Плюс : справочная правовая система. URL: <http://www.consultant.ru/>
2. *Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года* // Министерство экономического развития Российской Федерации. URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/regionalnoe_razvitie/strategicheskoe_planirovanie_prostranstvennogo_razvitiya/strategiya_prostranstvennogo_razvitiya_rossiyskoy_federacii_na_period_do_2025_goda/
3. *Стратегия социально-экономического развития Томской области до 2030 года* // Томская область : официальный интернет-портал Администрации Томской области. URL: <https://tomsk.gov.ru/strategija-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-tomskoj-oblasti-do-2030-goda>

REFERENCES

1. Rossiiskaya Federatsiya. Zakony. Zhilishchnyi kodeks Rossiiskoi Federatsii ot 29.12.2004 N 188-FZ (red. ot 07.10.2022) [Russian Federation. Laws. Housing Code of the Russian Federation N 188-FZ, 29.12.2004]. Konsul'tant Plyus: spravoch'naya pravovaya sistema [Consultant Plus: legal reference system]. Available: www.consultant.ru/ (rus)
2. Strategiya prostranstvennogo razvitiya Rossiiskoi Federatsii na period do 2025 goda [Strategy for spatial development of the Russian Federation for the period up to 2025]. Ministerstvo ekonomicheskogo razvitiya Rossiiskoi Federatsii [Ministry of Economic Development of the Russian Federation]. Available: www.economy.gov.ru/material/directions/regionalnoe_razvitiye/strategicheskoe_planirovaniye_prostranstvennogo_razvitiya/strategiya_prostranstvennogo_razvitiya_rossiyskoy_federatsii_na_period_do_2025_goda/ (rus)
3. Strategiya sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Tomskoi oblasti do 2030 goda [Strategy of socio-economic development of the Tomsk region until 2030]. Available: <https://tomsk.gov.ru/ctategija-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitija-tomskoj-oblasti-do-2030-goda> (rus)

Сведения об авторах

Устинова Мария Владимировна, канд. экон. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, ustinovoi@yandex.ru

Ярлакабов Аброрбек Абдукахарович, инженер-исследователь, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, yaa@tsuab.ru

Authors Details

Mariya V. Ustinova, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, ustinovoi@yandex.ru

Abrorbek A. Yarlakabov, Research Engineer, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, yaa@tsuab.ru

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

УДК 693.22:624.04

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-119-128

И.И. ПОДШИВАЛОВ¹, И.А. АНДРИЕНКО²,

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет,

²ООО «СПТЦ»

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОДНОЭТАЖНОГО КАРКАСНОГО ЗДАНИЯ, ПОЛУЧИВШЕГО ПОВРЕЖДЕНИЯ

Аннотация. Объектом исследования является одноэтажное каркасное здание из сборного железобетона на монолитной фундаментной плите, расположенное в сейсмическом районе.

Цель работы – моделирование напряженно-деформированного состояния одноэтажного каркасного здания, получившего повреждения после выполнения инструментального обследования, с учетом повреждений кирпичной кладки самонесущих стен, полученных при ранее произошедших землетрясениях.

Строительство каркасного здания было выполнено без учета возможных сейсмических воздействий. После изучения материалов инженерно-геологических изысканий, анализа конструктивной схемы каркасного здания и фундамента на естественном основании было выполнено моделирование напряженно-деформированного состояния здания в ПК МiсroFe с разработкой расчетной модели в системе «основание – фундамент – здание».

Полученные результаты позволили обеспечить надежность каркасного здания путем реализации технических решений по восстановлению его эксплуатационной пригодности в условиях возможного сейсмического воздействия.

Ключевые слова: здание, моделирование, напряженно-деформированное состояние, расчетная модель, расчетная схема, сейсмическое воздействие

Для цитирования: Подшивалов И.И., Андриенко И.А. Моделирование напряженно-деформированного состояния одноэтажного каркасного здания, получившего повреждения // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 6. С. 119–128.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-119-128

I.I. PODSHIVALOV¹, I.A. ANDRIENKO²,
Tomsk State University of Architecture and Building,
² ООО “SPTTs”

FINITE ELEMENT MODELING OF STRESS-STRAIN STATE OF DAMAGED ONE-STOREY FRAME BUILDING

Abstract. *Purpose:* Stress-strain state simulation of the one-story prefabricated reinforced concrete building on a monolithic foundation slab damaged after instrument-aided structural survey, including damage to the self-bearing brickwork caused by earlier earthquakes. This frame building is constructed without consideration of seismic impacts. *Methodology:* Engineering-geological survey, structural analysis, finite element modeling in the MicroFe software, development of the base–foundation–building model. *Practical implications:* The obtained results are used to provide the reliability of the frame building by implementing technical solutions on restoration of its serviceability in seismic conditions.

Keywords: building, modeling, stress-strain state, design model, analytical model, seismic load

For citation: Podshivalov I.I., Andrienko I.A. Modelirovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya odnoetazhnogo karkasnogo zdaniya, poluchivshego povrezhdeniya [Finite element modeling of stress-strain state of damaged one-storey frame building]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 6. Pp. 119–128. DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-119-128

Рассматриваемое одноэтажное здание без подвала прямоугольной формы в плане имеет размеры по осям 12×30 м. Высота здания от уровня поверхности земли до отметки конька крыши составляет 11,7 м.

По конструктивной схеме здание каркасного типа, состоит из шести поперечных рам пролетом 12 м, установленных с шагом 6 м. Поперечные рамы выполнены из сборных железобетонных колонн сечением 300×300 мм, заделанных снизу в монолитные стаканы, которые, в свою очередь, опираются на монолитную фундаментную плиту (далее МФП) толщиной 300 мм, что на 100 мм меньше минимально допустимой конструктивной толщины МФП. Опорная часть колонн жестко заделана в стаканах фундамента. На колоннах расположены сборные железобетонные ригели сечением 180×900 (*h*) мм длиной 12 м. Сопряжение ригелей с колоннами шарнирное. На ригелях устроены сборные железобетонные ребристые плиты размером в плане 1,5×6 м высотой 300 мм. Наружные стены толщиной 510 мм выполнены в виде кладки из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе. Пол бетонный. Крыша двухскатная деревянная.

При обследовании здания было установлено, что продольное армирование колонн выполнено в виде четырех стержней 2Ø25 + 2Ø18 А400. В качестве нижней продольной арматуры ригеля используются стержни 2Ø22 А400. Прочность бетона колонн и ригелей соответствует классу В30.

В МФП армирование выполнено в виде верхней и нижней сеток со стержнями Ø12/200 А400. Поперечная арматура не обнаружена. Прочность бетона МФП соответствует классу В15.

При освидетельствовании здания в наружных кирпичных стенах были обнаружены трещины шириной раскрытия в несколько миллиметров с учетом того, что в основании здания, до изученной глубины 12 м, залегает скальный грунт – гранодиориты прочные слабыветрелые слаботрещиноватые неразмываемые, которые характеризуются плотностью в природном сложении $\rho = 2,63 \text{ т/м}^3$, пределом прочности на одноосное сжатие $R_c = 78,2 \text{ МПа}$. В таких инженерно-геологических условиях неравномерные осадки основания под подошвой МФП мало вероятны. В то же время, по данным статистических наблюдений, при эксплуатации здания на рассматриваемой территории происходили землетрясения, что с высокой вероятностью послужило причиной образования трещин в кирпичных стенах.

Моделирование взаимодействия надземных конструкций, фундамента и основания здания в настоящее время является достаточно актуальным [1, 2]. В качестве основных критериев рассматриваются деформации (осадки) здания и его основания в целом [3, 4]. В соответствии с результатами мониторинга зданий [5–7] моделирование их напряженно-деформированного состояния рекомендуется определять расчетом в объемной постановке в системе «основание – фундамент – здание».

Расчетная модель, которая может наиболее полно отразить конструктивную схему здания, является одним из важнейших факторов при определении напряженно-деформированного состояния строительных конструкций, фундаментов и основания [8, 9]. Верифицированный ПВК MicroFe позволяет выполнить конечно-элементное моделирование системы «основание – фундамент – здание» [10].

По конструктивной схеме здания и инженерно-геологических условий площадки в ПВК MicroFe были разработаны две расчетные модели, в которых наружные кирпичные стены, диск чердачного перекрытия и МФП моделировались конечным элементом типа «плоский прямоугольный элемент оболочки», колонны, стаканы фундамента, ригели, элементы металлических конструкций моделировались конечным элементом типа «стержень». Грунтовое основание под МФП принималось в виде однослойного скального основания из объемных конечных элементов с заданием модуля деформаций и коэффициента Пуассона. Расчеты выполнялись в линейной постановке.

Расчетная модель № 1, разработанная на основе конструктивной схемы существующего здания, приведена на рис. 1.

Расчетная модель № 2, разработанная с учетом технических решений по восстановлению эксплуатационной пригодности здания, представлена на рис. 2.

В каждой разработанной модели расчеты были выполнены в двух расчетных схемах:

– расчетная схема № 1 – на основное сочетание расчетных статических нагрузок в здании на податливом основании;

– расчетная схема № 2 – на особое сочетание нагрузок, полученное путем снижения расчетных значений статических нагрузок и добавления расчетных сейсмических нагрузок из динамического расчета, в здании на жестком основании.

Фоновая сейсмическая интенсивность принята 8 баллов по MSK-64.

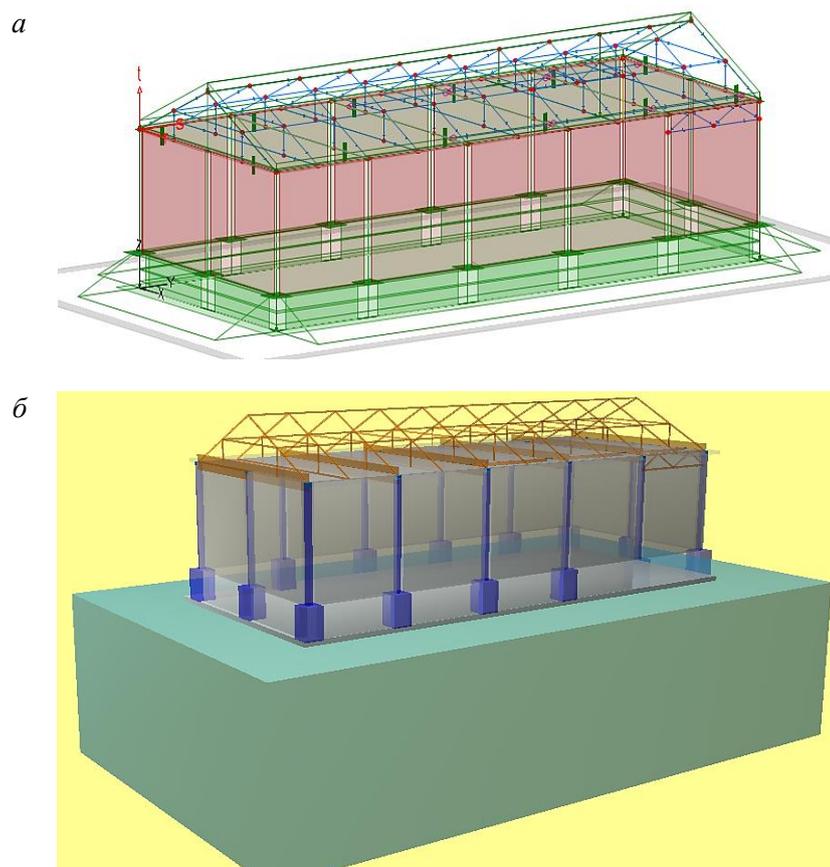


Рис. 1. Расчетная конечно-элементная модель № 1 (*a*) и ее визуализация (*б*)

Проектный коэффициент ответственности для расчета на сейсмостойкость $K_0 = 1,1$. Сейсмические нагрузки соответствуют уровню ПЗ (проектное землетрясение).

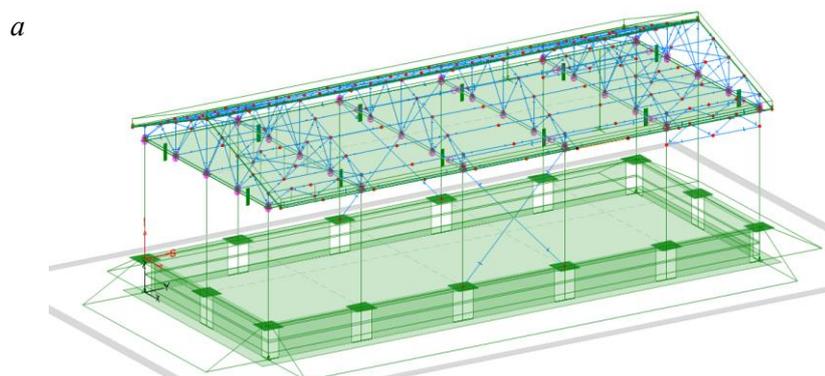


Рис. 2. Расчетная конечно-элементная модель № 2 (*a*) и ее визуализация (*б*) (окончание см. на с. 123)

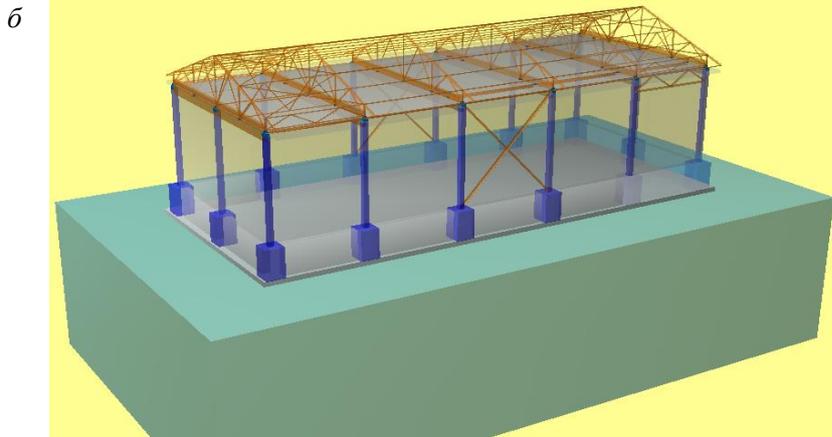


Рис. 2. Окончание (начало см. на с. 122)

В расчетной схеме № 1 расчетной модели № 1 конструктивный расчет показал (рис. 3), что прочность ригеля не обеспечена, т. к. сечение одного стержня необходимой нижней продольной арматуры составляет $A_{sp} = 29,01 \text{ см}^2/\text{м} \cdot 0,25 \text{ м} = 7,3 \text{ см}^2 - \text{Ø}32 \text{ A400}$ при фактическом значении $A_{sf} = 3,8 \text{ см}^2 - \text{Ø}22 \text{ A400}$. Здесь 0,25 м – шаг продольных стержней ригеля.

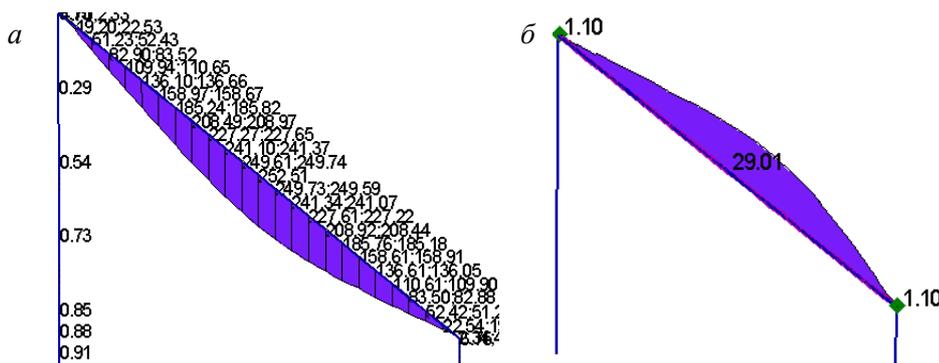


Рис. 3. В расчетной схеме № 1 расчетной модели № 1:
 а – эпюры изгибающих моментов (кНм) в поперечной раме; б – эпюра продольного армирования (см²/м) ригеля

В расчетной схеме № 2 расчетной модели № 1 из конструктивного расчета МФП получено, что кроме продольной арматуры в верхней и нижней сетках требуется также и поперечная арматура под стаканами фундамента (рис. 4). Необходимое расчетное армирование должно составлять:

- верхнее продольное армирование по осям *X* и *Y* – в интервале Ø6–12 A400/200;
- нижнее продольное армирование по осям *X* и *Y* – в диапазоне Ø12–16 A400/200;
- поперечное армирование под стаканами фундамента – 6,7 см²/м².

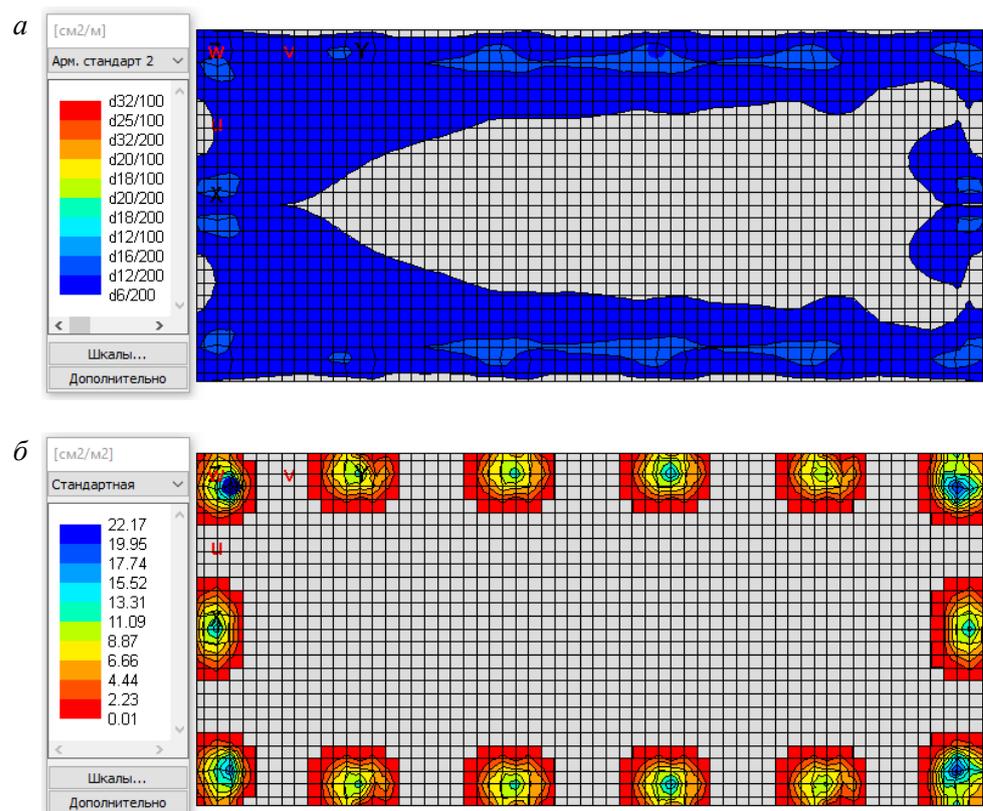


Рис. 4. Расчетное армирование МФП в расчетной схеме № 2 расчетной модели № 1:
 а – нижнее продольное армирование по оси X; б – поперечное армирование под
 стаканами фундамента

Таким образом, после выполнения расчетов в расчетной модели № 1 для восстановления эксплуатационной пригодности здания появилась необходимость в разработке следующих технических решений:

1. Разобрать существующую кирпичную кладку наружных стен.
2. Демонтировать существующую деревянную крышу.
3. Наружные стены и кровлю выполнить из легких металлических сэндвич-панелей.

4. Разработать конструкцию металлического покрытия, частично разгружающего существующие ригели каркаса, с образованием сталежелезобетонной конструкции. В этом случае опорные узлы ребристых плит чердачного перекрытия с помощью вертикальных металлических стержней подвешиваются к узлам нижнего пояса новых металлических ферм.

Далее приводятся результаты расчета в расчетной модели № 2.

В расчетной схеме № 1 конструктивный расчет показал (рис. 5), что прочность ригеля обеспечена, т. к. величина сечения одного стержня необходимой нижней продольной арматуры стала составлять $A_{sp} = 15,31 \text{ см}^2/\text{м} \cdot 0,25 \text{ м} = 3,8 \text{ см}^2 - \text{Ø}22 \text{ A400}$ при фактическом значении $A_{sф} = 3,8 \text{ см}^2 - \text{Ø}22 \text{ A400}$.

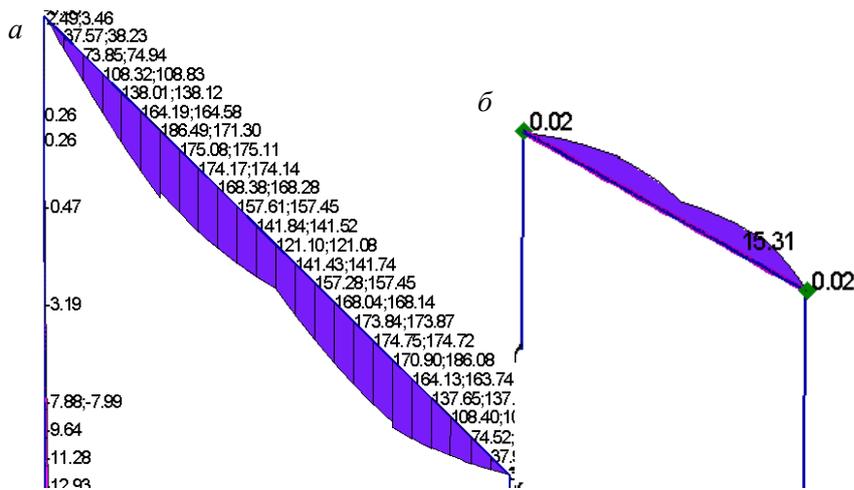


Рис. 5. В расчетной схеме № 1 расчетной модели № 2:
 а – эпюры изгибающих моментов (кНм) в поперечной раме; б – эпюра продольного армирования (см²/м) в ригеле

В расчетной схеме № 2 из конструктивного расчета МФП получено, что величина необходимой продольной арматуры в верхней и нижней сетках находится в диапазоне Ø6–12А400/200 (рис. 6). Расчетное поперечное армирование не требуется. Таким образом, полученное расчетное армирование МФП соответствует ее фактическому армированию.

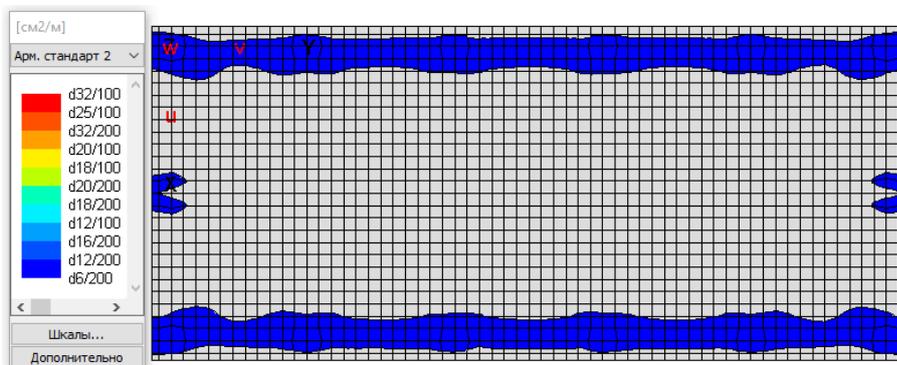


Рис. 6. Расчетное нижнее продольное армирование по оси X в МФП в расчетной схеме № 2 расчетной модели № 2

Расчет здания с учетом сейсмического воздействия, при обоснованных технологических требованиях, следует также выполнять по второй группе предельных состояний. В расчетной схеме № 2 наибольшие вертикальные перемещения МФП составляют 6,6 мм (рис. 7), что значительно меньше максимально допустимого значения предельной осадки для каркасных зданий $S_u^{max} = 100$ мм. Максимальная относительная разность вертикальных перемещений не превышала значения $(6,6-3,0)/18000 = 0,0002$, что также на порядок меньше предель-

но допустимой разности осадок $(\Delta S/L)_u = 0,002$. Таким образом, в МФП условие по второй группе предельных состояний выполняется.

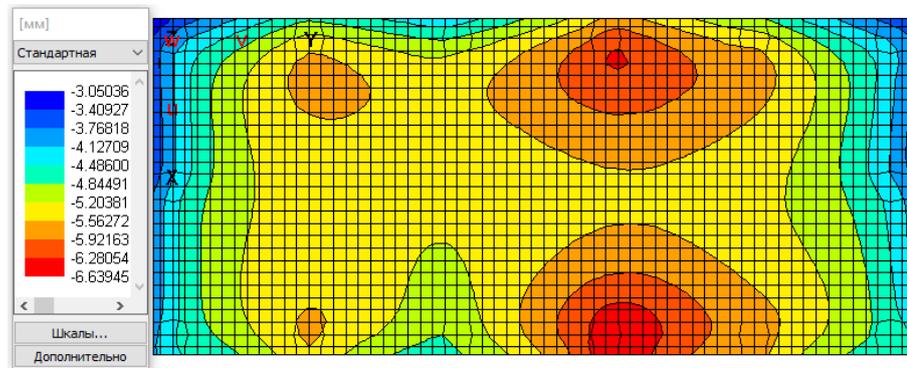


Рис. 7. Изополя вертикальных перемещений МФП в расчетной схеме № 2 расчетной модели № 2

В расчетной схеме № 2 величина вертикальных нормальных сжимающих напряжений в слое гранодиорита под подошвой МФП (отпор грунта) находится в диапазоне 18–37 кН/м² под средней частью МФП и в диапазоне 37–75 кН/м² в краевых зонах под МФП (рис. 8). Как и следовало ожидать, отпор грунта под МФП обеспечен с огромным запасом.

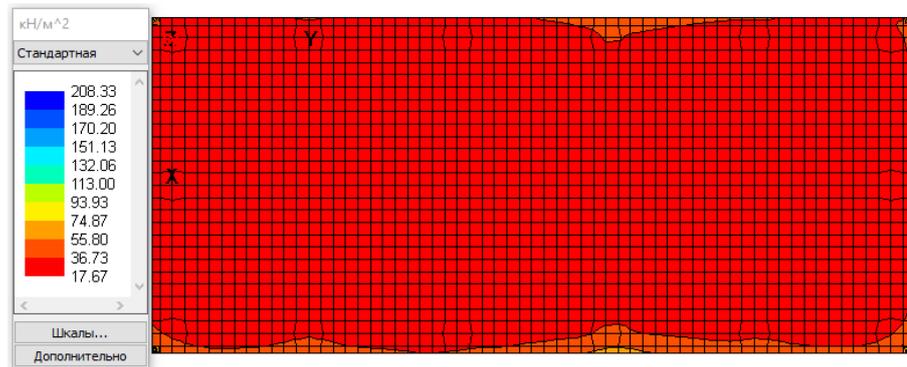


Рис. 8. Изополя отпора грунта под подошвой МФП в расчетной схеме № 2 расчетной модели № 2

Таким образом, в результате моделирования напряженно-деформированного состояния одноэтажного каркасного здания, получившего повреждение, можно сделать следующие выводы:

1. Расчетным путем установлено, что прочность железобетонных ригелей поперечных рам каркаса на основное сочетание нагрузок и прочность МФП на особое сочетание нагрузок не обеспечена.

2. При выполнении капитального ремонта здания с целью снижения нагрузки на МФП рекомендуется заменить существующую кирпичную кладку наружных стен на легкие металлические сэндвич-панели.

3. Разработать конструкцию металлического покрытия, частично нагружающую существующие ригели каркаса, с образованием сталежелезобетонной конструкции, в которой опорные узлы ребристых плит чердачного перекрытия с помощью вертикальных металлических стержней подвешиваются к узлам нижнего пояса новых металлических ферм.

4. После реализации предложенных технических решений несущие конструкции каркаса, фундамент и основание здания будут удовлетворять условиям по первой и по второй группам предельных состояний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Шашкин В.А.* Эффекты взаимодействия оснований и сооружений // Развитие городов и геотехническое строительство. 2012. № 14. С. 141–167.
2. *Шашкин А.Г., Шашкин К.Г.* Взаимодействие здания и основания: методика расчета и практическое применение при проектировании / под ред. В.М. Улицкого. Санкт-Петербург : Стройиздат СПб, 2002. 48 с.
3. *Шулятьев О.А.* Основания и фундаменты высотных зданий. Москва, 2016. 392 с.
4. *Шулятьев О.А.* Фундаменты высотных зданий // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2014. № 4. С. 202–244.
5. *Карпенко Н.И., Карпенко С.Н., Кузнецов Е.Н.* О современных проблемах расчета высотных зданий из монолитного железобетона // Бетон и железобетон – пути развития : научн. тр. II Всерос. (Международ.) конф. В пяти книгах. Т. 1. Пленарные доклады. Москва, 2005. С. 149–166.
6. *Кабанцев О.В., Тамразян А.Г.* Учет изменений расчетной схемы при анализе работы конструкции // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 5. С. 15–26.
7. *Алмазов В.О., Климов А.Н.* Экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния конструкций высотного здания // Вестник МГСУ. 2013. № 10. С. 102–109.
8. *Нуждин Л.В., Михайлов В.С.* Численное моделирование свайных фундаментов в расчетно-аналитическом комплексе SCAD Office // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2018. № 1. С. 5–18.
9. *Михайлов В.С., Теплых А.В.* Учет характерных особенностей различных моделей основания при расчете взаимного влияния зданий на больших фундаментных плитах с использованием расчетно-аналитической системы SCAD Office // Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений : VI Международный симпозиум. Владивосток, 2016. С. 133–134.
10. *Юцубе С.В., Подшивалов И.И., Филиппович А.А., Тряпичин А.Е.* Моделирование напряженно-деформированного состояния кирпичного здания повышенной этажности на свайном фундаменте // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 4 (69). С. 72–77.

REFERENCES

1. *Shashkin V.A.* Effekty vzaimodeistviya osnovanii i sooruzhenii [Interaction between foundations and structures]. *Razvitie gorodov i geotekhnicheskoe stroitel'stvo*. 2012. No. 14. Pp. 141–167. (rus)
2. *Shashkin A.G., Shashkin K.G.* Vzaimodeistvie zdaniya i osnovaniya: metodika rascheta i prakticheskoe primeneniye pri proektirovani [Interaction of building and foundation: Design methodology and practical application], V.M. Ulitskii, Ed., Saint-Petersburg: Stroizdat, 2002. 48 p. (rus)
3. *Shulyat'ev O.A.* Osnovaniya i fundamente vysoznykh zdanii [Bases and foundations of high-rise buildings]. Moscow: ASV, 2018. 392 p. (rus)
4. *Shulyat'ev O.A.* Fundamente vysoznykh zdanii [Foundations of high-rise buildings]. *Vestnik PNIPIU. Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2014. No. 4. Pp. 202–244. (rus)

5. Karpenko N.I., Karpenko S.N., Kuznetsov E.N. O sovremennykh problemakh rascheta vysotnykh zdaniy iz monolitnogo zhelezobetona [Current problems in strength analysis of high-rise solid reinforced concrete buildings]. In: II Vseros. (Mezhdunar.) konf. Beton i zhelezobeton – puti razvitiya. Nauchn. Tr. Konf. V pyati knigakh (Proc. 2nd Int. Sci. Conf. 'Concrete and Reinforced Concrete – Glimpse at Future'), in 5 vol., Vol. 1. 2005. Pp. 149–166. (rus)
6. Kabantsev O.V., Tamrazyan A.G. Uchet izmenenii raschetnoi skhemy pri analize raboty konstruktivnoi [Consideration of changes in design diagram in structural analysis]. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2014. No. 5. Pp. 15–26. (rus)
7. Almazov V.O., Klimov A.N. Eksperimental'noe issledovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya konstruktivnoi vysotnogo zdaniya [Experimental investigation of stress-strain state of high-rise buildings]. *Vestnik MGSU*. 2013. No. 10. Pp. 102–109. (rus)
8. Nuzhdin L.V., Mikhailov V.S. Chislennoe modelirovanie svainykh fundamentov v raschetno-analiticheskom komplekse SCAD Office [Creation of solid 3D CAD pile foundations in SCAD software]. *Vestnik PNIPU. Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2018. No. 1. Pp. 5–18. (rus)
9. Mikhailov V.S., Teplykh A.V. Uchet kharakternykh osobennosti razlichnykh modelei osnovaniya pri raschete vzaimnogo vliyaniya zdaniy na bol'shikh fundamentnykh plitkakh s ispol'zovaniem raschetno-analiticheskoi sistemy SCAD Office [Allowing for characteristics of various design models in calculating mutual influence of buildings on pile-raft foundation in SCAD software]. In: VI Mezhdunarodnyi simpozium. Aktual'nye problemy komp'yuternogo modelirovaniya konstruktivnoi i sooruzhenii (Proc. 6th Int. Sci. Symp. 'Relevant Computer Modeling Problems of Structures'). Vladivostok, 2016. Pp. 133–134. (rus)
10. Yushchube S.V., Podshivalov I.I., Filippovich A.A., Tryapitsin A.E. Modelirovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya kirpichnogo zdaniya povyshennoi etazhnosti na svainom fundamente [Stress-strain state modeling of high-rise brick building on pile foundation]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2018. No. 4 (69). Pp. 72–77. (rus)

Сведения об авторах

Подшивалов Иван Иванович, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, ivanpodshivalov@list.ru

Андриенко Ирина Арсентьевна, инженер, ООО «СПТЦ», 634059, г. Томск, ул. Стародеповская, 1, ia_andrienko_29@mail.ru

Authors Details

Ivan I. Podshivalov, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia; ivanpodshivalov@list.ru

Irina A. Andrienko, Engineer, ООО "SPTTs", Tomsk, Russia, ia_andrienko_29@mail.ru

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 628.2/336.3

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-129-138

О.А. ПРОДОУС¹, Д.И. ШЛЫЧКОВ²,

¹ООО «ИНКО-эксперт»,

²Национальный исследовательский

Московский государственный строительный университет

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ СЛОЯ ОТЛОЖЕНИЙ В ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЯХ И СЕТЯХ ВОДООТВЕДЕНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ИХ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

Аннотация. На практике установлено, что при определенных условиях, в зависимости от характеристик питьевой воды, на внутренней поверхности стальных водопроводных труб и труб из серого чугуна образуется слой отложений, изменяющий в процессе эксплуатации сетей водоснабжения значения гидравлических характеристик труб и энергопотребление насосных агрегатов, перекачивающих питьевую воду потребителям.

Целью исследования является расчет значений характеристик гидравлического потенциала труб для подтверждения расчетных зависимостей для гидравлического расчета водопроводных труб с внутренними отложениями. Аналогично для самотечных сетей из любого вида материалов в лотковой части труб при определенной скорости потока образуется слой осадка, изменяющий также значения характеристик гидравлического потенциала труб, влияющий на величину значений фактического гидравлического уклона, характеризующего период продолжительности эксплуатации сети водоотведения до необходимости проведения его гидродинамической очистки.

Используются расчетные зависимости, уточненные авторами для гидравлического расчета металлических водопроводных труб и самотечных сетей водоотведения с внутренними отложениями.

Доказано влияние толщины слоя внутренних отложений в водопроводных металлических сетях на величину значений характеристик их гидравлического потенциала, а также влияние толщины слоя осадка в лотковой части самотечных сетей водоотведения на величину значений гидравлических характеристик труб. Приведен конкретный пример, подтверждающий наличие зависимости гидравлического уклона сети водоотведения от толщины слоя отложений в лотковой части труб. Пример подтвержден графиками.

Предложено в процессе жизненного цикла «Эксплуатация» для водопроводных и самотечных сетей водоотведения производить инструментальный контроль толщины слоя внутренних отложений, для чего использовать запатентованное авторами устройство.

Ключевые слова: сети водоснабжения и водоотведения с внутренними отложениями, гидравлический расчет, зависимость гидравлических характеристик труб от толщины слоя осадка, внутренние отложения, расчётная зависимость

Для цитирования: Продоус О.А., Шлычков Д.И. Влияние толщины слоя отложений в водопроводных сетях и сетях водоотведения на характеристики их гидравлического потенциала // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 6. С. 129–138.
DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-129-138

O.A. PRODOUS¹, D.I. SHLYCHKOV²,

¹ООО "INCO-expert",

²The National Research Moscow State University of Civil Engineering

SEDIMENT THICKNESS IN WATER PIPES AND HYDRAULIC POTENTIAL

Abstract. Purpose: Calculation of the pipe hydraulic potential affected by sediments in water pipes. For gravity sewerage pipes of any material, a sludge layer is formed in the chute of pipes at a certain flow rate, which also changes the hydraulic potential of pipes affecting the actual hydraulic gradient, characterizing the period of operation of the drainage network before it needs to be hydrodynamically cleaned. **Methodology/approach:** Dependences are suggested for the hydraulic calculation of metal water pipes and gravity drainage networks with internal deposits. **Research findings:** The influence of the layer thickness of internal sediments in water metal pipes on their hydraulic potential is shown as well as the influence of this thickness in the tray part of gravity drainage networks on the hydraulic characteristics of pipes. The dependence shows the hydraulic curve slope of the drainage network relative to the sediment layer thickness in the tray part of pipes. **Practical implications:** Instrumental control is proposed for the sediment layer thickness during the operation of water pipes and gravity drainage networks using the proposed device patented by the authors.

Keywords: water supply, internal deposits, gravity network, hydraulic potential, pipes, sediment layer, internal deposits, dependencies

For citation: Prodous O.A., Shlychkov D.I. Vliyanie tolshchiny sloya otlozhenii v vodoprovodnykh setyakh i setyakh vodootvedeniya na kharakteristiki ikh gidravlicheskogo potentsiala [Sediment thickness in water pipes and hydraulic potential]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 6. Pp. 129–138.
DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-129-138

Введение

Установлено, что в процессе жизненного цикла «Эксплуатация» на внутренней поверхности металлических труб из стали и серого чугуна, а также в лотковой части самотечных сетей водоотведения из разных видов материалов образуется слой отложений, как показано на рис. 1 [1, 2].

Наличие слоя отложений на стенках труб, естественно, вызывает изменение значений характеристик их гидравлического потенциала, характеризуемого значениями параметров: $d_{\text{вн}}$, V , i . Известно, что чем больше значение фактической скорости потока $V_{\text{ф}}$, тем меньше значение $d_{\text{вн}}^{\text{ф}}$ и тем больше значение фактического гидравлического уклона $i_{\text{ф}}$ [3, 4]. Также установлено, что для водопроводных труб величина фактических потерь напора на сопротивление по длине является функцией, мм/м (м/м)

$$i_{\text{ф}} = f(\sigma, d_{\text{ф}}, V_{\text{ф}}). \quad (1)$$

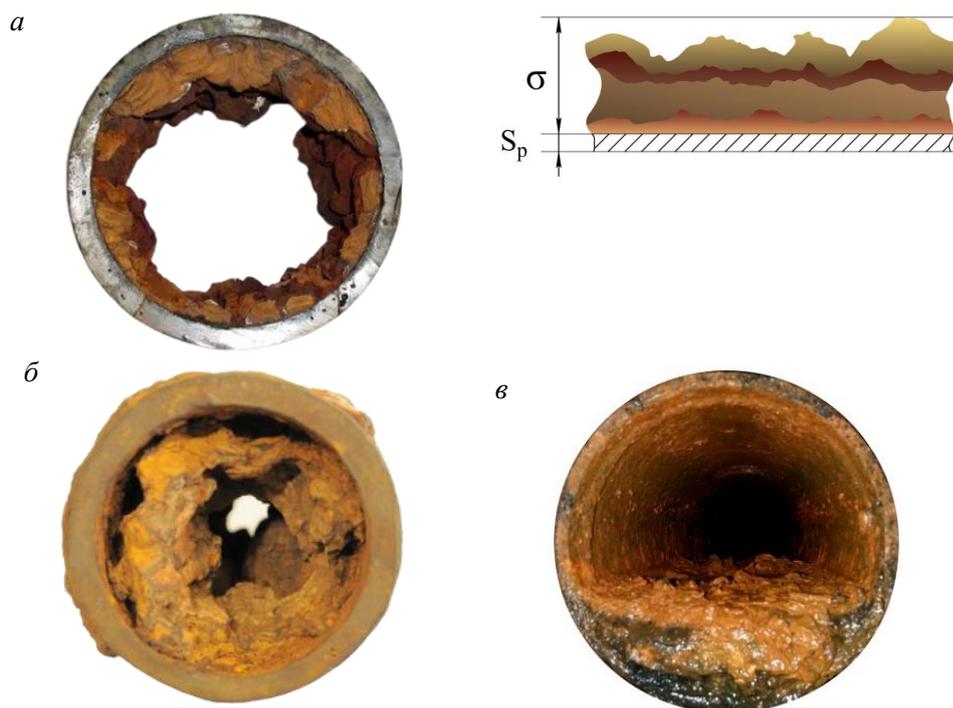


Рис. 1. Фрагмент слоя отложений на стенках:

a – стальных; *б* – чугунных из серого чугуна; *в* – в самотечных сетях водоотведения из разных видов материалов

Принято расчет значений i_ϕ , м/м, для металлических водопроводных труб производить по уточненной авторами формуле профессора Ф.А. Шевелева, имеющий вид

$$i_\phi = 0,00107 \frac{V_\phi^2}{d_\phi^{1,3}} = 0,00107 \frac{V_\phi^2}{[(d_n - 2S_p) - 2\sigma_\phi]^{1,3}}, \quad (2)$$

где V_ϕ – фактическая скорость движения воды, м/с:

$$V_\phi = \frac{4 \cdot q}{\pi (d_{вн}^\phi)^2}; \quad (3)$$

q – заданный расход, м³/с; $d_{вн}^\phi$ – измеренный (фактический) внутренний диаметр труб с отложениями, м; S_p – толщина стенки трубы по государственному стандарту, м; σ_ϕ – фактическая толщина слоя отложений на стенках труб, м, измеряемая ультразвуковым толщиномером [1].

Толщина слоя внутренних отложений σ в металлических сетях водоснабжения определяется с помощью ультразвуковых переносных расходомеров с накладными датчиками в комплекте с толщиномером [Там же]. Фактическая толщина слоя отложений σ_ϕ , м, определяется как разность значений:

$$\sigma_{\phi} = d_{\text{вн}} - d_{\text{вн}}^{\phi},$$

где $d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр трубы по государственному стандарту, м:

$$d_{\text{вн}} = d_{\text{н}} - 2S_p,$$

где $d_{\text{н}}$ – наружный диаметр трубы по государственному стандарту, м; S_p – толщина стенки трубы по государственному стандарту, м.

На рис. 2 представлен фрагмент отложений в лотковой части труб сети водоотведения.

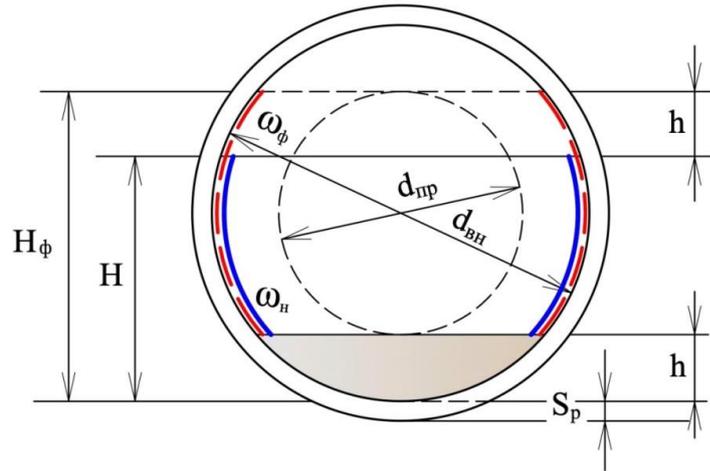


Рис. 2. Колебание значений фактического уровня наполнения в трубе с отложениями в ее лотковой части

Расчет значений i_{ϕ} , м/м, для самотечных сетей водоотведения (рис. 2) с отложениями в лотковой части труб производится по уточненной авторами формуле А. Шези, имеющей вид [6]:

$$i_{\phi} = \frac{4 \cdot V_{\phi}^2}{C^2 \cdot d_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

где V_{ϕ} – фактическая скорость потока, м/с, определяется по формуле (3); C – коэффициент А. Шези, определяется по формуле, уточненной акад. В.Н. Павловским, имеющей вид [7]:

$$C = \frac{R_{\text{пр}}^{1/6}}{n} = \frac{\left(\frac{d_{\text{пр}}}{4}\right)^{1/6}}{n}, \quad (5)$$

где $R_{\text{пр}}$ – приведенный гидравлический радиус трубы, $R_{\text{пр}} = \frac{d_{\text{пр}}}{4}$, м; n – коэффициент шероховатости труб, принимаемый значения в диапазоне $n = 0,012-0,014$.

Приведенный диаметр труб $d_{пр}$, м, для самотечных сетей с отложениями в их лотковой части (рис. 2) определяется по выведенной авторами формуле, имеющей вид [8, 9]:

$$d_{пр} = \sqrt{d_{вн}^2 - (d_{вн}^{\phi})^2} = \sqrt{d_{вн}^2 - (d_{вн} - h)^2}, \quad (6)$$

где $d_{вн} = d_n - 2S_p$; (7)

d_n – наружный диаметр труб по государственному стандарту, м; h – толщина слоя отложений в лотковой части, м.

Значения $d_{пр}$ характеризуют величину фактической площади смоченного периметра трубы ω_{ϕ} для пропускания заданного расхода q . Чем больше значение $d_{пр}$, тем меньше толщина слоя осадка h в лотковой части труб и тем больше фактическая площадь смоченного периметра трубы ω_{ϕ} (рис. 2).

Диапазон изменения значений $d_{пр}$: от 0 (труба без слоя осадка h) до значения h , соответствующего значению, обосновывающему необходимость проведения гидравлической очистки сети, в зависимости от величины приведенного диаметра труб $d_{пр}$ [4]. Покажем это на конкретном примере.

Условия задачи

По самотечной сети из бетонных труб диаметром 400 мм перемещается поток бытовых сточных вод $q = 150$ л/с. Толщина слоя осадка h в лотковой части труб $h = 70$ мм (0,07 м). Определить значения характеристик гидравлического потенциала труб (d, V, i) для заданных условий задачи. Рассчитать минимальную толщину слоя осадка h , при которой требуется проведение гидродинамической очистки сети.

Решение

1. По формулам (3), (4) и (6) определяют значения характеристик гидравлического потенциала труб (d, V, i) для новых бетонных труб и труб с толщиной слоя осадка h в их лотковой части.

2. Результаты расчетов значений характеристик сводят для сравнения в табл. 1 и 2. Методика гидравлических расчетов значений характеристик труб приведена в работе [8].

Таблица 1

Гидравлические характеристики бетонных труб

| Гидравлические характеристики бетонных труб | | | | | | | |
|---|-----------|-------|-----------|--------------------------------|----------------|----------|----------------|
| новых | | | | с осадком $h = 70$ мм (0,07 м) | | | |
| $d_{вн}$, м | V , м/с | C^* | i , м/м | $d_{пр}$, м | $V_{пр}$, м/с | $C_{пр}$ | $i_{пр}$, м/м |
| 0,400 | 1,18 | 52,38 | 0,0032 | 0,174 | 6,31 | 57,44 | 0,2774 |

* C – коэффициент А. Шези, определяемый по формуле, уточненной акад. В.Н. Павловским:

$$C = \frac{R^{1/6}}{n},$$

где R – гидравлический радиус, м, $R = \frac{d_{вн}}{4}$; n – коэффициент шероховатости стенок труб, изменяющийся в диапазоне значений [7]: $n = 0,012-0,014$.

Таблица 2

Гидравлические характеристики новых бетонных труб диаметром 400 мм

| Внутренний диаметр $d_{\text{вн}}$, м | Скорость потока V , м/с | | | | |
|---|---------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | 0,8 | 4,50 | 7,0 | 12,0 | 15,0 |
| | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Коэффициент А. Шези | 52,38 | 52,38 | 52,38 | 52,38 | 52,38 |
| Гидравлический уклон $i_{\text{ф}}$, м/м | 0,00233 | 0,07381 | 0,17859 | 0,52484 | 0,82007 |

3. Определение минимального значения толщины слоя осадка h для необходимости проведения гидродинамической очистки сети.

Установлено расчетами для приведенного примера, что минимальная толщина слоя осадка h в лотковой части труб равна значению $h = 70$ мм (0,07 м) и соответствует значению $H_{\text{ф}} = 0,308$ м (табл. 3) [11].

Таблица 3

Гидравлические характеристики бетонных труб диаметром 400 мм с отложениями в лотковой части

| Характеристики труб | Толщина слоя осадка h , м | | | | |
|---|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | 0 | 0,05 | 0,07 | 0,10 | 0,12 |
| Приведенный диаметр $d_{\text{пр}}$, м | 0,4 | 0,206 | 0,174 | 0,135 | 0,114 |
| Фактическая скорость потока $V_{\text{ф}}$, м/с | 1,18 | 4,50 | 5,31 | 10,49 | 14,71 |
| Коэффициент А. Шези | 66,01 | 59,98 | 57,44 | 55,06 | 53,53 |
| Фактический гидравлический уклон $i_{\text{ф}}$, м/м | 0,00320 | 0,11270 | 0,27740 | 0,84430 | 2,64970 |

В табл. 2 по условиям задачи приведены значения гидравлических характеристик новых бетонных труб, а в табл. 3 – труб с толщиной слоя осадка в диапазоне значений $h = 0,05–0,12$ м в их лотковой части.

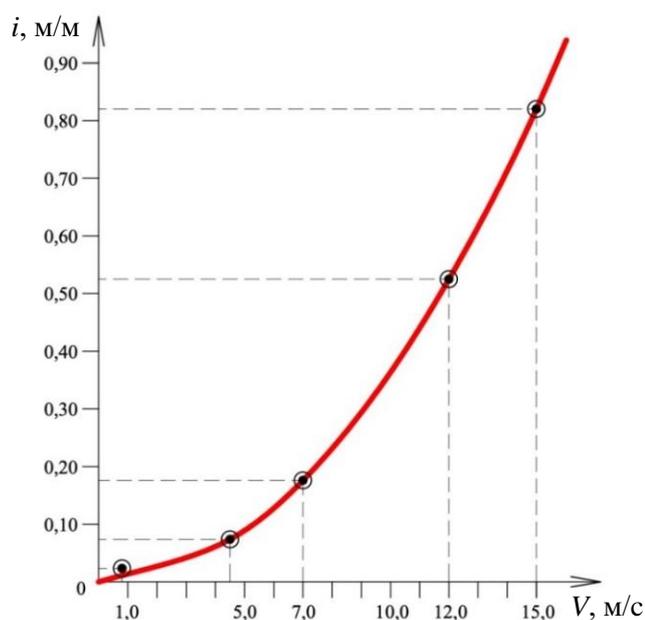
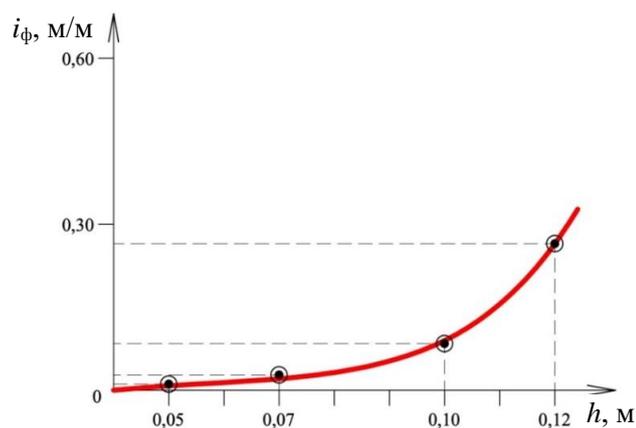
По данным табл. 2 и 3 для приведенного примера на рис. 3 построен график зависимости $i = f(V)$ для условий поставленной задачи. Для построения графиков принят диапазон изменения значений от $V_{\text{мин}} = 0,8$ м/с до $V_{\text{макс}} = 12,0$ м/с ($h = 0,12$ м) (табл. 1).

В табл. 2 приведены значения гидравлических характеристик труб с разной толщиной слоя осадка h и разным значением приведенных диаметров труб $d_{\text{пр}}$ [9].

По данным табл. 2 для приведенного примера на рис. 3 построен график зависимости $i = f(V)$ для диапазона скоростей потока $V = 0,8–15,0$ м/с.

График на рис. 3 свидетельствует об изменении значений гидравлического уклона i от скоростного режима потока сточной жидкости.

По данным табл. 3 на рис. 4 представлен график зависимости $i_{\text{ф}} = f(h)$, подтверждающий, что толщина слоя осадка в лотковой части труб h оказывает существенное влияние на величину значений фактического гидравлического уклона $i_{\text{ф}}$.

Рис. 3. График зависимости $i = f(V)$ Рис. 4. График зависимости $i_{\phi} = f(h)$

Анализ графиков на рис. 3 и 4 для приведенного примера показывает следующее:

1. Изменение скоростного режима потока V влияет на величину значений гидравлического уклона i , что подтверждает необходимость регулирования значений минимальных (незаиляющих) скоростей в сетях водоотведения разных диаметров, предусмотренных требованиями СП 32.13330.2012 (табл. 1).

2. Наличие отложений в лотковой части труб толщиной $h = 0,05$ – $0,12$ м увеличивает значения фактического гидравлического уклона i_{ϕ} в диапазоне от $i_{\phi} = 0,11270$ м/м ($h = 0,05$ м) до $i_{\phi} = 2,64970$ м/м ($h = 0,12$ м), т. е. на 95,75 %, или в 23,51 раза (табл. 2).

Приведенные сведения по сети водоотведения из бетонных труб диаметром 0,400 м позволяют сделать следующий вывод: наличие слоя отложений в лотковой части труб сетей водоотведения из разного вида материалов влияет на величину значений характеристик их гидравлического потенциала ($d_{пр}$, $V_{пр}$, $i_{ф}$), и поэтому требуется в процессе жизненного цикла «Эксплуатация» осуществлять инструментальный контроль толщины фактического слоя отложений в трубах с отложениями в их лотковой части [10].

Представляет практический интерес знание предельного значения уровня наполнения сети водоотведения $H_{ф}$ для условий поставленной задачи.

Приведем расчет значения $H_{ф}$. Расчет производится по методике, приведенной в работе [11].

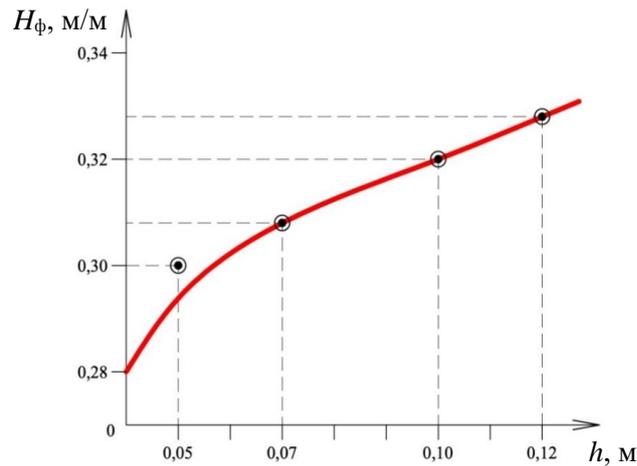
Для условий приведенного примера и толщине слоя осадка h в лотковой части труб в диапазоне значений $h = 0–120$ мм (0,00–0,12 м), значение внутреннего диаметра $d_{вн}$ характеризуется значением приведенного диаметра $d_{пр}$, таким образом, уровень наполнения в трубе диаметром $d_{вн} = 0,400$ м составит (табл. 3).

Таблица 4

Наполнение в трубе диаметром $d_{вн} = 0,400$ мм, $H_{ф}$ при разных значениях h

| Фактическое наполнение в трубе $H_{ф}$, м | Толщина слоя осадка h , м, в лотковой части трубы | | | | |
|--|---|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 0,05 | 0,07 | 0,10 | 0,12 |
| | 0,280 | 0,300 | 0,308 | 0,320 | 0,328 |
| Приведенный диаметр $d_{пр}$, м | 0,400 | 0,206 | 0,174 | 0,135 | 0,114 |

Из табл. 4 следует, что при толщине слоя осадка $h = 0,12$ м в лотковой части труб последние начинают работать практически полным сечением, что недопустимо по требованиям СП 32.13330.2018 из-за отсутствия возможности достаточного вентилирования сети для устранения дурно пахнущих газов, выделяемых из сточных вод [12]. По данным табл. 4 на рис. 5 приведен график зависимости $H_{ф} = f(h)$, свидетельствующий о том, что чем больше значение h , тем выше уровень фактического наполнения труб $H_{ф}$.

Рис. 5. График зависимости $H_{ф} = f(h)$

Таким образом, доказано влияние толщины слоя внутренних отложений σ в металлических сетях водоснабжения (рис. 1) на значения характеристик гидравлического потенциала труб $d_{\text{вн}}$, V и i , а также влияние толщины слоя осадка h в лотковой части самотечных сетей водоотведения на значения гидравлических характеристик самотечного потока бытовых сточных вод.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Продоус О.А., Шипилов А.А., Якубчик П.П.* Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб из стали и серого чугуна с внутренними отложениями : справочное пособие. 1-е изд. Санкт-Петербург ; Москва : ООО «Перо», 2021. 238 с.
2. *Продоус О.А., Шлычков Д.И.* Механизм образования слоя отложений в лотковой части труб самотечных сетей водоотведения // Известия вузов. Строительство. 2021. № 6 (750). С. 95–98.
3. *Продоус О.А., Шипилов А.А.* Гидравлический критерий обоснования необходимости разработки проектов реконструкции водопроводных сетей из металлических труб // Водные системы и технологии. 2020. № 1. С. 26–31. URL: <https://cloud.mail.ru/public/xeuP/gxLhGxHET>
4. *Продоус О.А., Шлычков Д.И.* Прогнозирование возможности продолжения эксплуатации самотечных сетей водоотведения с отложениями в лотковой части труб // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 4. С. 646–653. URL: <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-646-653>
5. *Продоус О.А.* Уточненный вид расчетной зависимости для гидравлического расчета изношенных металлических водопроводных труб с внутренними отложениями // Яковлевские чтения : сб. Москва : НИУ МГСУ, 2021. С. 178–193.
6. *Продоус О.А., Шлычков Д.И.* Зависимость фактической скорости потока в самотечных сетях водоотведения от толщины слоя отложений в лотковой части труб // Технологии очистки воды : материалы XIII Международной научно-практической конференции ТЕХНОВОД-2021, 14–17 декабря 2021 г. Сочи, Красная Поляна. 2021. С. 101–104.
7. *Чупин Р.В.* Оптимизация развивающихся систем водоотведения. Иркутск : Изд-во Иркутского государственного технического университета, 2015. 418 с.
8. *Продоус О.А., Шлычков Д.И.* Сравнительный анализ расчетных зависимостей для гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 3. С. 462–469. URL: <https://doi.org/10/21285/2227-2917-2021-3-462-469>
9. *Продоус О.А., Шлычков Д.И., Пархоменко С.В.* Обоснование допустимого уровня наполнения в трубах самотечных сетей водоотведения // Сб. докладов участников XVII Международной научно-технологической конференции, посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева, 17–18 марта. Москва, 2022. С. 85–95.
10. *Патент № 207822* Российская Федерация. Устройство для измерения толщины отложений в трубе : дата государственной регистрации в Государственном реестре полезных моделей РФ 18.11.2021 г. : опубл. 18.11.2021 / Продоус О.А., Шлычков Д.И. Бюл. № 32.
11. *Продоус О.А., Шлычков Д.И., Абрисимова И.А.* Обоснование необходимости проведения гидродинамической очистки самотечных сетей водоотведения // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. Вып. 1. С. 106–114.
12. *Богомолов М.В., Кармазиков Ф.В., Костюченко С.В.* Методы удаления запахов в системах транспортировки и очистки сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2016. № 7. С. 33–43.

REFERENCES

1. *Prodous O.A., Shipilov A.A., Yakubchik P.P.* Tablitsy dlya gidravlicheskogo rascheta vodoprovodnykh trub iz stali i serogo chuguna s vnutrennimi otlozheniyami [Tables for hydraulic calculation of water pipes made of steel and gray cast iron with internal deposits], 1st ed., Saint-Petersburg; Moscow: Pero, 2021. 238 p. (rus)

2. *Prodous O.A., Shlychkov D.I.* Mekhanizm obrazovaniya sloya otlozhenii v lotkovoii chasti trub samoteknykh setei vodootvedeniya [Formation mechanism of deposits in tray part of pipes of gravity drainage networks]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2021. No. 6 (750). Pp. 95–98. (rus)
3. *Prodous O.A., Shipilov A.A.* Gidravlicheskiy kriteriiy obosnovaniya neobkhodimosti razrabotki proektov rekonstruktsii vodoprovodnykh setei iz metallicheskiikh trub [Hydraulic criterion for substantiating reconstruction projects on metal water pipes]. *Vodnye sistemy i tekhnologii*. 2020. No. 1. Pp. 26–31. Available: <https://cloud.mail.ru/public/xeyP/gxLhGxHET> (rus)
4. *Prodous O.A., Shlychkov D.I.* Prognozirovaniye vozmozhnosti prodolzheniya ekspluatatsii samoteknykh setei vodootvedeniya s otlozheniyami v lotkovoii chasti trub [Possibility of continuing operation of gravity drainage networks with deposits in the tray part of pipes]. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'*. 2021. V. 11. No. 4. Pp. 646–653. Available: <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-646-653> (rus)
5. *Prodous O.A.* Utochnennyi vid raschetnoi zavisimosti dlya gidravlicheskogo rascheta iznoshennykh metallicheskiikh vodoprovodnykh trub s vnutrennimi otlozheniyami [Hydraulic calculation of worn metal water pipes with internal sediments]. In: *Yakovlevskie chteniya ('Yakovlev Readings')*. Moscow: MGSU, 2021. Pp. 178–193. (rus)
6. *Prodous O.A., Shlychkov D.I.* Zavisimost' fakticheskoi skorosti potoka v samoteknykh setyakh vodootvedeniya ot tolshchiny sloya otlozhenii v lotkovoii chasti trub [Actual flow rate in gravity drainage networks vs. sediment layer thickness in the tray part of pipes]. In: *Tekhnologii ochistki vody: materialy 8 Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Proc. 8th Int. Sci. Conf. 'Water Purification Technology')*. Sochi, Krasnaya Polyana. 2021. Pp. 101–104. (rus)
7. *Chupin R.V.* Optimizatsiya razvivayushchikhsya sistem vodootvedeniya [Optimization of wastewater disposal systems]. Irkutsk, 2015. 418 s. (rus)
8. *Prodous O.A., Shlychkov D.I.* Sravnitel'nyi analiz raschetnykh zavisimostei dlya gidravlicheskogo rascheta samoteknykh setei vodootvedeniya [Hydraulic calculation of gravity drainage systems]. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'*. 2021. V. 11. No. 3. Pp. 462–469. Available: <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-3-462-469> (rus)
9. *Prodous O.A., Shlychkov D.I., Parkhomenko S.V.* Obosnovaniye dopustimogo urovnya napolneniya v trubakh samoteknykh setei vodootvedeniya [Permissible level of pipe filling of gravity drainage networks]. In: *Sb. dokladov uchastnikov 17 Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnologicheskoi konferentsii, posvyashchennoi pamyati akademika RAN S.V. Yakovleva (Proc. Int. Sci. Conf. devoted to Academician Yakovlev)*. Moscow, 2022. Pp. 85–95. (rus)
10. *Prodous O.A., Shlychkov D.I.* Ustroistvo dlya izmereniya tolshchiny otlozhenii v trube [Device for sediment thickness measurement in a pipe]. Patent Russ. Fed. N 207822, 2021. (rus)
11. *Prodous O.A., Shlychkov D.I., Abrosimova I.A.* Obosnovaniye neobkhodimosti provedeniya gidrodinamicheskoi ochistki samoteknykh setei vodootvedeniya [Hydrodynamic cleaning of gravity drainage networks]. *Vestnik MGSU*. 2022. V. 17. No. 1. Pp. 106–114. (rus)
12. *Bogomolov M.V., Karamazikov F.V., Kostyuchenko S.V.* Metody udaleniya zapakhov v sistemakh transportirovki i ochistki stochnykh vod [Hydrodynamic cleaning of gravity drainage networks]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*. 2016. No. 7. Pp. 33–43. (rus)

Сведения об авторах

Продоус Олег Александрович, докт. техн. наук, профессор, генеральный директор, ООО «ИНКО-эксперт», 190005, г. Санкт-Петербург, Московский пр., 37/1, лит. А, пом. 1-Н; pro@enco.su

Шлычков Дмитрий Иванович, канд. техн. наук, доцент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, ShlyichkovDI@mgsu.ru

Authors Details

Oleg A. Prodous, DSc, Professor, Director General, ООО "INCO-expert", 37/1, Moskovskii Ave., 190005, Saint-Petersburg, Russia; pro@enco.su

Dmitry I. Shlyichkov, PhD, A/Professor, The National Research Moscow State University of Civil Engineering, 26, Yaroslavskoe Road, 129337, Moscow, Russia, ShlyichkovDI@mgsu.ru

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

УДК.693.547.14

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-139-149

*М.И. БАТЮК¹, Б.С. ВОДНЕВ¹, А.И. ГНЫРЯ¹,
С.В. КОРОБКОВ¹, В.Я. УШАКОВ²,*

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет,

²Национальный исследовательский

Томский политехнический университет

О СПОСОБЕ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМ ПОЛЕМ В ОБЪЁМЕ РАЗОГРЕВАЕМОЙ БЕТОННОЙ СМЕСИ*

Аннотация. Предварительный электроразогрев бетонной смеси, обладающий значительным потенциалом повышения энергоэффективности этапа тепловой обработки, является методом, используемым в области зимнего бетонирования, перспективным для применения в технологии производства сборного железобетона. Однако на сегодняшний день преимущества предварительного электроразогрева бетонной смеси используются не в полной мере. Одной из проблем, ограничивающих его применение, является возникновение температурных перепадов в разогреваемом объёме.

Статья посвящена проработке приёмов и средств обеспечения однородности температурного поля в объёме бетонной смеси при её форсированном электроразогреве.

Концепция предлагаемого способа заключается в замене пластинчатых электродов группой независимо управляемых электродов меньших размеров, что придаёт системе гибкость и делает возможным производить условно непрерывную подстройку электрического, а следовательно, и теплового поля.

В работе описаны этапы решения задачи, применяемое оборудование, а также принцип построения алгоритма программы управления процессом разогрева.

Ключевые слова: бетон, железобетон, предварительный электроразогрев бетонной смеси, тепловое поле, монолитное строительство, зимнее бетонирование

Для цитирования: Батюк М.И., Воднев Б.С., Гныря А.И., Коробков С.В., Ушаков В.Я. О способе управления тепловым полем в объёме разогреваемой бетонной смеси // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 6. С. 139–149.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-139-149

* Работа выполнена при поддержке госзадания Министерства науки и высшего образования РФ FEMN-2022-0003.

M.I. BATYUK¹, B.S. VODNEV¹, A.I. GNYRYA¹,
S.V. KOROBKOV¹, V.Ya. USHAKOV²,

¹Tomsk State University of Architecture and Building,

²National Research Tomsk Polytechnic University

THERMAL FIELD CONTROL IN HEATED CONCRETE MIXTURE

Abstract. Direct electric preheating of concrete mixture (DEPC), which significantly improves the energy efficiency of thermal curing stage, is mostly used in winter concreting and is promising for application in precast concrete production. However, to date, DEPC is not fully utilized. One of its limitations is the temperature difference in the heated volume. The paper proposes methods and means of achieving the uniform temperature field distribution in the heated concrete mixture. The proposed method includes the replacement of plate electrodes by a group of independently controlled electrodes of a smaller size, that makes the system flexible and capable of controlling the electric and, consequently, thermal field. The paper describes the equipment, principles of constructing the algorithm for the heating process control program.

Keywords: concrete, precast concrete, direct electric preheating, concrete mixture, thermal field, cast-in-place construction, winter concreting

For citation: Batyuk M.I., Vodnev B.S., Gnyrya A.I., Korobkov S.V., Ushakov V.Ya. O sposobe upravleniya teplovym polem v ob"eme razogrevaemoi betonnoi smesi [Thermal field control in heated concrete mixture]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 6. Pp. 139–149.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-139-149

В настоящее время для тепловой обработки (ТО) железобетонных изделий (ЖБИ) применяются методы, основанные на теплообмене конвекцией (паро-тепловая обработка, прогрев в среде продуктов сгорания природного газа, прогрев горячим воздухом), а также на подведении тепла кондукцией (термообработка через разделительные стенки кассет, матриц, греющих полотен) [1–3]. Ввод тепловой энергии в объём изделия происходит через его поверхность, вследствие чего в процессе нагревания и выдерживания температурное поле изделия характеризуется существенной неравномерностью [4].

Исследования и практический опыт ТО ЖБИ показывают, что неравномерность температурного поля в твердеющем бетоне приводит к ухудшению его качественных показателей. По мере увеличения толщины изделия и интенсивности его нагрева наблюдается нарушение структуры бетона, проявляющееся в появлении горизонтальных трещин, преимущественно в поверхностных слоях. С целью минимизации образования деструктивных процессов стандартный цикл ТО, как правило, включает в себя период предварительной выдержки ($\tau_1 = 1–2$ ч), период медленного подъёма температуры ($\tau_2 = 2–3$ ч), период изотермической выдержки ($\tau_3 = 8–12$ ч) и период остывания ($\tau_4 = 2–3$ ч) [3–5]. Такая продолжительность теплового воздействия ведёт к дополнительным затратам энергии на нагрев элементов оборудования и потере в окружающую среду, а также на работу вспомогательного оборудования (насосы, вентиляторы, КИПиА). По оценкам специалистов, КПД данных методов находится

в диапазоне 10–40 %. Также следует отметить, что даже при столь длительном цикле не всегда удаётся обеспечить градиент температуры, не выходящий за рамки предельно допустимого (0,15 °С/см) [5].

На долю ТО приходится 40–60 % от суммарных энергозатрат, что составляет 5–10 % стоимости продукции, а её продолжительность составляет в среднем 70–80 % общей длительности производственного цикла. Поэтому в настоящее время тепловая обработка, как самый длительный и дорогостоящий технологический этап, становится наиболее актуальным объектом исследования в аспекте повышения энергоэффективности и сокращения длительности технологического процесса [6, 7].

Одним из перспективных направлений для решения данной задачи является совершенствование и внедрение в технологию производства ЖБИ методов электротермического воздействия, отличающихся более высоким КПД благодаря непосредственному тепловыделению в объёме бетона за счёт протекания электрического тока [7–9]. Наиболее эффективным из них, с позиции физики протекающих в бетоне процессов и рациональности использования пространства, является метод предварительного электроразогрева бетонной смеси (ПЭРБС) [10, 11]. Использование всех его преимуществ может способствовать снижению энергопотребления в 3 и более раза, повышению качества конечного продукта, сокращению ряда эксплуатационных издержек [10].

Однако на сегодняшний день значительная доля потенциала ПЭРБС не реализована и его применение остаётся в основном ограниченным [12, 13]. Обусловлено это тем, что используемое оборудование и технологии не обеспечивают равномерного нагрева бетонной смеси по объёму [13, 14]. На данный момент имеется крайне мало технических решений и работ, посвящённых данному направлению. Из проведённой патентной проработки следует, что предлагаемые на сегодняшний день устройства обеспечения равномерного температурного поля по большей мере основаны на механических принципах и содержат вращающиеся части (что крайне нерационально, ненадёжно и применимо не для всех составов бетона). Технические решения, основанные на электротехнических принципах, гораздо меньше. Однако и они по большей мере примитивны (например, не имеют обратной связи и не обладают достаточной гибкостью) и привязаны к геометрии ёмкости, что не является гарантией достижения однородности установленного уровня, особенно при отклонении электрических параметров питающей сети.

Целью настоящей работы является проработка приемов и средств обеспечения однородности температурного поля в объёме бетонной смеси при её форсированном разогреве. В статье излагается процесс разработки способа управления и непрерывной подстройки теплового поля в объёме разогреваемой бетонной смеси.

Для того чтобы иметь возможность искусственно создавать типовые электрические и тепловые поля, возникающие при электроразогреве бетонной смеси, а также изучить закономерность их распределения в зависимости от конфигурации, состояния и взаимного расположения электродов, необходимо создать гибкую систему (модель) с относительно большим количеством электродов и возможностью их оперативной коммутации.

Первой частью решения поставленной задачи был выбор конструкции стенок, материала и расположения электродов. Исходя из анализа существующих конструкций средств электротермического воздействия, было принято решение использовать плоские электроды. Данный выбор обусловлен тем, что разрабатываемая конструкция в случае её успешной реализации на следующем этапе будет служить элементом прототипа системы равномерного разогрева смеси. Поскольку при использовании стержневых электродов неизбежно формирование резконеоднородных электрических полей, то данный вариант был признан нами неприемлемым. Стенки ёмкости было принято выполнить в виде «матриц» из равномерно размещённых по площади электродов. Таким образом, изменение комбинации включения электродов сделает возможным получение электрических полей различных конфигураций, что вполне отвечает требованиям реализации установленной концепции. Экспериментальные исследования показали, что наиболее подходящая форма электродов – это круг или овал, а материал – сталь или графит.

При выборе диэлектрического материала для футеровки стенок было экспериментально опробовано несколько вариантов (текстолит, эпоксидная смола, фторопласт, полиамид). Наиболее подходящим оказался полиамид-6, поскольку он является плотным материалом, обладающим пониженной адгезией, повышенной механической стойкостью и постоянством электроизоляционных свойств в рабочем температурном диапазоне. На рис. 1 представлен один из вариантов физической модели ёмкости. Она выполнена в виде герметичной формы с откидными бортами, что также позволяет применять её при исследованиях электродного прогрева с последующей распалубкой образца. В данном варианте в каждую из стенок вмонтировано по 9 электродов. На основании проведённых экспериментов было установлено, что способ монтажа электродов заподлицо обеспечивает более однородное электрическое поле. Данный вариант рационален и с технологической точки зрения, поскольку значительно облегчает процесс очистки электродов. Также приемлем вариант незначительно выступающих электродов с закруглёнными гранями.

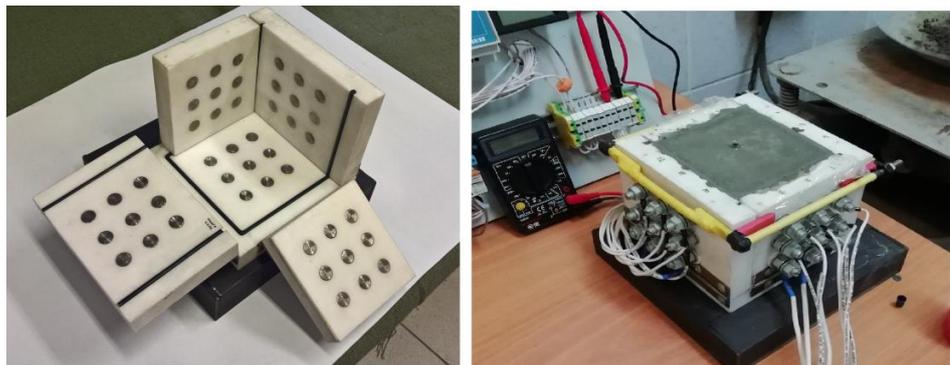


Рис. 1. Вариант физической модели ёмкости

Для обеспечения требуемой гибкости при управлении необходимо «выделить» на каждый из электродов как минимум по одному коммутационному

аппарату (КА). В качестве КА могут быть использованы электромагнитные реле/пускатели либо полупроводниковые ключи. Для управления КА и другими элементами силовой части схемы было разработано коммутирующее устройство (КУ) (рис. 2).

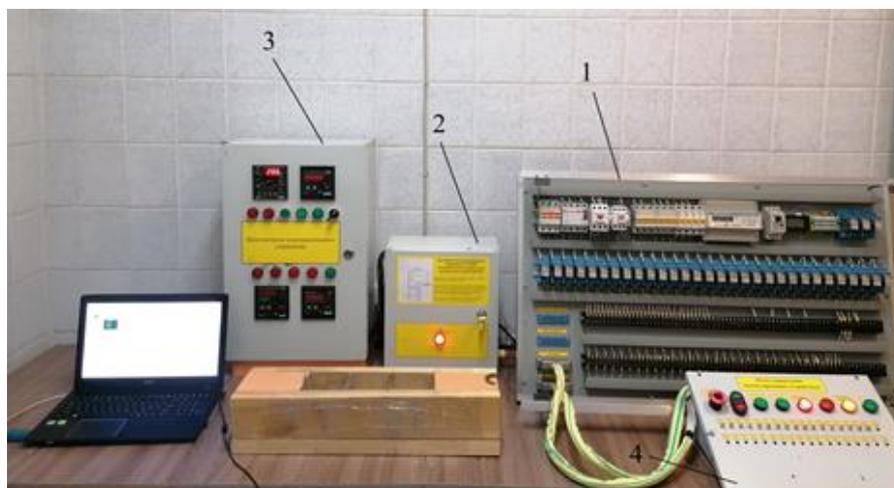


Рис. 2. Оборудование для проведения исследований:

1 – коммутирующее устройство; 2 – источник питания; 3 – блок автоматического управления; 4 – пульт управления

В процессе эксперимента изменение комбинации включения электродов можно осуществлять как вручную с пульта управления (ПУ), так и автоматически по заданной программе. Для этой цели к КУ может быть подключен блок автоматического управления и контроля (БАУ). В качестве источника питания электродов собран модуль на основе трансформатора с многовыводной вторичной обмоткой, обеспечивающей получение значений напряжения от 0 до 100 В (с шагом в 10 В) и с возможностью гальванической развязки цепей. Следует отметить, что лабораторный комплекс выполнен в модульном исполнении (ПУ, ИП, БАУ, ёмкость для разогрева смеси подключаются к КУ через разъёмы).

В ходе экспериментов изучался характер распределения температуры в зависимости от комбинаций включения электродов. Например, на рис. 3 представлена динамика изменения температуры по объёму ёмкости при указанной комбинации подключения электродов (чёрным цветом обозначены электроды, не подключенные к ИП, красным – подключенные; электроды, расположенные на стенке слева, подключены к одному выводу трансформатора, а расположенные справа – к другому). Очевидно, что в районе датчика t_4 температура будет несколько ниже. Нагрев данной области будет происходить в основном за счёт теплопроводности смеси. При более высоких скоростях разогрева разница $t_{cp} - t_4$ будет увеличиваться. В реальных условиях подобная ситуация может возникнуть, например, при обрастании электрода цементным камнем либо при обрыве электрической цепи. Введённый таким образом градиент может сохраниться после укладки неравномерно разогретой

смеси. С другой стороны, возможно преднамеренное применение данной комбинации в случае, если по какой-либо причине в зоне t_4 произошло превышение температуры. Если же подключить к ИП два ближайших к датчику t_4 электрода, то температура в данной зоне начнёт стремительно возрастать.

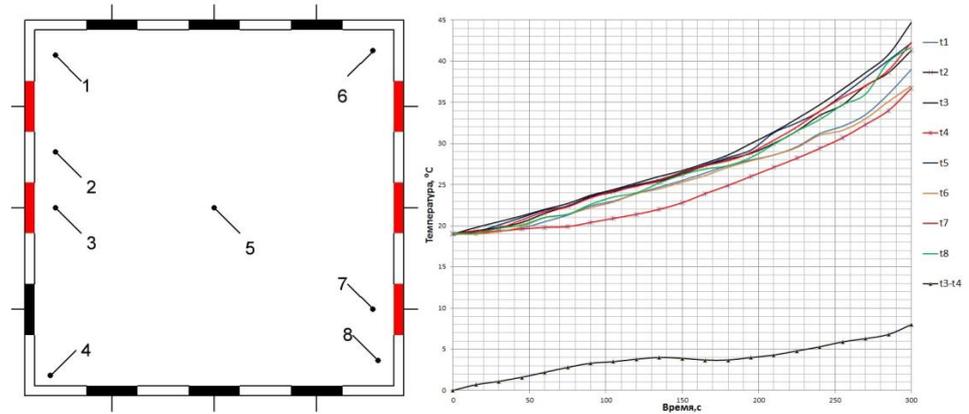


Рис. 3. Распределение температуры при несимметричном подключении электродов

Поскольку представляется возможным эмпирически получить подобные зависимости, то по мере наработки необходимого объёма статистических данных возможна разработка алгоритма условно непрерывной подстройки теплового поля.

Рассмотрим один из разработанных принципов построения алгоритма на примере системы, имеющей три характерные точки измерения температуры. Исходными данными являются: время разогрева T_p , конечная температура t_k , предельно допустимое отклонение температуры по объёму $\pm\Delta t$, график изменения температуры. Пусть $T_p = 10$ мин, $t_k = 70$ °С, $\pm\Delta t = 0,7$ °С, график изменения температуры линейный (рис. 4).

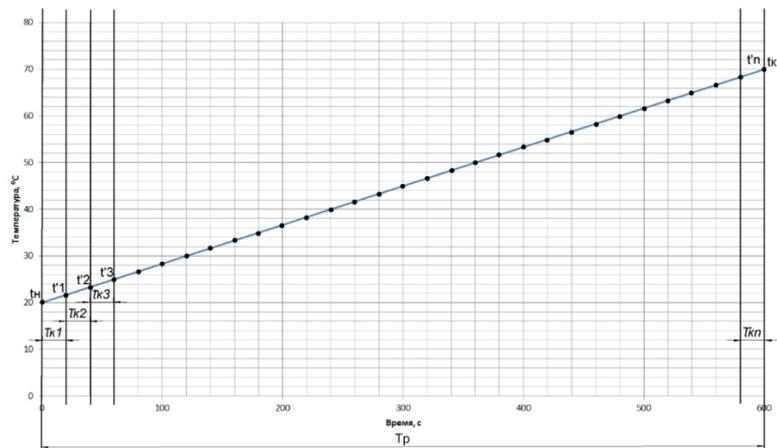


Рис. 4. Определение основных параметров для построения алгоритма

В зависимости от различных технологических факторов (инерционность среды, скорость нагрева, конфигурация электродов и т. п.) назначается период коррекции τ_k , представляющий собой равные отрезки времени, через которые необходимо произвести измерение текущего значения температуры и сравнить его с заданным для настоящего момента времени t' . В случае неравенства (с учётом предельно допустимого отклонения $\pm\Delta t$) необходимо произвести коррекцию теплового поля. Экспериментально выявлено, что оптимальный диапазон значений τ_k составляет 10–20 с. Однако для конкретного случая возможен подбор наиболее подходящего значения периода коррекции эмпирическим путём. Для определения значений температуры $t_1', t_2', t_3' \dots t_n'$ необходимо рассчитать шаг увеличения температуры t_y :

$$t_y = \frac{t_k - t_n}{T_p / \tau_k}.$$

Таким образом:

$$\begin{aligned} t_1' &= t_n + t_y; \\ t_2' &= t_n + t_y \cdot 2; \\ t_3' &= t_n + t_y \cdot 3; \\ &\dots \\ t_k' &= t_n' + t_y. \end{aligned}$$

Пусть для рассматриваемого случая $\tau_k = 10$ с, тогда

$$t_y = \frac{70 - 20}{600 / 10} = 0,833 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Данное значение будет добавляться к переменной t' с каждым проходом цикла программы. На рис. 5 представлен упрощённый вариант алгоритма коррекции температуры по трём контролируемым зонам. Данный принцип лежит в основе ПО, разработанного для микроконтроллера модуля автоматической подстройки. Программа имеет ряд опций, автоматизирующих некоторые операции. Например, не нужно вручную вводить значение t_n . Перед запуском процесса разогрева система обрабатывает сигналы с датчиков температуры и сохраняет среднее арифметическое значение, затем, исходя из хранящихся в памяти пользовательских параметров (τ_k , T_p и t_k), вычисляет значения t_y и t' . Также имеется функция отправки данных через СОМ-порт для их визуализации, обработки и архивации с помощью Excel и других инструментов. Программа снабжена функциями диагностики электрических цепей (например, на предмет обрыва), оповещения о внештатной ситуации и т. д.

На рис. 6 представлена упрощённая принципиальная схема системы равномерного электроразогрева. Сигналы с датчиков температуры, установленных в наиболее уязвимых точках объёма бункера, обрабатываются блоком управления. Исходя из полученной картины теплового поля, подбирается наиболее подходящая для обеспечения требуемого уровня однородности комбинация состояния электродов.

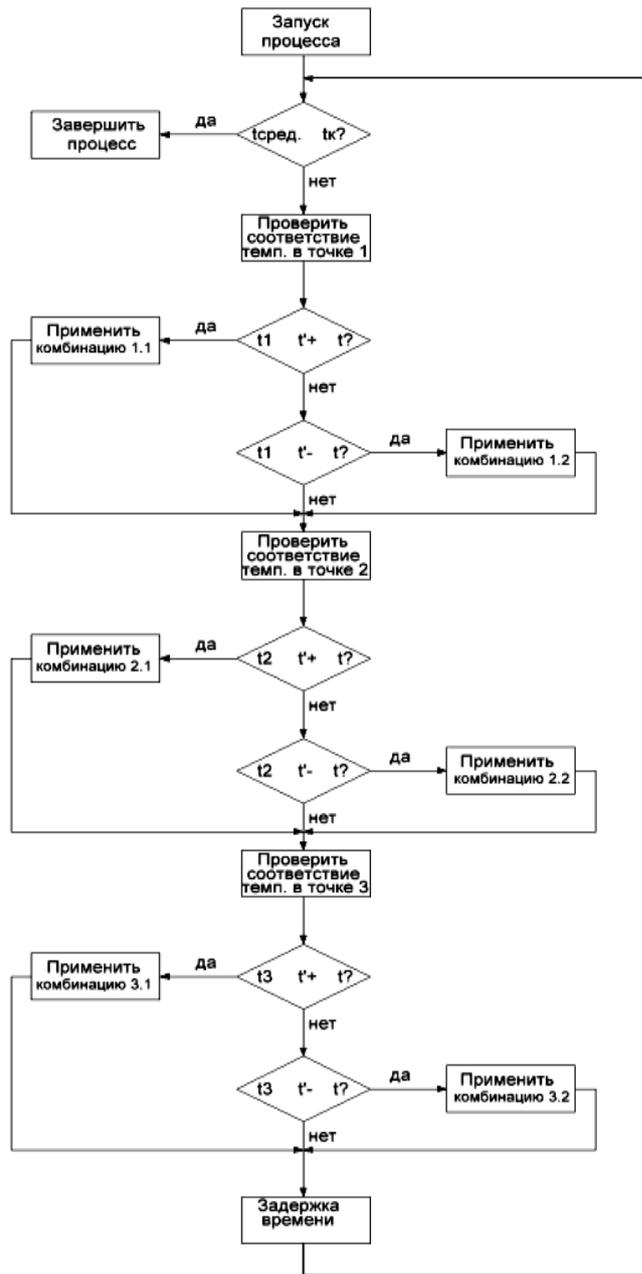


Рис. 5. Упрощённый вариант алгоритма контроля и коррекции температуры

На представленной схеме конкретная комбинация обеспечивается сменой состояния управляющих выходов управления катушками реле соответствующих электродов. В отдельных случаях возможно параллельное регулирование уровня напряжения источника питания, а также применение гальванической развязки цепей протекания тока сквозь объём бетонной смеси.

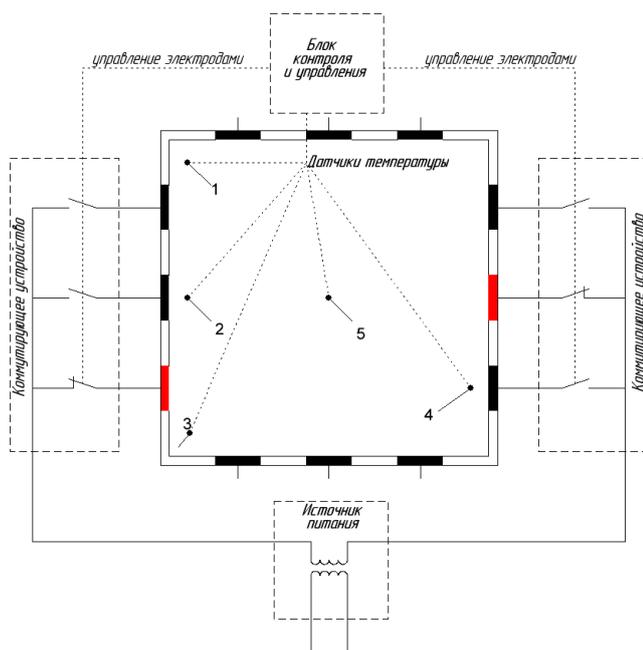


Рис. 6. Принципиальная схема системы равномерного разогрева бетонной смеси

Оригинальность изложенной идеи подтверждена патентом на изобретение [15]. При апробировании разработанной системы в лабораторных условиях разогрев смеси производился в ёмкости размером $100 \times 100 \times 100$ мм с контролем температуры в 4 зонах. При $\tau_k = 3$ с максимальный перепад температуры составил $0,7$ °С, что является ожидаемым и приемлемым результатом. Положительные результаты испытания разработанного комплекса методов и средств дают основания сделать вывод о целесообразности его дальнейшего развития и апробирования в промышленном масштабе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Cecini D., Austin S.A., Cavalaro S., Palmeri A.* Accelerated curing of steel-fibre reinforced concrete // *Construction and Building Materials*. 2018. V. 189. P. 192–204.
2. *Tayfun Uygunoglu, Ismail Hocaoglu.* Effect of electrical curing application on setting time of concrete with different stress intensity // *Construction and building materials*. 2018. V. 162. P. 298–305.
3. *Wilson J.G., Gupta N.K.* Equipment for the investigation of the accelerated curing of concrete using direct electrical conduction // *Measurement*. 2004. V. 35. P. 243–250.
4. *Kafry I.D.* Direct Electric Curing of Concrete: Basic Design. Whittle Publishing Services, 1993. 96 p.
5. *Heritage I.* Direct electric curing of mortar and concrete (PhD thesis). UK, Edinburg : Naiper University, 2001. 294 p.
6. *Федосов С.В., Красносельских Н.В., Коровин О.В., Соколов А.М.* Электротепловая обработка железобетонных изделий токами повышенной частоты в условиях малых предпийтий // *Строительные материалы*. 2014. № 5. С. 8–14.
7. *Федосов С.В., Соколов А.М., Красносельских Н.В., Кузнецов А.Н.* Состояние и перспективы применения электротепловой обработки строительных материалов и изделий то-

- ками повышенной частоты // Сборник научных статей Первых Международных Лыковских научных чтений. Курск : ЗАО «Университетская книга», 2015. С. 291–299.
8. Kovtun M., Ziolkowski M., Shekhovtsova J., Kearsley E. Direct electric curing of alkali-activated fly ash concretes: a tool for wider utilization of fly ashes // *Journal of Cleaner Production*. 2016. V. 133. P. 220–227.
 9. Zhao R.H., Tuan C.Y., Xu A., Fan D.B. Conductivity of ionically-conductive mortar under repetitive electrical heating // *Construction and Building Materials*. 2018. V. 173. P. 730–739.
 10. Трембицкий С.М. Энергосберегающие технологии изготовления железобетонных изделий и конструкций // *Бетон и железобетон*. 2004. № 6 (531). С. 23–26.
 11. Титов М.М., Власов В.А., Рязанов А.В., Южаков И.В. Совершенствование оборудования для предварительного электроразогрева бетонной смеси // *Проектирование и строительство в Сибири*. 2007. № 1 (37). С. 32–36.
 12. Гныря А.И., Титов М.М., Кузнецов С.М. Комплексная оценка надежности применения поворотного бункера для электроразогрева бетонных смесей // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2013. № 6 (654). С. 43–51.
 13. Гныря А.И., Титов М.М., Кузнецов С.М. Совершенствование устройств предварительного электроразогрева бетонных смесей // *Строительные и дорожные машины*. 2011. № 2. С. 22–25.
 14. Титов М.М., Гныря А.И., Кузнецов С.М. Совершенствование устройств для предварительного электроразогрева бетонных смесей // *Механизация строительства*. 2010. № 12. С. 7–11.
 15. Патент № 2723313 Российская Федерация, С1. Способ равномерного разогрева бетонной смеси / Батюк М.И., Ушаков В.Я., Гныря А.И., Краснятов Ю.А. 2020. 12 с.

REFERENCES

1. Cecini D., Austin S.A., Cavalaro S., Palmeri A. Accelerated curing of steel-fibre reinforced concrete. *Construction and Building Materials*. 2018. V. 189. Pp. 192–204.
2. Tayfun Uygunoglu, Ismail Hocaoglu. Effect of electrical curing application on setting time of concrete with different stress intensity. *Construction and building materials*. 2018. V. 162. Pp. 298–305.
3. Wilson J.G., Gupta N.K. Equipment for the investigation of the accelerated curing of concrete using direct electrical conduction. *Measurement*. 2004. V. 35. Pp. 243–250.
4. Kafry I.D. Direct electric curing of concrete: Basic design, whittle publishing services, 1993. 96 p.
5. Heritage I. Direct electric curing of mortar and concrete. PhD Thesis. UK, Edinburg: Naiper University, 2001. 294 p.
6. Fedosov S.V., Krasnoselskikh N.V., Korovin O.V., Sokolov A.M. Elektroteplovaya obrabotka zhelezobetonnykh izdelii tokami povyshennoi chastoty v usloviyakh malykh predpriyatii [Electric thermal treatment of reinforced concrete products with high-frequency currents at small production enterprises]. *Stroitel'nye materialy*. 2014. No. 5. Pp. 8–14. (rus)
7. Fedosov S.V., Sokolov A.M., Krasnosel'skikh N.V., Kuznetsov A.N. Sostoyanie i perspektivy primeneniya elektroteplovei obrabotki stroitel'nykh materialov i izdelii tokami povyshennoi chastoty [Application of electric thermal treatment of building materials and products with high frequency currents]. In: *Sbornik nauchnykh statei Pervykh Mezhdunarodnykh Lykovskikh nauchnykh chtenii (Coll. Papers in memory of Lykov)*. Kursk: Universitetskaya kniga, 2015. Pp. 291–299. (rus)
8. Kovtun M., Ziolkowski M., Shekhovtsova J., Kearsley E. Direct electric curing of alkali-activated fly ash concretes: a tool for wider utilization of fly ashes. *Journal of Cleaner Production*. 2016. V. 133. Pp. 220–227.
9. Zhao R.H., Tuan C.Y., Xu A., Fan D.B. Conductivity of ionically-conductive mortar under repetitive electrical heating. *Construction and Building Materials*. 2018. V. 173. Pp. 730–739.
10. Trembitskii S.M. Energosberegayushchie tekhnologii izgotovleniya zhelezobetonnykh izdelii i konstruktssii [Energy-saving technologies for manufacture of reinforced concrete products and structures]. *Beton i zhelezobeton*. 2004. No. 6(531). Pp. 23–26. (rus)

11. *Titov M.M., Vlasov V.A., Ryazanov A.V., Yuzhakov I.V.* Sovershenstvovanie oborudovaniya dlya predvaritel'nogo elektrorazogreva betonnoi smesi [Equipment improvement of electric pre-heating of concrete mixture]. *Proektirovanie i stroitel'stvo v Sibiri*. 2007. No. 1(37). Pp. 32–36. (rus)
12. *Gnyrya A.I., Titov M.M., Kuznetsov S.M.* Kompleksnaya otsenka nadezhnosti primeneniya povtornogo bunkera dlya elektrorazogreva betonnykh smesei [Integrated reliability assessment of rotary bunker for the electric heating of concrete mixes]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii*. 2013. No. 6 (654). Pp. 43–51. (rus)
13. *Gnyrya A.I., Titov M.M., Kuznetsov S.M.* Sovershenstvovanie ustroystv predvaritel'nogo elektrorazogreva betonnykh smesei [Improvement of devices for electric pre-heating of concrete mixtures]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*. 2011. No. 2. Pp. 20–25. (rus)
14. *Titov M.M., Gnyrya A.I., Kuznetsov S.M.* Sovershenstvovanie ustroystv dlya predvaritel'nogo elektrorazogreva betonnykh smesei [Improvement of devices for electric pre-heating of concrete mixtures]. *Mekhanizatsiya stroitel'stva*. 2010. No. 12. Pp. 7–11. (rus)
15. *Batyuk M.I., Ushakov V.Ya., Gnyrya A.I., Krasnyatov Yu.A.* Sposob ravnomernogo razogreva betonnoy smesi [Uniform heating of concrete mixture]. Patent Russ. Fed. N 2723313 C1, 2020. 12 p. (rus)

Сведения об авторах

Батюк Михаил Игоревич, мл. научный сотрудник, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, mb110@yandex.ru

Воднев Богдан Сергеевич, инженер-исследователь, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, bvodnev97@gmail.com

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

Ушаков Василий Яковлевич, докт. техн. наук, профессор, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, vyush@tpu.ru

Authors details

Mikhail I. Batyuk, Junior Scientist, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, mb110@yandex.ru

Bogdan S. Vodnev, Research Engineer, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, bvodnev97@gmail.com

Sergey V. Korobkov, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, korobkov_1973@mail.ru

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

Vasily Ya. Ushakov, DSc, Professor, National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Ave., 634050, Tomsk, Russia, vyush@tpu.ru

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

УДК 625.7/.8:004.65(571.121)

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-150-159

В.Н. ЕФИМЕНКО, С.В. ЕФИМЕНКО, И.А. БАШИРОВА,

Томский государственный архитектурно-строительный университет

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО БАНКА ДАННЫХ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ ГРАНИЦ ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОДЗОН НА ТЕРРИТОРИИ ЯНАО

Аннотация. Рассмотрены вопросы обеспечения качества проектирования автомобильных дорог и увеличения их межремонтного периода в течение жизненного цикла за счёт учёта региональных особенностей геокомплекса и дифференциации дорожно-климатического районирования территории Ямало-Ненецкого автономного округа.

Отражены основные принципы формирования информационного банка данных для моделирования элементами географического комплекса при обосновании территориальной целостности и однородности отдельных частей округа в таксономической системе «зона – подзона – дорожный район». Приведены зональные и интразональные признаки геокомплекса, включенные в информационную базу данных.

Ключевые слова: автомобильная дорога, дорожно-климатическое районирование, геокомплекс, зона, подзона, дорожный район, информационная база данных

Для цитирования: Ефименко В.Н., Ефименко С.В., Баширова И.А. Особенности формирования информационного банка данных для уточнения границ дорожно-климатических подзон на территории ЯНАО // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 6. С. 150–159. DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-150-159

V.N. EFIMENKO, S.V. EFIMENKO, I.A. BASHIROVA,

Tomsk State University of Architecture and Building

DATA BANK FOR ROAD-BUILDING CLIMATIC ZONES IN THE YAMALO-NENETS AUTONOMOUS DISTRICT

Abstract. The paper considers the problem of quality road construction and increasing their inter-repair period during the life cycle with respect to regional climatic conditions and differ-

entiation of road-building climatic zones in the Yamalo-Nenets Autonomous District. The main principles of the data bank formation for geographical complex modeling are described for the territorial integrity and homogeneity of individual District parts in the zone-subzone-road district taxonomic system. Zone and subzone signs of the geographical complex are included in the data bank.

Keywords: road, road-building climatic zone, geographical complex, subzone, road, data bank

For citation: Efimenko V.N., Efimenko S.V., Bashirova I.A. Osobennosti formirovaniya informatsionnogo banka dannykh dlya utochneniya granits dorozhno-klimaticheskikh podzon na territorii YaNAO [Data bank for road-building climatic zones in Yamalo-Nenets Autonomous District]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 6. Pp. 150–159.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-150-159

Результаты исследований географического комплекса, проведенных отечественными специалистами в прошлом веке на европейской территории России, были дифференцированы на другие территории страны и легли в основу дорожно-климатического районирования, которое представлено в действующих нормативных документах. Такой подход привёл к тому, что природно-климатические особенности отдельных регионов учтены не до конца, результатом чего является некачественное проектирование транспортных сооружений и, как следствие, снижение их эксплуатационной надёжности, а также увеличение затрат на приведение их в требуемое по условиям движения состояние. Это касается и Ямало-Ненецкого автономного округа, который находится в Арктической зоне Западной Сибири [1].

Согласно карте-схеме дорожно-климатического районирования, представленной в СП 34.13330.2021 [2], Ямало-Ненецкий автономный округ расположен в I дорожно-климатической зоне. I ДКЗ по площади занимает более 60 % территории страны и является единым географическим целым. Практически вся Восточная Сибирь, северная часть Западной Сибири и северо-западные районы европейской части страны включены в I ДКЗ, но природно-климатические условия этих территорий отличны друг от друга.

На Дальнем Востоке [3, 4], в Архангельской и Астраханской областях [5], в Республике Саха и Западной Сибири [6, 7] на данный момент уже были выполнены работы, направленные на уточнение границ дорожно-климатических зон. Связанные с районированием отдельных территорий задачи исследователи решают применительно к проектированию, к строительству и к сезонному содержанию автомобильных дорог на территориях административных образований. Широкому распространению предлагаемых решений по учёту природно-климатических условий территорий при проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог препятствует отсутствие:

- единого подхода к выбору признаков геокомплекса для обоснования территориальной целостности и однородности отдельных территорий;
- правил выбора элементов наблюдения и картирования границ;
- единых приёмов сбора и обработки сведений для моделирования территориальным распространением таксономических единиц с применением элементов геокомплекса [6].

Применение таксономической системы «зона – подзона – район» обеспечивает рациональный учёт природно-климатических условий. Для данной схемы уточнения дорожно-климатического районирования главной задачей является выделение таких районов для отдельных регионов страны, в границах которых однотипные дорожные конструкции будут близки по значениям прочности и устойчивости. Если площадь территории исследований велика, то уточнение дислокации границ зон, а также выделение подзон и дорожных районов осуществляют в пределах границ административных образований, после чего производят «сшивку» границ дорожных районов на территориях других административных образований, прилегающих к тем, в пределах которых уже выполнены работы по учёту элементов геокомплекса [1, 8, 9].

Работы по уточнению дорожно-климатического районирования с применением таксономической системы «зона – подзона – район» производят в две стадии. Первая стадия направлена на изучение природно-климатических условий территории исследования, а также на выделение особенности зональных, интразональных и региональных признаков географического комплекса (рис. 1). Группа зональных признаков геокомплекса лежит в основе выделения дорожных зон, группа интразональных признаков – подзон, а региональные факторы – дорожных районов [6, 10].

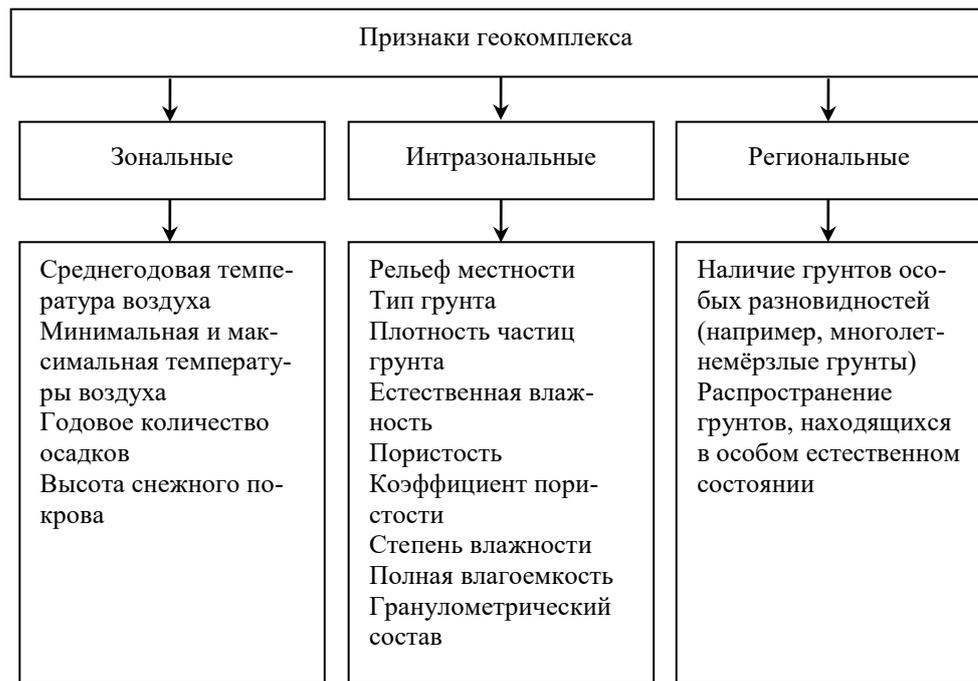


Рис. 1. Признаки географического комплекса

Первая стадия работ по уточнению дорожно-климатического районирования территории ЯНАО выполнена при поддержке госзадания Министерства науки и высшего образования РФ FEMN-2022-0003.

Методология выделения однородных территорий в таксономической системе единиц «зона – подзона – район» включает в себя три этапа, одним из которых является формирование информационной базы данных для моделирования показателями геокомплекса зонального, интразонального и регионального характеров. На рис. 2 отображены элементы информационной базы данных [11].

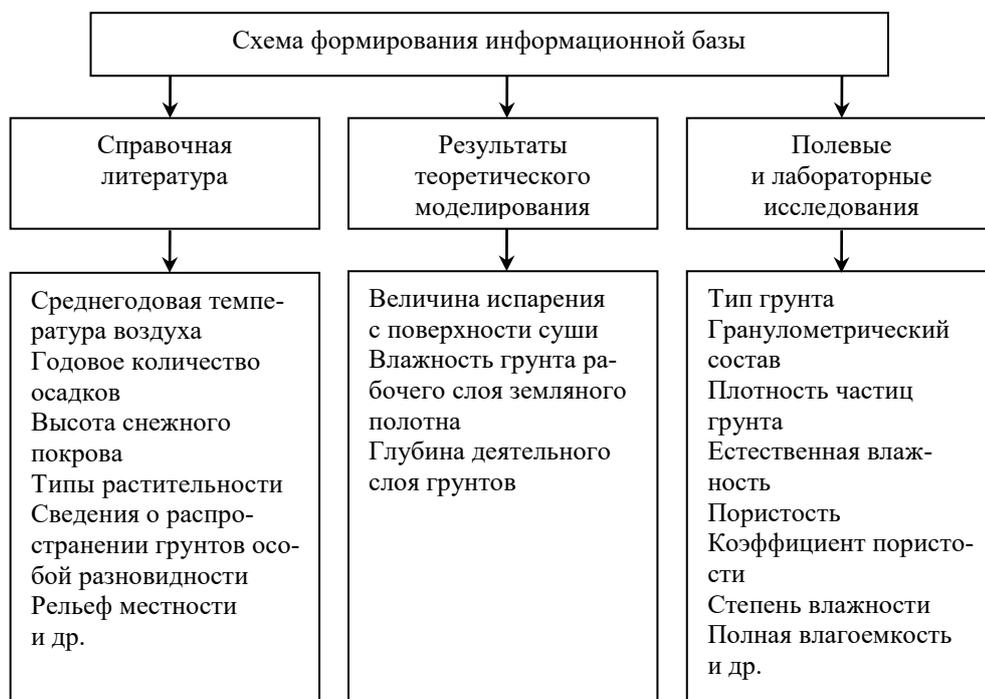


Рис. 2. Элементы информационной базы данных для целей дорожно-климатического районирования

При уточнении дорожно-климатического районирования территории Ямало-Ненецкого автономного округа физико-механические свойства грунтов были определены в ходе лабораторных исследований, штамповые испытания грунтов земляного полотна и испытания грунтов на максимальную плотность и оптимальную влажность были произведены во время полевых исследований применительно к опорным пунктам. Опорные пункты были назначены с учётом наличия в районе исследования гидрометеорологических станций. Большую часть информации принимали для тех же опорных пунктов по справочным материалам. Ряд населённых пунктов, расположенных на территории ЯНАО, указан в работе в качестве опорных пунктов. Также за предыдущий этап работы по уточнению дорожно-климатического районирования были собраны данные о годовом цикле изменения температуры и влажности грунтов земляного полотна с постов наблюдений, оборудованных датчиками температуры и влажности грунта специалистами кафедры «Автомобильные дороги» ТГАСУ в 2021 г. Величина испарения с поверхности, используемая для опре-

деления начала периода осеннего влагонакопления, определена с помощью методов математического моделирования.

Продолжительность периода осеннего влагонакопления применяют при определении осенней (W_p^{OC}) и зимней ($W_p^{ЗИМ}$) влажности грунта земляного полотна. Начало периода осеннего влагонакопления характеризуется увеличением среднесуточного количества осадков, повышением относительной влажности воздуха, понижением его температуры и увеличением облачности, что по сути определяет преобладание осадков над испарением. Точка пересечения графиков месячных сумм осадков r и испарения E для осенних месяцев определяет начало периода осеннего влагонакопления.

Профессором И.А. Золотарем была обоснована зависимость для расчёта интенсивности испарения E [13]:

$$E = \frac{25,5(1-f_{200})U_{\phi} \left(1 + \frac{Q_R - 1,8 \cdot E}{U_{\phi}^{2,5}}\right) \exp(0,063 \cdot \Theta_{200}) \exp\left(0,063 \frac{Q_R - 1,8 \cdot E}{U_{\phi}^{0,5}}\right)}{7,49 + \ln \left[\left(1 + 1,8 \frac{Q_R - 1,8 \cdot E}{U_{\phi}^{2,5}}\right) U_{\phi} \right]}, \quad (1)$$

где f – среднемесячная относительная влажность воздуха, выражаемая в долях единиц; U_{ϕ} – среднемесячная скорость ветра на высоте флюгера, м/с²; θ – среднемесячная температура воздуха, °С; Q_R – радиационный баланс.

Радиационный баланс Q_R можно измерить, используя данные метеорологических станций, или вычислить его величину, располагая данными по альбедо поверхности γ , суммарной радиации S_0 и эффективному излучению I_0 при безоблачном небе, а также при действительных условиях облачности в N баллов (S_N и I_N соответственно), температуре θ и средней облачности n [14].

Величину Q_R вычисляют по формуле

$$Q_R = 3,34 \cdot S_N - I_N, \quad (2)$$

где S_N – суммарная радиация при действительных условиях облачности, определяемая по формуле (3); I_N – эффективное излучение при действительных условиях облачности, определяемое по формуле (4).

$$S_N = S_0(1 - (1 - k)n), \quad (3)$$

где n – среднемесячная облачность N баллов, выражаемая в долях единиц; k – коэффициент, показывающий, какая доля солнечной радиации, поступающей на верхнюю границу облаков, доходит до земной поверхности при наличии полной облачности.

$$I_N = I_0(1 - c \cdot n), \quad (4)$$

где c – коэффициент, зависящий от географической широты местности.

Подставив формулы (3) и (4) в формулу (2), получим для определения радиационного баланса формулу

$$Q_R = 3,34 \left[S_0 (1 - (1 - k)n) \right] - I_0 (1 - c \cdot n). \quad (5)$$

На основании схемы, которая характеризует последовательность вычисления величины испарения [6], сотрудниками кафедры «Автомобильные дороги» ТГАСУ был разработан оригинальный программный продукт [15], позволяющий установить величины испарения с поверхности грунтового основания для опорных географических пунктов на территории исследования.

За конец периода осеннего влагонакопления профессор И.А. Золотарь в своей работе [13] предложил принимать дату наступления среднесуточной температуры 0°C , приводимую в метеорологических справочниках. Однако в настоящее время единой методики определения конца периода осеннего влагонакопления нет.

Установление начала периодов осеннего влагонакопления для населённых пунктов, расположенных на территории Ямало-Ненецкого автономного округа, выполнено графоаналитическим методом. На рис. 3 представлен график для определения начала периода осеннего влагонакопления для г. Тарко-Сале, данные для построения этого графика указаны в таблице.

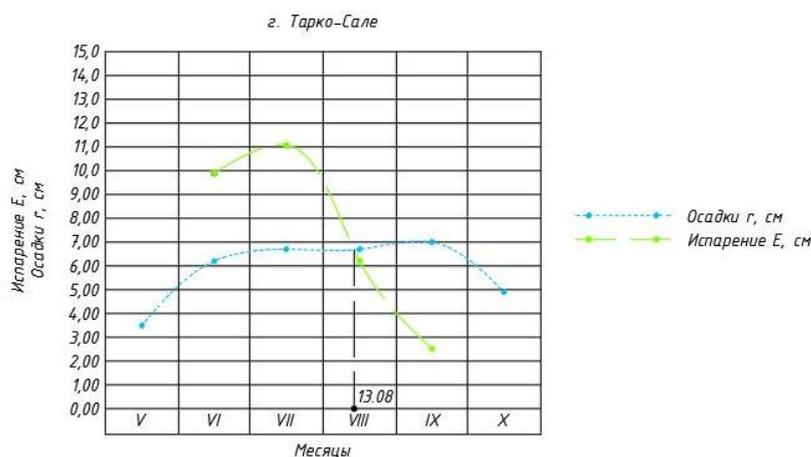


Рис. 3. График для определения начала периода осеннего влагонакопления для г. Тарко-Сале

Данные для построения зависимостей испарения и осадков от месяца

| Пункт расчёта | Географическая широта пункта расчёта, град северной широты | Месяц | Осадки, см | Испарение, см |
|---------------|--|-------|------------|---------------|
| Тарко-Сале | 64°54'57" | VI | 6,2 | 9,91 |
| | | VII | 6,7 | 11,08 |
| | | VIII | 6,7 | 6,2 |
| | | IX | 7 | 2,52 |

Первая редакция информационной базы данных, прошедшая государственную регистрацию [12], выполнена при поддержке НП «Центр освоения

Арктики» № 1-3.1/2022/22093н. Она содержит сведения о признаках геокмплекса и физико-механических свойствах грунтов, характерных для территории ЯНАО. База данных представлена в виде книги в Excel, первый лист который выступает своеобразным содержанием базы и носит информационный характер. На нём представлены:

1) картографические материалы: карта округа; карта расположения постов, оборудованных датчиками температуры и влажности грунта; две карты с расположением метеостанций (на одной указаны метеостанции, по которым взяты справочные данные, на второй – действующие в настоящее время метеостанции);

2) таблицы с кратким описанием расположения метеостанций; с описанием месторасположения установленных датчиков и привязкой их к метеостанциям; с информацией о местах отбора проб грунтов земляного полотна;

3) перечень приведённых в базе выборок, которые включают в себя сведения о средних величинах исследуемых показателей природных и климатических условий за тридцатилетний период наблюдений.

Кроме этого, база содержит сведения о направлении ветров для января и июля, полученных от действующих на территории ЯНАО метеорологических станций, а также результаты расчёта значений модулей упругости грунтов земляного полотна, подстилающих дорожную одежду [1]. В настоящее время, кроме сведений о годовом цикле изменения температуры и влажности грунтов земляного полотна, база данных была дополнена следующими показателями: величина испарения, величина максимальной плотности и оптимальной влажности грунтов земляного полотна.

Первая версия информационной базы данных содержит в себе сведения:

- о физико-механических свойствах грунтов;
- средней месячной и годовой температурах воздуха и поверхности почвы, средней минимальной и максимальной температурах воздуха, абсолютных минимумах и максимумах температуры воздуха, средней из абсолютных минимумов и абсолютных максимумов температуры воздуха, средней месячной температуре почвы на различных глубинах (по коленчатым термометрам);
- датах первого и последнего заморозка, продолжительности безморозного периода в воздухе;
- средней месячной и годовой скорости ветра, максимальной скорости и порывах ветра по анеморумбометру и флюгеру;
- среднем месячном и годовом атмосферном давлении на уровне моря и на уровне станции, максимальном и минимальном атмосферном давлении на уровне станции;
- месячном и годовом количестве осадков с поправками на смачивание, месячном и годовом количестве жидких, твёрдых и смешанных осадков;
- средней, наибольшей и наименьшей декадной высоте снежного покрова по постоянной рейке, среднем из максимальных и максимальном приростах высоты снежного покрова за сутки, числе дней со снежным покровом, датах появления и схода снежного покрова, образования и разрушения устойчивого снежного покрова;
- среднем и наибольшем числе дней с туманом, грозой, метелью и градом;

– среднем и наибольшем числе дней с обледенением проводов гололедного станка, а также с обледенением по визуальным наблюдениям.

Для более быстрого определения минимальных и максимальных значений показателей, приведённых в информационной базе данных, для большинства таблиц применяли условное форматирование цветом, что помогло упростить анализ климатических условий территории исследования. На рис. 4 в качестве примера приведена таблица с информацией о средней месячной и годовой температуре воздуха на территории Ямало-Ненецкого автономного округа. Здесь красным цветом выделено максимальное значение температуры, а синим – минимальное.

| № п/п | Метеорологическая станция: | Средняя месячная и годовая температура воздуха, С° | | | | | | | | | | | | |
|-------|----------------------------|--|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|
| | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | год |
| 1. | 1. Тазовское | -27,0 | -27,0 | -22,1 | -13,2 | -4,9 | 5,6 | 14,0 | 10,6 | 4,5 | -6,8 | -18,6 | -23,7 | -9,1 |
| 2. | 2. Ра-Из | -19,1 | -19,0 | -16,6 | -10,6 | -5,9 | 2,0 | 8,5 | 5,9 | -0,1 | -8,2 | -13,8 | -16,4 | -7,8 |
| 3. | 3. Ньда | -24,6 | -25,3 | -19,4 | -11,0 | -3,6 | 5,8 | 13,9 | 10,8 | 5,2 | -5,1 | -16,3 | -21,6 | -7,6 |
| 4. | 4. Сидоровск | -27,7 | -26,9 | -19,4 | -11,0 | -3,3 | 8,1 | 15,4 | 11,2 | 4,8 | -7,1 | -19,8 | -24,8 | -8,4 |
| 5. | 5. Салехард, ГМО | -24,5 | -23,4 | -18,6 | -10,2 | -1,9 | 7,3 | 13,3 | 10,9 | 4,9 | -4,6 | -15,6 | -21,5 | -7,0 |
| 6. | 6. Полуи | -24,0 | -23,2 | -16,1 | -7,9 | -0,7 | 8,5 | 14,8 | 11,0 | 5,0 | -5,3 | -16,1 | -21,0 | -6,3 |
| 7. | 7. Уренгой | -26,4 | -26,4 | -19,2 | -10,3 | -2,6 | 8,4 | 15,4 | 11,3 | 5,2 | -6,3 | -18,2 | -24,0 | -7,8 |
| 8. | 8. Питляр | -23,3 | -22,6 | -16,4 | -6,6 | 0,3 | 9,2 | 14,8 | 11,8 | 5,9 | -3,7 | -14,5 | -20,4 | 5,5 |
| 9. | 9. Нальм | -24,5 | -24,0 | -16,8 | -8,8 | -1,0 | 8,8 | 15,5 | 11,4 | 5,6 | -5,4 | -16,1 | -21,9 | -6,4 |
| 10. | 10. Мужик | -22,2 | -21,4 | -15,5 | -6,0 | 0,7 | 9,5 | 14,8 | 11,9 | 5,9 | -3,2 | -13,1 | -19,6 | -4,9 |
| 11. | 11. Тарко-Сале | -25,1 | -24,4 | -18,0 | -8,1 | -0,7 | 9,8 | 15,8 | 12,0 | 6,0 | -5,0 | -16,8 | -23,1 | -6,5 |
| 12. | 12. Толька | -25,3 | -24,7 | -16,3 | -6,9 | 0,8 | 11,0 | 16,6 | 12,2 | 6,2 | -4,9 | -17,7 | -23,8 | -3,7 |
| 13. | 13. Халесовая | -28,0 | -23,3 | -15,1 | -7,7 | 0,2 | 10,7 | 16,8 | 12,3 | 6,6 | -5,1 | -15,9 | -21,9 | -5,6 |

Рис. 4. Пример форматирования таблиц, входящих в информационную базу данных

Представленная в работе версия информационной базы данных прошла государственную регистрацию [12]. Она была сформирована на основе справочной литературы, а также полевых и лабораторных исследований. В настоящее время базу данных продолжают формировать, используя как методы математического моделирования, так и новые результаты лабораторных исследований. На предстоящих этапах выполнения работы по уточнению дорожно-климатического районирования база данных станет основой для моделирования элементами геокомплекса с целью выделения границ дорожных подзон и районов на территории Ямало-Ненецкого автономного округа, который относится к I дорожно-климатической зоне.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зголич И.А. Разработка информационной базы данных для целей дорожно-климатического районирования территории ЯНАО // Избранные доклады 68-й университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых. Томск, 2022. С. 149–152.
2. СП 34.13330.2021. Автомобильные дороги / Минстрой России. Москва, 2021. 94 с.
3. Ярмолинский А.И., Пугачев И.Н., Пичкунов А.П., Елизарова О.И. Дорожно-климатическое районирование Сахалинской области / гл. ред. Л.А. Суевалова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тихоокеанский государственный университет». Хабаровск : Изд-во ТОГУ, 2016. 241 с.
4. 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.
5. Боровик В.С., Боровик В.В., Круглов А.Г. Методика регионального дорожно-климатического районирования на примере Астраханской области // Вестник Волгоградского

- государственного архитектурно-строительного университета. Серия: «Строительство и архитектура». 2007. № 8. С. 58–62.
6. Ефименко С.В. Развитие теоретических положений учета особенностей признаков геокомплекса при формировании региональных норм проектирования автомобильных дорог. Т. 1: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Ефименко Сергей Владимирович. Томск, 2016. 280 с.
 7. Бадина М.В. Обеспечение качества проектирования дорожных конструкций на основе учёта региональных природно-климатических условий (на примере Западной Сибири) : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Бадина Мария Владимировна. Омск, 2009. 25 с.
 8. Афиногенов О.П., Ефименко С.В., Афиногенов А.О. Совершенствование методов проектирования автомобильных дорог на основе дифференциации районирования. Кемерово : ООО «Офсет», 2015. 364 с.
 9. Ефименко С.В., Черепанов Д.Н. Методические аспекты регионального уточнения простиранья линий границ дорожно-климатических зон // Вестник МГСУ. 2013. № 6. С. 214–222.
 10. Ефименко С.В., Ефименко В.Н., Бадина М.В. и др. Учёт особенностей распространения геокомплексов при территориальной организации дорожно-климатического районирования // Автомобильные дороги и мосты : сб. ФГУП «РОСДОРНИИ». Москва, 2014. № 31. С. 42–52.
 11. Efimenko V.N., Efimenko S.V., Sukhorukov A.V. Accounting for natural-climatic conditions in the design of roads in western Siberia // Sciences in Cold and Arid Regions. 2015. August. V. 7. I. 4. P. 307–315. DOI: 10.3724/SP.J.1226.2015.00307
 12. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022621557. Показатели элементов геокомплекса Ямало-Ненецкого автономного округа / Ефименко С.В., Ефименко В.Н., Зголич И.А., Сиволап В.Е., Чарыков Ю.М., Трофимов А.Э., Чурилин В.С., Сухоруков А.В. ; заявитель и правообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет ; заявл. 05.05.2022 ; опубл. 01.07.2022. 1 с.
 13. Золотарь И.А., Пузаков Н.А., Сиденко В.М. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд. Москва : Транспорт, 1971. 416 с.
 14. Сухоруков А.В. Обоснование региональных расчётных значений характеристик глинистых грунтов для проектирования дорожных одежд в условиях Западной Сибири : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сухоруков Алексей Владимирович. Омск, 2017. 166 с.
 15. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014612694 Российской Федерация. Определение величины испарения с поверхности грунтового основания / Ефименко С.В., Сухоруков А.В., Черепанов Д.Н., Батуев С.П. ; заявл. 09.01.14 ; опубл. 05.03.14.

REFERENCES

1. Zgolichev I.A. Razrabotka informatsionnoy bazy dannykh dlya tseley dorozhno-klimaticheskogo rayonirovaniya territorii YaNAO [Development of data bank for road-building climatic zoning in Yamalo-Nenets Autonomous District]. In: Izbrannye doklady 68-y universitetskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh (*Selected Papers 68th Int. Sci. Conf. of Students and Young Scientists*). Tomsk, 2022. Pp. 149–152. (rus)
2. SP 34.13330.2021. ‘Avtomobil’nye dorogi’ [Automobile roads]. Minstroy Rossii. Moscow, 2021. 94 p. (rus)
3. Yarmolinskiy A.I. Dorozhno-klimaticheskoe rayonirovanie Sakhalinskoy oblasti [Road-building climatic zones in the Sakhalin region], L.A. Suevalov, Ed., Khabarovsk, 2016. 241 p. (rus)
4. Yarmolinskiy A.I. Proektirovanie konstruktivnykh avtomobilnykh dorog s uchetom prirodno-klimaticheskikh osobennostey Dalnego Vostoka [Road structure design with regard to natural climatic conditions of the Far East]. Khabarovsk, 2005. 197 p. (rus)
5. Borovik V.S. Metodika regionalnogo dorozhno-klimaticheskogo rayonirovaniya na primere Astrakhanskoy oblasti [Road-building climatic zoning in the Astrakhan region]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Ser.: Stroitelstvo i arkhitektura*. 2007. No. 8. Pp. 58–62. (rus)

6. *Efimenko S.V.* Razvitee teoreticheskikh polozheniy ucheta osobennostey priznakov geokompleksa pri formirovaniy regionalnykh norm proektirovaniya avtomobilnykh dorog: Dis. ... d-ra tekhn. nauk. [Development of theoretical provisions for geographical complex for regional standards of road construction. DSc Thesis]. Vol. 1. Tomsk, 2016. 280 p. (rus)
7. *Badina M.V.* Obespechenie kachestva proektirovaniya dorozhnykh konstruksiy na osnove ucheta regionalnykh prirodno-klimaticheskikh usloviy (na primere Zapadnoy Sibiri): avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk [Quality assurance of road design based on regional natural and climatic conditions in Western Siberia. PhD Abstract]. Omsk, 2009. 25 p. (rus)
8. *Afinogenov O.P.* Sovershenstvovanie metodov proektirovaniya avtomobilnykh dorog na osnove differentsiatsii rayonirovaniya [Improvement of road design methods based on zone differentiation]. Kemerovo: Ofset, 2015. 364 p. (rus)
9. *Efimenko S.V.* Metodicheskie aspekty regionalnogo utochneniya prostiraniya liniy granits dorozhno-klimaticheskikh zon [Methodological aspects of regional refinement of road-building climatic zones boundaries]. *Vestnik MGSU*. 2013. No. 6. Pp. 214–222. (rus)
10. *Efimenko S.V., Efimenko V.N., Badina M.V.* Uchyot osobennostey rasprostraneniya geokompleksov pri territorialnoy organizatsii dorozhno-klimaticheskogo rayonirovaniya [Distribution of geographical complexes in road-building climatic zones]. *Avtomobilnye dorogi i mosty*. 2014. No. 31. Pp. 42–52. (rus)
11. *Efimenko V.N., Efimenko S.V., Sukhorukov A.V.* Accounting for natural-climatic conditions in the design of roads in western Siberia. *Sciences in Cold and Arid Regions*. V. 7. No. 4. 2015. Pp. 307–315. DOI: 10.3724/SP.J.1226.2015.00307
12. *Efimenko S.V., Efimenko V.N., Zgolich I.A., Sivolap V.E., Charykov Yu.M., Trofimov A.E., Churilin V.S., Sukhorukov A.V.* Pokazateli elementov geokompleksa Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga [Indicators of geocomplex elements of the Yamalo-Nenets Autonomous District]. RF Certificate of State Registration of Database N 2022621557, 2022. 1 p. (rus)
13. *Zolotar I.A.* Vodno-teplovoy rezhim zemlyanogo polotna i dorozhnykh odezhd [Water and temperature conditions of subgrade and road pavement]. Moscow: Transport, 1971. 416 p. (rus)
14. *Sukhorukov A.V.* Obosnovanie regionalnykh raschyotnykh znacheniy kharakteristik glinistykh gruntov dlya proektirovaniya dorozhnykh odezhd v usloviyakh Zapadnoy Sibiri: dis. ... kand. tekhn. nauk [Regional design values of clay soils for road pavements in Western Siberia]. Omsk, 2017. 166 p. (rus)
15. *Efimenko S.V., Sukhorukov A.V., Cherepanov D.N., Batuev S.P.* Opredelenie velichiny ispareniya s poverkhnosti gruntovogo osnovaniya [Determination of evaporation from the surface of the ground]. RF Certificate of State Registration of Database N 2014612694, 2014. (rus)

Сведения об авторах

Ефименко Владимир Николаевич, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, svefimenko_80@mail.ru

Ефименко Сергей Владимирович, докт. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, svefimenko_80@mail.ru

Баширова Ирина Андреевна, аспирант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, izgolich@mail.ru

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, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, svefimenko_80@mail.ru

Irina A. Bashirova, Research Assistant, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, izgolich@mail.ru

УДК 691.168:625.855.3+ 658.567.1

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-160-169

*В.Н. ЛУКАШЕВИЧ, О.Д. ЛУКАШЕВИЧ, Р.И. МОКШИН,
Томский государственный архитектурно-строительный университет*

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗОЛЫ-УНОСА ГИДРОУДАЛЕНИЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СОСТАВЕ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫХ ОСНОВАНИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД, УКРЕПЛЕННЫХ БИТУМОМ

Аннотация. Обоснован один из путей совместного решения двух важнейших экологических проблем, возникающих на современном этапе развития и функционирования теплоэнергетического комплекса. Первой из таких проблем является ликвидация золоотвалов, образующихся при сжигании углей. Вторая проблема – утилизация волокнистых сорбентов, отработавших свой ресурс при ликвидации аварийных разливов нефти, нефтепродуктов, нефтяных и сланцевых смол, каменноугольных фусов.

Показано, что при устройстве оснований дорожных одежд могут быть использованы мелкодисперсные золы гидроудаления и асфальтобетонные композиции, армированные отрезками химических волокон, полученных из отработавших свой ресурс волокнистых сорбентов. При этом происходит улучшение ряда свойств золы-уноса гидроудаления и нейтрализация содержащихся в ней полуторных оксидов, являющихся катализаторами старения нефтяного битума.

Экспериментально установлено, что предложенные технологические решения приводят к снижению индекса битумоемкости золы-уноса гидроудаления, повышению средней плотности, снижению пористости, истинной плотности. Это позволяет использовать ее при устройстве укрепленных оснований дорожных одежд без увеличения расхода нефтяного битума. Содержащиеся в нефтепродуктах высокоактивные компоненты нейтрализуют способность полуторных оксидов ускорять процесс старения нефтяных битумов, что подтверждено методом ИК-спектроскопии.

Ключевые слова: утилизация отходов, зола-унос, золоотвал, дисперсная арматура, волокнистые сорбенты, основание дорожной одежды, пористость, средняя плотность, битумоемкость, старение органического вяжущего, полуторные оксиды

Для цитирования: Лукашевич В.Н., Лукашевич О.Д., Мокшин Р.И. Модифицирование физико-химических свойств золы-уноса гидроудаления для использования в составе дисперсно-армированных оснований дорожных одежд, укрепленных битумом // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 6. С. 160–169.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-160-169

*V.N. LUKASHEVICH, O.D. LUKASHEVICH, R.I. MOKSHIN,
Tomsk State University of Architecture and Building*

MODIFICATION OF FLY ASH PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES FOR USING IN DISPERSION-HARDENED BITUMEN-BASED PAVEMENT

Abstract. One of the ways is substantiated to solve the most important environmental problems currently arising in the development and functioning of the heat and power complex. The first is the elimination of fly ash dumps formed during coal combustion. The second is utiliza-

tion of fibrous sorbents exhausted during the elimination of emergency oil spills, products, shale tars, coal fuses. It is shown that fine ash and asphalt-concrete compositions reinforced with chemical fibers obtained from end-of-life fibrous sorbents, can be used in the pavement construction. The number of properties of hydraulic fly ash and neutralization of sesquioxides contained in them are improved. The latter are catalysts for oil bitumen aging. It is shown that the proposed solutions lead to a decrease in the bitumen content in the fly ash, increase in average density, decrease in porosity and true density. This provides its use in construction of reinforced pavements without increasing the oil bitumen consumption. Highly active components contained in petroleum products neutralize the ability of sesquioxides to accelerate the aging process of petroleum bitumen, which is confirmed by IR spectroscopy.

Keywords: waste disposal, fly ash, ash dump, dispersed reinforcement, fibrous sorbents, pavement, porosity, average density, bitumen content, organic binder aging, sesquioxides

For citation: Lukashevich V.N., Lukashevich O.D., Mokshin R.I. Modifitsirovanie fiziko-khimicheskikh svoistv zoly-unosa gidroudaleniya dlya ispol'zovaniya v sostave dispersno-armirovannykh osnovanii dorozhnykh odezhd, ukreplennykh bitumom [Modification of fly ash physicochemical properties for using in dispersion-hardened bitumen-based pavement]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 6. Pp. 160–169.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-160-169

Последние десятилетия экономика страны характеризуется в числе прочих такими взаимосвязанными тенденциями: ростом энергопотребления, развитием нефтегазового комплекса, прогрессом в строительной отрасли, как следствие – вниманием к обеспечению экологической безопасности. Это отражается в многочисленных государственных программах, национальных проектах, нормативно-правовых документах. Актуальной проблеме поиска способов уменьшения количества отходов производства путем применения их в качестве сырья в дорожном строительстве посвящено данное исследование.

Среди задач, поставленных Правительством России в 2012 г. в документе «Основы государственной политики в области экологического развития РФ на период до 2030 года» [1], важное место занимают следующие: внедрить экологически эффективные инновационные технологии; предотвратить и снизить текущее негативное воздействие на окружающую среду; восстанавливать естественные экологические системы, нарушенные в процессе производственной деятельности; обеспечивать экологически безопасное обращение с отходами.

Топливо-энергетическая отрасль страны, действуя в соответствии с «Энергетической стратегией России на период до 2030 года» [2], определяет в качестве основных государственно значимых задач «...внедрение экологически эффективных инновационных технологий; предотвращение и снижение текущего негативного воздействия на окружающую среду; восстановление нарушенных естественных экологических систем; обеспечение экологически безопасного обращения с отходами...».

При производстве тепловой и электрической энергии путем сжигания углей образуется огромное количество отходов в виде золошлаковых смесей, представляющих собой минеральную, несгорающую фракцию углей. Часть

этих отходов улавливается и собирается в бункерах системами пневмозолоудаления, образуя золы сухого отбора. Но основная часть (более 90 %) с помощью комплекса гидравлического золошлакоудаления направляется в золошлакоотвалы [3].

В России золошлаковые отходы превалируют в общем нарастающем объеме накопленных производственных отходов и составляют по массе около 90 млн т в год. Общий объем золошлаковых материалов, накопленных за прошлые годы в нашей стране, превысил 2 млрд т [4]. К основным воздействиям золошлакоотвалов, отрицательно влияющим на окружающую среду, следует отнести:

- отчуждение земель и изъятие из сельхозоборота огромных территорий;
- пылеобразование (особенно в летний период), особенно опасное вблизи рекреационных территорий;
- фильтрация пульповой воды, обогащенной растворимыми токсичными зольными компонентами в подземные горизонты грунтовых вод;
- загрязнение окружающих земель тяжелыми металлами и токсичными элементами, что приводит к сокращению видов биоты;
- падение плодородия почв и урожайности растений;
- деформации поверхности территории и изменение рельефа.

Особенно остро проблема золоотвалов ощущается там, где изначально ТЭЦ были построены за пределами городов, а теперь находятся в городской черте (в Западной Сибири это города Белово, Кемерово, Новосибирск, Томск).

Для обеспечения эффективной работы ТЭК, снижения техногенного прессинга на окружающую среду в мировой практике набирает темпы их утилизация (100 % – в Нидерландах и Дании, 90 % – в Финляндии, 70 % – в Германии и Франции) [4, 5].

Дорожно-строительная индустрия России испытывает огромные потребности в сырьевых материалах. Для устройства одного километра автомобильной дороги (в зависимости от ее категории и местных условий) требуются тысячи тонн грунта, песка, щебня и др., которые могут быть частично заменены отходами [6].

В целях обеспечения экономической целесообразности и экологической безопасности в России применение золы-уноса регламентируется рядом нормативных документов, например: ГОСТ 530–2007, ГОСТ 9128–97, ГОСТ 9757–90, ГОСТ 10178–85, ГОСТ 17608–91, ГОСТ 20910–90, ГОСТ 22266–94, ГОСТ 23558–94, ГОСТ 26644–85, ГОСТ 28013–98, ГОСТ 30491–97, ГОСТ 31108–2003 и др. В соответствии с этими нормативными документами разработаны и в различных масштабах применяются следующие основные направления полезного использования золы-уноса [7–13]:

- сооружение дорог и дамб при устройстве золошлакоотвалов;
- в дорожном строительстве (возведение земляного полотна автомобильных и железных дорог, устройство дополнительных слоев дорожных одежд, устройство оснований дорожных одежд, в том числе укрепленных вяжущими материалами, применение в составе органоминеральных смесей);
- для приготовления различного вида цементобетонных смесей;
- в составе сырья для производства цемента;
- для производства сухих строительных смесей.

Однако зола-унос гидроудаления обладает свойствами, которые не позволяют использовать ее в дорожном строительстве без дополнительных подготовительных мероприятий. К таким свойствам относится высокая пористость, достигающая более 45 %, и довольно значительное содержание полуторных оксидов (Al_2O_3 содержится в пределах 9–37 %, а Fe_2O_3 – от 4 до 17 %). Повышенная пористость золы-уноса гидроудаления приводит к тому, что при ее использовании в составе органоминеральных смесей возрастает расход органических вяжущих. Полуторные оксиды, являясь катализаторами старения нефтяных битумов, приводят к ускоренному старению конструктивных слоев дорожных одежд, устроенных с использованием золы-уноса гидроудаления. Чтобы устранить отрицательное влияние указанных выше факторов, применяют следующие технологические приемы, воздействующие на физико-химические характеристики зольных частиц: золу-унос подвергают дополнительному помолу, осуществляют предварительную гидрофобизацию, производят кольтматацию пор специальными добавками. Эти операции являются дополнительными и приводят к повышению стоимости использования золошлаковых смесей.

В настоящей работе рассматривается возможность утилизации в дорожном строительстве еще одного отхода – отработанных полимерных волокнистых сорбентов, применяющихся для сбора нефти и нефтепродуктов с водных поверхностей. Такие сорбенты нашли широкое использование в виде бонов и волокнистых матов, обладающих гидрофобными и лиофильными свойствами, для локализации и ликвидации аварийных разливов нефти, нефтепродуктов, фусов [14–16]. После пятидесяти циклов поглощения-центрифугирования сорбенты подлежат утилизации путем захоронения и сжигания. Оба эти метода нельзя считать экологически обоснованными, поскольку наносят окружающей среде существенный вред. Следовательно, требует решения проблема утилизации отработавших свой ресурс полимерволокнистых сорбентов.

Решение каждой из указанных проблем в отрыве от решения остальных проблем возможно, но требует существенных финансовых затрат. Комплексное их решение позволит существенно снизить затраты и даже достичь синергетического эффекта, что показано ниже.

Одним из вариантов комплексного решения указанных проблем является совместное использование в дорожном строительстве золы-уноса гидроудаления и отработанных волокнистых сорбентов для устройства дисперсно-армированных оснований дорожных одежд, укрепленных нефтяным битумом. Предлагаемое решение позволяет убрать золоотвалы, свести к нулю затраты на их содержание, ликвидировать опасность прорыва дамб, вернуть в землепользование порядка 20 тыс. км² территорий.

Главным преимуществом такого технического решения является то, что в результате его реализации возникает возможность улучшения свойств золы-уноса гидроудаления – снижаются ее битумоемкость, пористость и истинная плотность, повышается средняя плотность, нейтрализуются полуторные оксиды как катализаторы старения нефтяных битумов. При этом уменьшается острота проблемы нехватки материалов для строительства и решается проблема утили-

зации полимерных волокнистых сорбентов, отработавших свой ресурс при ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов, фусов, паст и шламов.

Дисперсная арматура, полученная путем резки полимерных волокнистых сорбентов, используемая в составе укрепленных битумом оснований дорожных одежд, содержит регулируемое количество поглощенной нефти, нефтепродуктов, фусов, масел и смол, способных производить модифицирование поверхности минеральных материалов, в том числе золы-носа гидроудаления. При этом отрезки волокон, выполняющие роль дисперсной арматуры, улучшают показатели реологических и физико-механических свойств слоя основания дорожной одежды, а содержащееся в сорбентах регулируемое количество поглощенной нефти, фусов, либо других видов углеводородного сырья модифицирует поверхности частиц золы-уноса, коагулирует поры, улучшает свойства золы, снижает интенсивность избирательной фильтрации компонентов нефтяного битума, улучшая его свойства в адсорбционном слое. Содержащиеся в сорбентах поглощенные нефть, фусы, смолы, имея в своем составе активные вещества (карбоновые кислоты, кетоны и др.), реагируют с полуторными оксидами и нейтрализуют их как катализаторов старения нефтяного битума.

Указанные физико-химические процессы могут иметь место только при определенной технологии производства материала укрепленного основания дорожной одежды, которая должна предусматривать введение дисперсной арматуры в золу-унос, перемешивание, а затем введение в полученную смесь нефтяного битума.

Проверка выдвинутых предположений осуществлялась в ходе экспериментальных исследований, в которых были использованы золы-уноса гидроудаления тепловых электростанций г. Кемерово и сланцевая смола, выделенная из полимерволокнистых сорбентов, которые применялись при ликвидации разлива средних сланцевых фусов. В ходе исследований рассматривались изменения показателя битумоемкости, средней и истинной плотности, а также пористости золы-уноса гидроудаления. Исследования проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 32766–2014 и свидетельствуют, что показатель битумоемкости золы-уноса гидроудаления, модифицированной 10 % смолы, составляет 46 г/100 см³, тогда как показатель битумоемкости немодифицированной золы-уноса выше в 1,7 раза и составляет 78 г/100 см³. Полученные результаты (рис. 1) говорят о том, что произошла избирательная диффузия компонентов смолы в тонкие поры и капилляры. А крупные поры подверглись коагуляции.

Следовательно, при использовании такой золы-уноса в дисперсно-армированных укрепленных основаниях дорожных одежд не будет иметь место повышение расхода нефтяного битума. Это подтверждают также и результаты исследований зависимости пористости золы-уноса гидроудаления от количества введенной смолы. Немодифицированная зола-унос имеет пористость 44 %, тогда как зола-унос, модифицированная 10 % смолы, имеет пористость 27 %. За счет введения смолы снизилась истинная плотность золы-уноса с 2180 до 1960 кг/м³ и увеличилась ее средняя плотность с 1150 до 1426 кг/м³ при введении 10 % смолы по массе.

Как указывалось ранее, полуторные оксиды $Al_2O_3 + Fe_2O_3$, содержащиеся в значительном количестве в золе-уноса, выполняют функции катализаторов

старения нефтяных битумов, что отрицательно влияет на сроки службы конструктивных слоев дорожных одежд, выполненных из битумоминеральных композиций. Также было высказано предположение о возможности снижения скорости старения нефтяных битумов за счет взаимодействия полуторных оксидов с активными компонентами, содержащимися в углеводородном сырье (нефть, нефтепродукты, смолы, фусы, и т. д.), которыми насыщена дисперсная арматура, полученная путем резки полимерных волокнистых сорбентов.

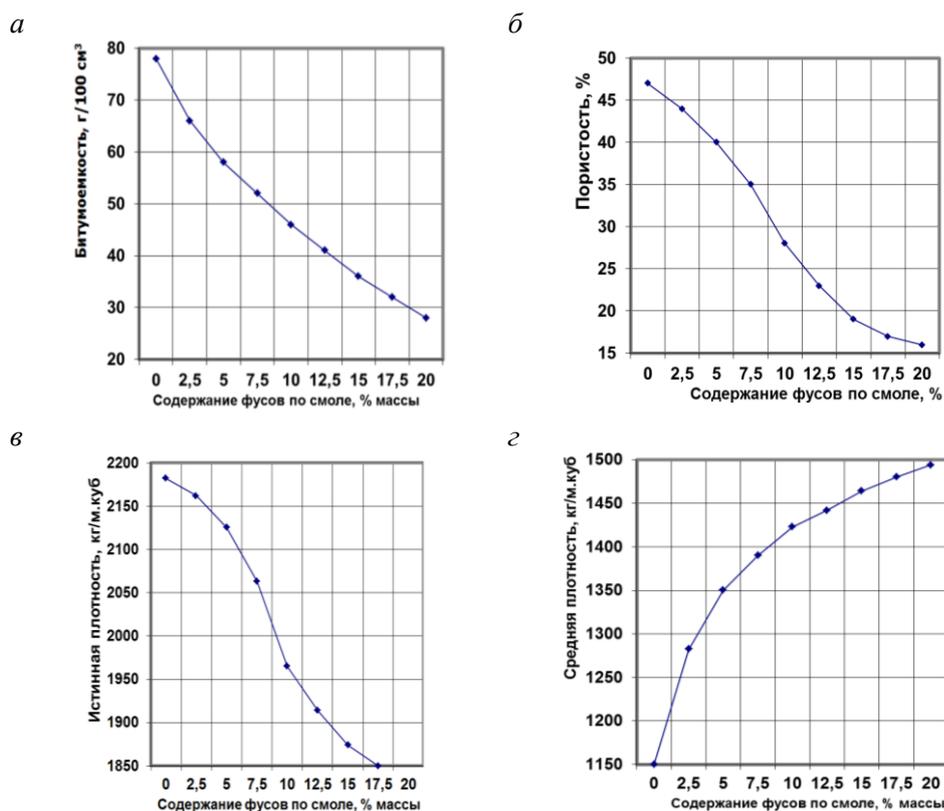


Рис. 1. Зависимость свойств золы-уноса гидроудаления от количества введенной в нее сланцевой смолы:
 а – показатель битумоёмкости; б – пористость; в – истинная плотность; г – средняя плотность

Проверка возможности нейтрализации каталитических способностей Al_2O_3 и Fe_2O_3 как ускорителей старения нефтяных битумов осуществлялась с применением методов инфракрасной спектроскопии. В исследованиях использовался нефтяной битум марки БНД 90/130 производства Ачинского НПЗ, чистый оксид железа Fe_2O_3 , сланцевая смола, полученная путем центрифугирования полимерных волокнистых сорбентов, примененных для ликвидации разливов при прорыве дамбы фусохранилища. Для получения ИК-спектров использовался двухлучевой спектрофотометр ИКС-29. Исследования проводились на смесях двух составов. Первый состав был получен путем смешения

чистого оксида железа с нефтяным битумом, второй – путем смешения нефтяного битума с чистым оксидом железа, модифицированным сланцевой смолой. Оба состава подверглись термическому старению при температуре 160 °С в течение 72 ч. Для каждого состава были получены ИК-спектры. Критерием оценки интенсивности старения полученных смесей была принята глубина карбонильного поглощения при 1600 см⁻¹, свидетельствующая о наличии ароматических соединений в смеси.

Анализ ИК-спектров, представленных на рис. 2, показал, что смесь нефтяного битума и оксида железа, модифицированного сланцевой смолой, характеризуется более интенсивной полосой карбонильного поглощения, чем смесь нефтяного битума и оксида.

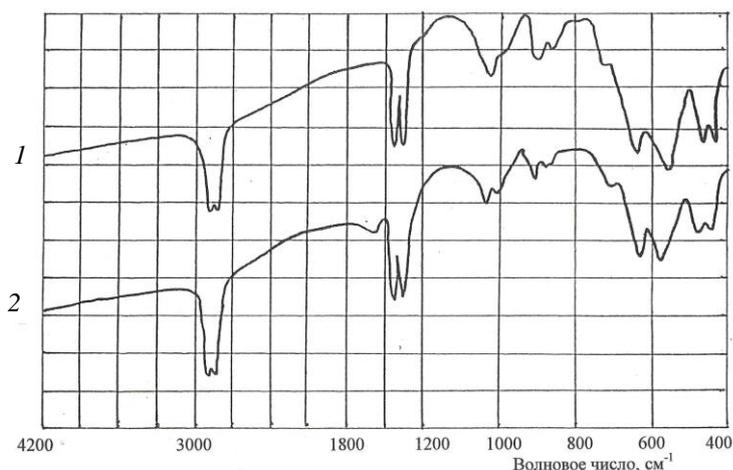


Рис. 2. ИК-спектры подвергнутых старению смесей оксида железа с органическими вяжущими: 1 – смесь оксида железа и нефтяного битума; 2 – смесь нефтяного битума и оксида железа, модифицированного сланцевой смолой

Это свидетельствует о том, что смесь нефтяного битума и оксида железа, модифицированного сланцевыми фусами, характеризуется более высокой концентрацией ароматических соединений. Данный факт можно объяснить замедлением процессов преобразования низкомолекулярных фракций нефтяного битума в высокомолекулярные фракции. То есть процесс асфальтеногенеза, представляющий собой переход масел в смолы, а смол в асфальтены, стал менее интенсивным, что свидетельствует о замедлении старения битумо-минеральной композиции [17].

Таким образом, выполненные исследования подтвердили следующее. В процессе устройства укрепленного битумом основания дорожной одежды, при смешивании золы-уноса гидроудаления с дисперсной арматурой, полученной путем резки отработавших свой ресурс полимерных волокнистых сорбентов, происходит улучшение свойств золы-уноса гидроудаления. Снижается индекс битумоемкости золы-уноса, пористость и истинная плотность, повышается средняя плотность, что позволяет исключить повышенный расход

нефтяного битума. Методом ИК-спектроскопии показано, что за счет взаимодействия полуторных оксидов с активными компонентами, содержащимися в углеводородном сырье (нефть, нефтепродукты, смолы, фусы, и т. д.), которыми насыщена полимерная дисперсная арматура, снижается скорость старения нефтяных битумов, что обеспечивает увеличение сроков службы конструктивных слоев дорожных одежд из битумоминеральных композиций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Российская Федерация. Президент.* Основы государственной политики в области экологического развития РФ на период до 2030 года : утв. 30.04.2012 Президентом Российской Федерации. Москва, 2019. URL: <http://government.ru/docs/7280/> (дата обращения: 28.10.2022).
2. *Российская Федерация. Правительство.* Энергетическая стратегия России на период до 2030 года : утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/15357> (дата обращения: 30.10.2022).
3. *Путилов В.Я., Путилова И.В.* Кондиционирование золошлаков энергетики в России // Золошлаки энергетики : материалы XVII Международной конференции. Варшава, 24–26 октября 2010 г. С. 27–42.
4. *Utilization direction of industrial raw products built-up in power station ash dumps* // MATEC Web of Conferences. 2017. V. 92. Article number 01074. P. 1–5.
5. *Золошлаковые отходы.* Ч. 1. На пороге экологического коллапса. URL: <http://ect-center.com/blog/zoloshlakovie-othody> (дата обращения: 30.10.2022).
6. *Путилин Е.И., Цветков В.С.* Применение зол-уноса и золошлаковых смесей при строительстве автомобильных дорог. Обзорная информация отечественного и зарубежного опыта применения отходов от сжигания твердого топлива на ТЭС. Москва : ФГУП «СОЮЗДОРНИИ», 2003. 40 с. URL: <http://www.complexdoc.ru/ntdtext/545081/6> (дата обращения: 30.10.2022).
7. *Горунович С.Б.* Использование золошлаков в строительстве в контексте продления сроков эксплуатации золоотвалов ТЭЦ // Новости теплоснабжения. 2016. № 7 (190). URL: http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=3227 (дата обращения: 30.10.2022).
8. *Putilov V., Putilova I.* Properties of coal ash in Russia // Proceedings of the II EuroCoalAsh Conference 2010, May 25–26, 2010. Copenhagen, Denmark. P. 71–76.
9. *Лукашевич В.Н., Лукашевич О.Д., Прокофьева Г.И., Вакс И.В.* Применение сланцевых фусов в составе асфальтобетонных смесей // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 6. – С. 218–225.
10. *Лукашевич В.Н., Ефанов И.Н.* Исследование влияния технологии приготовления асфальтобетонных смесей на процессы старения асфальтового вяжущего при использовании волокнистых сорбентов в качестве дисперсной арматуры // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2012. № 2. С. 193–198.
11. *Shutov F.* Recycling of Fly Ash for Production of Plastic Lumber // The Journal of Solid Waste Technology and Management. Proceedings of International Conf. on Solid Waste. Philadelphia. USA, 2007.
12. *Шамрай Е.И., Таскин А.В., Иванников С.И., Юдаков А.А.* Исследование возможностей комплексной переработки отходов предприятий энергетики Приморского края // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 3. С. 68–75. URL: <http://www.top-technologies.ru/article/view?id=36618> (дата обращения: 15.10.22).
13. *Лекаревич С.С., Лунев А.А.* Обоснование возможности крупнотоннажного использования ЗШМ на объектах дорожного строительства г. Омска // Ассоциация содействия развитию промышленного кластера по использованию и переработке золошлаковых материалов. Омск, 2017. URL: <http://cluster55.ru/научные-разработки/> (дата обращения: 15.10.22).
14. *Отмахов В.И., Филоненко Д.А., Волокитин Г.Г., Скрипникова Н.К., Авхимович А.В.* Технологическая линия по производству полимерного волокнистого сорбента для очистки

- водных объектов от нефти и нефтепродуктов // Экология промышленного производства. 2007. № 2. С. 74–77.
15. Вертячих И.М., Жукалов В.И. Полимерные волокнистые Melt Blowing материалы для ликвидации аварий с разливами нефти и нефтепродуктов // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. 2011. Т. 6. № 1. С. 53–58.
 16. Кравцов А.Г., Марченко С.А., Зотов С.В. Полимерные волокнистые фильтры для преодоления экологических последствий чрезвычайных ситуаций. Гомель : ГГТУ им. П.О. Сухого, 2008. 280 с.
 17. Лукашевич В.Н., Лукашевич О.Д., Мокшин Р.И. Влияние технологии производства на асфальтогенез в дисперсно-армированных битумоминеральных композициях // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 5. С. 178–188. DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-5-178-188

REFERENCES

1. Rossiiskaya Federatsiya. Prezident. Osnovy gosudarstvennoi politiki v oblasti ekologicheskogo razvitiya RF na period do 2030 goda: utverzhden 30.04.2012 Prezidentom Rossiiskoi Federatsii [Russian Federation. Fundamentals of the state policy in the field of environmental development of the Russian Federation for the period up to 2030. Approved on 30.04.2012 by the President of the Russian Federation]. Moscow, 2019. Available: <http://government.ru/docs/7280/> (accessed October 28, 2022). (rus)
2. Rossiiskaya Federatsiya. Pravitel'stvo. Energeticheskaya strategiya Rossii na period do 2030 goda: utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 13 noyabrya 2009 g. N 1715-r [Russian Federation. Energy Strategy of Russia for the period up to 2030. Approved by the Russian Federation Government Order No. 1715-r, November 13, 2009.]. Available: <https://minenergo.gov.ru/node/15357> (accessed October 30, 2022). (rus)
3. Putilov V.Ya., Putilova I.V. Konditsionirovanie zoloshlakov energetiki v Rossii [Conditioning of ash and slag from power plant generation in Russia]. In: Zoloshlaki energetiki: materialy XVII Mezhdunarodnoi konferentsii (Proc. 17th Int. Conf. 'Ash and Slag from Power Generation'). Varshava, 2010. Pp. 27–42. (rus)
4. Utilization direction of industrial raw products built-up in power station ash dumps. *MATEC Web of Conferences*. 2017. V. 92. Article number 01074. Pp. 1–5.
5. Zoloshlakovye otkhody [Ash and slag wastes]. Pt. 1. Na poroge ekologicheskogo kollapsa. Available: <http://ect-center.com/blog/zoloshlakovie-othody> (accessed October 30, 2022). (rus)
6. Putilin E.I., Tsvetkov B.C. Primenenie zol-unosa i zoloshlakovykh smesei pri stroitel'stve avtomobil'nykh dorog [Application of fly ash and ash-and-slag mixtures in road construction. Overview of Russian and foreign experience in the use of waste from solid fuel combustion at thermal power plants]. Moscow, 2003. 40 p. Available: www.complexdoc.ru/ntdtext/545081/6 (accessed October 30, 2022). (rus)
7. Gorunovich S.B. Ispol'zovanie zoloshlakov v stroitel'stve v kontekste prodleniya srokov ekspluatatsii zolootvalov TETs [Ash and slag use in construction in terms of extending the service life of TPP ash dumps]. *Novosti teplosnabzheniya*. 2016. No. 7 (190). Available: www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=3227 (accessed October 30, 2022). (rus)
8. Putilov V., Putilova I. Properties of coal ash in Russia. In: *Proc. 2nd EuroCoalAsh Conference*. Copenhagen, Denmark, 2010. Pp. 71–76.
9. Lukashovich V.N., Lukashovich O.D., Prokofeva G.I., Vaks I.V. Primenenie slantsevykh fusov v sostave asfal'tobetonnykh smesei [The use of shaly sludge in bitumen-concrete mixes]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2016. No. 6. Pp. 218–225. (rus)
10. Lukashovich V.N., Efanov I.N. Issledovanie vliyaniya tekhnologii prigotovleniya asfal'tobetonnykh smesei na protsessy stareniya asfal'tovogo vyazhushchego pri ispol'zovanii voloknistykh sorbentov v kachestve dispersnoi armatury [Effect of bitumen-concrete mix preparation on asphalt binder aging processes when using fibrous sorbents as disperse reinforcement]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2012. No. 2. Pp. 193–198. (rus)
11. Shutov F. Recycling of fly ash for production of plastic lumber. *The Journal of Solid Waste Technology and Management*. In: *Proc. Int. Conf. on Solid Waste*. Philadelphia, USA, 2007.

12. Shamrai E.I., Taskin A.V., Ivannikov S.I., Yudakov A.A. Issledovanie vozmozhnosti kompleksnoi pererabotki otkhodov predpriyatii energetiki Primorskogo kraia [Possibilities of integrated recycling of waste from power enterprises in Primorsky Krai]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. 2017. No. 3. Pp. 68–75. Available: www.top-technologies.ru/article/view?id=36618 (accessed October 15, 2022). (rus)
13. Lekarevich S.S., Lunev A.A. Obosnovanie vozmozhnosti krupnotonnazhnogo ispol'zovaniya ZShM na ob'ektakh dorozhnogo stroitel'stva g. Omska [Possibility of large-tonnage use of ash-and-slag mixtures on road construction sites in Omsk]. *Assotsiatsiya sodeistviya razvitiyu promyshlennogo klastera po ispol'zovaniyu i pererabotke zoloshlakovykh materialov*. Omsk, 2017. Available: <http://cluster55.ru/nauchnye-razrabotki/> (accessed October 15, 2022). (rus)
14. Otmakhov V.I., Filonenko D.A., Volokitin G.G., Skripnikova N.K., Avkhimovich A.V. Tekhnologicheskaya liniya po proizvodstvu polimernogo voloknistogo sorbenta dlya ochistki vodnykh ob'ektov ot nefi i nefteproduktov [Production line of polymeric fibrous sorbent for water body purification from oil and petroleum products]. *Ekologiya promyshlennogo proizvodstva*. 2007. No. 2. Pp. 74–77. (rus)
15. Vertyachikh I.M., Zhukalov V.I. Polimernye voloknistye Melt Blowing materialy dlya likvidatsii avarii s razlivami nefi i nefteproduktov [Polymeric fibrous melt blowing materials for oil and petroleum product spill response]. *Chrezvychainye situatsii: obrazovanie i nauka*. 2011. V. 6. No. 1. Pp. 53–58. (rus)
16. Kravtsov A.G., Marchenko S.A., Zotov S.V. Polimernye voloknistye fil'try dlya preodoleniya ekologicheskikh posledstviy chrezvychainykh situatsii [Polymeric fiber filters for overcoming environmental consequences of emergencies]. Gomel, 2008. 280 p. (rus)
17. Lukashevich V.N., Lukashevich O.D., Mokshin R.I. Vliyanie tekhnologii proizvodstva na asfal'tenogenez v dispersno-aromirovannykh bitumomineral'nykh kompozitsiyakh [Manufacture-affected asphaltene genesis in dispersion hardened bitumen-mineral compositions]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2022. V. 24. No. 5. Pp. 178–188. DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-5-178-188 (rus)

Сведения об авторах

Лукашевич Виктор Николаевич, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, vnLuc@yandex.ru

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

Мокшин Роман Ильич, аспирант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, mokshinroman@mail.ru

Authors Details

Viktor N. Lukashevich, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, vnLuc@yandex.ru

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

Roman I. Mokshin, Research Assistant, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, mokshinroman@mail.ru

УДК 624.21.09.042.8

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-170-181

*В.М. КАРТОПОЛЬЦЕВ¹, А.В. КАРТОПОЛЬЦЕВ¹, А.А. АЛЕКСЕЕВ²,
¹ООО «ДИАМОС»,*

²Томский государственный архитектурно-строительный университет

К ВОПРОСУ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВ

Аннотация. В условиях возрастающего воздействия временной подвижной нагрузки происходит преждевременный износ конструкций пролетных строений мостов, снижается эксплуатационная прочность и долговечность.

В статье рассмотрены вопросы, касающиеся динамической надежности несущих элементов пролетных строений в рамках обеспечения сохранности качества конструкций в процессе эксплуатации с учетом возможных дефектов и перегрузок. Надежность рассматривается в рамках случайных событий и процессов на основе закономерностей возможного выхода пролетных строений за предел «исправных».

На основе статистических динамических характеристик пролетных строений рассматриваются элементы параметрической и структурной надежности на основе теории вероятности и математической статистики, а также теории случайных чисел.

Теория динамической надежности характеризуется как качество, развернутое во времени. Рассматривая эффект вариации нагрузок, действующих в течение длительного времени, можно прогнозировать возможность изменения ресурсов и отказов в работе сооружения. Аппроксимируя условия динамической надежности на основе кривых распределения Гаусса и Вейбулла, можно представить математические выражения условия неразрушимости конструкции. Рассмотрены положения, определяющие наступление отказов в работе пролетных строений, с учетом возможных вариантов перегрузки по принципу случайных выбросов.

Ключевые слова: пролетное строение, надежность, нагрузки, прогнозирование, отказ, прочность, долговечность

Для цитирования: Картопольцев В.М., Картопольцев А.В., Алексеев А.А. К вопросу прогнозирования динамической надежности пролетных строений мостов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 6. С. 170–181.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-170-181

*V.M. KARTOPOLTSEV¹, A.V. KARTOPOLTSEV¹, A.A. ALEKSEEV²,
¹ООО “DIAMOS”,*

²Tomsk State University of Architecture and Building

TOWARDS PREDICTING DYNAMIC RELIABILITY OF BRIDGE SPANS

Abstract. In conditions of increasing impact of temporary live load, a premature wear of bridge superstructures occurs, operational strength and durability decrease. The paper discusses the dynamic reliability of the load-bearing elements of superstructures within the frame of ensuring the structure safety during operation, with regard to defects and overloads. Reliability is considered within the framework of random events and processes based on the possible superstructure exit beyond its serviceability based on the statistical dynamic properties. The par-

ametric and structural reliability is considered. Based on the mathematical statistics and random numbers theories, the dynamic reliability theory is characterized by the quality deployed in time. The effect of load variation for a long time is considered. The possibility is predicted for changing resources and structure failure. The dynamic reliability conditions are approximated based on the Gauss and Weibull distribution curves. Mathematical expressions are given to the structure indestructibility. The superstructure failure is considered with respect to possible overload using the principle of accidental release.

Keywords: superstructure, reliability, load, prediction, failure, strength, durability

For citation: Kartopol'tsev V.M., Kartopol'tsev A.V., Alekseev A.A. К вопросу прогнозирования динамической надежности пролетных строений мостов [Towards predicting dynamic reliability of bridge spans]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 6. Pp. 170–181.
DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-170-181

Теория надежности определяет свойства объекта сохранять долговечность и работоспособность до наступления отказа. Для пролетных строений мостов основным критерием надежности является срок службы. Под изменяющимся воздействием подвижной временной нагрузки, климатических и других факторов в несущих элементах пролетного строения появляются и развиваются деструктивные дефекты, изменяющие проектные и нормативные эксплуатационные регламентные нормативы сроков службы сооружения. Каждый отмеченный фактор дефектности рассматривается как случайное событие в рамках вероятностных методов оценки надежности с учетом морального износа конструкций. Исходя из статистических данных метода оценки надежности, на основе учета закономерностей выхода пролетного строения в целом или его элементов из числа «исправных», в зависимости от срока эксплуатации, выявлена зависимость выхода конструкций за предел «исправных» (рис. 1) [1–3].

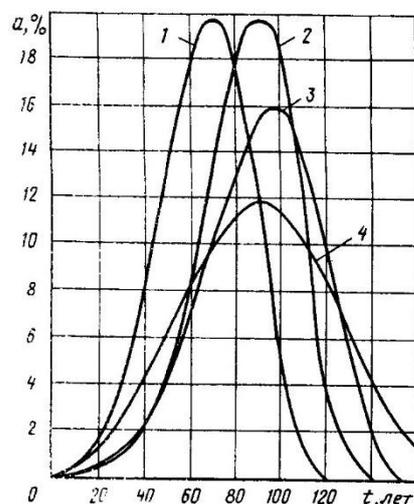


Рис. 1. Изменения частоты выхода из эксплуатации a в зависимости от срока службы t :
1, 2 – металлические пролетные строения до 25 и более; 3 – железобетонные пролетные строения; 4 – опоры мостов

Таким образом, выходом пролетных строений мостов из эксплуатации под воздействием подвижных временных нагрузок можно установить зависимости интенсивности выхода за предел «исправных» с определением срока службы, а также изменения ресурсов мостовых сооружений.

На основе статистических динамических характеристик пролетных строений от воздействия внешних факторов, особенностей колебательного процесса и амплитудно-частотных характеристик можно оценить структурную и параметрическую надежность в условиях случайных процессов, какими являются гармонические колебания, обеспечивающие устойчивые значения амплитудно-частотных характеристик пролетных строений. В связи с этим под динамической надежностью понимается свойство конструкции пролетного строения моста сохранять во времени в установленных пределах значения всех динамических параметров, характеризующих способность отвечать функциональным требованиям при воздействии временной подвижной нагрузки, обеспечивающих долговечность и безопасность эксплуатации.

Проблема надежности транспортных сооружений относится к числу основных направлений в мостостроении для обеспечения высокой эффективности работы и гарантированных сроков службы и безопасности [4]. Академик А.И. Берг неоднократно подчеркивал огромное значение проблемы надежности для мостов в целом, выделял специфические черты их эксплуатации, а также отмечал отсутствие фундаментальных исследований в этом направлении.

В настоящее время исследования надежности, особенно при динамическом нагружении, носят противоречивый характер и не в полной мере отвечают современным требованиям. Общеизвестно, что теория надежности транспортных сооружений не может быть представлена в отрыве от теории вероятностей и математической статистики, теории случайных чисел. Таким образом, надежность – это качество, развёрнутое во времени. В конечном итоге надежность пролетных строений мостов определяется математической вероятностью того, что мост будет функционировать заданным образом.

Задачу исследования надежности конструкций мостов в условиях динамического нагружения целесообразно рассматривать в двух плоскостях – статистической надежности и функциональности. Общим фактором в решении задачи является эффект вариации перегрузок, действующих и распространяющихся на пролетное строение в течение длительного срока эксплуатации.

Узловой проблемой теории надежности является прогнозирование ресурсов и отказов пролетных строений в условиях возрастающей активности действия временных подвижных нагрузок.

Динамическая надежность есть вероятность того, что мостовое сооружение выполняет свои функции безотказности, долговечности, сохраняемости заданных динамических показателей в соответствии с предъявляемыми требованиями в течение нормативного интервала времени [5–7] и связана с нахождением вероятности средних значений и распределением вероятности.

Возрастающее воздействие временной подвижной нагрузки обуславливает высокий уровень неопределенности эксплуатационных ситуаций и возможность отказов. Как правило, причиной ранних отказов пролетных строений мостов по динамическим параметрам являются недостатки и ошибки проектиро-

вания без учета возрастающего воздействия временных подвижных нагрузок и изменения динамических характеристик в процессе реальной эксплуатации.

В теории надежности отказ трактуется как утрата качества при определенном динамическом предельном состоянии конструкции пролетного строения моста. Трактовка отказа как случайного процесса положена в основу надежности, сформулированную в свое время профессором В.В. Болотиным. За меру надежности любой системы принимается вероятность случайного события, состоящего в том, что в течение всего установленного срока эксплуатации не произойдет ни одного отказа [8, 9]. Данное обстоятельство является подтверждением того, что динамическая работа пролетного строения моста рассматривается как случайный процесс, а проявление при этом предельного состояния следует рассматривать как случайный выброс из области допустимых состояний. Таким образом, динамическая надежность пролетного строения как система необходима для описания качества несущих элементов, которая соответствует предельному состоянию и предельным параметрам.

Основное условие динамической надежности аппроксимируется выражением

$$R = r - Pq \geq 0, \quad (1)$$

где r – предел прочности конструкции пролетного строения, кг/см²; Pq – предельная динамическая нагрузка, кг/см².

Параметры r и Pq подчиняются гауссовскому распределению и определяются в соответствии с показателями $y(x)$ для нагрузки и прочности сооружения на основе кривых распределения (рис. 2) [10].

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma^2} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}.$$

Тогда условие целостности конструкции пролетного строения моста будет иметь вид:

$$K \cdot S_{\text{расч}} \leq K \cdot S_{\text{норм}}, \quad (2)$$

где $K \cdot S_{\text{расч}}$ соответствует Pq ; $K \cdot S_{\text{норм}}$ соответствует r .

Обозначим вероятность динамического разрушения конструкции пролетного строения – V , ω_1 – значение прочности конструкции, ω_2 – предельное значение динамической нагрузки. Тогда условие необеспеченности динамической надежности имеет вид:

$$\omega_1 \cdot \omega_2 < V. \quad (3)$$

Обозначим $r/Pg = U$ и, учитывая, что $R = r - Pq$, условие неразрушимости конструкции от динамического воздействия нагрузки запишем в виде

$$\left. \begin{aligned} V &= \int_0^1 Pg \cdot du = \int_0^1 Pg(\chi); \\ V &= 1 - \omega_1 \cdot \omega_2. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

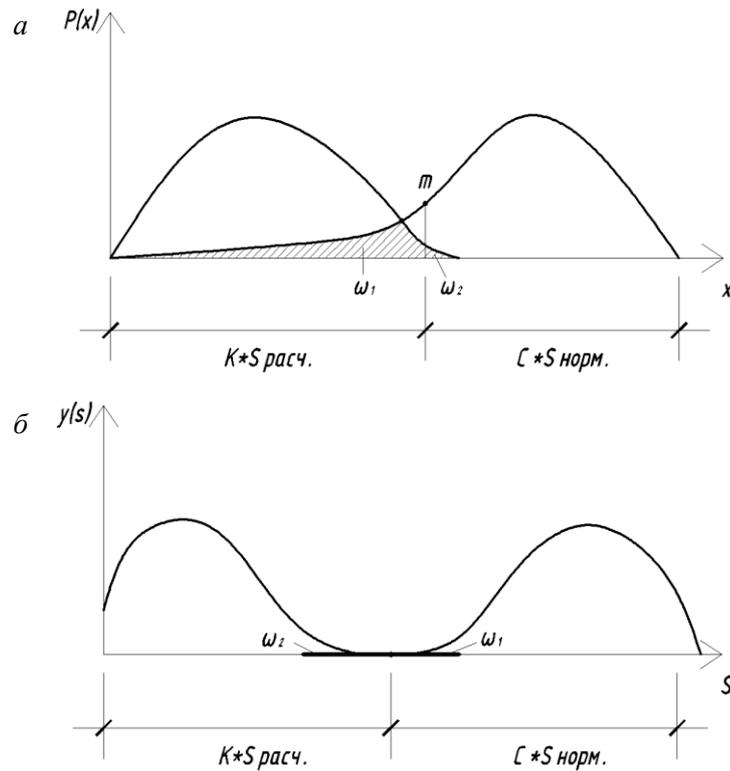


Рис. 2. Кривые распределения Гаусса:

a – плотность распределения силового фактора S ; b – среднеквадратичные отношения соответственно силы и прочности

На основании кривых графика (рис. 2) и выражений (2), (4) Н.С. Стрелецкий [11] предложил коэффициент безопасности неразрушимости конструкций в виде

$$\gamma = \frac{\alpha_{\text{расч}} \alpha_{\text{норм}}}{\sqrt{\sigma_{\text{расч}}^2 + \sigma_{\text{норм}}^2}} > 1, \quad (5)$$

где $\alpha_{\text{расч}}$ – центр кривой $K \cdot S_{\text{расч}}$; $\alpha_{\text{норм}}$ – центр кривой $C \cdot S_{\text{норм}}$; $\sigma_{\text{расч}}$, $\sigma_{\text{норм}}$ – соответствующие стандарты кривой распределения.

Так для пролетных строений металлических мостов из стали 15ХСНД

$$\alpha_{\text{расч}} = 0,25, \quad \alpha_{\text{норм}} = 0,083, \quad \sigma_{\text{расч}}^2 = 0,04, \quad \alpha_{\text{норм}} = 0,09, \quad \beta = \frac{m_{\text{тр-га}}}{m_{\text{пр. стр}}} \approx 0,5.$$

Согласно формуле (5) $\gamma = 4,2$, условие неразрушимости конструкции выполняется.

Таким образом, динамическую надежность конструкций пролетных строений с математической точки зрения можно трактовать как вероятность нахождения трактующих динамических характеристик системы в некоторой допустимой области кривых (см. рис. 1) [12].

Представляя изменения воздействия временных подвижных нагрузок как изменяемый случайный характер безотказности работы конструкций моста функция времени (t) будет характеризоваться расчетным показателем и его предельным значением $R(t)$.

Возможное наступления отказов работы конструкций в течение или по истечении расчетного периода можно прогнозировать с вероятностью

$$P_t(t) = R(t) - R_{cp}(t), \quad (6)$$

где t – срок эксплуатации пролетного строения моста; $R_{cp}(t)$ – средняя величина расчетных значений прочности материала.

В свою очередь, рассматривая $R_{cp}(t)$ и нагрузку Pg случайными величинами, среднеожидаемое число отказов и вероятность отказов связаны неравенством

$$P_i(t) \leq H_i(t) \leq P_i(t)(1 - P_i(t)), \quad (7)$$

где $H_i(t)$ – среднеожидаемое число возможных отказов в расчётный период t , $t = \frac{P}{1-P}$. Например: при $P = 0,1; 0,3; 0,6; 0,8$ вероятности отказов в течение $t = 10$ лет и число возможных отказов равно:

$$P_{10} = 1 - (1 - P_1)^{10} = 1 - 0,409 = 0,591.$$

При $t = 20$ лет $P_1 = 0,3P_{20} = 0,751$.

Среднеожидаемое число возможных отказов будет:

$$H = P_i \cdot m = 0,159, \quad 0,59 < H_i < 0,75. \quad (8)$$

Если $\gamma = \frac{\alpha_{расч} - \alpha_{норм}}{\sqrt{\sigma_{расч}^2 + \sigma_{норм}^2}} = \frac{R(t)}{R_{cp}(t)}$, то нормативное значение коэффициента

безопасности неразрушимости конструкции пролетного строения моста является коэффициентом динамической прочности. Тогда показатель $H_i(t)$ можно представить как среднеожидаемое число превышений случайных величин, адекватных функции средней величины предела прочности материала элементов конструкции в зависимости от рассматриваемого уравнения безопасности динамического напряженно-деформированного состояния сечения несущих балок. По понятным причинам динамическая безопасность пролетных строений будет определяться совокупностью критериев надежности (безопасности), участвующих в работе несущих элементов конструкций, их соединений, а также предельных значений динамических характеристик [13, 14].

Рассматривая нагрузку системы «пролетное строение + автомобиль» в виде эквивалентной нагрузки системы расчета вероятности безотказной работы пролетного строения по прочности, основанную на определении коэффициента вариации безотказной работы V_σ

$$V_{\sigma} = \frac{\sigma_{Rcp}(t)K_i}{\sigma_{\max}}, \quad (9)$$

где $\sigma_{Rcp}(t)$ – среднестатистическое значение предела прочности материала; σ_{\max} – среднее значение максимального напряжения; при упругой работе материала конструкции $\sigma_{\max} = R$, при упругопластической работе $\sigma_{\max} = \sigma_m$; K_i – среднее значения коэффициента долговечности, равное

$$K_i = \sqrt[m]{\frac{M_{\max}}{M_{\min}}} \geq 1, \quad (10)$$

где m – показатель степени кривой « σ – ε » [15].

Тогда в качестве признака безотказности работы конструкции пролетного строения при динамическом нагружении служит выражение (7), где $P_i(t)$, согласно уравнению Вейбулла, в виде

$$P_i(t) = e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^b}, \quad (11)$$

где $b = m$; $a = t^{1/m}$; t – нормативное значение срока службы пролетного строения.

При $t_0 < t$ выражение (11) принимает вид

$$P_i(t) = e^{-\frac{(t-t_0)^m}{t_0^m}}. \quad (12)$$

Оценку величины риска возможного отказа пролетного строения следует рассматривать в направлении, когда предельное динамическое напряжение σ_g в балке пролетного строения равно или меньше значения R при аналогичной вероятности того, что значения временной подвижной нагрузки $P_{вр}$ равно или больше некоторого значения $P_{вр}^{\max}$, распределенного по длине балки $L(x)$.

Вероятность отказа пролетного строения от динамического воздействия представим в виде

$$\Pi = \int_0^{\infty} R \cdot L(x) dx. \quad (13)$$

Среднестатистическое нагружение будет расположено по длине балки между $P(x) \rightarrow \max$ и $Q(x) \rightarrow \min$ при $P(x) = (1 - Lx)$ и $Q(x) = 1 - P_{вр}^{\max}$. Тогда формула вероятного отказа будет иметь вид

$$1 - \Pi = \int_0^{\infty} P(x)Q(x) dx. \quad (14)$$

Чтобы обеспечить требуемый уровень надежности, равный 0,95, необходимо выполнение зависимости

$$\sigma_g > 1,2R. \quad (15)$$

Учитывая, что динамическая прочность материала элементов пролетных строений уменьшается со временем t за счет процесса старения, можно утверждать, что риск воздействия временной нагрузки $P_{вр}$, вызывающей динамические напряжения, превышающие σ_g , со временем возрастает. Тогда отказ работы пролетного строения произойдет в тот момент, когда количество энергии, запасенной путем колебательного процесса, превзойдет критическое значение прочности материала. Таким образом, прочность материала конструкции есть значение внешней динамической нагрузки, при которой происходит отказ. В этом случае справедливо уравнение долговечности [16]:

$$t = \frac{1}{k^{\parallel}} \left(\ln R - \ln P_{вр} \right) e^{\frac{-E_a}{R_E}}, \quad (16)$$

где t – срок безотказной службы в годах; $P_{вр}$ – эквивалентная нагрузка; R – нормативная прочность материала; E_a – энергия активации; R_E – энергия реакции балки; $k^{\parallel} = K_i \cdot e^{\frac{-E_a}{R_E}}$ – константа, зависящая от материала.

Воздействие случайного транспортного потока является источником вероятной динамической нагрузки элементов пролетного строения. Вероятность появления перегрузок в течение нормативного срока службы мостов указывает на возможность преждевременного отказа работы пролетного строения. Перегрузки практически всегда возникают в малые промежутки времени dt . Тогда вероятность наступления отказа за счет перегрузки характеризуется выражением

$$P_i^c(t) = dt \int_0^{\infty} P_i(t, V_{\sigma}) V_{\sigma} \cdot dV, \quad (17)$$

где dt – интервал времени возможного отказа; $\int_0^{\infty} P_i(t, V_{\sigma}) V_{\sigma} \cdot dV$ – интеграл математического ожидания [11, 17].

Рассматривая реальный срок службы пролетного строения T , необходимо определить возникновение и уровень перегрузок, которые могут вызвать отказы в работе сооружений в течение времени T . Разбивая на промежутки T ($T_1 T_2 T_3 T_n$), определим время и период перегрузки в виде $0 < T_i < \Delta$; $n_i = T / l_i$.

Появление перегрузки в течение T определяется коэффициентом вероятности K_V , равным

$$K_V = \frac{\alpha \cdot T_p}{\Delta}, \quad (18)$$

где T_p – время, в течение которого могут возникнуть перегрузки; $\alpha = \frac{\Delta}{T}$; Δ – время действия перегрузки; T – промежуток времени, в котором происходит перегрузка.

Рассматривая в качестве перегрузки скопление автотранспорта на мосту, проезд транспорта в виде случайного сверхнормативного и сверхрасчетного нагружения, несанкционированный проезд нагрузки увеличенной грузоподъемности в течение коротких сроков их появления от часа до одного месяца, вероятность перегрузки в момент T запишем по формуле Байеса [18, 19]:

$$V_c = \frac{\alpha(1-b)}{1-\alpha}. \quad (19)$$

Обозначим $I = \frac{\alpha}{\Delta}$ – вероятность плотности появления перегрузки. Рассмотрим случай, когда при $t = 0, t_1, t_2, t_3, nt_i = T$ перегрузки нет, но она появляется в период $t = t_1$. Тогда $V_c^{t_i} = I \cdot T = \frac{\alpha T_p}{\Delta} = \alpha \cdot n$. Если $V_c = \alpha \cdot n$, то $n = \frac{T_p}{t_i}$.

Вероятность отказа в работе пролетного строения за счет перегрузки характеризуется выражением

$$1 - \Pi = (1 - \alpha) \left[1 - V_c^{t_i} \right]^{T_p / t_i}. \quad (20)$$

Заключение

В рамках случайных динамических колебаний балок пролетных строений с малой диссипацией оценку надежности конструкций целесообразно проводить с использованием теории выбросов случайных функций динамической надежности колеблющейся системы «пролетное строение + автомобиль» как узкополосный случайный процесс с медленно изменяющимися случайными амплитудно-частотными характеристиками и фазами смещения форм колебаний, для которых справедлива зависимость

$$P_i \approx 1 - N(t), \quad (21)$$

где $N(t)$ – математическое ожидание числа случайных выбросов компонент колебания; $P_i(t)$ – характеристические функции плотности вероятности отказов на отрезке времени t .

Принимаем за нормативное значение динамической надежности некоторое число, зависящее от времени и заданной в функции $P_i(t)$ на интервале времени $t_0 \leq t \leq T_p$, для которого необходимо выполнение равенства

$$P_i(t) = P_i^H(t), \quad (22)$$

где $P_i^H(t)$ – нормативное значение параметра надежности.

Рассмотрели обеспечение надежности как технико-экономическую задачу, решение которой в конечном итоге сводится к отысканию минимума в выражении [20]:

$$C = C_0(P_i^H(t) + C_1(P_i^H(t)(1 - P_i^H(t))) \rightarrow 0, \quad (23)$$

где C_0 – начальная стоимость сооружения; C_1 – сумма расходов, связанная с выводом пролетных строений моста за предел «исправных».

Рассматривая C_1 как функцию долговечности моста при выводе за предел «исправных», формулу (23) можно записать в виде:

$$C = C_0 + C_1 \cdot T_{\text{пр}}, \quad (24)$$

где $T_{\text{пр}}$ – предельный срок службы пролетных строений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Нечаев Ю.П.* Долговечность искусственных сооружений // Эксплуатационная надежность искусственных сооружений : сб. научных трудов. ВНИИЖТ. Москва : Транспорт, 1989. С. 67–72.
2. *Добромыслов А.И.* Исследование надежности конструктивных систем // Промышленное строительство. 1989. № 12. С. 20–22.
3. *Gaal G., Veen C., Djourai M.* Prediction of concrete bridges in the Netherlands // First International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management. Барселона, 2002. 6 р.
4. *Межнякова А.В., Овчинников И.Г., Пиеничкина В.А.* Оценка надежности железобетонных элементов конструкций мостовых сооружений. Саратов, 2006. 65 с.
5. *Берлоу Р., Прошан Ф.* Математические теории надежности : пер. с англ. / под ред. Б.В. Гнеденко. Москва, 1969. 488 с.
6. *Колчин К.Б.* Расчет прочности и надежности строительных сооружений (Современный подход). Кишнев : Изд-во Картя Молдовенскэ, 1976. 85 с.
7. *Stewart M., Estes A., Frangoopol D.* Bridge deck replacement strategies and life-cycle cost analyses under multiple limit states // First International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management. Барселона, 2002. 6 р.
8. *Муллер Р.А.* Вероятность достижения предельного состояния конструкций и взаимозависимость коэффициентов однородности и перегрузки // Вопросы безопасности и прочности строительных конструкций. Москва : Государственное изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1952. С. 119–137.
9. *Li Y., Vrouwenvelder T.* Probabilistic inspection and maintenance for concrete bridge structures // First International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management. Барселона, 2002. 6 р.
10. *Болотин В.В.* Применение метода теории вероятности и теории надежности в расчетах сооружений. Москва : Стройиздат, 1971. 105 с.
11. *Ржаницын А.П.* Теория расчета строительных конструкций на надежность. Москва : Стройиздат, 1978. 229 с.
12. *Болотин В.В., Гольденблат И.И., Смирнов А.Ф.* Строительная механика. Современное состояние и перспективы развития. Москва : Изд-во литературы по строительству, 1972. 180 с.
13. *Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.З.* Надежность машин. Москва : Высшая школа, 1988. 234 с.
14. *Thoft-Christensen P.* Deterioration of concrete structures // Proceedings on First International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management. Барселона, 2002. 7 р.
15. *Справочник по надежности.* Т. I. Москва : Мир, 1969. 229 с.
16. *Хевиленд Р.* Инженерная надежность и расчёт долговечности. Москва ; Ленинград : Энергия, 1966. 231 с.
17. *Райзер В.Д.* Теория надежности в строительном проектировании. Москва : Изд-во АСВ, 1998. 302 с.
18. *Tanner P., Ortega L.* Reducing Intervention Time and COsts by Applying Reliability Analysis // Safety, risk, reliability – trends in engineering. Мальта, 2001. 8 р.
19. *Хог Э., Арора Ф.* Прикладное оптимальное проектирование. Москва : Мир, 1983. 479 с.
20. *Дривинг А.Я.* К определению числовых характеристик надежности конструкций сооружений с чисто экономической ответственностью // Проблемы надежности в строительной механике. Вильнюс : РИНТИП, 1968. 32 с.

REFERENCES

1. *Nechaev Yu.P.* Dolgovechnost' iskusstvennykh sooruzhenii [Durability of artificial structures]. In: *Ekspluatatsionnaya nadezhnost' iskusstvennykh sooruzhenii. Sbornik nauchnykh trudov (Coll. Papers 'Operational Reliability of Man-Made Structures')*. Moscow, Transport, 1989. Pp. 67–72. (rus)
2. *Dobromyslov A.I.* Issledovanie nadezhnosti konstruktivnykh sistem [Reliability of structural systems]. *Promyshlennoe stroitel'stvo*. 1989. No. 12. Pp. 20–22. (rus)
3. *Gaal G., Veen C., Djorai M.* Prediction of concrete bridges in the Netherlands. In: *Proc. 1st Int. Conf. on Bridge Maintenance, Safety and Management*. Barselona, 2002. 6 p.
4. *Mezhnyakova A.V., Ovchinnikov I.G., Pshenichkina V.A.* Otsenka nadezhnosti zhelezobetonnykh elementov konstruktssii mostovykh sooruzhenii [Reliability assessment of reinforced concrete elements of bridge structures]. Saratov, 2006. 65 p. (rus)
5. *Barlow R., Proschan F.* Matematicheskaya teoriya nadezhnosti [Mathematical theory of reliability], B.V. Gnedenko, Ed., Moscow: Sovetskoe radio, 1969. 488 p. (transl. from Engl.)
6. *Kolchin K.B.* Rasschet prochnosti i nadezhnosti stroitel'nykh sooruzhenii. (Sovremennyi podkhod) [Strength analysis of buildings]. Kishenev: Kartya Moldovenske, 1976. 85 p. (rus)
7. *Stewart M., Estes A., Frangoopol D.* Bridge deck replacement strategies and life-cycle cost analyses under multiple limit states. In: *Proc. 1st Int. Conf. on Bridge Maintenance, Safety and Management*. Barselona, 2002. 6 p.
8. *Muller R.A.* Veroyatnost' dostizheniya predel'nogo sostoyaniya konstruktssii i vzaimozavisimost' koeffitsientov odnorodnosti i peregruzki [Probability of reaching the limit state of structures and interdependence of homogeneity and overload coefficients]. *Voprosy bezopasnosti i prochnosti stroitel'nykh konstruktssii*. Moscow: Stroiizdat, 1952. Pp. 119–137. (rus)
9. *Li Y., Vrouwenvelder T.* Probabilistic inspection and maintenance for concrete bridge structures. In: *Proc. 1st Int. Conf. on Bridge Maintenance, Safety and Management*. Barselona, 2002. 6 p.
10. *Bolotin V.V.* Primenenie metoda teorii veroyatnosti i teorii nadezhnosti v raschetakh sooruzhenii [Probability and reliability theories in structural design]. Moscow: Stroiizdat, 1971. 105 p. (rus)
11. *Rzhanitsyn A.P.* Teoriya rascheta stroitel'nykh konstruktssii na nadezhnost' [Theoretical calculation of reliability of building structures]. Moscow: Stroiizdat, 1978. 229 p. (rus)
12. *Bolotin V.V., Gol'denblat I.I., Smirnov A.F.* Stroitel'naya mekhanika. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya [Construction mechanics. Current state and prospects for development]. Moscow: Stroiizdat, 1972. 180 p. (rus)
13. *Reshetov D.N., Ivanov A.S., Fadeev V.Z.* Nadezhnost' mashin [Machine reliability]. Moscow: Vysshaya shkola, 1988. 234 p. (rus)
14. *Thoft-Christensen P.* Deterioration of concrete structures. In: *Proc. 1st Int. Conf. on Bridge Maintenance, Safety and Management*. Barselona, 2002. 7 p.
15. *Spravochnik po nadezhnosti* [Reliability handbook]. Vol. 1, Moscow: Mir, 1969. 229 p. (rus)
16. *Khevilend R.* Inzhenernaya nadezhnost' i raschet dolgovechnosti. Moscow; Leningrad: Energiya, 1966. 231 p. (rus)
17. *Raizer V.D.* Teoriya nadezhnosti v stroitel'nom proektirovanii [Reliability theory in construction design]. Moscow: ASV, 1998. 302 p. (rus)
18. *Tanner P., Ortega L.* Reducing intervention time and costs by applying reliability analysis. In: *Safety, risk, reliability trends in engineering*. Malta, 2001. 8 p.
19. *Khog E., Arora F.* Prikladnoe optimal'noe proektirovanie [Applied optimal design]. Moscow: Mir, 1983. 479 p. (rus)
20. *Driving A.Ya.* K opredeleniyu chislovykh kharakteristik nadezhnosti konstruktssii sooruzhenii s chisto ekonomicheskoi otvetstvennost'yu [Numerical characteristics of structural reliability with economic responsibility]. In: *Problemy nadezhnosti v stroitel'noi mekhanike*. Vilnius, 1968, 32 p. (rus)

Сведения об авторах

Картопольцев Владимир Михайлович, докт. техн. наук, профессор, ООО «ДИАМОС», 634003, г. Томск, пер. Соляной, 24/1, diamos@mail.ru

Картопольцев Андрей Владимирович, канд. техн. наук, доцент, ООО «ДИАМОС», 634003, г. Томск, пер. Соляной 24/1, diamos@mail.ru

Алексеев Александр Аверьянович, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная 2, alekseev10@yandex.ru

Authors Details

Vladimir M. Kartopoltsev, DSc, Professor, ООО “DIAMOS”, 24/1, Solyanoy Str., 634003, Tomsk, Russia, diamos@mail.ru

Audrey V. Kartopoltsev, PhD, A/Professor, ООО “DIAMOS”, 24/1, Solyanoy Str., 634003, Tomsk, Russia, diamos@mail.ru

Aleksandr A. Alekseev, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, alekseev10@yandex.ru

Сообщение об ошибке в публикации

В статье авторов Кумпяка О.Г., Мещеулова Н.В. «Особенности динамического деформирования сжато-изогнутых конструкций балочного типа на податливых опорах», опубликованной в журнале № 5 2022 г., пропущена ссылка на то, что работа выполнена при поддержке госзадания Министерства науки и высшего образования РФ FEMN-2022-0004.