

ISSN 2227-2917 (print)
ISSN 2500-154X (online)

12+



IZVESTIYA VUZOV
Investitsii
Stroitelstvo
Nedvizhimost

ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ
ИНВЕСТИЦИИ
СТРОИТЕЛЬСТВО
НЕДВИЖИМОСТЬ

Том 12 № 2
2022

ISSN 2227-2917 (print)
2500-154X (online)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION



ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

IRKUTSK NATIONAL RESEARCH TECHNICAL UNIVERSITY

ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ. ИНВЕСТИЦИИ. СТРОИТЕЛЬСТВО. НЕДВИЖИМОСТЬ

PROCEEDINGS OF UNIVERSITIES
INVESTMENT. CONSTRUCTION. REAL ESTATE

Izvestiya vuzov
Investitsii. Stroitelstvo. Nedvizhimost

Том 12 № 2
Vol.



ИЗДАТЕЛЬСТВО
Иркутского национального исследовательского
технического университета

PUBLISHERS
of Irkutsk National Research Technical University
2022



В журнале опубликованы статьи ученых из России и зарубежья, посвященные научным результатам в области теоретических и прикладных проблем строительства, архитектуры, экономики и управления. Статьи объединены в три тематических блока: Экономика и управление; Технические науки. Строительство; Архитектура. Дизайн.

Издание предназначено для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов, специалистов инвестиционно-строительной сферы, государственных и муниципальных органов власти.

Журнал включен в Перечень ведущих научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук, утвержденный ВАК Минобразования России

Журнал включен в следующие базы данных: EBSCO Publishing Databases, ВИНТИ РАН, система Российского индекса научного цитирования, представлен в электронной библиотеке «Cyberleninka», библиотеке Oxford, Directory of Open Access Journals (DOAJ) и описан в Ulrich's Periodicals Directory.

Журнал «Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость» реферируется и рецензируется.

Сведения о журнале можно найти на сайте в Интернете: <http://www.istu.edu>

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).
Свидетельство ПИ № ФС77-62787 от 18 августа 2015 г.

Учредитель-издатель:

ФГБОУ ВО Иркутский национальный исследовательский технический университет

Подписной индекс в ООО «Урал-Пресс» - 41511

Адрес ООО «Урал-Пресс»:

620026, Свердловская область, г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, д. 130

Адрес учредителя, издателя и редакции:

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: izv_isn@istu.edu

При перепечатке и цитировании ссылка на журнал
«Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость» обязательна

Авторы опубликованных статей несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, экономико-статистических данных и прочих сведений. Компьютерный макет сборника составлен из оригинальных авторских файлов.

ISSN 2227-2917 (print)
2500-154X (online)

In this journal we published the articles of Russian and foreign scientists, which are dedicated to scientific results in the sphere of theoretical and applied problems of development, architecture, economics and management. The articles are combined into three topical units: Economics and management; Technical sciences, Construction; Architecture, Design.

The publication is for staff scientists, teachers, post-graduate students and students of universities, specialists in investment and building sphere, government and municipal authorities.

The journal is included in the list of the leading scientific journals and publications, where the key scientific results of doctoral (candidate's) theses approved by the State Commission for Academic Degrees and Titles of the Russian Ministry of Education are to be published

The Journal is indexing in EBSCO Publishing Databases, VINITI Database (Referativnyi Zhurnal), Russian Science Citation Index, included in the digital scientific library Cyberleninka, University OXFORD, Directory of Open Access Journals (DOAJ) and is described in Ulrich's Periodicals Directory.

The journal "Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate" is abstracted and reviewed.

Information about the journal you can find on the site in the Internet: <http://www.istu.edu>

The journal is registered with the Federal Agency for Supervision of Communications, Information Technologies and Mass Media (Roskomnadzor).
Certificate of registration № ПИ № ФС77-62787 of 18 August, 2015.

Founder, publisher: FSBEIHE Irkutsk National Research Technical University

The subscription code in Ural-Press LLC: 41511
The postal address of Ural-Press LLC:
130 Mamin-Sibiryak St.,
Yekaterinburg, 620026, Russia

Address of the founder, publisher and editorial office:
83 Lermontov St., Irkutsk 664074
e-mail: izv_isn@istu.edu

Reference to the journal «Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate» is obligatory while reprinting and quotation

The authors of submitted materials are responsible for the selection and accuracy of facts, quotations, economic and statistical data and other information. Computer model of a journal is compiled of original authors' files

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Пешков В. В., главный редактор, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экспертизы и управления недвижимостью Иркутского национального исследовательского технического университета (г. Иркутск, Российская Федерация)

Чупин В. Р., заместитель главного редактора, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой городского строительства и хозяйства Иркутского национального исследовательского технического университета (г. Иркутск, Российская Федерация)

Афанасьев А. А., доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН, профессор кафедры строительного производства Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (г. Москва, Российская Федерация)

Батмунх Сэрээтэр, доктор технических наук, профессор, академик Монгольской Академии наук, директор Института теплотехники и промышленной экологии Академии наук Монголии, заведующий кафедрой тепловых электрических станций Монгольского государственного университета науки и технологии (г. Улан-Батор, Монголия)

Беккер А. Т., доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН, профессор Инженерной школы Дальневосточного федерального университета (г. Владивосток, Российская Федерация)

Вальтер Фогт, доктор технических наук, специалист по планированию транспорта Университета г. Штутгарт (Федеративная Республика Германия)

Васильев Ю. Э., доктор технических наук, профессор, профессор кафедры строительства и эксплуатации дорог Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (г. Москва, Российская Федерация)

Гребенюк Г. И., доктор технических наук, профессор, советник РААСН, заведующий кафедрой строительной механики Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (г. Новосибирск, Российская Федерация)

Димитра Николау, доктор архитектуры, профессор отдела городского и регионального планирования Архитектурной школы Афинского национального технического университета (г. Афины, Греческая Республика)

Ерофеев В. Т., доктор технических наук, профессор, академик РААСН, заведующий кафедрой строительных материалов и технологий Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарева (г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация)

Ефимов А. В., доктор архитектуры, профессор, заведующий кафедрой дизайна архитектурной среды Московского архитектурного института, лауреат Государственной премии РФ, заслуженный деятель искусств (г. Москва, Российская Федерация)

Збигнев Войчицки, доктор технических наук, профессор кафедры гражданского строительства Вроцлавского технологического университета (г. Вроцлав, Республика Польша)

Калюжнова Н. Я., доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономической теории и управления Иркутского государственного университета (г. Иркутск, Российская Федерация)

Ковачев А. Д., доктор архитектуры, профессор, иностранный член РААСН, заведующий кафедрой архитектуры и урбанистики архитектурного факультета Варненского свободного университета им. Ч. Храбра, Варна (г. София, Республика Болгария)

Кузьмин М. И., доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАН, лауреат Демидовской премии, Институт геохимии СО РАН, советник РАН (г. Иркутск, Российская Федерация)

Леонард Шенк, доктор архитектуры, профессор факультета архитектуры и дизайна Констанцского университета (г. Констанц, Федеративная Республика Германия)

Леонович С. Н., доктор технических наук, профессор, иностранный академик РААСН, профессор кафедры технологии строительного производства Белорусского национального технического университета, заместитель председателя научного совета РААСН «Механика разрушения материалов и конструкций» (г. Минск, Республика Беларусь)

Ляхович Л. С., доктор технических наук, профессор, академик РААСН, заведующий кафедрой строительной механики Томского архитектурно-строительного университета (г. Томск, Российская Федерация)

Матвеева М. В., доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры экспертизы и управления недвижимостью Иркутского национального исследовательского технического университета (г. Иркутск, Российская Федерация)

Нгуен Туан Ань, доктор технических наук, научный сотрудник кафедры водоснабжения и водоотведения Университета природных ресурсов г. Хошимин (г. Хошимин, Республика Вьетнам)

Нечаев А. С., доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики и цифровых бизнес-технологий Иркутского национального исследовательского технического университета (г. Иркутск, Российская Федерация)

Новицкий Н. Н., доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (г. Иркутск, Российская Федерация)

Сетогутти Тсуеши, доктор технических наук, профессор департамента архитектуры Университета Хоккайдо (Япония)

Сколубович Ю. Л., доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН, ректор Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (г. Новосибирск, Российская Федерация)

Стенников В. А., доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, председатель научно-экспертного совета по энергоэффективности (г. Иркутск, Российская Федерация)

Урханова Л. А., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой производства строительных материалов и изделий Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления (г. Улан-Удэ, Российская Федерация)

Фолькер Циглер, доктор архитектуры, профессор, заведующий кафедрой городского планирования и проектирования Страсбургской архитектурной школы (г. Страсбург, Французская Республика)

Холодова Л. П., доктор архитектуры, профессор, советник РААСН, член-корреспондент Академии художеств, заведующий кафедрой теории архитектуры и профессиональных коммуникаций Уральского государственного архитектурно-художественного университета (г. Екатеринбург, Российская Федерация)

Хомкалов Г. В., доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономики и управления инвестициями и недвижимостью Байкальского государственного университета (г. Иркутск, Российская Федерация)

Энгель Барбара, доктор архитектуры, специалист по городскому планированию Дрезденского технического университета (г. Дрезден, Федеративная Республика Германия)

Яськова Н. Ю., доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой инвестиционно-строительного бизнеса, Институт отраслевого менеджмента, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (г. Москва, Российская Федерация)

EDITORIAL BOARD

Peshkov V. V., Editor-in-Chief, Doctor of Economical Sciences, Professor, Head of the Department of Real Estate Expertise and Management of Irkutsk National Research Technical University (Irkutsk, Russian Federation)

Chupin V. R., Deputy Editor-in-Chief, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Urban Development and Municipal Economy of Irkutsk National Research Technical University (Irkutsk, Russian Federation)

Afanasiev A. A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding member of RAACS, Professor of National Research Moscow State Construction University (Moscow, Russian Federation)

Batmunkh Sereeter, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Academy of Sciences of Mongolia, Director of the Institute of Thermal Engineering and Industrial Ecology of Mongolian Academy of Sciences, Head of Department of Thermal Power Plants of the Mongolian State University of Science and Technology (Ulan Bator, Mongolia)

Bekker A. T., Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding member of RAACS, Professor of Engineering School of Far Eastern Federal University (Vladivostok, Russian Federation)

Walter Fogt, Doctor of Technical Sciences, Specialist in transportation planning, Stuttgart University (Germany)

Vasiliev Yu. E., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Road Construction and Maintenance of Moscow State Automobile and Road Technical University (Moscow, Russian Federation)

Grebenyuk G. I., Doctor of Technical Sciences, professor, Advisor of RAACS, Head of the Department of Construction Mechanics of Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Novosibirsk, Russian Federation)

Dimitra Nikolau, Doctor of Architecture, Professor, Department of Urban and Regional Planning of School of Architecture of Athenes National Technical University (Athenes, Greece)

Erofeev V. T., Doctor of Technical Sciences, professor, Academician of RAACS, Head of the Department of Building Materials and Technologies of National Research Mordovian State University named after N.P. Ogareva (Saransk, Republic of Mordovia, Russian Federation)

Yefimov A. V., Doctor of Architecture, Professor, Head of Department of architectural environment design of Moscow Architectural Institute, State Prize Winner of RF, Honored Art Worker (Moscow, Russian Federation)

Zbigniew Wojcicki, Doctor of Technical Sciences, Professor, Civil Engineering Department, Wroclaw University of Technology (Wrocław, Poland)

Kalyuzhnova N. Ya., Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of Department of Economics and Management of Irkutsk State University (Irkutsk, Russian Federation)

Kovachev A. D., Doctor of Architecture, Professor, Foreign Member of RAACS, Head of Department of Architecture and Urbanistics, Architecture Faculty of Varna Free University of named after Ch. Hrabar, Varny (Sophia, Bulgaria)

Kuzmin M. I., Doctor of Geological and Mineral Sciences, Professor, Academician of Russian Academy of Sciences, Winner of Demidov Award, Institute of Geochemistry of SB RAS, Advisor of the Russian Academy of Sciences (Irkutsk, Russian Federation)

Leonard Shenk, Doctor of Architecture, Professor of the Faculty of Architecture and Design of the KonstantsUniversity (Konstants, Germany)

Leonovitch S. N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Foreign Academician of RAACS, Professor of the Department of Building technologies of Byelorussian National Technical University, Deputy Chairman of the Scientific Council of RAACS "Mechanics of materials and structures destruction" (Minsk, Byelorussia)

Lyakhovich L. S., Doctor of Technical Sciences, professor, Academician of RAACS, Head of the Department of Building Mechanics of Tomsk Architecture and Construction University (Tomsk, Russian Federation)

Matveeva M. V., Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Real Estate Expertise and Management of Irkutsk National Research Technical University (Irkutsk, Russian Federation)

Nguyen Tuan An, Doctor of Technical Sciences, Scientific Researcher of Water Supply and Sanitation Department, University of Natural Resources (Ho Chi Minh, Vietnam)

Nechaev A. S., Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Department of Economics and digital business technologies of Irkutsk National Research Technical University (Irkutsk, Russian Federation)

Novitskii N. N., Doctor of Technical Sciences, professor, Chief Scientific Researcher of the Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Irkutsk, Russian Federation)

Setoguchi Tsuyoshi, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Architecture, Hokkaido University (Japan)

Skolubovitch Yu. L., Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of RAACS, Rector of Novosibirsk State University of Architecture and Construction (Novosibirsk, Russian Federation)

Stennikov V. A., Doctor of Technical Sciences, Professor, corresponding member of Russian Academy of Sciences, Director of Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Chairman of Scientific-Expert of the Board for Energy Efficiency (Irkutsk, Russian Federation)

Urkanova L. A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Production of Building Materials and Units of East-Siberian State Technological University (Ulan Ude, Russian Federation)

Folker Tsigler, Doctor of Architecture, Professor, Head of the Department of Town-Planning and Design of Strasbourg School of Architecture (Strasbourg, France)

Kholodova L. P., Doctor of Architecture, Professor, Advisor of RAACS, Corresponding Member of the Academy of Arts, Head of the Department of Theory of Architecture and Professional Communications, Urals State Architectural-Artistic University (Yekaterinburg, Russian Federation)

Khomkalov G. V., Doctor of Economical Sciences, Professor, Professor of the Department of Economics and Management of Investment and Real Estate, Baikal State University (Irkutsk, Russian Federation)

Engel Barbara, Doctor of Architecture, specialist in urban planning of Dresden Technical University (Dresden, Germany)

Yaskova N. Yu., Doctor of Economical Sciences, Professor, Head of the Department of Investment and Construction Business, Institute of Industry Management, The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (Moscow, Russian Federation)

СОДЕРЖАНИЕ

Известия вузов
Инвестиции. Строительство. Недвижимость

Том 12 № 2 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- Дорошенко Т. Г., Суханова И. А., Ямщикова И. В.** Электронный прокьюремент в России: цифровизация отдельных процессов 150
- Кудрявцева В. А., Никишина О. В.** Формирование стратегии управления земельными ресурсами в городах 160

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. СТРОИТЕЛЬСТВО

- Константинова А. А., Пешков В. В.** Оценка эффективности, качества и надежности облицовочного материала для навесного вентилируемого фасада 166
- Ластовка А. В., Иванова А. В.** Моделирование совместной работы арматуры с бетоном на примере композитной арматуры 174
- Мартьянов В. И.** Особенности построения графа автомобильных дорог для большегрузного транспорта 182
- Матвеева М. В., Адегбола А. А. А.** К вопросу организации процессов 4D-моделирования и управления ими в строительстве 190
- Пешков В. В., Алексанин И. А.** Разработка организационно-технических решений на этапе капитального ремонта жизненного цикла объекта строительства с использованием возможностей его цифровой модели 196
- Пинус Б. И., Корнеева И. Г., Калашников М. П.** Статистические закономерности изменения параметров внутреннего сопротивления цементных композитов при замораживании и оттаивании 206
- Степаненко А. А., Мартьянов В. И.** Проектирование баз данных автодорожной отрасли на основе теоретико-множественного анализа сложных систем 214
- Трухина М. Г., Пельменёва Н. Д.** Мембранные биореакторы: опыт применения в зарубежных странах 224
- Чупин В. Р.** Обоснование области применения автомобильного транспорта в районных системах водоотведения 232
- Чупин Р. В., Бобер В. А.** Эффективность работы водозаборных сооружений населенных мест Прибайкалья 240
- Шабуров С. С., Волкова Е. В.** Технологии и материалы для ремонта автомобильных дорог в районах распространения многолетнемерзлых грунтов 248

АРХИТЕКТУРА. ДИЗАЙН

- Глебова Н. М., Кламер М.** Современный храм в структуре города как символ культурной идентичности и общественное пространство 256
- Колодин К. И., Винокурова П. А.** Формирование идентичности современной архитектуры города (на примере Иркутска) 276
- Пономарев А. В., Золотарева М. В.** Цифровизация образования и специфика сбора цифрового следа студентов творческих специальностей 286
- Хохрин Е. В., Смольков С. А.** Апории дискурса идей трансгуманизма в контексте развития метатеории психодизайна городской среды 294

CONTENTS

Proceedings of Universities Investment. Construction. Real estate

Том 12 № 2 2022

CONTENTS

ECONOMICS AND MANAGEMENT

Doroshenko T. G., Sukhanova I. A., Yamshchikova I. V. Electronic procurements in Russia: digitalisation of selected processes	150
Kudryavtseva V. A., Nikishina O. V. Developing a strategy for urban land management	160

TECHNICAL SCIENCES. CONSTRUCTION

Konstantinova A. A., Peshkov V. V. Assessment of efficiency, quality and reliability of cladding materials for hinged ventilated facades	166
Lastovka A. V., Ivanova A. V. Simulation of combined action of reinforcement and concrete on the example of composite reinforcement	174
Martyanov V. I. Constructing alignment charts of heavy transport highways	182
Matveeva M. V., Adegbola A. A. A. Organization and management of 4D-modelling processes in construction	190
Peshkov V. V., Aleksanin I. A. Management and engineering solutions at the overhaul stage in the life cycle of constructing facilities using their digital models	196
Pinus B. I., Korneeva I. G., Kalashnikov M. P. Statistical patterns of changes in internal resistance parameters of cement composites during freezing and thawing	206
Stepanenko A. A., Martyanov V. I. Design of databases in road industry using set-theory analysis of complex systems	214
Trukhina M. G., Pelmeneva N. D. Membrane bioreactors: foreign experience	224
Chupin V. R. Application of truck transport in district wastewater discharge systems	232
Chupin R. V., Bober V. A. Efficiency of water intake facilities in populated areas of the Baikal region	240
Shaburov S. S., Volkova E. V. Technologies and materials for overhauling roads in permafrost areas	248

ARCHITECTURE. DESIGN

Glebova N. M., Klamer M. Modern temple in urban structure as a symbol of cultural identity and public space	256
Kolodin K. I., Vinokurova P. A. Identity building in contemporary urban architecture (on the example of Irkutsk)	276
Ponomarev A. V., Zolotareva M. V. Digitalisation of education and specificity of collecting the digital footprint of students in creative disciplines	286
Hohrin E. V., Smolkov S. A. Aporias in a discourse on ideas of transhumanism framed in the context of developing a metatheory of urban environmental psychological design	294



Электронный прокьюремент в России: цифровизация отдельных процессов

© Татьяна Геннадьевна Дорошенко¹, Ирина Александровна Суханова¹,
Ирина Валентиновна Ямщикова²

¹Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Россия

²Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Дорошенко Татьяна Геннадьевна, t_doro@mail.ru

Аннотация. Целью настоящего исследования является оценка текущего уровня и перспектив цифровизации и автоматизации ключевых экономических процессов в сфере государственных и корпоративных закупок, а также оценка их роли в повышении эффективности результатов закупок. В работе применялась совокупность общенаучных методов, в том числе статистического и сравнительного анализов, изучения экспертных прогнозов, системный метод, метод принятия оптимальных решений и экспертных оценок. Проведен комплексный анализ уровня цифровизации и автоматизации закупок в Российской Федерации с позиций предметов нормативного регулирования законодательства о регулируемых закупках (в части нормативных требований). Осуществлена экспертная оценка соответствия текущего уровня цифровизации закупочных бизнес-процессов реальным потребностям экономических агентов. По результатам исследования можно сделать вывод, что регламентированные закупки в Российской Федерации находятся в начальной стадии цифровой трансформации. Электронизация и автоматизация закупочных бизнес-процессов происходит крайне неравномерно в условиях дуализма закупочного законодательства. По ряду направлений это приводит к повышению транзакционных издержек экономических агентов. Также было выявлено, что несовершенства нормативного регулирования отдельных процессов существенно замедляют процедуру их цифровой трансформации. В IT-секторе государственных закупок необходимо наращивать уровень применения инновационных технологий. При этом зависимость критической IT-инфраструктуры от иностранного программного обеспечения и оборудования должна быть минимальной.

Ключевые слова: электронные закупки, электронный прокьюремент, цифровизация закупок, автоматизация закупок, электронные торги, электронный магазин, электронный контракт, смарт-контракт, big data, электронный документооборот

Для цитирования: Дорошенко Т. Г., Суханова И. А., Ямщикова И. В. Электронный прокьюремент в России: цифровизация отдельных процессов // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 2. С. 150–159. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-150-159>.

Original article

Electronic procurements in Russia: digitalisation of selected processes

Tatyana G. Doroshenko¹, Irina A. Sukhanova¹, Irina V. Yamshchikova²

¹Baikal State University, Irkutsk, Russia

²Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Corresponding author: Tatyana G. Doroshenko, t_doro@mail.ru

Abstract. In this study, the current level and prospects of digitalisation and automation of key economic processes in public and corporate procurement were assessed, as well as their role in improving the efficiency of procurement results. The work involved a combination of general scientific methods, including statistical and comparative analysis, the study of expert prognoses, a systematic approach, the method of optimal decision-making and expert evaluations. A comprehensive analysis of the digitalisation and automation of procurement in the Russian Federation was carried out considering the regulatory legislation on procurement (in terms of regulatory requirements). An expert conformity-assessment of the current digitalisation level of procurement business processes with the actual demands of economic

agents was carried out. The results showed that regulated procurement in the Russian Federation undergoes the initial stage of digital transformation. The electronisation and automation of procurement business processes are highly irregular under the duality in the procurement legislation. In a number of areas, this results in higher transaction costs for economic agents. It was also revealed that inadequate regulatory practices in specific processes significantly slow down their digital transformation. In the IT sector of state procurement, it is necessary to expand the use of innovative technologies. The dependence of critical IT infrastructure on foreign software and equipment should be minimal.

Keywords: electronic procurement, electronic procurement, digitalization of procurement, automation of procurement, electronic bidding, electronic store, electronic contract, smart contract, big data, electronic document management

For citation: Doroshenko T. G., Sukhanova I. A., Yamshchikova I. V. Electronic procurements in Russia: digitalisation of selected processes. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate.* 2022;12(2):150-159. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-150-159>.

Введение

В период с 2014 по 2020 годы удельный вес государственных и корпоративных закупок в совокупном объеме номинального ВВП России составил от 24,3 до 30,5 %¹. Нормативное регулирование в сфере государственных закупок направленно на обеспечение государственных и муниципальных нужд в целях повышения эффективности, результативности осуществления закупок товаров, работ, услуг, обеспечения гласности и прозрачности осуществления таких закупок, предотвращения коррупции и других злоупотреблений в сфере таких закупок, в части, касающейся:

- 1) планирования закупок товаров, работ, услуг;
- 2) определения поставщиков (подрядчиков, исполнителей);
- 3) заключения контрактов;
- 4) особенностей исполнения контрактов;
- 5) мониторинга закупок товаров, работ, услуг;
- 6) аудита в сфере закупок товаров, работ, услуг;
- 7) контроля за соблюдением законодательства Российской Федерации и иных нормативных правовых актов о контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд². Аналогично в сфере корпоративных закупок предметом правового регулирования является установление общих принципов закупки товаров, работ, услуг и основных требований к

закупке товаров, работ, услуг³. Многие страны стремятся улучшить государственные услуги за счет использования информационно-коммуникационных технологий в цепочках поставок государственных услуг [1, 2]. Целью настоящего исследования является оценка текущего уровня и перспектив цифровизации и автоматизации ключевых экономических процессов в сфере государственных и корпоративных закупок и оценка их роли в повышении эффективности результатов закупок.

Отправной точкой цифровизации регламентированных закупок явилась необходимость обеспечения базового принципа прокьюремента – открытости, который заключается в том, что все этапы конкурсных торгов должны осуществляться публично. В основе функционирования контрактной системы России также важную роль играет механизм открытости и прозрачности, который обеспечивает свободный и безвозмездный доступ к информации о закупках. Подобным же образом законодательство о корпоративных закупках ставит принцип информационной открытости закупки на первое место. Исторически реализация данного важного принципа за относительно короткий период времени прошла молниеносное развитие от официального печатного издания и общероссийского официального сайта к применению единой информационной системы, которое уже потребовало не просто оцифровать бизнес-процессы, но и повсеместно применять юридически значимый электронный доку-

¹Отчет о результатах экспертно-аналитического мероприятия «Мониторинг развития системы государственных и корпоративных закупок в Российской Федерации за 2020 год» [Электронный ресурс]. URL: <https://ach.gov.ru/upload/iblock/123/442w02xo0vq4unq199jwxnr9mprow972c.pdf> (26.02.2022).

²О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд: Федеральный закон от 05.04.2013 № 44-ФЗ // Собрание законодательства РФ. 2013. № 14, ст. 1652.

³О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц: Федеральный закон от 18.07.2011 № 223-ФЗ // Российская газета. 2011. № 159. 22 июля.

ментооборот и дало начало элементам их цифровизации (в том числе автоматизации). Важно отметить, что роль и скорость электронизации и цифровизации закупок существенно выросла в период активной фазы распространения коронавирусной инфекции. Единая информационная система в сфере закупок – совокупность информации, содержащейся в базах данных, информационных технологий и технических средств, обеспечивающих формирование, обработку, хранение такой информации, а также ее предоставление с использованием официального сайта единой информационной системы (далее – ЕИС) в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»⁴.

Методы

Теоретическую и методологическую базу исследования представляют изложенные в научной литературе и специальной периодической печати различные подходы к механизму закупок товаров, работ и услуг, научные труды российских ученых и специалистов по функционированию электронных торговых площадок и применению цифровых технологий в управлении социально-экономическими системами. Информационную базу исследования составили аналитические материалы Министерства финансов, Счетной палаты, Федерального казначейства и информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», официальный сайт Единой информационной системы и сайты электронных торговых площадок. В работе применялась совокупность общенаучных методов, в том числе статистического и сравнительного анализов, изучения экспертных прогнозов, системный метод, метод принятия оптимальных решений и экспертных оценок.

Результаты исследования

Место и роль Единой информационной системы в рамках контрактной системы в сфере закупок определена нормативно обусловленным выполнением следующих функций:

1. Формирование, обработка, хранение и предоставление данных.
2. Автоматический контроль информации о закупках.
3. Обеспечение юридически значимого электронного документооборота.

Очевидно, что уже исходя из минимально установленных на законодательном уровне требований ЕИС является важным элементом хранения, обработки, анализа и предоставления больших данных (Big Data) в системе

государственного управления страны, а также содержит предпосылки к автоматизации отдельных бизнес-процессов (в части контроля за соответствием информации об идентификационных кодах закупок и неперевышением объема финансового обеспечения для осуществления данных закупок, содержащихся в планах-графиках закупок, извещениях об осуществлении закупок, протоколах определения поставщиков (подрядчиков, исполнителей), условиях проектов контрактов). Однако на практике процессы цифровизации и автоматизации закупок по ряду направлений опережают нормативные требования, но при этом в некоторых частях отстают от реальных потребностей пользователей. Далее в таблице представлен результат комплексного анализа уровня цифровизации и автоматизации закупок в Российской Федерации на начало 2022 года с позиций предметов нормативного регулирования законодательства о регулируемых закупках (в части нормативных требований).

В разделе «Обсуждение результатов» приводится экспертная оценка соответствия текущего уровня цифровизации закупочных бизнес-процессов реальным потребностям экономических агентов.

Обсуждение результатов

Как видно из результатов исследования, приведенных в виде таблицы ниже, организационно-распорядительные процессы, предшествующие процедуре закупки и сопровождающие ее, на нормативном уровне практически не затронуты цифровизацией. Данный процесс опционально может осуществляться самими заказчиками. Также зачастую набор локальных актов заказчика гораздо шире нормативных требований и может включать такие документы, как положение о комиссии, положение (регламент) о взаимодействии структурных подразделений при осуществлении закупочного процесса, положение (регламент) о порядке осуществления внутреннего контроля закупочного процесса и т.д. И если крупные субъекты стремятся к электронизации данных бизнес-процессов внутри организации, а также внедряют электронный документооборот, то небольшие заказчики просто не могут себе этого позволить.

Однако ведущие эксперты в сфере закупок называют детализацию и регламентацию деятельности каждого сотрудника неотъемлемым этапом по формированию успешной и эффективной контрактной службы [4].

⁴О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд: Федеральный закон от 05.04.2013 № 44-ФЗ // Собрание законодательства РФ. 2013. № 14, ст. 1652.

Комплексный анализ уровня цифровизации и автоматизации закупок в Российской Федерации

Comprehensive analysis of the level of digitalization and automation of procurement in the Russian Federation

Этап	Закон № 44-ФЗ	Закон № 223-ФЗ
1. Подготовительный этап	Электронизация процессов фактически отсутствует. Вопросы функционирования комиссии по осуществлению закупок и контрактной службы (контрактного управляющего) урегулированы внутренними документами заказчика и фактически являются аналоговыми. С 01.01.2022 г. законодательно установлено, что члены комиссии могут участвовать в заседании с использованием систем видеоконференцсвязи с соблюдением требований законодательства Российской Федерации о защите государственной тайны	Оцифрован процесс размещения в ЕИС положения о закупке и его изменений, включая внесение сведений о способах закупок в структурированном виде. Вопросы функционирования закупочной комиссии и закупяющего подразделения (специалиста по закупкам) урегулированы внутренними документам заказчика и фактически являются аналоговыми.
2. Планирование закупок	План-график представляет собой электронный документ (за исключением закрытых закупок) установленной формы, утвержденный посредством подписания усиленной квалифицированной электронной подписью лица, имеющего право действовать от имени заказчика. Заполняется в структурированном виде в ЕИС. На федеральном уровне план-график готовится с применением ГИС «Электронный бюджет». На региональном и местном уровнях аналогичная возможность предусмотрена с помощью региональных и муниципальных информационных систем. Таким образом, по общему правилу заказчики не могут спланировать закупки сверх бюджета	План закупок заполняется в структурированном виде в ЕИС
3. Проведение процедур закупок	Конкурентные закупки проводятся в электронной форме (кроме некоторых закрытых процедур). Также реализована закупка товара у единственного поставщика на сумму до 3 млн руб. в электронной форме (так называемый электронный магазин или закупка с полки)	В отдельных случаях заказчики обязаны проводить закупки в электронной форме: – согласно перечню, установленному Правительством; – конкурентные закупки, участниками которых могут быть только субъекты малого и среднего предпринимательства (СМСП); – в случаях, когда положением о закупке заказчика не предусмотрена возможность провести закупку в «бумажной» форме [3]
4. Заключение контракта (договора)	По итогам электронных конкурентных закупок контракт заключается в электронном виде. С 01.04.2023 г. предполагается применение электронного структурированного контракта	Договор заключается в электронном виде обязательно только для конкурентных закупок, участниками которых могут быть только СМСП
5. Исполнение контракта (договора)	С 01.01.2022 г. заказчики и поставщики обязаны использовать в ЕИС электронный документооборот при приемке по контракту. Также для федеральных заказчиков автоматизирована оплата по итогам «электронной приемки» (автоматическое формирование в ЕИС сведений о бюджетном обязательстве, автопроверка и автоматическое осуществление платежей, автоматизированное получение факта оплаты контракта в реестре контрактов)	Автоматизация отсутствует
6. Мониторинг и аудит закупок	Мониторинг закупок осуществляется с использованием ЕИС и на основе содержащейся в ней информации. Аудит в сфере закупок не автоматизирован	Мониторинг закупок осуществляется с использованием ЕИС и на основе содержащейся в ней информации. Аудит законом не предусмотрен

Окончание таблицы

Этап	Закон № 44-ФЗ	Закон № 223-ФЗ
7. Обжалование закупок	При проведении электронных процедур жалоба может быть подана в контрольные органы в сфере закупок исключительно с использованием ЕИС. Лица вправе участвовать в рассмотрении жалобы по существу с использованием систем видеоконференцсвязи при наличии в контрольном органе такой возможности. Сведения размещаются в ЕИС	Электронизация процесса отсутствует. Сведения не размещаются в ЕИС
8. Контроль закупок	Контроль со стороны органов власти автоматизирован частично (в части контроля за соответствием информации об идентификационных кодах закупок и превышением объема финансового обеспечения для осуществления закупок), результаты данного вида контроля размещаются в ЕИС. Результаты ведомственного контроля, как правило, размещаются на сайте Главного распорядителя бюджетных средств. Результаты контроля заказчика размещаются в ЕИС опосредованно (например, в виде неустойки в реестре контрактов). Результаты общественного контроля в ЕИС не размещаются	Электронизация процесса отсутствует. Сведения не размещаются в ЕИС

Что касается появившейся в Законе № 44-ФЗ возможности проведения заседаний комиссии с использованием систем видеоконференцсвязи, то остаются серьезные вопросы к порядку организации этого процесса, а также к верификации личностей.

Процесс планирования закупок, на наш взгляд, довольно формально был подвергнут оцифровке: заказчики обязаны готовить документ с помощью функционала ЕИС. При этом на практике большинство заказчиков для удобства внутреннего документооборота и учета дублируют данный документ. И если крупные корпоративные заказчики используют для этих целей корпоративные информационные системы, то небольшие заказчики применяют просто электронные таблицы.

Согласно Протоколу между государствами – участниками Договора о зоне свободной торговли от 18 октября 2011 года о правилах и процедурах регулирования государственных закупок (ратифицирован Россией, Федеральный закон от 28.05.2017 № 99-ФЗ) государства – участники протокола должны были до 1 января 2018 года обеспечить переход на электронный формат закупок конкурентными способами⁵. Причем это касается всего процесса соответствующих закупочных процедур,

включая подачу заявок, подведение итогов и заключение договора о закупке. Таким образом, уровень электронизации закупок в государственном секторе выше, чем в корпоративном. Согласно результатам мониторинга применения законодательства о регламентированных закупках в 2020 году Минфина России в рамках контрактной системы электронные закупки составляют 97 % извещений от всех конкурентных закупок (88,2 % в стоимостном выражении)⁶, а в рамках Закона № 223-ФЗ конкурентные закупки в электронной форме составляют 54 % от общего количества лотов и 66 % от их стоимостного объема⁷. Несмотря на тот факт, что крупные корпорации стремятся к максимальному внедрению электронных процедур (в том числе как часть реализации антимонопольного комплаенса и антикоррупционной политики организации-заказчика), в рамках Закона № 223-ФЗ все еще нормативно остается возможность проводить бумажные процедуры, и, как следствие, высоки риски злоупотреблений при их проведении. При этом уровень и качество применения малых закупок в электронной форме, наоборот, гораздо выше в корпоративном секторе. Причиной тому служит то, что имеющийся на сегодняшний день в госсекторе механизм «закупки с полки» является слишком

⁵О ратификации Протокола между государствами – участниками Договора о зоне свободной торговли от 18 октября 2011 года о правилах и процедурах регулирования государственных закупок: Федеральный закон от 28.05.2017 № 99-ФЗ // Собрание законодательства РФ. 2017. № 22, ст. 3068.

⁶Сводный аналитический отчет по результатам осуществления мониторинга закупок, товаров, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд в соответствии с Федеральным законом от 05.04.2013 № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» по итогам 2020 года [Электронный ресурс]. URL: <https://minfin.gov.ru/common/upload/library/2021/05/main/44-FZ.pdf> (26.02.2022).

⁷Мониторинг применения Федерального закона от 18 июля 2011 г. № 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» в 2020 году [Электронный ресурс]. URL: <https://minfin.gov.ru/ru/performance/contracts/purchases/> (26.02.2022).

трудозатратным для обеих сторон контракта по сравнению с возможными выгодами от его применения [5]. Стоит отметить высокую роль электронных торговых площадок в повышении уровня автоматизации процесса проведения закупок сверх нормативных требований. Так, законодательством предусмотрена автоматизация процесса проведения торга во время аукциона со стороны организатора закупки, при этом многие электронные площадки также предлагают автоматизацию процесса подачи ценовых предложений (посредством применения так называемого аукционного робота). Кроме того, могут быть предусмотрены дополнительные сервисы (за дополнительную плату или без нее) для заказчиков и участников закупок: проверка контрагента, калькуляция начальной (максимальной) цены контракта, расчет пеней, сроков, поиск интересующих поставщика торгов (в международной практике также идет речь о применении механизма семантического сопоставления продуктов на электронных торговых площадках [6]) и т.д. Однако отметим, что международные исследования показывают, что внедрение электронных закупок само по себе не подразумевает улучшение институтов государственных закупок [7].

Первоначально при проведении регламентированных закупок в части заключения и исполнения договоров имела место лишь оцифровка результатов (путем ведения реестра контрактов для целей Закона № 44-ФЗ и реестра договоров для целей Закона № 223-ФЗ). С 2018 года по итогам электронных закупок в контрактной системе заключается электронный контракт, а с 2022 года началась мощная цифровая трансформация вопросов исполнения контракта: применяется электронный документооборот при приемке. Запланирована реализация расторжения контракта через ЕИС (новый порядок одностороннего отказа от исполнения контракта через ЕИС, если контракт был заключен по итогам электронной процедуры, заработает уже с 01.07.22 г.). К 2023 году посредством ЕИС предполагается вести претензионную работу, заключать дополнительные соглашения, полностью автоматизировать ведение реестра контрактов. В корпоративном секторе закупок данные бизнес-процессы не электронизованы (договор заключается в электронном виде обязательно только для конкурентных закупок, проводимых среди СМСП). Однако существует вероятность, что крупнейшие заказчики постепенно пойдут по пути максимальной электронизации процесса заключения и исполнения договоров, вводя обязанность для своих поставщиков (подрядчиков,

исполнителей) вносить информацию о закрывающих документах (актах, накладных и пр.) в собственную корпоративную информационную систему [8]. Не стоит забывать о возможном повышении транзакционных издержек поставщиков, особенно из категорий СМСП, при внедрении любых новых механизмов в части электронизации торгов [9].

Как показывает российская и международная практика осуществления закупок, введение норм и правил экономического поведения без сопутствующих механизмов контроля способствует созданию спонтанно формирующихся контрправил и рациональному неисполнению экономических агентами прописанных формальных требований [10]. Именно эта ситуация на сегодняшний день наблюдается в сфере корпоративных закупок: как таковой специальный контроль практически отсутствует, а обжалование осуществляется в порядке, установленном антимонопольным законодательством. Как следствие, отсутствует и электронизация данных процессов. Вопросы контроля госзакупок также долгое время были обделены в части цифровизации, однако с 2022 года данная ситуация сдвинулась с мертвой точки: появилась возможность онлайн-обжалования закупок. Тем не менее данный предмет правового регулирования, на наш взгляд, сегодня серьезно отстает от остальных элементов контрактной системы. Также обеспечено взаимодействие ЕИС с иными информационными системами: «Электронный бюджет», электронные площадки, информационные системы региональные и муниципальные, ФАС (реестр недобросовестных поставщиков) и другие органы контроля, портал государственных программ www.programs.gov.ru и др. Такое взаимодействие позволяет также повысить уровень автоматизации отдельных процессов и повысить надежность предоставляемой пользователям информации (например, проверка участников закупок на принадлежность к субъектам малого и среднего предпринимательства, выгрузка сведений из ЕГРЮЛ/ЕГРИП т.д.). На наш взгляд, в данной части уровень автоматизации необходимо усиливать, чтобы добиться сплошной автоматической проверки лиц, подающих заявки и исполняющих контракты, на предмет соответствия требованиям закона. Это позволит решить ряд насущных прикладных проблем в закупочном секторе экономики:

- существенно снизит нагрузку на закупочные комиссии;

- повысит уровень надежности лиц, исполняющих контракты, и, как следствие, снизит процент неисполненных обязательств;

- существенно уменьшит возможность применения мошеннических схем при проведении торгов;
- снизит трудоемкость в части подготовки заявок на участие в закупках;
- уменьшит долю несостоявшихся закупок;
- снизит коррупционность процедур;
- уменьшит возможность административного давления при проведении торгов;
- ускорит закупочные процессы в целом.

Безусловно, такие мощные процессы электронизации закупочного цикла требуют обеспечения юридической фиксации действий всех участников с целью защиты их прав и законных интересов в административном и/или судебном порядке. Для этого была создана и продолжает развиваться ГИС «Независимый регистратор». Плагин данной ГИС применяется на рабочем месте участника закупочного процесса для осуществления видеофиксации его действий на электронных площадках и в ЕИС, с предоставлением видео, подписанного электронной подписью в ФАС России.

Основные функции ГИС «Независимый регистратор»:

1. Защищать права участников контрактной системы при осуществлении закупок на электронных площадках и в ЕИС.

2. Предоставлять объективную информацию сотрудникам центрального аппарата и территориальных управлений ФАС России при рассмотрении жалоб участников закупок.

Отметим, что ФАС России в своем письме от 25.02.2019 № МЕ/13989/19 указала: «...скриншоты (снимков экрана) не позволяют проверить их достоверность и не могут свидетельствовать о наличии или отсутствии технических неполадок в работе электронной площадки».

На основании изложенного, участникам закупок целесообразно при участии в электронных процедурах пользоваться ГИС «Независимый регистратор» для защиты своих прав и законных интересов».

Одним из перспективных векторов развития автоматизации закупочных процессов можно назвать применение смарт-контрактов или, иными словами, умных контрактов (контракт между двумя сторонами или более в виде программного кода, который осуществляет мониторинг выполнения наборов условий и реализует механизмы исполнения обязательств, согласованных заинтересованными сторонами). Смарт-контракты выполняются с использованием технологии блокчейн⁸. В

качестве средства защиты от обычно объемных, сложных и трудночитаемых строительных контрактов смарт-контракты можно рассматривать как эффективное и альтернативное решение [11].

При этом стоит отметить, что федеральное законодательство страны в данной части не блокирует применение смарт-контрактов регионами в инициативном порядке. Так, в декабре 2020 года впервые в практике отечественных закупок в Московской области на нормативном уровне введено понятие «Умный контракт» (принято постановление Правительства Московской области от 25.12.2020 № 1040/44). В соответствии с принятым постановлением «Умный контракт – технология создания цифровой модели контракта, обеспечивающая автоматизированное формирование текстовой части проекта контракта, а также автоматизированный контроль исполнения контракта после его заключения». По итогам 2020 года доля умных контрактов в регионе составила 37 %, а по состоянию на август 2021 года – более 70 %, тем самым на практике подтвердив востребованность заказчиками новой технологии [12]. Применение смарт-контрактов в сфере закупок может значительно снизить транзакционные издержки и повысить эффективность транзакций [13]. При этом стратегии снижения рисков, основанные на обсуждении в фокус-группе, показывают, что полуавтоматическое составление смарт-контрактов считается более практичным по сравнению с полной автоматизацией [11]. Однако в целом инновационные технологии довольно сложно встраиваются в закупочные бизнес-процессы в государственном секторе. При этом некоторые исследователи обращают внимание на то, что инновационная деятельность играет решающую роль в цепочке поставок и социально-экономическом развитии общества как на глобальном уровне, так и на уровне отдельных хозяйствующих субъектов [14]. Также ученые приходят к выводу, что более широкое вовлечение частного сектора в рамках государственно-частного партнерства способно повысить уровень инноваций [15].

Еще одну важную роль в вопросах цифровой трансформации тех или иных процессов играет обеспечение их безопасности. Новые инструменты должны быть не только эффективными, но и хорошо защищенными от несанкционированного использования [16]. То есть необходимы защита информационных систем от хакерских атак и минимизация

⁸Бижоев Б. М., Иванов С. А., Обаляева Ю. И. Цифровые технологии и сферы их применения: учеб. пособ. М.: Издательство РГСУ, 2021. 160 с.

зависимости критической IT-инфраструктуры от иностранного программного обеспечения и оборудования. С целью обеспечения последнего с 2017 года в России действует закон «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».

Заключение

По результатам исследования можно сделать вывод, что регламентированные закупки в Российской Федерации находятся в начальной стадии цифровой трансформации. Электронизация и автоматизация закупочных бизнес-процессов происходит крайне неравномерно в

условиях дуализма закупочного законодательства. По ряду направлений это приводит к повышению транзакционных издержек экономических агентов. Также было выявлено, что несовершенства нормативного регулирования отдельных процессов существенно замедляют процедуру их цифровой трансформации. В IT-секторе государственных закупок необходимо наращивать уровень применения инновационных технологий. При этом зависимость критической IT-инфраструктуры от иностранного программного обеспечения и оборудования должна быть минимальной.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Seepma A. P., de Blok C., Van Donk D. P. Designing digital public service supply chains: four country-based cases in criminal justice // *Supply Chain Management*. 2021. Vol. 26. No. 3. p. 418-446. <https://doi.org/10.1108/SCM-03-2019-0111>.
2. Criado J. I. Digital Public Administration in Latin America: Digitalization, Public Innovation, and the Future of Technologies in the Public Sector // *Peters B. G., Tercedor C. A., Ramos C. (ed.). The Emerald Handbook of Public Administration in Latin America*. Bingley: Emerald Publishing Limited, 2021. p. 343-374.
3. Лисовенко О. К. Электронные закупки по закону № 223-ФЗ: что нового? // *Корпоративные закупки-2018: Практика применения Федерального закона № 223-ФЗ: сб. докладов VI Всерос. практ. конференции-семинара*. М.: ООО «Компания Ладья», 2018. С. 42–48.
4. Кикавец В. В. Эффективная контрактная служба заказчика: монография. М.: ООО «НКЦ Образование», 2020. 208 с.
5. Мокренко А. В. Практическая реализация механизма «электронный магазин» в соответствии с ч. 12 ст. 93 Закона № 44-ФЗ // *Государственные и муниципальные закупки – 2021: сб. докладов XVI Всерос. конференции-семинара*. М.: Известия, 2021. С. 19–22.
6. Mehrbod A., Zutshi A., Grilo A., Jardim-Gonsalves R. Application of a semantic product matching mechanism in open tendering e-marketplaces // *Journal of Public Procurement*. 2018. Vol. 18. No. 1. p. 14-30. <https://doi.org/10.1108/JOPP-03-2018-002>.
7. Mélon L., Spruk R. The impact of e-procurement on institutional quality // *Journal of Public Procurement*. 2020. Vol. 20. No. 4. p. 333-375. <https://doi.org/10.1108/JOPP-07-2019-0050>.
8. Байрашев В. Р. Закупки по Закону № 223-ФЗ. Рекомендации практика. М.: Первый том, 2020. 234 с.
9. Soong K.-K., Ahmed E. M., Tan K. S. Factors influencing Malaysian small and medium enterprises adoption of electronic government procurement // *Journal of Public Procurement*. 2020. Vol. 20. No. 1. p. 38-61. <https://doi.org/10.1108/JOPP-09-2019-0066>.
10. Андреев Н. Ю., Бижоев Б. М., Обалеева Ю. И., Рыжова Н. Б., Складорова Ю. А. Госзакупки. Новый вектор развития: монография / под науч. ред. Н. Ю. Андреева. М.: МФИ, 2018. 103 с.
11. Gurgun A. P., Koc K. Administrative risks challenging the adoption of smart contracts in construction projects // *Engineering, Construction and Architectural Management*. 2022. Vol. 29. No. 2. p. 989-1015. <https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2020-0678>.
12. Королихин В. В., Дьяченко О. Г. Применение технологии Умный контракт в Московской области // *Государственные и муниципальные закупки – 2021: сб. докладов XVI Всерос. конференции-семинара*. М.: Известия, 2021. С. 122–133.
13. Feng T., Yu X., Chai Y., Liu Y. Smart contract model for complex reality transaction // *International Journal of Crowd Science*. 2019. Vol. 3. No. 2. p. 184-197. <https://doi.org/10.1108/IJCS-03-2019-0010>.
14. Yakushkin T. A., Romadikova V. M., Gorbatkova G. A., Havrel V. T., Mamengaev Yu. N. Financial Technologies Ensuring Information Transition // *Digital Future Economic Growth, Social Adaptation, and Technological Perspectives. Lecture Notes in Networks and Systems*. 2020. Vol. 111. p. 557-567. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39797-5_52.
15. Carbonara N., Pellegrino R. Fostering innovation in public procurement through public private partnerships // *Journal of Public Procurement*. 2018. Vol. 18. No. 3. p. 257-280. <https://doi.org/10.1108/JOPP-09-2018-016>.
16. Plaskova N. S., Prodanova N. A., Khamkhoeva F. A., Bashina O. E., Gus'kov S. V. The

REFERENCES

1. Seepma AP, de Blok C, Van Donk DP. Designing digital public service supply chains: four country-based cases in criminal justice. *Supply Chain Management*. 2021;26(3):418-446. <https://doi.org/10.1108/SCM-03-2019-0111>.
2. Criado JI. Digital Public Administration in Latin America: Digitalization, Public Innovation, and the Future of Technologies in the Public Sector. In: Peters B. G., Tercedor C. A., Ramos C. (ed.). *The Emerald Handbook of Public Administration in Latin America*. Bingley: Emerald Publishing Limited; 2021. p. 343-374.
3. Lisovenko OK. Electronic procurement under Law No. 223-FZ: what's new? *Korporativnye zakupki 2018: Praktika primeneniya Federal'nogo zakona № 223-FZ: sb. dokladov VI Vserossiiskoi prakticheskoi konferentsii-seminara*. Moscow: LLC "Ladya Company"; 2018. 214 p. (In Russ.).
4. Kikavets VV. Effective contract service of the customer: Monograph. Moscow: LLC "NCC Obrazovanie"; 2020. 208 p. (In Russ.).
5. Mokrenko AV. Practical implementation of the "electronic store" mechanism in accordance with Part 12 of Article 93 of Law No. 44-FZ. *Gosudarstvennye i munitsipal'nye zakupki – 2021: sb. dokladov XVI Vseros. konferentsii-seminara*. Moscow: Izvestia; 2021. p. 19-22. (In Russ.).
6. Mehrbod A, Zutshi A, Grilo A, Jardim-Gonsalves R. Application of a semantic product matching mechanism in open tendering e-marketplaces. *Journal of Public Procurement*. 2018;18(1):14-30. <https://doi.org/10.1108/JOPP-03-2018-002>.
7. Mélon L, Spruk R. The impact of e-procurement on institutional quality. *Journal of Public Procurement*. 2020;20(4):333-375. <https://doi.org/10.1108/JOPP-07-2019-0050>.
8. Bayrashev VR. Procurement under Law No. 223-FZ. Recommendations of practice. Moscow: Pervytom; 2020. 234 p. (In Russ.).
9. Soong K-K, Ahmed EM, Tan KS. Factors influencing Malaysian small and medium enterprises adoption of electronic government procurement. *Journal of Public Procurement*. 2020;20(1):38-61. <https://doi.org/10.1108/JOPP-09-2019-0066>.
10. Andreev NYu, Bizhoyev BM, Obalyaeva Yul, Ryzhova NB, Sklyarova YuA. Public procurement. A new vector of development: monograph. Moscow: MFI; 2018. 103 p. (In Russ.).
11. Gurgun AP, Koc K. Administrative risks challenging the adoption of smart contracts in construction projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*. 2022;29(2):989-1015. <https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2020-0678>.
12. Korolikhin VV, Dyachenko OG. Application of Smart contract technology in the Moscow region. *Gosudarstvennye i munitsipal'nye zakupki – 2021: sbornik dokladov XVI Vserossiiskoi konferentsii-seminara*. Moscow: Izvestia; 2021. p. 122-133. (In Russ.).
13. Feng T, Yu X, Chai Y, Liu Y. Smart contract model for complex reality transaction. *International Journal of Crowd Science*. 2019;3(2):184-197. <https://doi.org/10.1108/IJCS-03-2019-0010>.
14. Yakushkin TA, Romadikova VM, Gorbatkova GA, Havrel VT, Mamengaev YuN. Financial Technologies Ensuring Information Transition. *Digital Future Economic Growth, Social Adaptation, and Technological Perspectives. Lecture Notes in Networks and Systems*. 2020;111:557-567. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39797-5_52.
15. Carbonara N, Pellegrino R. Fostering innovation in public procurement through public private partnerships. *Journal of Public Procurement*. 2018;18(3):257-280. <https://doi.org/10.1108/JOPP-09-2018-016>.
16. Plaskova NS, Prodanova NA, Khamkhoeva FA, Bashina OE, Gus'kov SV. The impact of supply chain management for the innovation activity development in Russia: Relevant issues. *International Journal of Supply Chain Management*. 2020;9(1):813-819.

Информация об авторах

Т. Г. Дорошенко,
кандидат экономических наук,
доцент кафедры экономики и управления
инвестициями и недвижимостью,
Байкальский государственный университет,
664003, г. Иркутск, ул. Ленина, 11, Россия,
e-mail: t_doro@mail.ru
<http://orcid.org/0000-0002-1099-0912>

Information about the authors

Tatyana G. Doroshenko,
Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor
of the Department of Economy, Investment
and Property Management,
Baikal State University,
11 Lenin St., 664003, Irkutsk, Russia,
e-mail: t_doro@mail.ru
<http://orcid.org/0000-0002-1099-0912>

И. А. Суханова,
заместитель директора Центра
профессионального образования,
Байкальский государственный университет,
664003, г. Иркутск, ул. Ленина, 11, Россия,
e-mail: suhanova@cpo.irk.ru
<http://orcid.org/0000-0001-7345-9953>

Irina A. Sukhanova,
Deputy Director of the Center for Vocational
Education,
Baikal State University,
11 Lenin St., 664003, Irkutsk, Russia,
e-mail: suhanova@cpo.irk.ru
<http://orcid.org/0000-0001-7345-9953>

И. В. Ямщикова,
кандидат экономических наук,
доцент кафедры экспертизы и управления
недвижимостью,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664038, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: yamsirina@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0002-6183-3255>

Irina V. Yamshchikova,
Cand. Sci. (Econ.),
Associate Professor of the Department
of Real Estate Expertise and Management,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: yamsirina@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0002-6183-3255>

Вклад авторов

Дорошенко Т. Г., Суханова И. А., Ямщикова И. В. имеют равные авторские права. Суханова И. А. несет ответственность за плагиат.

Contribution of the authors

Doroshenko T. G., Sukhanova I. A., Yamshchikova I. V. have equal author's rights. Sukhanova I. A. bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 31.03.2022.
Одобрена после рецензирования 26.04.2022.
Принята к публикации 27.04.2022.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

The article was submitted 31.03.2022.
Approved after reviewing 26.04.2022.
Accepted for publication 27.04.2022.



Формирование стратегии управления земельными ресурсами в городах

© Вера Александровна Кудрявцева, Ольга Валерьевна Никишина

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Кудрявцева Вера Александровна, kudravera@mail.ru

Аннотация. Целью работы является анализ особенностей управления земельными ресурсами в городах. Актуальность данного вопроса подтверждается тем, что главной целью развития городов является достижение максимальной степени удовлетворения потребностей людей. По этой причине на государственном уровне уделяется особое внимание вопросам формирования городов и городских ресурсов, к которым наряду с финансами относятся и земля, а также управления ими. В исследовании показано, что земли городов уже на протяжении длительного промежутка времени представляют собой ценность в качестве территориального пространства, которое наиболее активно участвует в инвестиционно-строительных процессах. В связи с этим для городов приоритетными являются задачи формирования эффективного управления и распоряжения имеющимися земельными ресурсами, обладающими высокой полезностью и определенной стоимостью, с целью повышения инвестиционной привлекательности территорий. В работе предлагаются мероприятия, направленные на решение данных задач. Сделаны выводы о том, что вопрос формирования целостной системы управления землями может решаться исключительно на государственном уровне и только при помощи разработанного механизма по формированию экономического воздействия, направленного на выполнение государственных обязательств в области проводимой земельной политики, созданию социальных гарантий и гарантий прав субъектов земельных отношений, улучшению экологической обстановки. В итоге грамотное использование земельных ресурсов будет способствовать преодолению кризисных явлений в обществе и позволит на основе повышения ценности территории обеспечить устойчивый рост экономики и качества жизни городского населения.

Ключевые слова: земля, земельные ресурсы, территориальное пространство, управление земельными ресурсами, земельные ресурсы города

Для цитирования: Кудрявцева В. А., Никишина О. В. Формирование стратегии управления земельными ресурсами в городах // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 2. С. 160–165. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-160-165>.

Original article

Developing a strategy for urban land management

Vera A. Kudryavtseva, Olga V. Nikishina

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Corresponding author: Vera A. Kudryavtseva, kudravera@mail.ru

Abstract. This article investigates specific features of urban land management. Urban land management is acquiring particular importance, since the major focus of urban development consists in satisfying the needs of city residents. To this end, governments aim to address the problems of forming and managing cities and city resources, including lands. We argue that urban lands are valuable territorial spaces that are actively involved in investment and construction processes. In this regard, city development priorities should rely on effective management of existing land resources, which have a great potential for increasing the investment attractiveness of urban territories. A number of suggestions are proposed to solve these tasks. It is concluded that an integral system of land management can only be formed at the state level. This requires a mechanism describing an expected economic impact, which is aimed at fulfilling state obligations in the field of land policy, creating social guarantees, ensuring the rights of land subjects, and improving the environmental situation. As a result, the competent use of land resources will contribute

to overcoming crisis social phenomena, ensuring sustainable economic growth and improving the life quality of urban population on the basis of increasing the territorial value.

Keywords: land, land resources, territorial space, land management, city land resources

For citation: Kudryavtseva V. A., Nikishina O. V. Developing a strategy for urban land management. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2022;12(2):160-165. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-160-165>.

Введение

На современном этапе развития городов происходит стремительная урбанизация. Города служат точкой притяжения большого количества людей, являясь территорией, привлекающей для жизни и востребованной ими на протяжении уже достаточно длительного промежутка времени. В связи с этим на современном этапе развития города рассматриваются как целостная система взаимосвязанных социальных, экономических и хозяйственных элементов, требующая комплексных методов в решении возникающих проблем и вопросов и обладающая большим объемом разнообразных ресурсов, среди которых ключевым является такой ресурс, как земельные участки [1, 2].

Анализ роли городских земель в формировании деловой активности городов

Земля представляет собой обособленный ресурс, основными характеристиками которого являются ограниченность, невоспроизводимость и многофункциональность. Исходя из этого, возникает потребность в ее сохранении и рациональном использовании, которое возможно лишь при корректном распределении земельных ресурсов. Поскольку все города, как система взаимосвязанных элементов, функционируют в определенных территориальных границах, необходимо уделять внимание именно рациональному использованию городских земель с целью снижения пустующих или нецелесообразно используемых земельных участков или же сокращения количества территорий, перегруженных производственными или жилыми зданиями и сооружениями¹ [3]. Одной из причин высокой плотности населения в городах является миграция, которая уже сейчас носит характер массового и очень заметного явления, вызванная отсутствием работы и достаточного финансирования, военными, политическими и другими неблагоприятными

обстоятельствами на местах прежнего пребывания. Согласно данным, представленным аналитиками, ситуация в мировой практике по выезду людей за границу до 2010 года не отличалась масштабностью, объемы перемещений составляли порядка нескольких десятков тысяч человек. Обстановка кардинально изменилась в 2010 году, когда данное явление приобрело глобальные масштабы [4]. Открытые границы способствуют тому, что по миру могут перемещаться миллионы людей. Концентрация человеческих и экономических ресурсов на достаточно ограниченном территориальном пространстве дает городам объективные преимущества развития, которое невозможно без внедрения новых правил по формированию инновационной системы управления городской средой, включая и землю, которая совместно с объектами недвижимости определяет качественное состояние городского хозяйства. Земельные участки являются специфическим объектом управления.

На рис. 1 показано место, которое земельные ресурсы занимают в формировании и развитии деловой активности городов.

Развитие земельных отношений и управление ими в городах базируется на изменении ключевых элементов существующей системы: института собственности и пользования земель, структуры, целей и задач управления земельными ресурсами, приемов и методов формирования землепользования в различных отраслях и сферах деятельности² [5, 6]. При этом объектом управления являются все земельные участки в определенных территориальных границах, с выделенной площадью и закрепленным нормативно-правовым режимом.

На рациональное использование земельных ресурсов оказывают влияние ряд факторов, представленных на рис. 2.

При этом управление различными ресурсами невозможно без разработки четкого

¹Вязов Г. Б. Организационно-экономический инструментарий обеспечения рационального использования земельных ресурсов в экономике регионов: дисс. ... канд. экон. наук. Воронеж, 2014. 198 с.

²О Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию. URL: http://www.business-pravo.ru/Docum/DocumShow_DocumID_58454.html (20.01.2022).

комплексного плана устойчивого развития территорий. Основная цель разработки и внедрения концепции стабильного развития заключается в создании условий для продвижения

равновесной экономической системы, которая позволила бы обеспечить сбалансированность потребления и воспроизводства ресурсов всех видов.

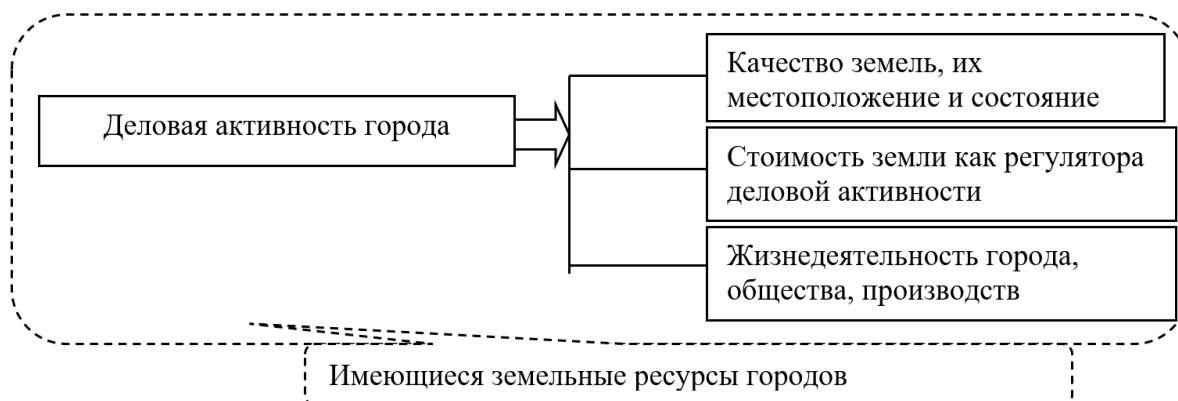


Рис. 1. Роль городских земель в формировании деловой активности городов
Fig. 1. The role of urban lands in the formation of urban business activity

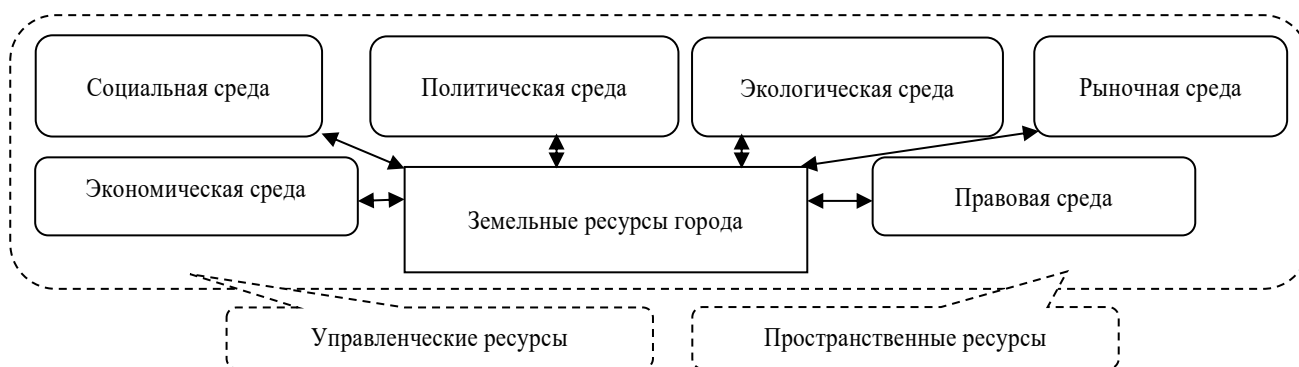


Рис. 2. Факторы, влияющие на рациональное использование земельных ресурсов
Fig. 2. Factors affecting the rational use of land resources

В целом концепция устойчивого управления земельными ресурсами может способствовать созданию определенного равновесия между различными потребностями экономики, общества и природы.

Сейчас уже можно отметить, что мировые тенденции урбанизации приводят к серьезным проблемам, но вместе с тем они открывают новые возможности для устойчивого управления земельными ресурсами, особенно на территориях с достаточно высокой плотностью населения³ [7, 8].

Управление земельными ресурсами городов ориентировано прежде всего на достижение определенных показателей, наиболее важными из которых являются следующие:

1. Обеспечение потребностей в земельных участках не только граждан, но и

производственного сектора экономики на территории города.

2. Максимальное вовлечение в обращение, создание и поддержание условий для формирования и последующей реализации инвестиционного потенциала городских земель.

Устойчивое управление земельными ресурсами городов должно быть ориентировано на улучшение экономических, экологических и социальных возможностей земли на долгосрочную перспективу и учитывать все возможные риски.

К настоящему моменту времени решения проблем, связанных с территориальным расширением городов и управлением имеющимися земельными ресурсами, варьируются от города к городу, но нигде не было достигнуто консенсуса относительно того, что является единственно верным направлением деятель-

³Виднов А. С., Гагаринов Н. В., Сидоренко М. В., Хлевная А. В. Управление земельными ресурсами: учеб. пособ. Краснодар: КубГАУ, 2014. 101 с.

ности. Сложность расширения границ городской территории возникает вследствие ограниченного количества свободных земельных участков, что в конечном итоге способствует росту цен на объекты жилищного строительства, повышает плотность застройки, приводит к развитию точечной застройки территории с высокой плотностью населения и, как следствие, снижает производительность городов.

Специалисты в области урбанистики считают, что основной причиной неэффективного использования городских земель является слабое государственное регулирование вопросов земельных отношений.

Надлежащую роль органов государственной власти в освоении городских земель часто трудно установить. В других секторах экономики государство в основном ограничивается функциями регулирующего органа.

Однако в вопросах освоения земель оно часто занимает главенствующее место, выступая в качестве фактического застройщика. Примером являются страны с сильно развитыми и успешными рыночными экономиками (Южная Корея, Япония и Сингапур), где прямое непосредственное вмешательство государства в освоение земель является полной противоположностью его стратегии полного невмешательства в другие сферы экономики.

Но нельзя не отметить, что в каждой стране выбор способа вмешательства, освоения земель и управления ими тесно связан с ее культурой и историей. Даже если способ освоения городских земель в той или иной стране был признан «оптимальным», с допущением, что этот оптимум может быть определен, маловероятно, что данный метод может быть перенесен в другие страны из-за культурной несовместимости и различных исторических обстоятельств.

Поэтому требуется разработать для каждого города модель освоения земель и их внедрения в эффективное использование на основе определения следующих параметров:

1) недостатки существующих механизмов предоставления земли, выявляемые аналитическим методом;

2) набор целей освоения земель (справедливость, доступность, транспортная эффективность и т.д.);

3) направления реформирования для изменения существующей системы земле-

пользования в соответствии с целями развития городов⁴ [9].

Эффективное управление земельными ресурсами возможно только при создании результативной системы, направленной на выгодное развитие территорий, улучшение показателей землепользования, рационального использования и охраны земель. Вместе с тем необходимо четко ориентироваться на то, что в эффективном землепользовании должно быть заинтересовано не только государство, но и граждане, проживающие на той или иной территории. Следовательно, основная нагрузка по созданию таких условий ложится на органы местного самоуправления, которые в современных условиях способны управлять территориями и развивать их при наличии четко функционирующей системы учета, анализа и оценки имеющихся земель. Авторами предлагаются следующие мероприятия по повышению эффективности управления земельными ресурсами:

- изучение свойств земли, обследование территорий;
- ведение земельного кадастра (регистрация, учет, оценка);
- ведение справочно-информационной базы данных по объектам;
- разработка и оценка управленческих решений;
- прогнозирование использования земель;
- контроль за функционированием системы землепользования и земельных отношений;
- разработка и принятие нормативно-правовых актов в сфере землепользования;
- осуществление контрольных и надзорных мероприятий за соблюдением земельного законодательства.

Алгоритм осуществления мероприятий по повышению эффективности управления земельными ресурсами является стандартным и общепринятым. Начальный этап включает в себя поиск и анализ данных, полученных в результате проводимых полевых (или первичных) работ на земельных участках. Далее осуществляется введение в практику земельного кадастра и проведение регулярных мониторингов земли, инвентаризации земельных участков, и, самое главное, разработка и внедрение геоинформационных систем. Основная задача следующего этапа – разработать и принять конкретные управленческие решения, а именно: прогнозирование, планирование и

⁴Шугрина Е. С. Муниципальная власть: понятие, содержание: учебник. Новосибирск: Центр, 2014. С. 200; Информационный портал Управления Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии РФ [Электронный ресурс]. URL: <https://rosreestr.ru/site/> (20.01.2022).

проектирование применения земельных ресурсов, выбор условий и параметров функционирования объекта управления, оценка и подбор единственного варианта с последующим принятием управленческого решения. На заключительном шаге ведутся работы по контролю за корректным исполнением принятого решения, что включает в себя проверку и оценку использования земель и следования нормам земельного законодательства [9, 10].

Заключение

В целом эффективного развития городов и городских территорий невозможно достичь без

рационального, продуктивного и целевого использования городских земельных ресурсов. В связи с этим земля и земельные отношения являются определяющими факторами социально-экономического развития города, а грамотное использование земельных ресурсов будет способствовать устойчивому экономическому росту на основе повышения ценности территории и качества жизни граждан. Разумное и эффективное использование земельных ресурсов лежит в основе стратегии развития страны и регионов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бабун Р. В. Имущественные отношения в городах и проблемы муниципального управления на современном этапе // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2007. № 1. С. 14–22.
2. Моржаева В. Ю. Управление земельными ресурсами крупного города // Государственное и муниципальное управление в XXI веке: теория, методология, практика. 2011. № 2. С. 69–74.
3. Вязов Г. Б. Актуальные вопросы развития застроенных территорий на примере городского округа город Воронеж // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2013. № 4. С. 10–14.
4. Лойко П. Ф. Проблемы земельной политики и государственного управления земельными ресурсами в Российской Федерации // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2008. № 2. С. 5–19.
5. Иванова Н. А. К вопросу о теоретико-правовых положений перераспределения земель в муниципальном образовании // Землеустройство, кадастр и геопространственные технологии: мат-лы междунар. науч.- практ. конф. молодых ученых и специалистов. 2011. С. 119–124.
6. Головин А. А., Головин А. А. Земельные ресурсы как специфический объект управления // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2014. № 1. С. 154–162.
7. Алиева Н. В. Развитие экономических методов регулирования земельных отношений // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (НПИ). Серия: Социально-экономические науки. 2016. № 4. С. 43–46.
8. Комов Н. В., Чешев А. С. Комплексный подход к планированию и рациональному использованию земельных ресурсов // Экономика и экология территориальных образований. 2018. № 2 (1). С. 6–21. <https://doi.org/10.23947/2413-1474-2018-2-1-6-21>.
9. Пригожин В. Л. Совершенствование системы управления муниципальной недвижимостью // Известия ИГЭА. 2009. № 2. С. 98–101.
10. Ломакин Г. В., Иванова Н. А. Использование материалов земельно-кадастровых работ при разработке схем территориального планирования // Проблемы управления земельными ресурсами страны на современном этапе: сб. науч. тр. 2010. С. 128–133.

REFERENCES

1. Babun RV. Property relations in cities and problems of municipal administration at the present stage. *Imushchestvennyye otnosheniya v Rossiiskoi Federatsii = Property Relations in the Russian Federation*. 2007;1:14-22. (In Russ.).
2. Morzhaeva VYu. Large city land administration. *Gosudarstvennoe i munitsipal'noe upravlenie v XXI veke: teoriya, metodologiya, praktika*. 2011;2:69-74. (In Russ.).
3. Vyazov GB. Topical issues of development of built-up areas on the example of the urban district of the city of Voronezh. *FES: Finansy. Ekonomika. Strategiya*. 2013;4:10-14. (In Russ.).
4. Loiko PF. Problems of land policy and state management of land resources in the Russian Federation. *Zemleustroistvo, kadastr i monitoring zemel'*. 2008;2:5-19. (In Russ.).
5. Ivanova NA. To the question of the theoretical and legal provisions of the redistribution of land in the municipality. *Zemleustroistvo, kadastr i geoprostranstvennyye tekhnologii: mat-ly mezhdunar. nauch.- prakt. konf. molodykh uchenykh i spetsialistov*. 2011. p. 119-124. (In Russ.).
6. Golovin AA, Golovin AA. Land resources as a specific object of management. *Vestnik*

Belgorodskogo universiteta kooperatsii, ekonomiki i prava. 2014;1:154-162. (In Russ.).

7. Alieva NV. Development of economic methods for regulating land relations. *Vestnik Yuzhno-Rossiiskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (NPI). Seriya: Sotsial'no-ekonomicheskie nauki*. 2016;4:43-46. (In Russ.).

8. Komov NV, Cheshev AS. Integrated approach to the planning and management of land resources. *Ekonomika i ekologiya territorial'nykh*

obrazovanii. 2018;2(1):6-21. (In Russ.). <https://doi.org/10.23947/2413-1474-2018-2-1-6-21>.

9. Prigozhin VL. The improvement of municipal real estate's management system. *Izvestiya IGEA*. 2009;2:98-101. (In Russ.).

10. Lomakin GV, Ivanova NA. Use of materials of land cadastral work in the development of territorial planning schemes. *Problemy upravleniya zemel'nymi resursami strany na sovremennom etape*: sb. nauch. tr. 2010. p. 128-133. (In Russ.).

Информация об авторах

В. А. Кудрявцева,

кандидат экономических наук,
доцент кафедры экспертизы и управления
недвижимостью,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: kudravera@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0071-6602>

О. В. Никишина,

старший преподаватель кафедры экспертизы
и управления недвижимостью,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: olga_nikishina_7@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8485-1229>

Information about the authors

Vera A. Kudryavtseva,

Cand. Sci. (Econ.),
Associate Professor of the Department of Real
Estate Expertise and Management,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: kudravera@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0071-6602>

Olga V. Nikishina,

Senior teacher of the Department
of Real Estate Expertise and Management,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: olga_nikishina_7@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8485-1229>

Вклад авторов

Кудрявцева В. А., Никишина О. В. имеют равные авторские права. Кудрявцева В. А. несет ответственность за плагиат.

Contribution of the authors

Kudryavtseva V. A., Nikishina O. V. have equal copyrights. Kudryavtseva V. A. bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 03.02.2022.
Одобрена после рецензирования 28.02.2022.
Принята к публикации 01.03.2022.

Conflict of interests

The authors declare about no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

The article was submitted 03.02.2022.
Approved after reviewing 28.02.2022.
Accepted for publication 01.03.2022.



Оценка эффективности, качества и надежности облицовочного материала для навесного вентилируемого фасада

© Анастасия Алексеевна Константинова, Виталий Владимирович Пешков

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Константинова Анастасия Алексеевна, k.ana3@yandex.ru

Аннотация. Используя навесную вентилируемую фасадную систему, можно защитить здание и предать ему любой дизайнерский и конструктивный вид. Цель работы заключается в анализе наиболее распространенных облицовочных строительных материалов при устройстве навесного вентилируемого фасада. Актуальность темы обусловлена тем, что в процессе проектирования строительного объекта у проектировщика и заказчика возникают вопросы, связанные с выбором облицовочного материала фасада здания, так как фасад – это «визитная карточка» здания, застройщика, а также, если мы говорим о жилом доме, собственников квартир. В данной работе рассматриваются, прежде всего, конструкция вентилируемого фасада в классическом исполнении, а также преимущества и недостатки существующих материалов для облицовочных работ на вентилируемых фасадах. Осуществляется общий сравнительный анализ характеристик облицовочных материалов. Отмечено, что облицевать фасад можно как дорогими, но уступающими по техническим характеристикам и свойствам, материалами, так и относительно недорогими, выполняющими свои основные функции. Облицовочный материал должен не только отвечать эстетическим решениям устройства фасада, но и защищать и стены фасада, и саму подсистему (металл) с утеплителем. В выводе формулируется, какой из рассматриваемых материалов выгоднее применять для вентилируемого фасада.

Ключевые слова: навесной вентилируемый фасад, облицовочный материал, композитные фасадные панели, керамогранит, фиброцементные плиты, фасадные кассеты

Для цитирования: Константинова А. А., Пешков В. В. Оценка эффективности, качества и надежности облицовочного материала для навесного вентилируемого фасада // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 2. С. 166–173. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-166-173>.

Original article

Assessment of efficiency, quality and reliability of cladding materials for hinged ventilated facades

Anastasiya A. Konstantinova, Vitaly V. Peshkov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Corresponding author: Anastasiya A. Konstantinova, k.ana3@yandex.ru

Abstract. Hinged ventilated facade systems can be used to protect buildings from damaging effects and to achieve various designing and structural goals. The study aims to analyse the most common facing construction materials for the installation of hinged ventilated facades. The question of selecting an optimal facing material is relevant for both building owners, building designers and building residents, since it is the facade that sets the tone for the rest of the building. The present study considers the standard design of the ventilated facade, as well as the advantages and disadvantages of existing facing materials for ventilated facades. A comparative analysis of the characteristics of facing materials is carried out. It is noted that the building can be faced by expensive materials, yet having inferior technical characteristics, or relatively inexpensive materials, yet performing their main functions. In addition to aesthetic properties, the facing material should perform the protection of both the facade walls and the subsystem (metal) components, including insulation. In the conclusion, the authors describe the facing material with the most optimal characteristics among those studied in the paper.

Keywords: hinged ventilated facade, facing material, composite facade panels, porcelain stoneware, fiber cement boards, facade cassettes

For citation: Konstantinova A. A., Peshkov V. V. Assessment of efficiency, quality and reliability of cladding materials for hinged ventilated facades. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2022;12(2):166-173. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-166-173>.

Введение

В России применение навесных вентилируемых фасадных систем (далее – НВФС) имеет достаточно широкое распространение. В последнее время проектные организации все чаще включают в проект по строительству нового жилья НВФС с облицовочным слоем из разных видов материалов. Облицовка здания может быть выполнена как из одного вида материала, так и из нескольких. Наиболее распространенные облицовочные материалы при строительстве высотных зданий – это стальные (алюминиевые) композитные фасадные панели и керамогранитные плиты, при малоэтажном строительстве или индивидуальном домостроении применяются в навесной системе такие облицовочные материалы, как фиброцементные панели, металлокассеты, клинкерная плитка.

Широкое распространение НВФС обусловлено не только многообразием выбора облицовочных материалов, но и надежной защитой здания от негативных и разрушительных воздействий окружающей среды [1].

Методы

Навесной вентилируемый фасад

Перед анализом свойств облицовочных материалов необходимо понять, что представляют собой НВФС. Вентилируемый фасад – это многослойная система, которая крепится к наружной части здания на металлическую подсистему (каркас) с укладкой теплоизоляционных плит на защищаемую поверхность сразу после воздушной прослойки. Также между основными слоями могут быть и дополнительные, такие как слой пароизоляции (для защиты от диффундирующего водяного пара через ограждение со стороны помещения) и гидроветрозащитный слой (для защиты утеплителя от увлажнения и выветривания волокон в вентилируемом зазоре). На рис. 1 представлен классический вариант исполнения НВФС с облицовкой из керамогранитных плит в соответствии с ГОСТ Р 58883-2020¹ [2–4].

Таким образом, общий вид конструкции навесного фасада представлен как многослойное конструктивное решение, которое можно

изменить в зависимости от выбора облицовочного материала. Например, при использовании керамогранитных плит размером 600 х 600 мм шаг вертикальных профилей не должен превышать 600 мм из-за фиксации керамогранита на кляммер, который крепится на вертикальный профиль. Также на выбор конструкции НВФС влияет толщина металлического каркаса, она не должна деформироваться из-за тяжелого веса керамогранитных плит.

Преимущества и недостатки облицовочных материалов для вентилируемого фасада

Композит – один из самых востребованных отделочных материалов. Композитные панели могут быть как стальными (СКП), так и алюминиевыми (АКП). На сегодняшний день стальной композит наиболее востребован для облицовки навесного фасада здания. Обусловлено это в первую очередь его стоимостью за 1 м². Цена на СКП на 30–50 % меньше, чем на АКП.

По структуре композитные фасадные панели достаточно сложны. Каждый композит имеет защитный слой, двухстороннюю основу (лист толщиной 0,1–0,5 мм) и негорючий наполнитель, выступающий в роли армирующего слоя, как показано на рис. 2.

Композитные фасадные панели выпускаются разных размеров, однако у стальной композитной фасадной панели есть ограничение по ширине – не более 1250 мм. Фиксированной длины у композитных панелей нет, покупатель сам решает, какую длину выбрать для конкретных архитектурно-конструктивных особенностей здания. Допустимая минимальная толщина АКП – 4 мм, тогда как у СКП – 2 мм. Вес композитных панелей, как правило, не превышает 8 кг на 1 кв.м [5].

Ниже представлены преимущества и недостатки композитных фасадных панелей. К преимуществам можно отнести:

- 1) высокую прочность (на растяжение и сжатие) и повышенную жесткость;
- 2) гибкость АКП;
- 3) относительно легкий материал;

¹ГОСТ Р 58883-2020. Системы навесные фасадные вентилируемые. М.: Стандартинформ, 2020. 52 с.

4) устойчивость к различным воздействиям окружающей среды (осадкам, перепадам температур, солнечным лучам и пр.);
 5) стойкость к гниению, коррозии, воздействию химических веществ;
 6) пожарную безопасность материала, относящегося к классам КМ 1 (Г1, В1, Д1, Т1), К0;
 7) длительный срок эксплуатации (более 30 лет);

8) практически полное отсутствие ограничений относительно размера, формы и конфигурации композитных панелей;

9) огромный выбор цветовых решений [6].
 К недостаткам композитных фасадных панелей относятся:

1) достаточно высокая цена за 1 кв.м;
 2) низкая ремонтопригодность;
 3) пожароопасность материала, произведенного недобросовестными изготовителями.

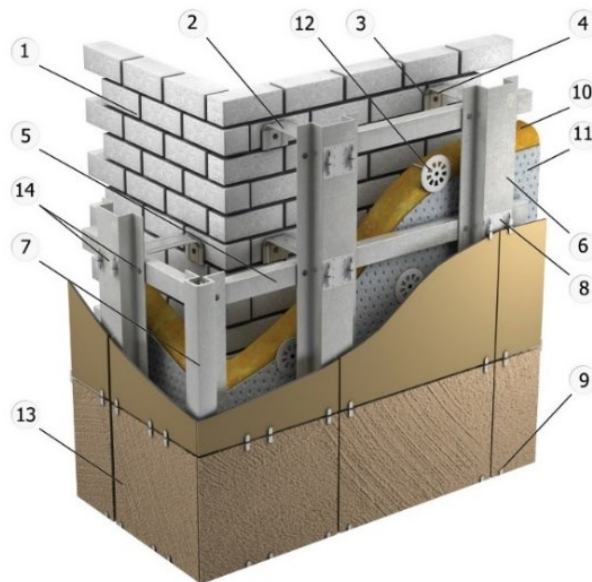


Рис. 1. Общий вид конструкции навесного вентилируемого фасада:

1 – несущая стена; 2 – несущий кронштейн; 3 – прокладка термоизолирующая; 4 – анкерный дюбель;
 5 – профиль Г-образный; 6 – профиль П-образный; 7 – профиль Z-образный;
 8 – клеммер рядовой; 9 – клеммер стартовый; 10 – утеплитель; 11 – паропроницаемая гидроветрозащитная мембрана; 12 – тарельчатый дюбель; 13 – облицовочная керамогранитная плита; 14 – заклепка

Fig. 1. General view of the structure of the hinged ventilated facade:

1 – load-bearing wall; 2 – bearing bracket; 3 – thermal insulation gasket; 4 – anchor dowel;
 5 – L-shaped profile; 6 – U-shaped profile; 7 – Z-shaped profile; 8 – ordinary clamp; 9 – starter clamp;
 10 – insulation; 11 – vapor permeable hydro-windproof membrane; 12 – poppet dowel;
 13 – ceramic granite facing plate; 14 – rivet

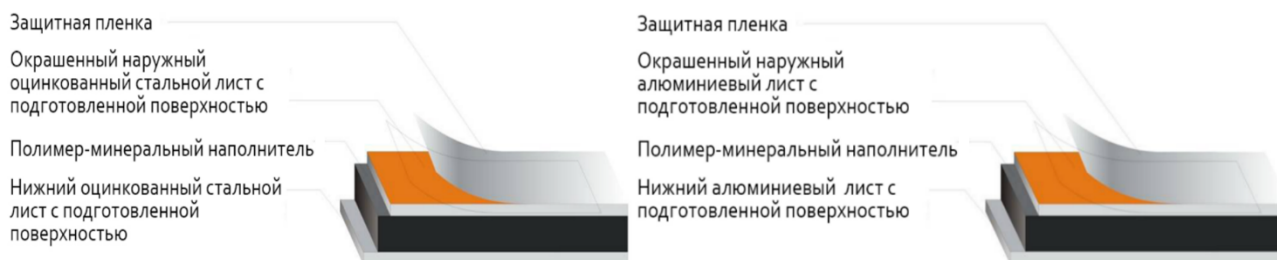


Рис. 2. Структура стальных и алюминиевых композитных панелей
Fig. 2. Structure of steel and aluminum composite panels

Таким образом, недостатков у композитных фасадных панелей в три раза меньше, чем преимуществ, этим и обусловлена их популярность на строительном рынке.

Керамогранит, как и композит, является прекрасным решением для обустройства фасада здания. Керамогранитные плиты – универсальный материал, который производится путем смешивания, прессовки и обжига глины,

кварцевого песка, минеральных красителей, каолина и полевых шпатов. Благодаря свойствам, техническим характеристикам и эстетичному виду керамогранит может использоваться не только как облицовочный материал фасада здания, но и как материал для обустройства внутренних помещений.

Керамогранитные плиты с каждым годом становятся все более востребованными на рынке строительных материалов. К преимуществам данных фасадных плит можно отнести следующее:

- 1) эстетичный внешний вид материала. Керамогранит выпускается в разных цветовых и фактурных решениях, что позволяет решать любые общеэстетические проблемы;
- 2) надежная защита стен здания от воздействий окружающей среды;
- 3) высокопрочный, износостойкий, долговечный материал. Чтобы сломать или поцарапать керамогранитную плиту, необходимо приложить значительные усилия;
- 4) низкая теплопроводность керамического гранита защищает стены здания в холодное время года от мороза, а в теплое – от перегрева;
- 5) пожаробезопасный материал. Керамогранитные плиты обладают жароустойчивыми характеристиками, поэтому они не только не горят, но и препятствуют распространению огня;
- 6) экологически безопасный, ремонтпригодный строительный материал;

7) высокий срок эксплуатации (более 40 лет);

8) невысокая стоимость относительно композиционных панелей;

9) простота монтажа навесного фасада (нет предварительной подготовки);

10) монтаж можно производить как при положительных, так и отрицательных температурах.

К недостаткам керамогранита можно отнести:

1) ограничения размеров плит (600 x 600, 300 x 600, 300 x 300 мм);

2) высокую стоимость монтажа, так как керамогранит достаточно тяжелый строительный материал [7, 8].

Как можно видеть, у керамогранитных плит мало недостатков, поэтому они занимают лидирующую позицию на рынке строительных материалов.

Фиброцементные плиты (ФЦП) – это композиционный искусственный каменный материал, который получается в результате твердения смеси (цемента, армирующих волокон, воды и минерального наполнителя). Самым распространенным видом ФЦП являются асбестоцементные панели (используются асбестовые волокна). На рис. 3 представлена структура фиброцементной фасадной плиты. Наружное покрытие может быть выполнено в различных вариациях, имитирующих кирпичную или каменную кладку [9].

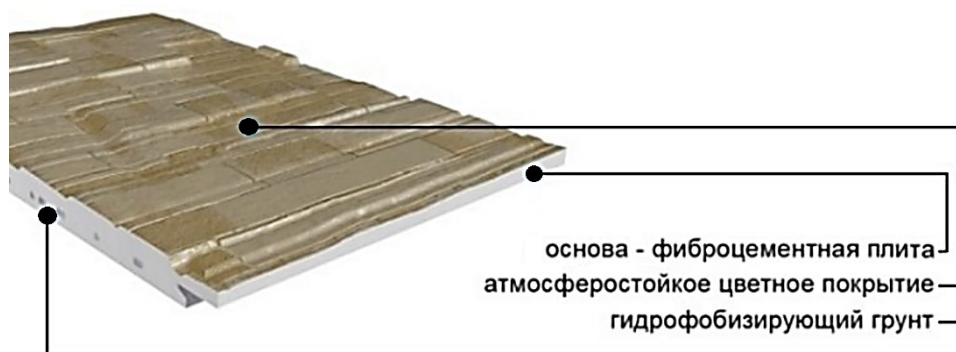


Рис. 3. Структура фиброцементной плиты
Fig. 3. Fiber cement board structure

Фиброцементные плиты как облицовочный материал имеют свои преимущества и недостатки. К преимуществам можно отнести такие характеристики, как:

1) экологичность. Фиброцемент – это экологически безопасный строительный материал, так как он не содержит веществ, вредных для здоровья человека и окружающей среды;

2) пожаробезопасность – материал не распространяет огонь, не горит, не плавится;

3) повышенная жесткость, ударная прочность, которые не дают ФЦП поддаваться механическим деформациям;

4) морозостойкость и термостойкость плит, что позволяет выдерживать значительные перепады температур;

5) низкая гигроскопичность за счет гидрофобизирующих добавок в ФЦП, которые не дают материалу впитывать воду как с наружной, так и с внутренней части навесного фасада;

6) паропроницаемость – фасад, выполненный из фиброцемента, называют «дышащим»;

7) устойчивость к коррозионному, бактериальному и грибковому процессам;

8) долговечность – фасад из ФЦП может простоять более 50 лет, в зависимости от качества выполнения монтажа, производителя и условий окружающей среды;

9) стойкость к ультрафиолетовому излучению. Цвет облицовочного слоя фиброцемента не выгорает на солнце в течение долгого времени;

10) наличие на строительном рынке материалов с разнообразными цветовыми и фактурными решениями, производители могут изготовить плиты разных размеров по желанию заказчика;

11) быстрый монтаж навесного фасада благодаря возможности изготовления ФЦП большого размера.

К недостаткам фиброцементных плит можно отнести:

1) сложность монтажных работ из-за большого веса панелей;

2) высокую стоимость ФЦП;

3) необходимость дополнительной обработки в местах спиллов, стыков.

Фиброцементные фасадные плиты хороши в роли защитного слоя наружных стен здания, но из-за высокой стоимости и определенной сложности монтажа они не востребованы как облицовочный материал стен высотных жилых и (или) производственных зданий, впрочем, в малоэтажной индивидуальной застройке ФЦП набирают популярность.

Металлокассеты (фасадные кассеты) – современные облицовочные материалы для навесного фасада. Они представляют собой выгнутые по всем краям металлические листы, окрашенные порошковой краской в заводских условиях. Как облицовочный материал металлокассеты представляют собой штучные изделия, выполненные в разных геометрических формах: квадратные, угловые, треугольные, прямоугольные и т.д.

Преимущества фасадных кассет:

1) невысокая стоимость относительно других облицовочных материалов для вентилируемого фасада с использованием недорогой подсистемы;

2) устойчивость к перепадам температур и атмосферным осадкам;

3) срок службы металлических кассет составляет более 30 лет;

4) пожаробезопасны – не горят и не распространяют огонь;

5) легкий вес облицовочного материала (диапазон от 3 до 6 килограммов на 1 квадратный метр);

6) быстрый монтаж по прямолинейным поверхностям. В отличие от композитных плит, толщина которых может быть от 2 до 4 мм, у металлокассет она может варьироваться от 0,4 до 1,2 мм, благодаря этому и увеличивается скорость монтажных работ;

7) нестандартные формы и размеры материала позволяют реализовать различные архитектурные и дизайнерские решения.

Недостатки фасадных кассет:

1) при монтаже или эксплуатации облицовочного материала высока вероятность того, что металлокассеты будут деформироваться и повреждаться, особенно если их толщина меньше 0,7 мм;

2) низкая несущая способность и сложность при монтаже навесного фасада на криволинейной поверхности;

3) на фасаде из металлокассет нельзя устанавливать рекламные вывески.

К фасадным кассетам также можно отнести такие облицовочные материалы, как металлический сайдинг и линейные панели. По техническим характеристикам и свойствам данные материалы очень похожи. Сайдинг применяется в основном для малоэтажной застройки, а линейные панели можно увидеть на зданиях производственного и (или) общественного назначения [10]. На сегодняшний день на рынке отделочных строительных материалов представлено большое разнообразие доступных облицовочных материалов для НВФС.

Результаты

Сравнение характеристик облицовочных материалов для навесного вентилируемого фасада представлено ниже в таблице в сжатом варианте. Как можно заметить, у облицовочных материалов есть два сходства – это длительный срок эксплуатации и высокий класс пожаробезопасности. Однако они различны по таким критериям, как: вес строительного материала на один квадратный метр (самыми тяжелыми являются ФЦП, а самыми легкими – металлокассеты), размеры форм (облицовочные материалы, кроме керамогранита, могут изготавливаться в любом формате), а также способ крепления (каждый материал имеет свой способ крепления, однако их можно сгруппировать по креплению открытым и закрытым способами).

Сравнение характеристик облицовочных материалов для навесных вентилируемых фасадных систем

Comparison of the characteristics of the cladding material on a hinged ventilated facade systems

Критерий сравнения	Композит		Керамогранит	Фиброцементная плита	Фасадные кассеты
	Стальной	Алюминиевый			
1. Срок службы	Более 30 лет		Более 40 лет	Более 50 лет	Более 30 лет
2. Вес, кг/кв.м	7,5		8	13,2	5
3. Пожаробезопасность	КМ1 (Г1, В1, Д1, Т1)		КМ0	КМ1 (Г1, В1, Д1, Т1)	КМ1
4. Допустимые размеры, мм	1250 x 12000	1520 x 6000	600 x 600 300 x 300	1200 x 1570 455 x 3030	535 x 535 585 x 1215
5. Способ крепления	Кассетный, заклепочный		Кляммеры	Горизонтальные, вертикальные планки	Заклепки, саморезы
6. Средняя стоимость, руб./кв.м	1300	1650	1400	1600	1150

Заключение

Проанализировав несколько вариантов облицовочного материала для навесного вентилируемого фасада, можно сделать вывод, что наиболее выгодным из них являются керамогранитные плиты.

Несмотря на то, что фасадные кассеты дешевле и легче относительно любого из представленных материалов, по своим характеристикам, свойствам и особенностям они уступают им.

Фиброцементные плиты – очень тяжелый материал. Облицовка им высотных зданий потребует дополнительных затрат на трудоемкость и увеличение количества и толщины металла (подсистемы).

Композит будет немного дешевле, включая сам материал, количество металла (подсистемы) и монтаж, также вес композитных панелей хоть в малой степени, но легче, чем у керамогранита, однако первый уступает в длительности срока службы и пожаробезопасности.

Заметим, что облицовочный материал для НВФС должен, в первую очередь, защищать наружные стены здания от различных негативных воздействий окружающей среды, а во вторую – выполнять эстетическую функцию. Кроме того, чем дороже будет выглядеть фасад здания, тем выше будет стоимость помещений, расположенных в нем.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Альбрехт Р. Дефекты и повреждения строительных конструкций: пер. с нем. М.: Стройиздат, 1979. 208 с.
2. Васильев Н. Б., Стуглев Н. А., Утков Е. О., Мельник И. С. Навесные вентилируемые фасады и мокрые [Электронный ресурс] // Строймного. 2017. № 4. С. 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/navesnye-ventiliruemye-fasady-i-mokrye> (11.02.2022).
3. Немова Д. В. Навесные вентилируемые фасады: обзор основных проблем // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 5. С. 7–11.
4. Горшков А. С., Попов Д. Ю., Глумов А. В. Конструктивное исполнение вентилируемого фасада повышенной надежности // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 8. С. 5–9.
5. Анисимов С. А., Абакумов Р. Г. Сравнительная характеристика фасадных композитных алюминиевых панелей, применяемых в строительстве // Инновационная наука. 2017. Т. 3. № 4. С. 11–13.
6. Анахин Н. Ю., Грошев Н. Г., Онопричук Д. А. Исследование современных строительных материалов // Территория науки. 2016. № 6. С. 120–124.
7. Рожина М. Д., Поваренко Д. Д., Любомирский А. В. Керамогранит как материал отделки навесных фасадов // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2019. № 5 (80). С. 7–13. <https://doi.org/10.18720/CUBS.80.1>.
8. Жуков А. Д. Системы вентилируемых фасадов // Научно-практический интернет-журнал «Наука. Строительство. Образование». 2012. № 1. С. 3.
9. Мухаметрахимов Р. Х., Изотов В. С., Гревцев В. А. Фиброцементные плиты на основе модифицированного смешанного вяжущего // Известия КазГАСУ. 2010. № 2 (14). С. 250–254.

10. Шатрова С. А., Ануфриев Н. В., Максимцев Д. С., Щурин А. О. Линейные фасадные панели как новый способ облицовки зданий и

сооружений // Современные научные исследования и разработки. 2018. № 1 (18). С. 467–468.

REFERENCES

1. Albrecht R. Defects and damages of building structures: trans. from German. Moscow: Stroyizdat; 1979. 208 p. (In Russ.).
2. Vasiliev NB, Stuglev NA, Utkov EO, Melnik IS. Hinged ventilated facades and wet. *StroyMnogo*. 2017;4:2. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/navesnye-ventiliruemye-fasady-i-mokrye> [Accessed 11 February 2022]. (In Russ.).
3. Nemova DV. Hinged ventilated facades: an overview of the main problems. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal = Magazine of Civil Engineering*. 2010;5:7-11. (In Russ.).
4. Gorshkov AS, Popov DYU, Glumov AV. Design of a ventilated facade of increased reliability. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal = Magazine of Civil Engineering*. 2010;8:5-9. (In Russ.).
5. Anisimov SA, Abakumov RG. Comparative characteristics of facade composite aluminum panels used in construction. *Innovatsionnaya nauka*. 2017;3(4):11-13. (In Russ.).

6. Anakhin NYu, Groshev NG, Onopriyukh DA. Research of modern building materials. *Territoriya nauki*. 2016;6:120-124. (In Russ.).
7. Rozhina MD, Povarenko DD, Lyubomirsky AV. Ceramic granite as a material for suspended ventilated facades. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzhenii*. 2019;5(80):7-13. <https://doi.org/10.18720/CUBS.80.1>. (In Russ.).
8. Zhukov AD. Systems of ventilated facades. *Nauchno-prakticheskii internet-zhurnal "Nauka. Stroitel'stvo. Obrazovanie"*. 2012;1:3. (In Russ.).
9. Mukhametrakhimov RH, Izotov VS, Grevtsev VA. Fiber cement slab on the basis of modified mixed cementing. *Izvestia KazGASU = News of the Kazan State University of Architecture and Engineering*. 2010;2(14):250-254. (In Russ.).
10. Shatrova SA, Anufriev NV, Maksimtsev DS, Shchurin AO. Linear facade panels as a new method of facing buildings and structures. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i razrabotki*. 2018;1(18):467-468. (In Russ.).

Информация об авторах

А. А. Константинова,
инженер ПТО,
ООО СЗ «СМУ 3»,
664040, г. Иркутск, ул. Розы Люксембург,
182Д, Россия,
магистрант кафедры экспертизы
и управления недвижимостью,
Иркутский национальный
исследовательский технический
университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: k.ana3@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7218-9779>

В. В. Пешков,
доктор экономических наук,
профессор, заведующий кафедрой
экспертизы и управления недвижимостью,
Иркутский национальный
исследовательский технический
университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: pvv@istu.edu
<https://orcid.org/0000-0001-7999-0999>

Information about the authors

Anastasiya A. Konstantinova,
PTD Engineer,
“SMU 3” SD LLC,
182D Rosa Luxemburg St., Irkutsk, 664040,
Russia,
Master's student of the Department of Real
Estate Expertise and Management,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: k.ana3@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7218-9779>

Vitaly V. Peshkov,
Dr. Sci. (Economics), Professor,
Head of the Department of Real Estate
Expertise and Management,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: pvv@istu.edu
<https://orcid.org/0000-0001-7999-0999>

Вклад авторов

Константинова А. А., Пешков В. В. имеют равные авторские права. Константинова А. А. несет ответственность за плагиат.

Contribution of the authors

Konstantinova A. A., Peshkov V. V. have equal author's rights. Konstantinova A. A. bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 02.03.2022.
Одобрена после рецензирования 31.03.2022.
Принята к публикации 01.04.2022.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

The article was submitted 02.03.2022.
Approved after reviewing 31.03.2022.
Accepted for publication 01.04.2022.

**Моделирование совместной работы арматуры с бетоном
на примере композитной арматуры**© Анатолий Васильевич Ластовка¹, Анастасия Витальевна Иванова^{1,2},¹Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия²СК «Авангард», г. Красноярск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Ластовка Анатолий Васильевич, last_pro@mail.ru

Аннотация. Цель статьи – рассмотреть особенности моделирования совместной работы арматуры с бетоном на примере композитной арматуры. В процессе исследования рассматривались стеклокомпозитная и базальтокомпозитная арматуры периодического профиля вида «А». Изучаемые образцы композитной арматуры представляют собой силовой стержень с анкерным слоем, который равномерно расположен на поверхности и под углом к его продольной оси. Анкерный слой изготовлен из термореактивной смолы и непрерывно армирующего наполнителя. Арматура типа «А» формируется путем вдавливания армирующего жгута в силовой стержень, при этом на поверхности образуются выступы. В результате проведенных экспериментов с бетонными кубами с размером ребер 15 см и призм с поперечным сечением 15×15 см, высотой 60 см, было установлено, что усредненные показатели максимальной прочности сцепления рассматриваемых образцов арматуры сопоставимы и соответствуют установленным стандартам. В то же время использование базальтокомпозитов имеет незначительное влияние на сцепление арматуры с бетоном. Существенной для данного показателя оказывается конфигурация наружного профиля стержня. Помимо этого, отмечена равномерность работы системы «арматура – бетон». Благодаря используемому в ходе эксперимента профилю арматуры было достигнуто равномерное и стабильное поведение стержня в бетоне. Доказательством этого являются диаграммы напряжения-смещения, построенные по результатам проведенных испытаний на выдергивание стержней арматуры из бетонных кубов. Полученные параметры сцепления с бетоном композитной стекло- и базальтопластиковой арматуры позволяют использовать для расчета анкеровки этой арматуры в бетоне общие зависимости.

Ключевые слова: бетон, совместная работа, выдергивание, напряжение, стеклокомпозит, базальтокомпозит

Для цитирования: Ластовка А. В., Иванова А. В. Моделирование совместной работы арматуры с бетоном на примере композитной арматуры // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 2. С. 174–181. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-174-181>.

Original article**Simulation of combined action of reinforcement and concrete
on the example of composite reinforcement****Anatoly V. Lastovka¹, Anastasia V. Ivanova^{1,2}**¹Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia²SK "Avangard", Krasnoyarsk, Russia

Corresponding author: Anatoly V. Lastovka, last_pro@mail.ru

Abstract. The characteristics of modelling the combined action of reinforcement and concrete on the example of composite reinforcement are discussed. In the work, glass-fibre and basalt composite A-type deformed reinforcing bars were considered. The studied samples of composite reinforcement comprised a power rod having an anchor layer, evenly distributed on the surface at an angle to its longitudinal axis. The anchor layer was manufactured from a thermosetting resin and a continuously reinforcing filler. A-type reinforcement is formed by pressing the reinforcing bundle into the power rod, while ribs are generated on the surface. The experiments carried out using concrete cubes having a rib size of 15 cm and prisms having a cross-section of 15×15 cm and height of 60 cm showed that the average values of

maximum adhesion strength of the studied reinforcement samples are comparable and meet the established standards. Conversely, the use of basalt composites has a negligible impact on the adhesion of reinforcement to concrete. This indicator is significantly affected by the configuration of the external profile of the rod. In addition, the uniform operation of the "reinforcement – concrete" system was noted. Due to the reinforcement profile used during the experiment, uniform and stable behaviour of the rod in concrete was achieved, as demonstrated by the stress-displacement diagrams based on the results of the pull-out test. The obtained adhesion of composite glass-fibre and basalt reinforcement to concrete allows general dependencies for calculating the anchoring of this reinforcement in concrete to be used.

Keywords: concrete, joint work, pull-out, stress, glass composite, basalt composite

For citation: Lastovka A. V., Ivanova A. V. Simulation of combined action of reinforcement and concrete on the example of composite reinforcement. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2022;12(2):174-181. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-174-181>.

Введение

Композитная арматура обладает высокой механической прочностью, а ее низкий модуль упругости снижает величину потерь при предельном напряжении конструкций. Преимуществами такого типа арматуры является высокая прочность на разрыв (более 800 МПа), несклонность к коррозии и гниению; близость коэффициентов теплового расширения с бетоном; диэлектрические свойства, радиопрозрачность, магнитоинертность, малый вес [1].

Неметаллическая композитная арматура в последнее время все чаще заменяет стальную арматуру, особенно в зданиях и сооружениях специального назначения. Использование арматуры, не подвергающейся коррозии, позволяет существенно снизить затраты на эксплуатацию объектов и увеличить срок их службы [2, 3]. В результате анализа патентных материалов и выполненных испытаний на прочность [4, 5] и сцепление с бетоном можно утверждать, что учеными доказана высокая эффективность использования арматурных стержней при эксплуатации в условиях воздействия агрессивных сред. В то же время применение композитной арматуры для армирования бетонных конструкций сдерживается недостаточным исследованием особенностей работы таких элементов, ограниченным нормативным обеспечением и опытом эксплуатации соответствующих объектов.

Поэтому для широкого применения композитной арматуры в строительстве необходимы целенаправленные экспериментальные исследования как прочности, жесткости, трещиностойкости и долговечности стержней, так и их совместной работы с бетоном.

Таким образом, обозначенные обстоятельства обуславливают актуальность, теоретическую и практическую значимость темы данной статьи.

Методы

Анализ исследований и публикаций по теме статьи

В России исследования неметаллической композитной арматуры начались еще в начале 60-х годов XX века. В настоящее время над решением вопросов повышения сцепления композитной арматуры с бетонами работают такие авторы как, С. В. Федосов, В. Е. Румянцева, В. С. Коновалова, И. В. Караваев, Chen Si, Jiang Junfeng, Zhou Mengqian, Mark Atwater, Zayd C. Leseman, Jonathan Phillips.

Исследованию поверхностной физико-химической активности стекла, базальта и бетона с целью выявления количества активных центров посвящены труды А. М. Чернеева, М. А. Шевцовой, В. О. Склифоса, Lisbel Rueda-García, José L. Bonet Senach, Miguel Sosa, Pedro Fco, Alireza Javadian, Mateusz Wielopolski, Ian F. C. Smith, Dirk E. Hebel.

Нерешенные части общей проблемы

Однако, несмотря на имеющиеся публикации, проблемы формирования периодического профиля на поверхности неметаллической арматуры до конца не решены. Также отдельной проработки требуют вопросы определения величины сцепления композитной арматуры с бетоном в зависимости от состава бетонной смеси и способа его уплотнения [6, 7].

Более глубоко изучения требует анализ влияния обработки наружной поверхности композитной арматуры разными способами с целью увеличения сцепления стержней с бетоном. Кроме того, особого внимания заслуживает проблематика исследования напряженно-деформированного состояния, характера разрушения, прочности, ширины раскрытия нормальных трещин и прогибов балочных сгибаемых базальтобетонных элементов с разными процентами армирования.

Цель работы – рассмотреть особенности

моделирования совместной работы арматуры с бетоном на примере композитной арматуры.

Описание эксперимента

В ходе экспериментальных исследований

рассматривались два типа композитной арматуры – АКС 800 (арматура стеклокомпозитная) и АКБ 800 (арматура базальтокомпозитная) (рис. 1).



Рис. 1. Образцы стеклокомпозитной арматуры (АКС) и базальтокомпозитной арматуры (АБК) периодического профиля вида «А»

Fig. 1. Samples of glass-composite reinforcement (AKS) and basalt-composite reinforcement (ABK) of a periodic profile of the type "A"

Арматура вида «А» формируется путем вдавливания армирующего жгута в силовой стержень. При этом на поверхности образуются выступы, закрепляющие арматуру в бетоне, в результате чего возникают реактивные силы на поверхности арматуры. Возникновение реактивных сил значительно повышает общее сопротивление смещению арматуры [8].

Также для исследования был выбран бетон класса С12/15, механические характеристики которого определены путем испытания бетонных кубов с размером ребер 15 см и призм с поперечным сечением 15 × 15 см, высотой 60 см. Характеристики бетона класса С12/15: кубиковая прочность после 28 суток – $f_c = 19,19$ МПа; призмная крепость после 56 суток – $f_{cd} = 14,37$ МПа.

Арматурные стержни располагались в бетонных призмах таким образом, чтобы их продольные оси совпадали. Выступающие части стержней должны были позволять, с одной стороны, закрепляться в захвате прессы, а с другой – измерять его перемещение относительно торца призм.

На первом этапе эксперимента анализировалась прочность сцепления выбранных образцов арматуры в первоначальном состоянии. После этого была применена ступенчатая нагрузка с выдержкой в течение 20 секунд и шагом 50 Н. На каждой итерации фиксировалось смещение свободного конца арматуры.

Расчетно-методическая основа эксперимента

Для моделирования совместной работы арматуры с бетоном использовались следующие показатели.

Условное среднее напряжение [3, 9]:

$$\tau_{сц} = \frac{\sigma_0 \times f_a}{d_{ср} \times l'}$$

где $\sigma_0 \times f_a$ – усилия в переданном сечении стержня; $d_{ср}$ – средний диаметр арматуры; l – длина забетонированной части стержня.

Коэффициент полноты эпюры напряжений, которые возникают в стержне по всей длине его заделки в бетоне, под воздействием внешнего усилия:

$$\alpha_H = \frac{\sigma_x \times f_a}{\sigma_0 \times l'}$$

где σ_x – напряжение в сечениях стержня.

Условия прочности для бетонных кубов с трещинами при разрушении растянутой арматуры в общем случае записаны следующим образом [10, 11]:

$$\begin{aligned} A_{xx} \sin \alpha_T + A_{xx} \cos \alpha_T &= 0; \\ A_{yy} \cos \alpha_T + A_{xy} \sin \alpha_T &= 0, \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} A_{xx} &= \sum \sigma_{Ti} a_{si} (h_0 - 0,5x_T^T) \cos^2 \beta_i - M_x - 0,5N_x(h - x_T^T); \\ A_{yy} &= \sum \sigma_{Ti} a_{si} (h_0 - 0,5x_T^T) \sin^2 \beta_i - M_y - 0,5N_y(h - x_T^T); \\ A_{xy} &= \sum \sigma_{Ti} a_{si} (h_0 - 0,5x_T^T) \sin \beta_i \cos \beta_i - M_{xy} - 0,5N_{xy}(h - x_T^T); \end{aligned}$$

$\sigma_{Ti} a_{si}$ – предел текучести и площадь сечения арматуры i -го стержня; α_T – угол между арматурой x -направления и площадкой текучести, проходящей по линии излома; β_i – угол между x -направлением и направлением i -го стержня арматуры; x_T^T – высота сжатой зоны над рассматриваемой трещиной, где течет арматура; h – полная высота сечения плиты; h_0 – рабочая высота сечения плиты; M_x, M_y, N_x, N_y – поперечные изгибающие моменты и нормальные силы в направлениях x и y ; M_{xy} – крутящий момент; N_{xy} – сдвиговая сила.

Расчетные значения сопротивления композитной арматуры на растяжение R_{fd} определяются по формуле:

$$R_{fd} = \frac{R_{fk}}{\gamma_{sf}}.$$

Результаты эксперимента

Полученные в ходе эксперимента показатели прочности сцепления образцов арматуры с бетоном отображены в таблице.

Прочность сцепления с бетоном образцов композитной стекло- и базальтопластиковой арматуры
 Strength of adhesion to concrete of specimens of composite glass- and basalt-plastic reinforcement

Номинальный диаметр, мм	Маркировка	Напряженность, МПа			
		1 мм	3 мм	7 мм	max, мм
12,04	АКС-1	4,40	5,69	8,36	12,7
	АКС-2	3,53	5,25	7,92	12,8
	АКС-3	3,53	5,25	7,04	12,5
	АКС-4	3,54	4,82	7,02	12,3
	АКС-5	4,40	6,13	8,80	13,2
	АКС-6	4,40	5,69	7,48	12,5
Усредненные показатели		3,96	5,47	7,77	12,5
Среднеквадратическое отклонение		0,5			
Коэффициент вариации, %		3,6			
Минимальное значение напряженности для партии, МПа		12,0			
12,14	АБК-1	3,46	5,75	7,91	14,2
	АБК-2	3,46	5,75	7,91	13,7
	АБК-3	4,32	6,62	9,21	14,2
	АБК-4	4,32	6,62	8,35	13,5
	АБК-5	3,89	6,19	7,91	13,6
	АБК-6	4,32	7,05	9,64	13,9
Усредненные показатели		3,96	6,33	8,49	13,8
Среднеквадратическое отклонение		0,5			
Коэффициент вариации, %		3,5			
Минимальное значение напряженности для партии, МПа		13,1			

Полученные результаты свидетельствуют о том, что средние показатели, характеризующие максимальную прочность сцепления АКС и АБК, можно сопоставить между собой, соответственно 12,5 и 13,8 МПа. Невысокие значения коэффициента вариации и среднеквадратического отклонения показывают равномерность работы системы «арматура – бетон». На основании этого можно сделать вывод, что использование АБК оказывает незначительное влияние на сцепление композитной арматуры с бетоном по сравнению с АКС, на этот параметр в значительно большей степени оказывают влияние особенности внешнего профиля стержня. Также исследования образцов композитной арматуры на сцепление с бетоном свидетельствуют о том, что при максимальных напряжениях сцепление разрушается из-за слабой связи между бетоном и арматурой. Учитывая тот факт, что бетон является неоднородным, следует отметить, что напряжение по поверхности контакта с бетоном также распределяется

неравномерно.

При контакте двух материалов в пределах небольших участков происходит образование зон больших соприкасающихся напряжений, которые выходят за установленные допустимые пределы. Это, в свою очередь, приводит к срезанию в наибольшей степени выступающих частиц бетона из плоскости стержня, в результате чего происходит локальное проскальзывание. В рамках проводимого эксперимента используемый профиль арматуры дал возможность достигнуть равномерного и стабильного поведения стержня в бетоне. Доказательством этого являются диаграммы «напряжение – смещение», которые были построены по результатам испытаний на выдергивание из бетона стержней арматуры (рис. 2). Как свидетельствует рис. 1, графики характеризуются криволинейной зависимостью смещения образцов арматуры АКС и АБК от напряжения. В то же время в рамках полученных зависимостей можно выделить 3 зоны.

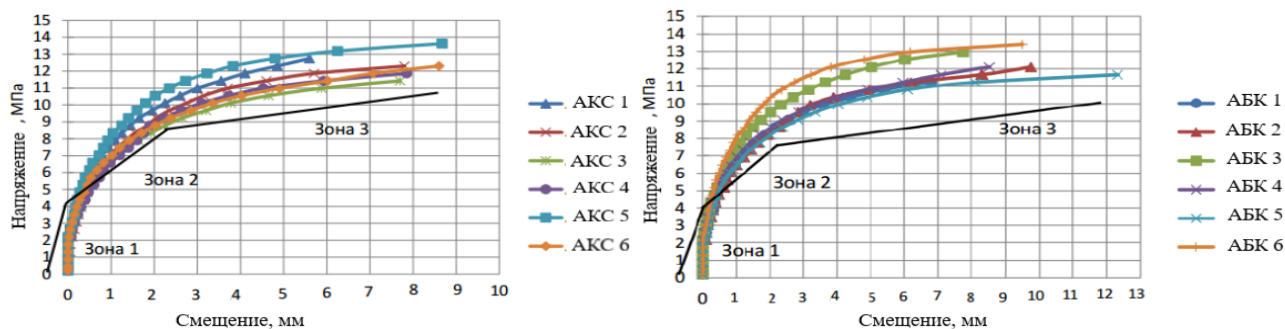


Рис. 2. Диаграмма «смещение – напряжение» при испытании образцов стеклокомпозитной арматуры (слева) и базальтокомпозитной арматуры (справа)

Fig. 2. Displacement-stress diagram for testing specimen of glass composite reinforcement (on the left) and basalt composite reinforcement (on the right)

Для первой зоны – напряжение от 0 до 500 Н (2,2 МПа), при небольших значениях выдергивающей силы можно наблюдать упругие деформации, при этом отсутствуют следы стержня арматуры. По мере увеличения нагрузки начинают образовываться участки с локальным скольжением, а также сдвиговые трещины. Это приводит к увеличению скорости перемещения композитной арматуры по бетону в зоне 2 (смещение составляет 2–5 мм). В зоне 3 происходит значительное уменьшение несущей способности бетона, а сцепление арматуры с бетоном обеспечивается за счет деформированного профиля арматуры и сил трения.

Заключение

Проведенный анализ дает основания утверждать, что композитная арматура на примере расчетов бетонных кубов является

более эффективной по сравнению с ранее используемой металлической арматурой.

Результаты экспериментальных исследований совместной работы стеклокомпозитной и базальтокомпозитной арматуры с бетоном позволили установить, что зависимость между напряжениями и деформациями растяжения носит практически линейный характер.

Также испытания свидетельствуют о том, что разрушение исследуемых образцов бетона под действием вырывающей нагрузки возникает на границе прослойки между бетоном и арматурой. Когда было приложено максимальное напряжение, выдергивание арматуры происходило без разрушения бетонного куба. С бетоном деформированный профиль арматуры соприкасается максимальной площадью – это обеспечивает их стабильную совместную работу¹ [12–14].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мухамедиев Т. А. Изменения в своде правил по проектированию конструкций из бетона с полимерной композитной арматурой // Вестник НИЦ «Строительство». 2021. № 3 (30). С. 51–55. [https://doi.org/10.37538/2226-9696-2021-3\(30\)-51-55](https://doi.org/10.37538/2226-9696-2021-3(30)-51-55).
2. Николюкин А. Н., Ярцев В. П., Коломникова И. И. Численное моделирование композитной арматуры для задачи сцепления с бетоном // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2019. № 5. С. 56–65. https://doi.org/10.34031/article_5ce292ca089623.21062637.
3. Абрамов И. В., Турыгин Ю. В.,

- Лекомцев П. В., Романов А. В., Бучкин А. В., Саидова З. С. Некоторые результаты испытаний приспособлений анкерного типа для натяжения композитной арматуры // Строительные материалы. 2019. № 1-2. С. 64–69. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-767-1-2-64-69>.
4. Римшин В. И., Меркулов С. И. Элементы теории развития бетонных конструкций с неметаллической композитной арматурой // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 5. С. 38–42.
5. Римшин И. В., Кустикова Ю. О. Феноменологические исследования величины сцепления базальтопластиковой арматуры с

¹Кудяков К. Л. Прочность и трещиностойкость изгибаемых бетонных элементов с базальтофибровым и стержневым стеклокомпозитным армированием при статическом и кратковременном динамическом нагружении: дис. ... канд. техн. наук. Томск, 2018. 208 с.

бетоном // Известия ЮЗГУ. Серия: Техника и технологии. 2011. № 1. С. 27–31.
6. Хозин В. Г., Пискунов А. А., Гиздатуллин А. Р., Куклин А. Н. Сцепление полимеркомпозитной арматуры с цементным бетоном // Известия КГАСУ. 2013. № 1 (23). С. 214–220.
7. Кашеварова Г. Г., Марросян А. С., Травуш В. И. Расчетно-экспериментальное исследование процесса разрушения связей сцепления при вдавливании стержня жесткой арматуры в бетон // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2016. № 3. С. 62–75. <https://doi.org/10.15593/perm.mech/2016.3.04>.
8. Javadian A., Wielopolski M., Smith I. F. C., Hebel D. E. Bond-behavior study of newly developed bamboo-composite reinforcement in concrete // Construction and building materials. 2016. Vol. 122. p. 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.06.084>.
9. Yang Wei, Si Chen, Junfeng Jiang, Mengqian Zhou, Kang Zhao. Experimental investigation of bamboo-concrete composite beams with threaded reinforcement connections // Journal of sandwich structures and materials. 2022. Vol. 24. Iss. 1. p. 601–626. <https://doi.org/10.1177/10996362211023529>.
10. Khaynasov K. Reinforcement of reinforced

concrete structures with composite materials // IOP conference series: Materials science and engineering. 2021. Vol. 1030. Iss. 1. p. 34–45. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1030/1/012070>.
11. Квасников А. А. Методика расчета взаимодействия бетона и арматуры железобетонных конструкций в программном комплексе ABAQUS // Строительная механика и расчет сооружений. 2019. № 1 (282). С. 65–70.
12. Коковцева А. В., Семенов А. С., Семенов С. Г. Моделирование процесса выдергивания стеклопластиковой арматуры из бетонного блока // XIII неделя науки СПбГПУ: сб. трудов конф. с междунар. участием (Санкт-Петербург, 02–07 декабря 2013 г.). Санкт-Петербург, 2013. С. 182–184.
13. Ерышев В. А., Бондаренко А. С., Царев В. С. Влияние усадки бетона на деформирование железобетонных конструкций // Вектор науки ТГУ. 2011. № 4. С. 52–55.
14. Гиздатуллин А. Р., Хусаинов Р. Р., Хозин В. Г., Красникова Н. М. Прочность и деформативность бетонных конструкций, армированных полимеркомпозитными стержнями // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 2 (62). С. 32–41. <https://doi.org/10.5862/MCE.62.4>.

REFERENCES

1. Mukhamediev TA. Changes in the code of rules for the design of structures made of concrete with polymer composite reinforcement. *Vestnik NIC "Stroitel'stvo"*. 2021;3(30):51–55. [https://doi.org/10.37538/2226-9696-2021-3\(30\)-51-55](https://doi.org/10.37538/2226-9696-2021-3(30)-51-55). (In Russ.).
2. Nikolyukin AN, Yartsev VP, Kolomnikova II. Numerical modeling of composite fittings for clutching with concrete. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V. G. Shukhova = Bulletin of Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov*. 2019;5:56–65. (In Russ.).
3. Abramov IV, Turygin YuV, Lekomtsev PV, Romanov AV, Buchkin AV, Saidova ZS. Some results of testing anchoring devices used in composite reinforcement tensioning. *Stroitel'nye materialy*. 2019;1-2:64–69. (In Russ.). <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-767-1-2-64-69>.
4. Rimshin VI, Merkulov SI. Elements of theory of development of concrete structures with nonmetallic composite reinforcement. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo = Industrial and civil engineering*. 2015;5:38–42. (In

Russ.).
5. Rimshin IV, Kustikova JO. Phenomenological researches of size of coupling basalt fiber armature with concrete. *Izvestiya YuZGU. Seriya: Tekhnika i tekhnologii*. 2011;1:27–31. (In Russ.).
6. Khozin VG, Piskunov AA, Gizdatullin AR, Kuklin AN. Adhesion fiber-reinforced polymer bars with cement concrete. *Izvestiya KGASU = News of the Kazan State University of Architecture and Engineering*. 2013;1(23):214–220. (In Russ.).
7. Kashevarova GG, Marrosyan AS, Travush VI. Computational and experimental research of the contact debonding process when rigid reinforcement is pressed into concrete. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Mekhanika = PNRPU Mechanics Bulletin*. 2016;3:62–75. (In Russ.). <https://doi.org/10.15593/perm.mech/2016.3.04>.
8. Javadian A, Wielopolski M, Smith IFC, Hebel DE. Bond-behavior study of newly developed bamboo-composite reinforcement in concrete. *Construction and building materials*. 2016;122:110–117.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.06.084>.
9. Yang Wei, Si Chen, Junfeng Jiang, Mengqian Zhou, Kang Zhao. Experimental investigation of bamboo-concrete composite beams with threaded reinforcement connections. *Journal of sandwich structures and materials*. 2022;24(1):601-626.
<https://doi.org/10.1177/10996362211023529>.
10. Khayrnasov K. Reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials. *IOP conference series: Materials science and engineering*. 2021;1030(1):34-45. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1030/1/012070>.
11. Kvasnikov AA. Method for analysis the interaction of concrete and reinforcement of reinforced concrete structures in the ABAQUS. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii = Structural mechanics and analysis of constructions*. 2019;1(282):65-70. (In Russ.).

12. Kokovtseva AV, Semenov AS, Semenov SG. Modelirovanie protsessa vydergivaniya stekloplastikovo armatury iz betonno bloka. *XIII nedelya nauki SPBGPU: sb. trudov konf. s mezhdunar. uchastiem* (Saint Petersburg, 02-07 December 2013). Saint Petersburg, 2013. p. 182-184. (In Russ.).
13. Eryshev VA, Bondarenko AS, Tsarev VS. Effect of deformation on the shrinkage of concrete reinforced concrete structures. *Vektor nauki TGU*. 2011;4:52-55. (In Russ.).
14. Gizdatullin AR, Khusainov RR, Khozin VG, Krasnikova NM. Strength and deformability of concrete structures reinforced with fibre-reinforced polymer bars. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal = Magazine of Civil Engineering*. 2016;2(62):32-34. (In Russ.).
<https://doi.org/10.5862/MCE.62.4>.

Информация об авторах**А. В. Ластовка,**

кандидат технических наук,
доцент кафедры строительных конструкций
и управляемых систем,
Сибирский федеральный университет,
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79,
Россия,
e-mail: last_pro@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0751-1631>

А. В. Иванова,

мастер,
СК «Авангард»,
660012, г. Красноярск, ул. Карамзина, 28А,
Россия;
магистрант,
Сибирский федеральный университет,
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79,
Россия,
e-mail: ivanovanastya17101998@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3995-0671>

Вклад авторов

Авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Иванова А. В. несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the author**Anatoly V. Lastovka,**

Cand. Sci. (Eng.),
Associate Professor of the Department
of Building Structures and Controlled Systems,
Siberian Federal University,
79 Svobodny Ave., Krasnoyarsk, 660041,
Russia,
e-mail: last_pro@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0751-1631>

Anastasia V. Ivanova,

Master,
"SK" Avangard,
28A, Karamzina St., Krasnoyarsk, 660012,
Russia;
undergraduate,
Siberian Federal University,
79 Svobodny Ave., Krasnoyarsk, 660041,
Russia,
e-mail: ivanovanastya17101998@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3995-0671>

Contribution of the author

The authors contributed equally to this article. Ivanova A. V. bears the responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Статья поступила в редакцию 07.04.2022.
Одобрена после рецензирования 04.05.2022.
Принята к публикации 05.05.2022.

The article was submitted 07.04.2022.
Approved after reviewing 04.05.2022.
Accepted for publication 05.05.2022.



Особенности построения графа автомобильных дорог для большегрузного транспорта

© Владимир Иванович Мартьянов

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия,
martvliv@mail.ru

Аннотация. Цель – перестройка графа (трассы) автомобильной дороги для улучшения эксплуатационных качеств участков автомобильной дороги, приведения к нормативным требованиям для большегрузного транспорта, перестройки аварийноопасных участков без проведения дорогостоящих геодезических обследований, но на основании результатов современных систем сбора данных по объектам дорожного хозяйства. В статье разработаны методы построения цифровой предварительной траектории автотрассы с использованием баз данных, основанных на отношениях, и алгоритмы, реализующие такие подходы по данным видеопаспортизации. Результатом является построение проекта эскизного графа автомобильной дороги, удовлетворяющего действующим нормативным документам, включая учет уровня удерживающей способности ограждений для большегрузного транспорта. В качестве основного вывода можно отметить, что если цифровая экономика РФ будет иметь отраслевые и региональные базы данных автомобильного хозяйства, пополняемые результатами современных систем сбора данных по объектам, то будет возможным решение задач предварительного построения графа автомобильных дорог для большегрузного транспорта без проведения дорогостоящих геодезических обследований.

Ключевые слова: построение цифровой модели трассы автомобильной дороги, база данных, схематический план, вычислительная геометрия, логическое программирование, распознавание ситуаций, аппроксимация ломанными

Для цитирования: Мартьянов В. И. Особенности построения графа автомобильных дорог для большегрузного транспорта // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 2. С. 182–189. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-182-189>.

Original article

Constructing alignment charts of heavy transport highways

Vladimir I. Martyanov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia, martvliv@mail.ru

Abstract. The study is aimed at improving highway alignment charts in order to improve the operating characteristics of highway sections, adapt them to regulatory requirements for heavy transport and reconstruct accident-prone sections based on information produced by state-of-the-art data collection systems for road objects without costly geodetic surveys. The article presents methods for constructing a digital preliminary trajectory of a highway using relationship databases and algorithms that implement these approaches according to data from video certification. As a result, a preliminary highway alignment chart that meets current regulatory documents is developed, including the impact severity of fences for heavy transport. It is noted that the problems of constructing preliminary alignment charts of highways for heavy transport in Russia could be solved without conducting costly geodetic surveys, but relying on digital trade and regional databases of road facilities, which are permanently updated by state-of-the-art data collection systems for road objects.

Keywords: construction of a digital model of a highway route, database, schematic plan, computational geometry, logical programming, situation recognition, polyline approximation

For citation: Martyanov V. I. Constructing alignment charts of heavy transport highways. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2022;12(2):182-189. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-182-189>.

Введение

Схематический план автодороги [1] является 3D-линией, составленной из следующих элементов: отрезков прямой, переходных кривых (клотоид), отрезков окружностей, удовлетворяющих ограничениям нормативных документов на геометрические параметры СП 34.13330.2021.

В данном исследовании изучаются вопросы генерации трассы автодороги на цифровой топооснове как NP-трудной задачи [2–7], при этом предполагается, что имеются минимальный шаг (длина элемента) и минимальный угол поворота следующего элемента в горизонтальной и вертикальной плоскостях (организация перебора при построении схематического плана автодороги из точки X в точку Y).

Считаем, что поверхность задана значениями высот на нерегулярной сетке. Следует отметить, что такое задание поверхности делает невозможным применение методов традиционной математики (отсутствует плоскость и трасса на ней) и не работают основные градиентные методы.

Настоящая статья использует подходы, предложенные в работах [8–11], но ограничения на генерируемый схематический план значительно сложнее из-за учета для частей автомобильной дороги условий рельефа местности, где будут установлены удерживающие ограждения, которые должны удовлетворять нормативным требованиям.

Методы

Общая схема построения модели эскизной трассы

Необходимо построить множество элементов $T = \{(T_j, T_{j+1}) | j = 0, k + 1\}$, где T_j – элемент цифровой модели; k – мощность множества T , с возможным отклонением не более e_{approx} и генерацией хранилища элементов T .

Элементы множества T в дальнейшем будем называть объектами, которые способны записать фрагменты трехмерной линии W с координатами $M = \{(x_j, y_j)\}$ трассы, где $j = 0, k + 1$.

Проект базы данных: организация и технические решения

База данных организуется для мониторинга и выработки рекомендаций для автодорожной отрасли региона [3, 8–11]. Для этого необходимо, чтобы программное обеспечение имело точные данные о характеристиках объектов из тех или иных хранилищ данных. Так как разные хранилища информации предоставляют различные данные по дорогам, то имеет место вопрос организации информации в БД в наиболее полной, просто обобщаемой форме. Обычно данные об автодорогах организованы таблицами, которые представлены нижеприведенным способом (табл. 1): строки содержат данные по объекту, а ячейки – атрибутивные характеристики объекта.

Как видно из табл. 2, любым значениям иерархического классификатора данных (ИКД) соответствует единственная строка. Непротиворечивость данных поддерживается программными модулями комплекса.

Ревизии данных объектов приведены в табл. 3, 4. Такая организация данных позволяет формировать изменение данных по частям автодорог, что представлено в табл. 5.

Таблица 1. Представление атрибутики данных

Table 1. Data Attribute Representation

Идентификатор	Атрибут 1	Атрибут 2	Атрибут 3
01011	122	31.01.2022	Объяснение строки 1
01022	155	01.11.2022	Объяснение строки 2

Таблица 2. Представление атрибутики по значениям

Table 2. Representation of attributes by values

ИИО	ИКД	ЗНАЧ		
01011	01010011	122		
01011	01010022		01.11.2022	
01011	01010032			Комментарий к строке 1
01021	01010012	155		

Примечания:

Идентификатор иерархического объекта (ИИО) – ОИИ – Object Hierarchy Identification.

Классификатор иерархический данных (ИКД) – ДИИ – Data Hierarchy Classification.

Значение (ЗНАЧ) – ВАЛ – Value.

Результаты и их обсуждение

Использование соответствующих изменений значений полезно, так как позволяет применять готовые, типичные способы организации объектов, порожденных стандартными представлениями.

Перечислим главные части хранилища, определяющие компьютерную траекторию автодороги:

1. Классификаторы объектов.
2. Идентификаторы частей, составляющих траекторию.
3. Характеристики фрагментов в древовидной форме.

4. Последовательность сегментов.

Данная структура дает возможность организовывать компьютерную траекторию автодороги с произвольным множеством частей.

Покажем это для части траектории.

Табл. 6 используется при внесении изменений в нормативы по календарным датам, в табл. 7 используется: размер участка, угол входа; угол выхода из кривой, диаметр на входе. Условия на удерживающие ограждения, которые должны удовлетворять нормативным требованиям, будем задавать в табл. 8.

Таблица 3. Ревизии объектов

Table 3. Object revisions

Идентификатор	Ревизия	Дата 1	Дата 2
01011	1	01.01.2012	Null
01021	1	01.12.2013	01.11.2016
01022	2	01.30.2018	Null

Таблица 4. Ревизии свойств объектов

Table 4. Object property revisions

Идентификатор	Свойство	Ревизия 1	Ревизия 2	ЗНАЧ
0101	0101001	1	0	10
0102	0101001	1	2	11
0102	0101001	2	0	12

Таблица 5. Ревизии участков дорог

Table 5. Revisions of road sections

№ участка	№ дороги	№ данных	Начало	Конец	Ссылка	Значение	Ревизия	№ оператора	Дата ревизии
9	510	7	0	90	457	102	1	3	21.03.2021

Таблица 6. Атрибутика

Table 6. Paraphernalia

HOI	HDC	Дата	Значение
00	1101	01.01.0000	230.768
11	1102	01.02.0000	286.009
22	1103	01.03.0000	19.000
33	1104	01.06.0000	315.000

Таблица 7. Классификация

Table 7. Classification

HDC	ТИТУЛ
1101	Length1
1102	Ang3
1103	Ang4
1104	Radius2

Степени укрепляющей возможности ограждений устанавливаются по уровню строения рельефа придорожной местности для частей автодороги в соответствии с п. 2.1, для искусственных сооружений (ИССО) авто-

трассы – по 2.1.6, для дорожной сети и ИССО в городе – по 2.4 (СП 34.13330.2021.). Минимум степени укрепляющей возможности ограждений, используемых на автодороге, устанавливаются по табл. 9.

Таблица 8. Степени возможности удержания

Table 8. Degrees of retention capability

Степени возможности удержания	УУ1	УУ2	УУ3	УУ4	УУ5	УУ6	УУ7	УУ8	УУ9	УУ10
Возможность удержания, кДж, не менее	100	170	200	250	300	350	400	450	500	550

Таблица 9. Степени возможности удержания для оград на автотрассе

Table 9. Degrees of retention capability for highway fences

Отрезок автотрассы	Наклон автотрассы, вдоль+	Группа дорожных условий	Класс автотрассы и количество потоков					
			1		2	3	4	5
			6	4	2–3	2		1
1. Края линейных частей автотрассы и с кусками окружности радиуса не менее 550 м	До 35	АА	УУ5	УУ4	УУ3			УУ2
		ВВ	УУ4	УУ3	УУ2			УУ1
2. Края с внутренней части автотрассы и с кусками окружности радиуса не более 550 м вниз и после спуска размером 150 м	45 и более	АА	УУ6	УУ5	УУ4	УУ3		УУ2
		ВВ	УУ5	УУ4	УУ3	УУ2		УУ1
3. Края с внешней части автотрассы и с кусками окружности радиуса не более 550 м вниз и после спуска размером 150 м	До 45	АА	УУ6	УУ5	УУ4	УУ3		УУ2
		ВВ	УУ5	УУ4	УУ3	УУ2		УУ1
4. Края с внешней части автотрассы и с кусками окружности радиуса не более 550 м вниз и после спуска размером 150 м	50 и более	АА	УУ7	УУ6	УУ5	УУ4	УУ3	
		ВВ	УУ6	УУ5	УУ4	УУ3	УУ2	
5. Края на не выпуклой окружности в линейном участке, соединяющем части с числом математической разности связанных уклонов 60+ и более	–	АА	УУ6	УУ5	УУ4	УУ3		УУ2
		ВВ	УУ5	УУ4	УУ3	УУ2		УУ1
6. Полоса раздела	–	АА	УУ6	УУ5	–			
		ВВ	УУ5	УУ4	–			

Далее в формулах алгоритма обработки данных будут использоваться следующие параметры:

- (АА1): обочина высотой не менее 4 м;
- (АА2): оказавшиеся на наклонной местности круче 2:8;
- (АА3): расположенные около болот, ж/д путей, речек или озер глубиной не менее 1,1 м, расщелин, оказавшихся на дистанции не более 20 м от обочины автотрассы;
- (АА4): с полосой раздела размером 5 м и меньше с односторонним поперек наклоном более 1,5:10;
- (АА5): большие преграды находятся на полосе раздела или с края от обочины автотрассы на дистанции не более 4,5 м от ее края;

– (ВВ1): с полосой раздела размером менее 7 м без больших преград;

– (ВВ2): расположенные около болот, ж/д путей, речек или озер глубиной не менее 1,1 м, расщелин, оказавшиеся на дистанции не более 15–25 м от обочины автотрассы;

– (ВВ3): подходы к ИССО при размере обочины, равном или превышающем указанные в табл. 6, на автотрассах класса 4 и 5, 2 и 3, 1 длиной 11, 17 и 25 м соответственно, без учета концевых и начальных отрезков;

– (ВВ4): на обочины с наклоном не менее 1,5:4 по указаниям табл. 10.

Алгоритм обработки данных задается в табл. 11.

Таблица 10. Части автотрассы группы BB на склонах
Table 10. Parts of the motorway of group BB on the slopes

Части автотрассы группы BB	Наклон автотрассы, ++	Вертикаль обочины, не более, м, при плановом* количестве авт./сут более	
		110**	1500
Линейные участки и с поворотами радиусом не менее 650 м. С части внутреннего поворота участка в плане радиусом менее 550 м на уклоне и далее на отрезке размером 150 м	До 45	5,0 (CC1)	4,0
Линейные участки и с поворотами радиусом не менее 650 м. С части внутреннего поворота участка в плане радиусом менее 550 м на уклоне и далее на отрезке размером 110 м	45 и более	4,5 (CC2)	3,5
С выпуклой стороны поворота в плане радиусом менее 650 м на уклоне и далее на отрезке размером 150 м	До 45		
С части внутреннего поворота участка в линейном участке, связующего компоненты с величиной математической разности связанных частей, более 55++	–	4,0 (CC3)	3,0
С внешнего поворота отрезка с радиусом не более 650 м на уклоне и далее на отрезке размером 110 м	45 и более		

* На пятилетний период.

** В случае постоянного пассажирского потока ограждения делают соответственно правилам при потоке 1500 авт./сут и более.

Таблица 11. Условия определения ограждений
Table 11. Conditions for defining barriers

Продольный уклон	$i_{np} < 40\%$	$i_{np} > 40\%$	$i_{np} < 40\%$	$i_{np} > 40\%$	$i_{np} > 50\%$	–
Радиус круга	$R_{кр} > 600\text{м}$	$R_{кр in} < 600\text{м}$	$R_{кр} < 600\text{м}$	$R_{кр out} > 600\text{м}$	–	
Номер строки табл. 9	1	2	3	4	5	6
Типы обочин, полос разделения, геометрических параметров участка автодороги	AA1 +*	AA1	AA1	AA1	AA1	AA1
	AA2 +	AA2	AA2	AA2	AA2	AA2
	AA3 +	AA3 +	AA3	AA3	AA3	AA3
	AA4	AA4 +	AA4 +	AA4	AA4	AA4
	AA5	AA5 +	AA5 +	AA5 +	AA5	AA5
	BB1	BB1 +	BB1 +	BB1 +	BB1	BB1
	BB2	BB2	BB2 +	BB2 +	BB2 +	BB2
	BB3 +	BB3	BB3 +	BB3 +	BB3 +	BB3 +
	BB4 + CC1	BB4 CC2	BB4 CC2	BB4 CC2	BB4 + CC2	BB4 + CC3

* + – ограждение определено.

Формулы

Определим основные формулы, используемые для решения задач.

1. Прямая на плоскости в параллельных координатах представима в виде $Ax + By + c = 0$. Если $A = 0, (B = 0)$, то линия идет вдоль оси x (оси y).

Когда $C = 0$, то линия пересекает начало координатной сетки. Когда $B \neq 0$, то равенство $Ax + By + C = 0$ можно записать в виде $y = kx + b$. Прямая пересекает ось y в точке $P = (0, b)$. В декартовой системе координат k – угловой коэффициент прямой: $k = \tan \alpha$ (α – угол

между осью α и прямой). Далее зададим формулу отрезка, проходящего через пару заданных точек:

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}. \quad (1)$$

2. Круговая кривая на плоскости с центром в начале координат и радиусом R представима в виде: $x^2 + y^2 = R^2$. Уравнение круговой кривой с центром в точке $C = (x_0; y_0)$ и радиусом R :

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R^2.$$

В параметрической форме:

$$x = x_0 + R \cos t, \quad y = y_0 + R \sin t, \quad (2)$$

где t – угол, образованный подвижным радиусом с положительным направлением оси Ox .

3. Чаще всего в качестве переходной кривой используют клотоиду, радиус кривизны которой обратно пропорционален длине пройденной дуги S , т.е.:

$$\rho = RL/S,$$

где L – величина отрезка; R – диаметр круга в конечной кривой.

Соответственно, формула отрезка в декартовой системе координат будет следующей:

$$\begin{aligned} xx &= ll - \frac{ll^5}{30C^2} + \frac{ll^9}{2456C^4}; \\ yy &= \frac{ll^3}{7C} - \frac{ll^7}{236C^3} + \frac{ll^{11}}{32240C^5}, \end{aligned} \quad (3)$$

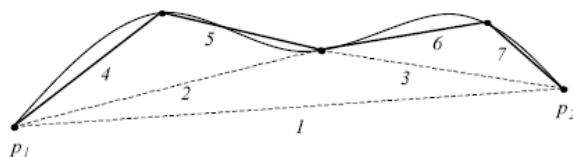
где $CC = RRL$; l – величина части линии, представленной точками xx и yy .

Отметим:

1. Рассмотренные выше отрезки имеют ряд свойств, а именно: угол φ (в рад), создаваемый диаметр отрезком в точке ее соприкосновения с отрезком окружности имеет длину LL и диаметр RR :

$$v = LL/2RR = LL^2/2C.$$

2. Применение рассмотренных выше отрезков определяет сдвиг начального отрезка в сторону с увеличением его протяженности. Необходимо принимать в расчет при формировании диаметров составных частей линии, что для обеспечения необходимой величины диаметра RR траекторию необходимо разделить с диаметром $RR_1 = RR + pp$, где pp – сдвиг части круга.



Построение ломаной (7, 6, 5, 4 – итоговые отрезки)
 Building a polyline (7, 6, 5, 4 – final segments)

Таким образом, строится ломаная линия $\{P_1, \dots, P_{k+1}\}$, используемая далее для построения отрезков траектории.

В дальнейшем траектория LL представляется в форме:

$$LL = (PP_1, QQ_1, PP_2, QQ_2, \dots, QQ_{k+1}, PP_{k+1}),$$

где QQ_j – значение отклонения, а PP_j – часть ломаной. Элемент QQ_j следует определить по нижеприведенной форме:

$$QQ_j = (PPe_{1,j}, CC_{2,j}, PPe_{3,j}),$$

где $PPe_{1,j}$ и $PPe_{3,j}$ – переходные части траектории, $CC_{2,j}$ – круговые части траектории.

Шаг 2. Построение узлов подобия. Нахождение секторов окружностей. Рекурсия построения

Диаметр $RR_1 = RR \cos \beta + yy_0$, где yy_0 – значение части линии в точке соприкосновения с другой частью траектории; $\beta = LL/2R$, радиан. Таким образом, сдвиг $pp = RR_1 - RR = yy_0 - RR(1 - \cos \beta)$.

Формирование решения данной проблемы состоит в организации пошагового построения траектории. Коротко сформулируем основные шаги построения.

Шаг 1. Настройка обводов и построение отрезков

Построение конструкции начинается настройкой обводов и построением отрезков UU с точностью $e\alpha_{approx}$ [11–14]. Затем на примыкающих отрезках надо выполнить соединение отрезков под углом не менее $\alpha\alpha_\tau$ (СП 44.14430.2021).

Построение начинаем с присоединения к основной линии отрезков, производя повторное дробление, пока отклонение на любых отрезках не будет менее $e\alpha_{approx}$:

- Начать приближение с отрезка 1 (рисунок): $[p_1, p_2]$.
- При выполнении $err_{approx}^{edge} > \varepsilon_{approx}$ разделить отрезок на две части и продолжить такое построение с полученными отрезками.
- Продолжать далее до получения необходимого построения.
- При наклоне между связанными отрезками менее α_τ соединять в один отрезок.
- По рекурсии повторять предыдущий шаг до ликвидации связанных отрезков с наклоном менее α_τ .

Будем применять последовательные приближения для нахождения всех частей отклонений с разностью не более $e_{r, элем}$, последовательно проверив допустимые связи элементов.

Построение узлов подобия:

- Построить узел подобия для элементов $\{PP_1, PP_2\}$.
- Построить узел подобия SS_1 для отклонения QQ_1 (точка отклонения элемента PP_1 , а остановка отклонения конца PP_2 на траектории UU). Узел подобия отклонения QQ_1 – точка, созданная общей точкой пары касательных элемента QQ_1 .
- Потом ищем пункт $rk1$ на элементе QQ_1 , имеющий минимальный разрыв hh_j от узла подобия SS_1 до отклонения QQ_1 .

Нахождение секторов окружностей:

• Построим сектор окружности $CC_{2,1}$. Выберем на элементе QQ_1 два пункта $rr2$ и $rr3$, отстоящие на дистанцию dd от пункта $rr1$ и определим для данных пунктов диаметр окружности QQ_1 (применяем соотношения 1 и 2).

• Определим усредненный диаметр $RR1$ и центральный пункт $qq1$ полученного круга. Для того, чтобы найти начало и конец круговой кривой $C_{2,1}$, построим круг диаметром $RR1$ и с пунктом центра $qq1$, и потом определим равные элементы Q_1 с параметрами получившегося круга. Крайние точки элемента траектории будут получены. Отметим также, что при ненахождении отрезка прямой для соединения двух однонаправленных элементов траектории надо сделать mm вычислений диаметров на элементах Q_j и в случае повторения уменьшения диаметра разделить элемент QQ_j надвое на участке повторений.

Построение элементов $PPe_{3,j}$: на основе $RR1$, пунктов краев элементов $C_{2,1}$ и пунктов краев элемента Q_1 найдем переходные элементы траектории $PPe_{1,1}$ и $PPe_{3,1}$ (применяем тождество 3).

Рекурсия построения:

• Определяем первые два элемента $\{PP_1, PP_3\}$ и проходим второй шаг снова, если существует центральный пункт для двух элементов

$\{PP_1, PP_3\}$, что можно представить множеством $QQ_1 = (PPe_{1,1}, CC_{2,1}, PPe_{3,1})$, то проводим данное действие до получения двух элементов $\{PP_1, PP_t\}$, которые не будут соответствовать множеству QQ_j . Тогда построена двойка элементов $\{PP_1, PP_{t-1}\}$, которая удовлетворяет условиям множества $QQ_1 = (PPe_{1,1}, CC_{2,1}, PPe_{3,1})$. Причем PP_0 и PP_t являются отрезками прямых, соединенными найденным элементом QQ_1 .

• Дальнейшее построение делать для элементов $\{PP_{t+1}, PP_{t+2}\}$ и дальше до полного построения всех частей траектории.

Заключение

Основные результаты работы состоят в усилении возможностей построения цифровой модели трассы автомобильной дороги методами, предложенными в статьях [8–11], по следующим позициям:

1. Расширение ограничений по геометрическим параметрам трассы для учета нормативных требований к прочности ограждений. Причем оценки сложности проверки выполнимости ограничений для геометрических параметров трассы остаются практически без изменений.

2. Расширение способов представления элементов трассы в реляционных СУБД для построения цифровой модели трассы автомобильной дороги по данным современных систем сбора информации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Kincaid P. The Rule of the Road: An International Guide to History and Practice. Greenwood Press, 1986. 239 p.
2. Разборов А. А. Алгебраическая сложность. М.: МЦНМО, 2016. 32 с.
3. Мартыанов В. И. NP-трудные задачи: автоматическое доказательство теорем и машины Тьюринга // Baikal Research Journal. 2021. Т. 12. № 4. С. 11. [https://doi.org/10.17150/2411-6262.2021.12\(4\).11](https://doi.org/10.17150/2411-6262.2021.12(4).11).
4. Схрейвер А. Теория линейного и целочисленного программирования. Т. 1. М.: Мир, 1991. 360 с.
5. Ху Т. Целочисленное программирование и потоки в сетях. М.: Мир, 1974. 520 с.
6. Габасов Р. С., Кириллова Ф. М. Основы динамического программирования. Минск: Изд-во БГУ, 1975. 262 с.
7. Макконнелл С. Совершенный код: практическое руководство по разработке программного обеспечения. 2-е изд. СПб.: Питер, 2010. 889 с.
8. Мартыанов В. И., Симонов А. С. Анализ и проектирование трассы автомобильной дороги // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2008. № 4 (20). С. 16–23.

9. Кулик Н. С., Мартыанов В. И., Пахомов Д. В. Построение графа автомобильных дорог для системы взимания платы с большегрузного транспорта // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2016. № 4. С. 96–101. <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2016-4-96-101>.
10. Кулик Н. С., Мартыанов В. И., Пахомов Д. В. Проект системы управления региональной сетью автомобильных дорог (СУРАД) Иркутской области // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 4. С. 118–123.
11. Garland M., Heckbert P. S. Fast polygonal approximation of terrains and height fields. Pittsburgh, 1995. 37 p.
12. De Coughny H. L., Shephard M. S. Surface meshing using vertex insertion // In Proceedings of the 5th International Meshing Roundtable. 1996. p. 243–256.
13. Dey T. K., Goswami S. Provable surface reconstruction from noisy samples // Computational Geometry. 2006. Vol. 35. Iss. 1–2. p. 124–141. <https://doi.org/10.1016/j.comgeo.2005.10.006>.
14. Klein R., Straber W. Mesh generation from boundary models with parametric face representation // Third Symposium on Solid Modeling and Applications. 1995. p. 431–440.

REFERENCES

1. Kincaid P. The Rule of the Road: An International Guide to History and Practice. Greenwood Press, 1986. 239 p.
2. Razborov AA. Algebraic complexity. Moscow: MTsNMO; 2016. 32 p. (In Russ.).
3. Mart'yanov V. I. NP-difficult tasks: automatic proof of theorems and Turing's machine. Baikal Research Journal. 2021;12(4):11. (In Russ.). [https://doi.org/10.17150/2411-6262.2021.12\(4\).11](https://doi.org/10.17150/2411-6262.2021.12(4).11).
4. Schrijver A. Theory of Linear and Integer Programming. Vo. 1. Moscow: Mir; 1991. 360 p. (In Russ.).
5. Hu T. Integer Programming and Network Flows. Moscow: Mir; 1974. 520 p. (In Russ.).
6. Gabasov RS, Kirillova FM. Fundamentals of Dynamic Programming. Minsk: BSU; 1975. 262 p. (In Russ.).
7. McConnell S. Code Complete: A Practical Handbook of Software Construction. 2nd ed. Saint Petersburg: Piter; 2010. 889 p. (In Russ.).
8. Mart'yanov VI, Simonov AS. Analysis and design of the highway route. *Sovremennye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovanie*. 2008;4(20):16-23. (In Russ.).
9. Kulik NS, Mart'yanov VI, Pakhomov DV. Building a motorway graph for the heavy trucks tolling system. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Proceedings of Irkutsk State Technical University*. 2016;4:96-101. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2016-4-96-101>.
10. Kulik NS, Mart'yanov VI, Pakhomov DV. Project of the system to control irkutsk regional automobile road network. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2014;4:118-123. (In Russ.).
11. Garland M, Heckbert PS. Fast polygonal approximation of terrains and height fields. Pittsburgh, 1995. 37 p.
12. De Cougny HL, Shephard MS. Surface meshing using vertex insertion. In *Proceedings of the 5th International Meshing Roundtable*. 1996. p. 243-256.
13. Dey TK, Goswami S. Provable surface reconstruction from noisy samples. *Computational Geometry*. 2006;35(1-2):124-141. <https://doi.org/10.1016/j.comgeo.2005.10.006>.
14. Klein R, Straber W. Mesh generation from boundary models with parametric face representation. *Third Symposium on Solid Modeling and Applications*. 1995. p. 431-440.

Информация об авторе

В. И. Мартьянов,

доктор физико-математических наук,
профессор кафедры автомобильных дорог,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: martvliv@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2659-0355>

Information about the author

Vladimir I. Martyanov,

Dr. Sci. (Phys. - Math.),
Professor of the Department of Highways,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: martvliv@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2659-0355>

Вклад автора

Мартьянов В. И. провел исследование, подготовил рукопись к печати и несет ответственность за плагиат.

Contribution of the author

Martyanov V. I. has conducted the study, prepared the manuscript for publication and bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 15.03.2022.
Одобрена после рецензирования 12.04.2022.
Принята к публикации 14.04.2022.

Conflict of interests

The author declares no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by the author.

The article was submitted 15.03.2022.
Approved after reviewing 12.04.2022.
Accepted for publication 14.04.2022.

**К вопросу организации процессов 4D-моделирования и управления ими в строительстве****Мария Витальевна Матвеева¹, Акилоу Адемола Адигун Адегбола²**¹Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия²DYJESCK-S, г. Котону, Республика БенинАвтор, ответственный за переписку: Матвеева Мария Витальевна, expertiza@istu.edu

Аннотация. Цель – определение перспектив интегрированной автоматизации управления этапами жизненного цикла строительства и календарного планирования в строительстве на основе применения 4D-моделирования. Методика исследования базировалась на изучении и оценке концепции 4D-моделирования, применяемой в отечественной и зарубежной практике на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства, которая направлена на визуализацию последовательности выполнения строительных задач. В настоящее время преобладающая часть застройщиков не выполняют установленные сроки строительства и задерживают или переносят сроки ввода объекта в эксплуатацию, что вызвано использованием традиционных средств планирования. Сегодня строительная отрасль находится на стадии перехода от 2D-документации и поэтапных процессов формирования цифровой модели к интегрированному плану-графику, основанному на концепции 4D-моделирования. С переходом на Индустрию 4.0 внедрение 4D-моделирования в BIM-модель произведет революцию в строительной отрасли, благодаря интеграции данных 3D-моделей с дополнительными измерениями планирования и оценкой стоимости. В статье доказано, что применение 4D-моделирования в строительстве направлено на повышение эффективности рабочих процессов, которые когда-то были сопряжены с большим риском и неэффективностью на этапе строительства. В настоящее время метод 4D-визуализации находится на ранней стадии внедрения, поскольку существует ряд барьеров и проблем, в том числе связанных с переоценкой стоимости внедрения, поиском компетентного персонала, отсутствием интегрированных моделей. Вместе с тем применение 4D-моделей является необходимым и неизбежным переходом на новый этап цифровой зрелости строительной отрасли, обеспечивающим субъектам строительного процесса визуализацию запланированных этапов строительства, оптимизацию коммуникаций внутри каждого этапа и наиболее точное планирование ресурсов.

Ключевые слова: технологии информационного моделирования, цифровизация, 4D-моделирование, жизненный цикл здания, объект капитального строительства

Для цитирования: Матвеева М. В., Адегбола А. А. К вопросу организации процессов 4D-моделирования и управления ими в строительстве // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 2. С. 190–195. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-190-195>.

Original article**Organization and management of 4D-modelling processes in construction****Maria V. Matveeva¹, Akilow A. A. Adegbola²**¹Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia²DYJESCK-S, Cotonou, Republic of BeninCorresponding author: Maria V. Matveeva, expertiza@istu.edu

Abstract. The study aims to determine the prospects of integrated automation in the management of construction stages and scheduling on the basis of the 4D-modelling concept, which is applied in domestic and foreign practice of capital construction for visualizing the sequence of construction stages. Due to the use of conventional planning tools, the majority of developers fail to meet the established construction deadlines. At present, the construction industry is at the stage of transition from 2D documentation and step-by-step processes of forming a digital model to an integrated schedule based

on the concept of 4D-modelling. Within the framework of transitioning to Industry 4.0, the introduction of 4D-modelling in the BIM model will revolutionize the construction industry by integrating these 3D models with additional planning dimensions and cost estimations. The application of 4D-modelling is shown to improve the efficiency of work processes, which were previously associated with a great risk and inefficiency of construction stages. Currently, the application of the 4D-visualization method is at its nascent stage due to a number of barriers and problems, including those related to the reassessment of implementation costs, a search for competent personnel, as well as a lack of integrated models. At the same time, the application of 4D models appears to be a necessary and inevitable transition to a new stage of digital maturity of the construction industry, which allows the subjects of the construction process to effectively visualize construction stages, accurately plan the required resources and optimize communications within each stage.

Keywords: information modeling technologies, digitalization, 4D modeling, building life cycle, capital construction object

For citation: Matveeva M. V., Adegbola A. A. A. Organization and management of 4D-modelling processes in construction. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate.* 2022;12(2):190-195. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-190-195>.

Введение

Системы автоматизированного проектирования появляются и начинают свое развитие в XX веке и в целом представляют собой набор технических, программных и других инструментов, объединенных в организационно-техническую систему, направленную на автоматизацию процесса проектирования [1].

В многообразии классификаций систем автоматизированного проектирования можно выделить два фундаментальных вида, к которым относится информационное моделирование зданий, или информация о зданиях (BIM), и автоматизированное проектирование (CAD). Несмотря на то, что перечисленные технологии появились одновременно, многие ученые и практики рассматривают технологию CAD как одну из составных частей BIM-технологии. Использование последней позволяет обеспечить сквозную автоматизацию проектирования, строительства и эксплуатации объектов.

3D-моделирование, являющееся основой BIM-технологий, занимает важную позицию в технологическом процессе проектирования, при этом девелоперы находятся в поиске решений для более качественного и продуктивного, как в экономическом, так и в технологическом аспекте, использования 3D-модели

BIM на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства¹.

Широкое распространение в практике зарубежных компаний получила концепция 4D-моделирования рабочих процессов. Суть концепции заключается в добавлении к 3D-модели измерения времени, которое позволяет проектным командам анализировать последовательность событий на временной шкале и визуализировать выполнение строительных задач [2]. Концепция информационного моделирования зданий уже долгое время используется в строительной отрасли, однако для сектора тайм-менеджмента это относительно новое понятие, что обуславливает актуальность статьи.

Методы

Актуальность рассмотрения процессов организации 4D-моделирования и управления им в строительстве предопределила важность изучения научных работ российских и зарубежных ученых, имеющих теоретические и практические наработки в рассматриваемой предметной области. Тематике развития технологий информационного моделирования в строительной отрасли посвящены научные работы таких ученых, как А. В. Бабкин, Х. М. Гумба, В. И. Талапов, Г. Ф. Токунова, Р. Эйш,

¹Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов, а также о внесении изменения в пункт 6 Положения о выполнении инженерных изысканий для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства: Постановление Правительства РФ от 15 сентября 2020 г. № 1431;
О стратегическом направлении в области цифровой трансформации строительной отрасли, городского и жилищно-коммунального хозяйства РФ до 2030 г.: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27.12.2021 г. № 3883-р.

П. Теиколс и др. [3–5]. Они внесли значительный вклад в теоретическую обоснованность и практическое применение BIM-технологий, в том числе 3D-моделей, в процессы жизненного цикла объекта капитального строительства. Но при этом остаются недостаточно изученными вопросы внедрения и интеграции 4D-моделирования в информационную модель здания.

Результаты и их обсуждение

Проектирование объектов капитального строительства является комплексным процессом, требующим обеспечения информационного обмена данными на всех этапах его жизненного цикла [6]. Информационное моделирование (BIM) является цифровым представлением функциональных и физических характеристик строительного проекта, которое рассматривается как потенциальное решение проблем, связанных с его реализацией.

Таким образом, BIM – это современная технология, которая используется на этапе не только проектирования, но и строительства, обеспечивая экономию времени и эффективность работы на протяжении всего жизненного цикла проекта.

Именно для создания 4D-модели BIM является мощным инструментом, позволяющим различным субъектам (проектировщикам, поставщикам, консультантам, подрядчикам и клиентам) проекта строительства визуализировать каждый структурный элемент любого объекта капитального строительства, независимо от его назначения, физических характеристик и сложности.

Этот метод основан на моделировании информации о строительстве (BIM), что является революционным инструментом, облегчающим рабочий процесс в отрасли проектирования, снабжения и строительства [7].

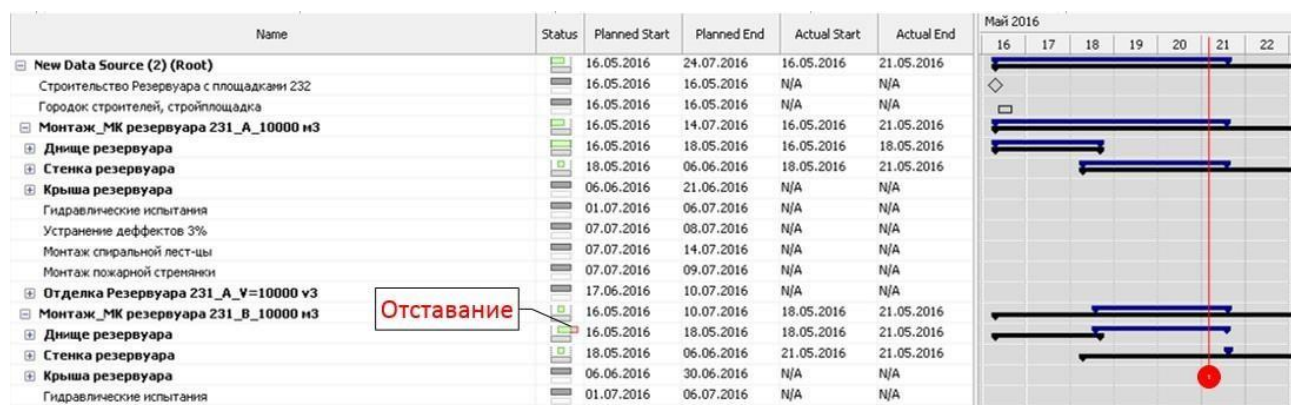
Четвертое измерение BIM уделяет особое внимание связям между 3D- и геометрическими моделями, принимая во внимание время планирования.

Визуализация приложения с использованием 4D-методов планирования в сочетании с другими методами выстраивает коммуникацию между субъектами проекта строительства и позволяет оптимизировать принятие решений на всем протяжении выполнения проекта.

Целью использования 4D-модели при планировании строительства является информатизация и визуализация процесса реализации, а также повышение качества выполнения работ на каждом этапе жизненного цикла [8].

Комбинируя 3D-модели с инструментами планирования в приложении для планирования и управления 4D-моделями, можно добиться следующих результатов:

1. Создание 4D-модели, основанной на планировании и оценке, что позволяет осуществлять планирование и рассчитывать рентабельность проекта, учитывая бюджет каждого этапа и календарный план-график (см. рисунок).
2. Построение своего рода эскиза для фактического строительства с использованием 4D-модели.
3. Выявление ошибок и коллизий, которые могут быть не замечены при обычном проектировании.
4. Запуск сценариев для оценки осуществимости выполнения и поиска наилучших решений реализации проекта.
5. Интеграция всех данных об объекте в одну базу данных.
6. При необходимости создание документов, требуемых для участия в тендере.



Пример календарного плана на основе использования концепции 4D-моделирования
Example of a schedule based on the use of the concept of 4D modeling

Преимущества 4D-моделирования можно обобщить по четырем направлениям:

- снижение внешних и внутренних рисков за счет выстраивания коммуникации внутри команды проекта;

- идентификация коллизий;
- повышение производительности;
- улучшение качества проекта.

Применение 4D-моделирования в строительстве направлено на повышение эффективности рабочих процессов, которые когда-то были сопряжены с большим риском и неэффективностью, в том числе на этапе строительства. Приведем некоторые примеры таких процессов:

1. *Планирование на основе 4D-модели.* 4D-модель позволяет проектировщикам и строителям визуализировать последовательность строительства, выявить ошибки в плане и оптимизировать календарный график строительства.

2. *Стоимостная оценка проекта.* 4D-модель включает в себя коды затрат и количественные расчеты, которые связаны с объектами. Это обеспечивает оптимизацию сметного расчета при изменении отдельных элементов в проекте [9, 10].

3. *Виртуальная реальность и отслеживание прогресса строительства.* В 4D-модели графическая часть оснащена мобильным и веб-приложением, что позволяет собирать необходимый модельный ряд (виртуальное представление) для этапов строительства.

Необходимо отметить, что изначально использование 4D-моделирования было направлено на выявление коллизий в проекте и последующее применение результатов теоретического исследования для оценки осуществимости системы и ее практического применения. Проведенное исследование функциональных возможностей использования 4D-моделирования на практике показало необходимость включения хронографического планирования на основании применения программы *VBA Excel*. Использование 4D-хронографического планирования позволяет учитывать линейность производства команд и рабочих процессов и изучать связи между видами деятельности, что упрощает автоматизацию процесса 4D-моделирования. Кроме того, использование семантического моделирования данных и анализ данных, используемых для проведения диагностики процессов, позволяет обеспечить гибкие и эффективные методы управления [11]. Для обеспечения временного контроля этапов жизненного цикла объекта капитального строи-

тельства целесообразно использовать интеграцию 4D-модели и кадровых фотографий. Визуализация необходима для создания автоматической системы мониторинга, что может быть достигнуто путем осуществления 4D-моделирования из изображений облака точек и реализации классификации изображений для обнаружения прогресса и запланированной модели из BIM [12]. Преимущества 4D-моделей подчеркивают важность и актуальность их использования в цифровых управленческих системах, включающих реорганизацию рабочих процессов и ролей проектной команды и обеспечивающих инструмент мониторинга на месте и анализ конструктивности хода строительства. Функциональные возможности 4D-модели можно проследить на таких этапах строительства, как планирование строительства (вид календарного плана-графика) и планирование участка (пространственно-временное зондирование). Необходимо сделать акцент на аспекте интеграции 4D-модели в BIM-проектирование. Для демонстрации способности обрабатывать изображения строительной площадки и интегрировать их с 4D-моделями в виртуальную среду предлагается использовать концептуальный архетип гибридной системы. Эта структура позволяет субъектам строительного процесса использовать расширенный инструмент поддержки принятия решений, эффективно обнаруживать несоответствия в проекте и иллюстрировать этапы планирования и реализации.

Заключение

В настоящее время девелоперы ставят перед собой масштабные задачи по оптимизации ряда организационно-технологических решений на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства. Решение такого рода задач возможно за счет интеграции 4D-моделирования в информационную модель, что улучшит процесс планирования и реализации строительства. Интеграция 3D-моделирования с 4D-моделированием позволит визуализировать последовательность строительства, обеспечивая координацию ресурсов, тем самым сокращая время, необходимое для принятия решений и координации работы проектной команды, что усиливает этапы планирования и реализации проекта капитального строительства. На основании этого быстрое развитие технологий в сочетании с высоким спросом на эффективное планирование времени и стоимости зданий делает 4D-моделирование одним из основополагающих и перспективных инструментов управления проектами строительства.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Суродеев А. В., Терешкин И. П. Основные аспекты внедрения BIM-технологий в России // XLVII Огарёвские чтения: мат-лы науч. конф. (Саранск, 06–13 декабря 2018 года). Саранск, 2019. С. 216–219.
2. Копцева Н. П. Возможности BIM (building information modeling)-технологий для инновационного развития // Цифровизация. 2021. Т. 2. № 2. С. 8–24. <https://doi.org/10.37993/2712-8733-2021-2-2-8-24>.
3. Babkin A., Mylnikova E., Chernovalova G., Belmas S., Nagibina N. Information-Infrastructure Mechanism for Managing Industrial Enterprise Self-Development in the Setting of Digitization // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 246. p. 762–770. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81619-3_85.
4. Гумба Х. М., Уварова С. С., Беляева С. В., Белянцева О. М. Формирование концепции системной конкурентоспособности строительства в цифровой экономике // Экономика и предпринимательство. 2021. № 1 (126). С. 716–720. <https://doi.org/10.34925/EIP.2021.126.01.138>.
5. Талапов В. Роль технического заказчика в организации процесса информационного моделирования // САПР и графика. 2019. № 11 (277). С. 4–12.
6. Пешков А. В., Матвеева М. В., Безруких О. А., Рогов Д. С. Обеспечение процессов контроля качества на всех этапах жизненного цикла объектов капитального строительства в рамках концепции «Строительство 4.0» // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 1 (40). С. 90–97. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-1-90-97>.
7. Aleksandrova E., Vinogradova V., Tokunova G. Integration of digital technologies in the field of construction in the Russian Federation // Engineering Management in Production and Services. 2019. Vol. 11. № 3. p. 38–47. <https://doi.org/10.2478/emj-2019-0019>.
8. Gledson B. J., Greenwood D. J. Surveying the extent and use of 4D BIM in the UK // Journal of Information Technology in Construction (ITcon). 2016. Vol. 21. p. 57–71.
9. Ильинова В. В., Мицевич В. Д. Международный опыт использования BIM-технологий в строительстве // Российский внешне-экономический вестник. 2021. № 6. С. 79–93. <https://doi.org/10.24412/2072-8042-2021-6-79-93>.
10. Кривошейцева Е. А., Корницкая М. Н. 4D моделирование зданий с использованием Autodesk Navisworks // Ползуновский альманах. 2022. № 1. С. 94–96.
11. Болотова А. С., Маршавина Я. И. Проблемы внедрения технологии информационного моделирования в России // Строительное производство. 2021. № 2. С. 70–80. https://doi.org/10.54950/26585340_2021_2_70.
12. Kassem M., Brogden T., Dawood N. BIM and 4D planning: a holistic study of the barriers and drivers to widespread adoption // Journal of Construction Engineering and Project Management. 2012. Vol. 2. Iss. 4. p. 1–10. <https://doi.org/10.6106/JCEPM.2012.2.4.001>.

REFERENCES

1. Surodeev AV, Tereshkin IP. The main aspects of the introduction of BIM-technologies in Russia. XLVII Ogarevskie chteniya: mat-ly nauch. konf. (Saransk, 06-13 December 2018). Saransk, 2019. p. 216-219. (In Russ.).
2. Koptseva NP. Possibilities of BIM (building information modeling) technologies for innovative development. Tsifrovizatsiya. 2021;2(2):8-24. <https://doi.org/10.37993/2712-8733-2021-2-2-8-24>. (In Russ.).
3. Babkin A, Mylnikova E, Chernovalova G, Belmas S, Nagibina N. Information-Infrastructure Mechanism for Managing Industrial Enterprise Self-Development in the Setting of Digitization. Lecture Notes in Networks and Systems. 2022;246:762-770. (In Russ.). https://doi.org/10.1007/978-3-030-81619-3_85.
4. Gumba KhM, Uvarova SS, Belyaeva SV, Belyantseva OM. Formation of the concept of systemic competitiveness of construction in the digital economy. Ekonomika i predprinimatel'stvo = Journal of Economy and entrepreneurship. 2021;1(126):716-720. <https://doi.org/10.34925/EIP.2021.126.01.138>. (In Russ.).
5. Talapov V. The role of the technical customer in organizing the process of information modeling. SAPR I grafika. 2019;11(277):4-12. (In Russ.).
6. Peshkov AV, Matveeva MV, Bezrukih OA, Rogov DS. Ensuring quality control processes at all stages of the life cycle of capital construction projects under the Construction 4.0 concept. Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate. 2022;12(1):90-97. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-1-90-97>.
7. Aleksandrova E, Vinogradova V, Tokunova G. Integration of digital technologies in the field of

construction in the Russian Federation. *Engineering Management in Production and Services*. 2019;1(3):38-47.
<https://doi.org/10.2478/emj-2019-0019>.

8. Gledson BJ, Greenwood DJ. Surveying the extent and use of 4D BIM in the UK. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*. 2016;21:57-71. (In Russ.).

9. Ilinova VV, Mitsevich VD. International experience of using BIM technologies in construction. *Rossiyskiy vneshneekonomicheskiiy vestnik = Russian Foreign Economic Journal*. 2021;6:79-93. (In Russ.).
<https://doi.org/10.24412/2072-8042-2021-6-79-93>.

10. Krivosheitseva EA, Kornitskaya MN. 4D modeling of buildings using Autodesk Navisworks. *Polzunovskiy al'manakh*. 2022;1:94-96. (In Russ.).

11. Bolotova AS, Marshavina JI. Problems of the implementation of BIM technologies in Russia. *Stroitel'noye proizvodstvo = Construction production*. 2021;2:70-80. (In Russ.).
https://doi.org/10.54950/26585340_2021_2_70.

12. Kassem M, Brogden T, Dawood N. BIM and 4D planning: a holistic study of the barriers and drivers to widespread adoption. *Journal of Construction Engineering and Project Management*. 2012;2(4):1-10.
<https://doi.org/10.6106/JCEPM.2012.2.4.001>.

Информация об авторах

М. В. Матвеева,

доктор экономических наук, профессор
кафедры экспертизы и управления
недвижимостью,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: expertiza@istu.edu
<https://orcid.org/0000-0002-9390-5444>

Акилоу Адемола Адигун Адегбола,

специалист,
DYJESCK-S,
444, г. Котону, 01 BP 721, Республика Бенин,
e-mail: akil.ad@yandex.ru

Information about the authors

Maria V. Matveeva,

Dr. Sci. (Econ.), Professor of the Department of
Expertise and Real Estate Management,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: expertiza@istu.edu
<https://orcid.org/0000-0002-9390-5444>

Akilow Ademola Adigun Adegbola,

Specialist,
DYJESCK-S,
01 BP 721, Cotonou, 444, Republic of Benin,
e-mail: akil.ad@yandex.ru

Вклад авторов

Матвеева М. В., Адегбола А. А. А. имеют рав-
ные авторские права. Матвеева М. В. несет от-
ветственность за плагиат.

Contribution of the authors

Matveeva M. V., Adegbola A. A. A. have equal
author's rights. Matveeva M. V. bears the re-
sponsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта ин-
тересов.

Все авторы прочитали и одобрили оконча-
тельный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 18.03.2022.
Одобрена после рецензирования 15.04.2022.
Принята к публикации 18.04.2022.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests re-
garding the publication of this article.

The final manuscript has been read and ap-
proved by all the co-authors.

The article was submitted 18.03.2022.
Approved after reviewing 15.04.2022.
Accepted for publication 18.04.2022.



Разработка организационно-технических решений на этапе капитального ремонта жизненного цикла объекта строительства с использованием возможностей его цифровой модели

© Виталий Владимирович Пешков, Иван Алексеевич Алексанин

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Пешков Виталий Владимирович, pvv@istu.edu

Аннотация. Цель – разработка организационно-технических решений на этапе капитального ремонта жизненного цикла объекта строительства на примере автомобильной дороги А-331 «Вилуй» Тулун – Братск – Усть-Кут – Мирный – Якутск с использованием возможностей его цифровой модели. Методика исследования базировалась на изучении и оценке концепции BIM-моделирования, применяемой в отечественной и зарубежной практике на этапе капитального ремонта жизненного цикла объекта строительства, в том числе с использованием ПО *Autodesk Revit* и систем автоматизированного управления дорожно-строительной техникой. Проведение капитального ремонта автомобильных дорог – одно из приоритетных направлений дорожных работ, целью которого является восстановление верхних слоев дорожной одежды с учетом требований ровности и шероховатости. Для повышения эффективности принимаемых управленческих решений целесообразно интегрировать в общепринятые этапы капитального ремонта жизненного цикла объекта строительства средства 3D-моделирования, что оптимизирует проекты капитального ремонта и обеспечит их цифровую зрелость. На основании этого в статье представлена характеристика цифровой информационной модели объекта капитального строительства с учетом факторов, препятствующих ее массовому применению. Проанализированы этапы формирования организационно-технологической документации в разрезе аспектов применения автоматизированных средств проектирования. На примере автомобильной дороги А-331 «Вилуй» проведен анализ интеграции BIM-технологий в этап капитального ремонта жизненного цикла объекта строительства. На основе применения цифровой модели объекта строительства разработаны графики производства работ, поставки материалов, потребности в машинах и механизмах, потребности в трудозатратах для производства работ. Доказано, что применение средств автоматизированного проектирования при осуществлении капитального ремонта объектов строительства позволяет получать фактическое распределение объемов ремонтных работ, определять плановый промежуток времени их выполнения и оптимизировать расход бюджетных сред и иных ресурсов.

Ключевые слова: капитальный ремонт, 3D-моделирование, технологии информационного моделирования, цифровизация, график работ

Для цитирования: Пешков В. В., Алексанин И. А. Разработка организационно-технических решений на этапе капитального ремонта жизненного цикла объекта строительства с использованием возможностей его цифровой модели // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 2. С. 196–205. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-196-205>.

Original article

Management and engineering solutions at the overhaul stage in the life cycle of constructing facilities using their digital models

Vitaly V. Peshkov, Ivan A. Aleksanin

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Corresponding author: Vitaly V. Peshkov, pvv@istu.edu

Abstract. The study is aimed at the development of management and engineering solutions at the overhaul stage of a construction facility represented by A-331 “Vilyui” highway (Tulun – Bratsk – Ust'-Kut – Mirny – Yakutsk) using its digital model. The research methodology is based on the BIM modelling concept used in

domestic and foreign practice during the overhaul of construction facilities using *Autodesk Revit* software and automated control systems for road construction equipment. The overhaul repair of highways represents one of the priority directions in road construction, which is aimed at the restoration of upper road structural layers taking into account the evenness and roughness requirements. In order to improve the efficiency of management decisions, it is advisable to integrate 3D-modelling tools into the generally accepted overhaul stages in the life cycle of construction facilities, which optimizes the overhaul projects and ensures their digital maturity. On this basis, the article presents a digital information model for a capital construction object taking into account factors impeding its wide application. The stages of forming management and engineering documentation using automated design tools are analysed. An analysis of the integration of BIM technologies into the overhaul stage in the life cycle of construction objects was carried out using the example of A-331 "Vilyui" highway. Based on the applied digital model, the schedules of works and material supply were developed, along with the specification of requirements for machines, mechanisms and labour costs. The automated design tools applied during the overhaul of construction facilities were shown to be applicable for obtaining the actual distribution of the volumes of repair works, determining the planned time interval of their fulfilment, as well as optimizing the expenditure of the budgetary funds and other resources.

Keywords: overhaul, 3D modeling, information modeling technologies, digitalization, work schedule

For citation: Peshkov V. V., Aleksanin I. A. Management and engineering solutions at the overhaul stage in the life cycle of constructing facilities using their digital models. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'* = *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2022;12(2):196-205. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-196-205>.

Введение

Жизненный цикл объекта капитального строительства представляет собой систему взаимосвязанных, структурированных этапов, направленных на изменение объекта от момента его создания до полной ликвидации. Жизненный цикл автомобильных дорог можно разделить на отдельные этапы, обозначенные на рис. 1. Этап жизненного цикла «капитальный ремонт» может быть реализован при возникновении на этапе эксплуатации объекта дефектов в таких элементах, как строительные конструкции, системы инженерно-технического оборудования и т.д. При этом необходимо учитывать, что состав работ

при капитальном и текущем ремонте различается во многих аспектах, в первую очередь он не изменяет несущей способности конструктивных элементов объекта капитального строительства и не влияет на их безопасность [1].

Методы

В соответствии со статьей 1 Градостроительного кодекса РФ капитальный ремонт объекта может затрагивать следующие элементы:

- строительные конструкции и их отдельные конструктивные элементы (за исключением несущих строительных конструкций);
- системы и элементы инженерно-технического обеспечения объекта¹.

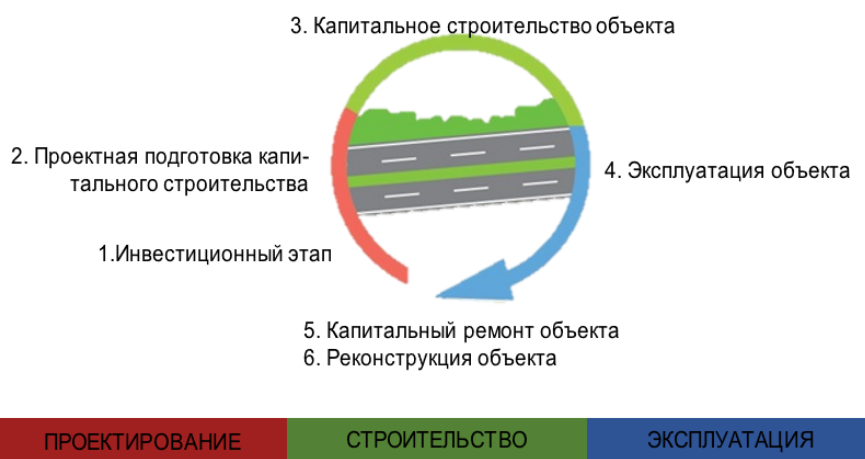


Рис. 1. Жизненный цикл автомобильных дорог

Fig. 1. Life cycle of roads

¹Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 01.05.2022).

Таким образом, ремонтно-восстановительные работы, выполняемые при проведении капитального ремонта линейного объекта, не изменяют изначально установленную категорию объекта, а в основном направлены на восстановление и изменения отдельно взятых параметров объекта.

В соответствии с этим, процесс выполнения работ можно разделить на три фундаментальных этапа: подготовка проектной документации (проект организации капитального ремонта и проект производства работ), проведение капитального ремонта и приемка выполненных работ. Необходимо отметить, что каждый из вышеприведенных этапов требует автоматизации и интеграции информационных технологий.

Результаты и их обсуждение

Представление технических и технологических данных об объекте капитального строительства в объектном и пространственном виде возможно получить посредством применения информационной модели объекта, которая обладает рядом преимуществ, позволяющих минимизировать риски производства работ [2–4]:

- проведение всестороннего анализа и утверждение технических решений при проектировании и производстве работ;
- моделирование сетевых и календарных графиков с поресурсной разбивкой;
- построение внутрипроектной коммуникации с обеспечением доступа для каждого заинтересованного субъекта;
- получение любой документации, необходимой для принятия управленческих и технологических решений за счет функционирования электронного документооборота;
- формирование бюджетов, ведомостей работ и иных документов, необходимых для последующей калькуляции стоимости работ;
- визуализация всех этапов проведения ремонтно-восстановительных работ;
- формирование электронного паспорта объекта капитального строительства.

Вышеобозначенные преимущества могут быть реализованы в первую очередь при выполнении наиболее трудоемкого этапа строительного проектирования – организационно-технологического проектирования (ОТП), целью которого является проектирование процесса строительства будущего объекта капитального строительства, составление

организационно-технологической документации на основании инженерных особенностей, конструктивных характеристик, архитектурных и иных решений². Для комплекса работ, выполняемых на этапе ОТП, характерна многоаспектность, что говорит о целесообразности разделения данного этапа на две составляющие: формирование проекта организации строительства и проекта производства работ. Вместе с тем необходимо отметить, что все исходные и вновь создаваемые данные при формировании обозначенной документации не упорядочены и в большинстве случаев не оцифрованы, что приводит к низкому качеству проектирования, удорожанию проекта и переносу сроков строительства³ [5].

На сегодняшний день рассматриваемый этап не автоматизирован в полной мере, что вызвано следующими факторами:

- строительство любых типов зданий, сооружений, комплексов непосредственно связано с землей и имеет привязку к местности, что генерирует ограничительные факторы в климатическом, природоохранном, экономическом, транспортном, социальном и других аспектах;
- каждая стройка уникальна, так как имеет отличительные характеристики, выражающиеся в назначении объекта, технологической и кадровой оснащенности организации и др., что усложняет интеграцию САПР;
- наличие значительного количества субъектов и иных ресурсов, задействованных при строительстве;
- на этапе проведения строительномонтажных работ имеется большое количество комплектующих, что порождает вопросы их логистики, поставки и хранения;
- необходимость разработки актуального календарного планирования, которое будет учитывать не только наличие и мобильность того или иного механизма и ресурса при строительстве, но и их взаимодействие на этапе строительства;
- уникальность объектов строительства, что вызвано их архитектурными особенностями и дизайном, которые не поддаются формализации.

На сегодняшний день становится все более явной необходимость перехода на BIM-технологии, и можно наблюдать все больше примеров их использования при разработке и строительстве новых объектов, осуществ-

²НПК «Топоматик» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.topomatic.ru/> (10.03.2022).

³СП 48.13330.2019. СНиП 12-01-2004. Организация строительства (с изм. N 1): утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 24 декабря 2019 г. N 861/пр.

лении капитальных ремонтов объектов и т. д. [6–8]. На примере автомобильной дороги А-331 «Вилуй» (Иркутская область) рассмотрим применение технологий информационного моделирования на этапе капитального ремонта жизненного цикла объекта. Классификация объекта проведена по второй и третьей

категориям. Согласно разработанной документации необходимо было запроектировать: пересечения и примыкания (30 ед.), водопропускные трубы (23 ед.), водопровод, канализацию, участки освящения и подпорно-оседающие стенки (рис. 2).



Рис. 2. BIM-модель автомобильной дороги
Fig. 2. BIM model of the road

Рассмотрим каждый этап проекта более подробно, с акцентом на автоматизацию проведения работ. Исходными данными для проектирования рассматриваемого объекта являются *инженерные изыскания*. Традиционно результаты инженерно-геологических изысканий передавались проектировщикам раздела «автомобильные дороги» («АД») в 2D-формате. Но при переходе на BIM-проектирование возникли и новые требования к исходным данным. Для обеспечения автоматизированного проектирования коридоры с реконструируемой дорожной одеждой в разделе «АД» проектировщикам необходимо обеспечить информационной 3D-моделью исходного дорожного полотна. В связи с этим возникла потребность разработки цифровой модели геологического строения существующей автомобильной дороги. Это позволит проектировщику максимально использовать существующую дорожную одежду, что даст значительную экономию средств заказчику при строительстве объекта [9].

Проектирование. Разработка BIM-модели капитального ремонта автомобильной дороги А-331 «Вилуй» – задача довольно специфичная и непростая при условии, что ранее не применялись технологии информационного моделирования при подготовке проектов для данной автомобильной дороги [10]. На заключительном этапе была разработана BIM-модель

капитального ремонта дороги протяженностью 15 километров, что позволило автоматически получить выгрузку чертежей, объемов работ и конструктив слоев дорожной одежды.

Создание элементов организации дорожного движения. Для создания дорожных знаков, пешеходных переходов, автомобильных остановок использовались средства и элементы автоматизации программного комплекса *AutoCAD* [11].

Искусственные сооружения. Разработаны информационные цифровые модели шумозащитных экранов и водопропускных труб. Использованы водопропускные трубы двух типов (металлические гофрированные и железобетонные), которые были разработаны в *Autodesk Revit*⁴. На основании вышеприведенных и иных проектных данных составляется календарный график производства работ и рабочая документация для конкретного типа строительной техники, планируется логистика закупок и поставок изделий и материалов. Разрабатываются графики производства работ (рис. 3), поставки материалов, потребности в машинах и механизмах (рис. 4), потребности в трудовых ресурсах для производства работ (рис. 5) с применением цифровой модели объекта строительства. Благодаря цифровой модели есть возможность оперативной корректировки данных графиков.

⁴Autodesk construction [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autodesk.com/bim-360/> (20.03.2022).

Согласовано:
Технический директор
Трифкина Л.А.

Утверждено:
Главный инженер АО "Новые Дороги"
Шаромов А.В.

График производства работ по капитальному ремонту автомобильной дороги А-331 "Вилуй" Тулуя - Братск - Усть-Кут - Мирный - Якутск на участке км 350+000 - км 357+000, Иркутская область

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Объем работ в 2022 году в натуре	Стоимость работ в 2022 году в руб.	Апрель		Май		Июнь		Июль		Август																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
					1.04-10.04		11.04-20.04		21.04-30.04		1.05-10.05		11.05-20.05		21.05-31.05		1.06-10.06		11.06-20.06		21.06-30.06		1.07-10.07		11.07-20.07		21.07-31.07		1.08-10.08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
					Объем	Стоимость	Объем	Стоимость	Объем	Стоимость	Объем	Стоимость	Объем	Стоимость	Объем	Стоимость	Объем	Стоимость	Объем	Стоимость	Объем	Стоимость	Объем	Стоимость	Объем	Стоимость	Объем	Стоимость	Объем	Стоимость																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
ООО "Вилуй-Дорога"																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Производственные работы																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
1	Демонтаж существующего асф. по трассе "Вилуй"	м.кв	542,14	254 424	842,14	254 424																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							

Рис. 3. График производства работ по капитальному ремонту автомобильной дороги
Fig. 3. Schedule for the production of work on the overhaul of the highway

Согласовано: _____
Технический директор
Трифонов Д.А.

Утверждаю: _____
Главный инженер АО "Новые Дороги"
Шарамченко А.В.

График потребности в машинах и механизмах для производства работ по " капитальному ремонту автомобильной дороги А-331 "Виллой" Тулун - Братск - Усть-Кут - Мирный - Якутск на участке км 350+000 -км 357+000, Иркутская область."

№ п/п	Наименование машин и механизмов	Ед.изм.	Сменность	Апрель		Май		Июнь		Всего маш/час	Июль		Всего маш/час	Июль		Всего маш/час	Август		Всего маш/час		
				1.04.-10.04.		11.04.-20.04.	21.04.-30.04.	1.05.-10.05.			11.05.-20.05.	21.05.-31.05.		1.06.-10.06.			11.06.-20.06.	21.06.-30.06.		1.07.-10.07.	
ООО "Новые Дороги"																					
1	Экскаватор гусеничный	шт	1			1	3	3	700	3	3	3	930	3	3	3	900	2	2		420
2	Бульдозер	шт	1			2	2	2	600	2	2	2	620	2	2	2	600	1	1		210
3	Автогрейдер	шт	1			1	1	1	300	1	1	1	310	1	1	1	300	1	1		210
4	Каток грунтовоый	шт	1			2	2	2	600	2	2	2	620	2	2	2	600	1	1		210
5	Поливомесная машина	шт	1			1	3	3	700	4	4	2	1 040	1	2	2	500	1	1		210
6	Ресейсер	шт	1				1	1	200	1	1		210								
7	Цементовоз	шт	1				1	1	200	1	1		210								
8	Автосамосвал	шт	1	2	200	7	7	7	2 100	17	17	17	5 270	7	17	17	4 100	5	5		1 050
9	Фреза	шт	1	1	100	1			100												
10	Фронтальный погрузчик	шт	1	1	100	1	1	1	300	1	1	2	410	2	1	1	400	2	1		310
11	Топливозаправщик	шт	1	1	100	1	1	1	300	1	1	1	310	1	1	1	300	1	1		210
12	Вахтовка	шт	1	1	100	1	1	1	300	2	2	2	620	1	2	2	500	1	1		210
13	Тралл	шт	1			1			100	1			100	1			100	1			100
14	Обочиноукладчик	шт	1									1	100	1			100	1			100
15	Каток асфальтный	шт	1							3	3	3	930		3	3	600				
16	Асфальтоукладчик	шт	1							1	1	1	310		1	1	200				
17	Бобкет	шт	1							1	1	1	310		1	1	200				
18	Автоудропатор	шт	1							1	1	1	310		1	1	200				
19	УАЗ	шт	1	2	200	2	2	2	600	2	2	2	620	2	2	2	600	2	2		420
20	Хайлокс	шт	1	1	100	1	1	1	300	1	1	1	310	1	1	1	300	1	1		210

Рис. 4. График потребности в машинах и механизмах для производства работ по капитальному ремонту автомобильной дороги
Fig. 4. Schedule of the need for machines and mechanisms for the performance of work on the overhaul of the highway

Согласовано: _____
Технический директор
Трифонов Д.А.

Утверждено: _____
Главный инженер АО "Новые Дороги"
Шараменко А.В.

График потребности в трудозатратах для производства работ по " капитальному ремонту автомобильной дороги А-331 "Виллюй" Тулун - Братск - Усть-Кут - Мирный - Якутск на участке км 350+000 -км 357+000, Иркутская область"

№ п/п	Наименование вида работ	Ед. изм	Апрель		Всего чел/час	Май		Всего чел/час	Июнь		Всего чел/час	Июль			Всего чел/час	Август		Всего чел/час			
			Сменность	1.04.-10.04.		11.04.-20.04.	21.04.-30.04.		1.05.-10.05.	11.05.-20.05.		21.05.-31.05.	1.06.-10.06.	11.06.-20.06.		21.06.-30.06.	1.07.-10.07.		11.07.-20.07.	21.07.-31.07.	1.08.-10.08.
ООО "Новые Дороги"																					
1	Машинист экскаватора гусеничного	чел	1			1	3	3	770	3	3	3	1 023	3	3	3	990	2	2		462
2	Машинист бульдозера	чел	1			2	2	2	660	2	2	2	682	2	2	2	660	1	1		231
3	Машинист автогрейдера	чел	1			1	1	1	330	1	1	1	341	1	1	1	330	1	1		231
4	Машинист катка грунтового	чел	1			2	2	2	660	2	2	2	682	2	2	2	660	1	1		231
5	Водитель поливомоечной машины	чел	1			1	3	3	770	4	4	2	1 144	1	2	2	550	1	1		231
6	Машинист ресейлера	чел	1				1	1	220	1	1		231								
7	Водитель цементовоза	чел	1				1	1	220	1	1		231								
8	Водитель автосамосвала	чел	1	2	220	7	7	7	2 310	17	17	17	5 797	7	17	17	4 510	5	5		1 155
9	Машинист фрезы	чел	1	1	110	1			110												
10	Машинист фронтального погрузчика	чел	1	1	110	1	1	1	330	1	1	2	451	2	1	1	440	2	1		341
11	Водитель топливозаправщика	чел	1	1	110	1	1	1	330	1	1	1	341	1	1	1	330	1	1		231
12	Водитель вахтовки	чел	1	1	110	1	1	1	330	2	2	2	682	1	2	2	550	1	1		231
13	Водитель тралла	чел	1			1			110	1			110	1			110	1			110
14	Машинист обочиноукладчика	чел	1									1	110	1			110	1			110
15	Машинист катка асфальтного	чел	1							3	3	3	1 023		3	3	660				
16	Машинист асфальтоукладчика	чел	1							1	1	1	341		1	1	220				
17	Оператор асфальтоукладчика	чел	1							1	1	1	341		1	1	220				
18	Машинист бобста	чел	1							1	1	1	341		1	1	220				
19	Водитель автоугрозы	чел	1							1	1	1	341		1	1	220				
20	Мастер	чел	1	2	220	2	3	3	880	4	4	3	1 254	2	3	3	880	2	2		462
21	Производитель работ	чел	1	1	110	1	1	1	330	1	1	1	341	1	1	1	330	1	1		231
22	Геоземист	чел	1	4	440	4	4	4	1 320	4	4	4	1 364	4	4	4	1 320	4	4		924
23	Дорожный рабочий	чел	1	6	660	6	6	6	1 980	6	6	6	2 046	6	6	6	1 980	6	6		1 386

Рис. 5. График потребности в трудозатратах для производства работ по капитальному ремонту автомобильной дороги
Fig. 5. Schedule of the need for labor costs for the production of work on the overhaul of the highway

Исходя из графиков, приведенных на рис. 3–5, формируется цифровая модель проекта автомобильной дороги А-331 «Вилкой» с детализацией фаз проведения капитального ремонта, реестром ресурсов, соотносящихся с календарным планированием проекта. Кроме того, при проведении этапа строительных работ, с целью оптимизации управления ремонтными работами, будут применяться системы автоматизированного управления дорожно-строительной техникой, функционирующие на принципах 2D- и 3D-моделирования, что

позволит обеспечить соблюдение этапов, качества и сроков выполнения работ.

Заключение

Технология информационного моделирования (ТИМ) на этапе строительства позволяет полностью отследить состояние и ход проведения строительных работ, в том числе расход финансовых средств. Автоматизация позволяет принимать как оперативные, так и стратегические управленческие решения и обеспечивать информативность для всех субъектов строительства.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дормидонтова Т. В., Золотых С. В., Климавичус Я. Э. Капитальный ремонт автомобильных дорог // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 62-3. С. 73–78. <https://doi.org/10.18411/lj-06-2020-67>.
2. Талапов В. В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М.: ДМК-Пресс, 2015. 410 с.
3. Райкова Л. С., Петренко Д. А. Строительство автомобильных дорог на основе 3D-моделей // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2 (3). С. 81–85.
4. Боровлев А. О., Скрыпников А. В., Высоцкая И. А., Брюховецкий А. Н., Никитин В. В. Автоматизированное проектирование продольного профиля лесовозных автомобильных дорог с учётом влияния зрительно плавных и изломанных линий // Автоматизация. Современные технологии. 2021. Т. 75. № 10. С. 450–453.
5. Горячев М. Г., Лугов С. В., Калёнова Е. В. Анализ некоторых параметров зависимости для определения требуемой прочности нежестких дорожных одежд при обосновании конструктивного решения по их усилению // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2020. № 2 (24). С. 4.
6. Leontiev DN, Ihnatenko AV, Synkovska OV, Ryzhikh LA, Smirnova NV, Aleksandrov YuV, et al. Fuel consumption of wheeled vehicle and

- transportation costs during highway construction/reconstruction // Наука и техника. 2021. Т. 20. № 6. р. 522-527. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2021-20-6-522-527>.
7. Шарипов Р. Х. ТРИЗ нужна России: проблемы технического творчества // ТРИЗ-2009. Вып. 2. Чебоксары: Новое время, 2018. 412 с.
8. Григорьев С. Н., Смуров И. Ю. Перспективы развития аддитивного производства в России и за рубежом // Инновации. 2013. № 10 (180). С. 7682.
9. Жук А. Ю., Саблин С. Ю., Скрыпников А. В., Болтнев Д. Е., Высоцкая И. А. Исследование математической модели рельефа местности при проектировании автомобильных дорог // Системы. Методы. Технологии. 2021. № 2 (50). С. 88–93. <https://doi.org/10.18324/2077-5415-2021-2-88-93>.
10. Рябова О. В., Скрыпников А. В., Козлов В. Г., Тихомиров П. В. Изучение географической среды для целей дорожного проектирования // Научный журнал строительства и архитектуры. 2020. № 1 (57). С. 84–95. <https://doi.org/10.25987/VSTU.2020.57.1.008>.
11. Кулижников А. М., Ануфриев А. А., Колесников И. П. Нормативная база для САУ 3D // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2 (3). С. 37–42.

REFERENCES

1. Dormidontova TV, Zolotikh SV, Klimavichus YaE. Capital repairs of highways. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2020;62-3:73-78. (In Russ.). <https://doi.org/10.18411/lj-06-2020-67>.
2. Talapov VV. Technology BIM: the essence and features of the implementation of building

- information modeling. Moscow: *DMK-Press*; 2015. 410 p. (In Russ.).
3. Raikova LS, Petrenko DA. Road construction on basis of 3D models. *SAPR i GIS avtomobil'nykh dorog*. 2014;2(3):81-85. (In Russ.).
4. Borovlev AO, Skrypnikov AV, Vysotskaya IA, Bryukhovetsky AN, Nikitin VV. Computer-aided

design of the longitudinal profile for logging highways, taking into account the influence of visually smooth and broken lines. *Avtomatizatsiya. Sovremennyye tekhnologii*. 2021;75(10):450-453. (In Russ.).

5. Goryachev MG, Lugov SV, Kalyonova EV. Analysis of some dependence parameters for determining the required strength of flexible pavements when justifying the constructive decision to strengthening them. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2020;2(24):4. (In Russ.).

6. Leontiev DN, Ihnatenko AV, Synkovska OV, Ryzhikh LA, Smirnova NV, Aleksandrov YuV, et al. Fuel consumption of wheeled vehicle and transportation costs during highway construction/reconstruction. *Nauka i tekhnika = Science and Technique*. 2021;20(6):522-527. (In Russ.). <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2021-20-6-522-527>.

7. Sharipov RK. Russia needs TRIZ: problems of technical creativity. *TRIZ-2009*. Iss. 2. Cheboksary: Novoe vremya; 2018. 412 p. (In Russ.).

8. Grigoriev SN, Smurov IYu. Prospects for the development of additive manufacturing in Russia and abroad. *Innovatsii*. 2013;10(180):7682. (In Russ.).

9. Zhuk AY, Sablin SY, Skrypnikov AV, Boltnev DE, Vysotskaya IA. Investigation of the mathematical model of the terrain in the design of highways. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*. 2021;2(50):88-93. (In Russ.). <https://doi.org/10.18324/2077-5415-2021-2-88-93>.

10. Ryabova OV, Skrypnikov AV, Kozlov VG, Tikhomirov PV. Studying a geographical environment for road design purposes. *Scientific journal of construction and architecture = Russian Journal of Building Construction and Architecture*. 2020;1(57):84-95. (In Russ.). <https://doi.org/10.25987/VSTU.2020.57.1.008>.

11. Kulizhnikov AM, Anufriev AA, Kolesnikov IP. Regulatory framework for ACS 3D. *SAPR / GIS avtomobil'nykh dorog*. 2014;2(3):37-42. (In Russ.).

Информация об авторах

В. В. Пешков,

доктор экономических наук, профессор,
заведующий кафедрой экспертизы
и управления недвижимостью,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: pvv@ex.istu.edu
<https://orcid.org/0000-0001-7999-0999>

И. А. Алексанин,

аспирант,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: va.aleksanin@yandex.com

Вклад авторов

Пешков В. В., Алексанин И. А. имеют равные авторские права. Пешков В. В. несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors

Vitaly V. Peshkov,

Dr. Sci. (Econ.), Professor,
Head of the Department of Expertise and Real
Estate Management,
Irkutsk National Research Technical
University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: pvv@ex.istu.edu
<https://orcid.org/0000-0001-7999-0999>

Ivan A. Aleksanin,

Graduate student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: va.aleksanin@yandex.com

Contribution of the authors

Peshkov V. V., Aleksanin I. A. have equal author's rights. Peshkov V. V. bears the responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The final manuscript has been read and approved by the co-authors.

Статья поступила в редакцию 20.04.2022.
Одобрена после рецензирования 11.05.2022.
Принята к публикации 12.05.2022.

The article was submitted 20.04.2022.
Approved after reviewing 11.05.2022.
Accepted for publication 12.05.2022.

**Статистические закономерности изменения параметров внутреннего сопротивления цементных композитов при замораживании и оттаивании****© Борис Израилевич Пинус¹, Инна Геннадьевна Корнеева¹,
Михаил Петрович Калашников²**¹Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия²Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ, РоссияАвтор, ответственный за переписку: Корнеева Инна Геннадьевна, kornee-inna@yandex.ru

Аннотация. Статья содержит результаты экспериментального фрагмента вероятностно-статистического подхода к проектному учету последствий, обусловленных нестационарными стохастическими изменениями температуры и влажности внешней среды. Низкотемпературные воздействия внешней среды смоделированы циклическими испытаниями на морозостойкость по регламенту третьего метода ГОСТ 1006-2012. Испытанию подвергнуты кубические и призматические (100 × 100 × 400 мм) образцы двух серий: «ОБ» – обычный бетон и «ФБ» – бетон с дисперсным объемным армированием ($\mu = 1,5\%$) полипропиленовыми волокнами диаметром $d_f = 0,8$ мм и $l_f = 40$ мм. По истечении заданного количества циклов образцы были испытаны на осевое сжатие в режиме постоянства скорости деформирования $5 \cdot 10^{-3}$ 1/с. Анализируется кинетика при циклическом замораживании и оттаивании и взаимная корреляция значений статистики распределения прочности и деформативности обычных и фиброармированных бетонов с использованием полных диаграмм $\sigma_b - \varepsilon_b$ и дискретных моделей, соответствующих различным этапам деформационного отклика. Предлагается дифференцировать критериальные условия оценки последствий климатической деградации конструкций с учетом спецификации требований эксплуатационной пригодности сооружений.

Ключевые слова: морозостойкость, усталость, фибробетон, деформации

Для цитирования: Пинус Б. И., Корнеева И. Г., Калашников М. П. Статистические закономерности изменения параметров внутреннего сопротивления цементных композитов при замораживании и оттаивании // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 2. С. 206–213. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-206-213>.

Original article**Statistical patterns of changes in internal resistance parameters of cement composites during freezing and thawing****Boris I. Pinus¹, Inna G. Korneeva¹, Michail P. Kalashnikov²**¹Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia²East Siberia state university of technology and management, Ulan-Ude, RussiaCorresponding author: Inna G. Korneeva, kornee-inna@yandex.ru

Abstract. The article presents the results of an experimental part of the probabilistic and statistical approach to the design accounting of consequences caused by non-stationary stochastic changes in the temperature and humidity of external environment. Cryogenic effects of the environment are modelled by cyclic freezing tests according to the third method of GOST 1006-2012. Two series of cubic and prismatic (100 × 100 × 400 mm) samples were tested, including standard concrete (SC) and fibrous concrete (FC, $\mu = 1.5\%$) reinforced by polypropylene fibres with $d_f = 0.8$ mm diameter and $l_f = 40$ mm length. Following the specified number of cycles, the samples were subject to axial compression under the constant deformation rate of $5 \cdot 10^{-3}$ 1/s. The kinetics of cyclic freezing and thawing is analysed. In addition, the cross-correlation between the statistics of the strength and deformability distribution in the standard and fibrous concretes was assessed using complete $\sigma_b - \varepsilon_b$ diagrams and discrete models corresponding to different stages of the deformation response. It is proposed to differentiate the criteria conditions for

assessing the consequences of climatic structural degradation taking into account the usability specification of structures.

Keywords: frost resistance, fatigue, fiber concrete, deformations

For citation: Pinus B. I., Korneeva I. G., Kalashnikov M. P. Statistical patterns of changes in internal resistance parameters of cement composites during freezing and thawing. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate.* 2022;12(2):206-213. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-206-213>.

Введение

Эксплуатация железобетонных конструкций сооружений в суровых климатических условиях сопряжена с нестационарными стохастическими колебаниями температур и влажности.

Механизм инициируемых откликов в наиболее обобщенном виде характеризуется перепадами напряженно-деформированного состояния и структурной трансформацией, тождественной закономерностям малоциклового усталости¹ [1–12].

Исследования цементно-содержащих фиброкомполитов с учетом физических и статистических закономерностей усталостного изменения параметров внутреннего сопротивления при замораживании и оттаивании очень ограничены и противоречивы [13–15]. Их выводы имеют фрагментарный характер ввиду отсутствия регламентированной методики испытаний.

Поэтому целевая задача настоящего исследования состояла в сравнении потенциалов усталостного сопротивления обычных и полипропиленфиброармированных бетонов на базе морозных воздействий, соответствующих их нормативной морозостойкости.

Методы

Низкотемпературные воздействия внешней среды смоделированы циклическими испытаниями на морозостойкость по регламенту третьего (ускоренного) метода ГОСТ 1006-2012. Испытанию подвергнуты кубические и призматические (100 × 100 × 400 мм) образцы двух серий:

- «ОБ» – бетон состава Ц:П:Щ:В = 1:1,42:3,57:0,55 с расходом цемента М400 380 кг/м³;
- «ФБ» – бетон аналогичного состава с дисперсным объемным армированием ($\mu = 1,5\%$)

полипропиленовыми волокнами (ГОСТ 9550-81) диаметром $d_f = 0,8$ мм и $l_f = 40$ мм.

Цикл испытаний включал 7 часов понижения температуры до минус 35 °С, 4 часа изотермического выдерживания и последующее оттаивание в насыщенном 5 % растворе хлористого натрия.

Опытное число призм каждой серии составляло 18 штук. По результатам контрольных испытаний бетон основного состава соответствует марке по морозостойкости F200 (согласно параметрам доверительного интервала изменения прочности (табл. 1)).

По истечении указанного количества циклов образцы были испытаны на осевое сжатие в режиме постоянства скорости деформирования $5 \cdot 10^{-3}$ 1/с с использованием комплекса *Instron 5989*. В процессе нагружения осуществлялся автоматический контроль времени, всех деформаций на полной базе измерений с точностью $1 \cdot 10^{-5}$. Система креплений датчиков (экстензометров) и механизм нагружения *Instron* позволяли получать полную диаграмму $\sigma_b - \epsilon_b$, включая начальные (ϵ_0) и постпиковые ($\epsilon_{ult,0,8}$) деформации образцов. Используемая программа автоматизированного контроля соответствовала дискретно-структурной модели (рис. 1), которая адекватно отражает фактическую многостадийность деформационного отклика и ее трансформацию в усталостном процессе. При этом кинетика начальных деформаций ϵ_0 характеризует необратимые (остаточные) структурные изменения, ϵ_e – условно упругие, ϵ_{pl} – пластическую составляющую пиковых деформаций. Что касается псевдопластических деформаций ($\epsilon_{pl,u}$), то их кинетика позволяет оценивать влияние усталостных последствий на способность к перераспределению внутренних усилий.

¹Пинус Б. И. Обеспечение долговечности функционирования железобетонных конструкций при низкотемпературных воздействиях: дис. ... д-ра техн. наук. М., 1987. 367 с.; Надежность в технике. Методы оценки параметрической надежности по функции измерения одного показателя: метод. указания. М.: Издательство стандартов, 1969. С. 52; Антонов Л. Н. Исследование влияния низких температур на прочность и деформативность бетона и железобетона: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1968. 24 с.

Таблица 1. Средние значения контролируемых параметров циклов замораживания и оттаивания
Table 1. Average values of the controlled parameters of freezing and thawing cycles

Серия	Прочность, МПа			Изменение массы, %		Динамика изменения массы
	Исходная	После 3 ЦЗО	После 6 ЦЗО	После 3 ЦЗО	После 6 ЦЗО	
«ОБ»	34,7	32,6	27,8	0,43	–1,95	
«ФБ»	30,9	26,6	20,5	0,27	–0,82	

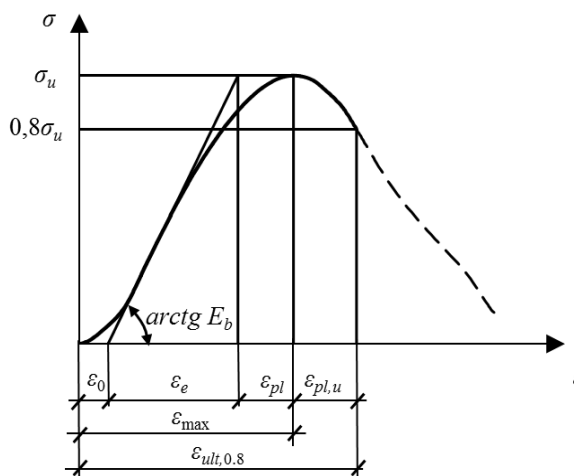


Рис. 1. Модель деформационного отклика при монотонном сжатии
Fig. 1. Model of deformation response under monotonic compression

Результаты и их обсуждение

Семейства диаграмм монотонного сжатия образцов обеих серий до и после морозных испытаний представлены на рис. 2 и свидетельствуют о значимых количественных и статистических изменениях показателей сопротивления бетонов и фибробетонов. Оценке показателей сопротивления предшествовала проверка соответствия экспериментальных данных нормальному распределению по критериям Колмогорова². Установлено, что на всех этапах испытаний вероятность нормального распределения контролируемых параметров для бетонов серии «ОБ» составляет (0,69–0,83), а «ФБ» – (0,74–0,91), что позволяет вести вероятностные прогнозы с учетом закономерностей гауссовского распределения.

Соответствующие значения статистики прочности и деформативности в исходном состоянии приведены в табл. 2, а кинетика их изменения после ЦЗО – в табл. 3. Данные

табл. 2 и 3, прежде всего, характеризуются существенными различиями плотности распределения показателей внутреннего сопротивления в процессе монотонного нагружения и динамики изменений в цикловых температурно-влажностных воздействиях.

При этом снижение прочности обычных бетонов происходит в пределах ожидаемых (по стандарту) значений, а его возрастание у фибробетонов объяснимо увеличением структурной и деформационной неоднородности вследствие дисперсного армирования. На начальных циклах происходит двукратное снижение пиковых ($\epsilon_{\max}$) деформаций, преимущественно за счет потенциала пластического деформирования.

Этим объяснимо существующее увеличение модуля упругости при снижении прочности композитов. В дальнейшем (после 6 ЦЗО) уровень пластических деформаций соразмерен исходному потенциалу с преобладающей псевдопластической составляющей ($\epsilon_{pl,u}$).

²Вентцель Е. С. Теория вероятностей: учеб. для вузов. 6-е изд. стер. М.: Высш. шк., 1999. 576 с.

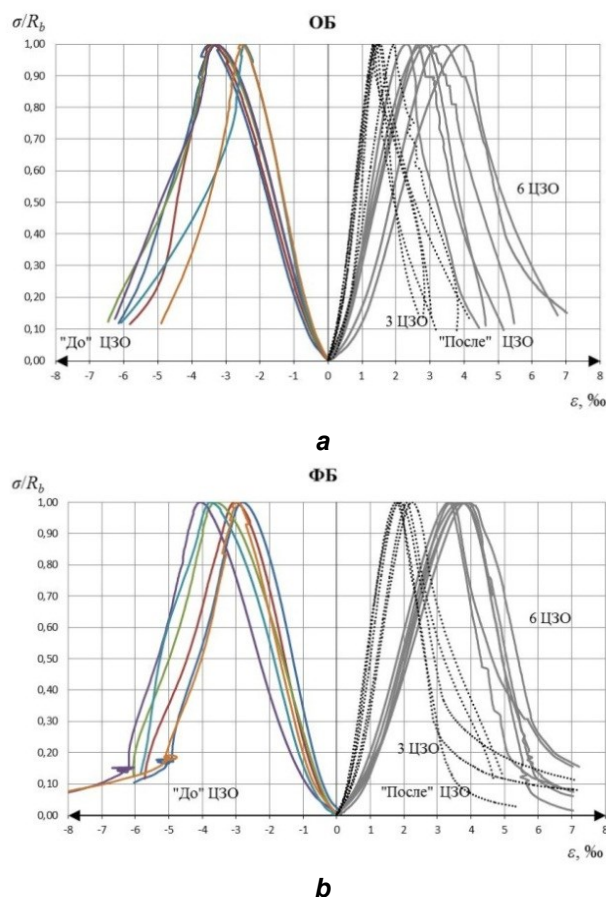


Рис. 2. Диаграммы сжатия опытных композитов в монотонных испытаниях:
 а – серия «ОБ», б – серия «ФБ»
Fig. 2. Compression diagrams of experimental composites in monotonous tests:
 а – series "CC", b – series "FC"

Таблица 2. Статистики исходного распределения показателей
Table 2. Statistics of the initial distribution of indicators

Параметр	Серия «ОБ»			Серия «ФБ»		
	Среднее	Коэффициент вариации, %	Диапазон 95 % обеспеченности	Среднее	Коэффициент вариации, %	Диапазон 95 % обеспеченности
σ_u , МПа	34,67	8	29,42–39,92	30,88	7	26,47–35,28
E_b , МПа	16107	11	12615–19599	13813	13	10198–17427
ε_0 , ‰	0,43	17	0,28–0,57	0,59	42	0,09–1,10
ε_e , ‰	2,18	14	1,58–2,78	2,26	12	1,7–2,81
ε_{pl} , ‰	0,47	30	0,19–0,75	0,53	37	0,14–0,9
ε_{max} , ‰	3,07	15	2,17–3,98	3,37	15	2,36–4,38
$\varepsilon_{ult,0,8}$, ‰	3,51	16	2,4–4,62	3,95	13	2,89–5,01
$\varepsilon_{u,pl}$, ‰	0,44	27	0,2–0,68	0,58	17	0,38–0,77
$\varepsilon_{max}/\sigma_u$, ‰/ГПа	0,09	10	0,07–0,11	0,11	15	0,08–0,14
$\varepsilon_{ult,0,8}/\sigma_u$, ‰/ГПа	0,13	12	0,1–0,16	0,16	12	0,12–0,20
ε'_{max} , ‰	1,175	35	0,35–2	1,398	30	0,55–2,24
$\varepsilon'_{ult,0,8}$, ‰	3,68	80	–2,24–9,60	2,61	54	–0,19–5,41
Θ , мм	0,994	22	0,548–1,439	1,07	18	0,685–1,454
R^0_{crc}	0,81	15	0,57–1,05	0,82	12	0,62–1,02
R^v_{crc}	0,93	4	0,86–1,01	0,92	4	0,85–0,98

Последнее подтверждается динамикой поперечных деформаций ($\varepsilon'_{\max}$). Специфична кинетика изменений при ЦЗО начальных деформаций (ε_0), косвенно характеризующих структурную неоднородность материала. Ее снижение после начальных циклов свидетельствует о преобладании на этом этапе конструктивных факторов усталостной трансформации. Преходящий характер процессов подобных последствий подтверждается резким возрастанием (ε_0) после шестого цикла.

Очевидно, сказывается интенсификация процесса трещинообразования по мере исчерпания ресурса морозостойкости компо-

зитов. Разнонаправленность изменений в кумулятивном процессе морозной деструкции подтверждает это предположение. Так, кратное начальное увеличение ($\varepsilon'_{\max}$) на первом этапе ЦЗО в обычных бетонах исчезает в последующем и существенно снижается в фибробетонах. Заканчивая анализ морозно-усталостной динамики параметров внутреннего сопротивления, необходимо отметить стабильность относительных (к прочности) границ микроразрушений, косвенно свидетельствующих о незначительных изменениях компонентов объемных деформаций композитов.

Таблица 3. Относительные изменения средних значений параметров внутреннего сопротивления после циклического замораживания и оттаивания

Table 3. Relative changes in the average values of the internal resistance parameters after cyclic freezing and thawing

Параметр сопротивления	3 ЦЗО		6 ЦЗО	
	«ОБ»	«ФБ»	«ОБ»	«ФБ»
σ_u	0,94	0,86	0,8	0,66
E_b	2,06	1,52	0,87	0,62
$\varepsilon_{\max}$	0,49	0,58	0,97	1,08
ε_e	0,47	0,58	0,94	1,06
ε_{pl}	0,26	0,51	0,92	0,89
ε_0	0,81	0,59	1,18	1,33
$\varepsilon_{ult,0,8}$	0,51	0,59	1,03	1,08
$\varepsilon'_{\max}$	1,77	1,59	-0,04	0,39
$\varepsilon'_{ult,0,8}$	1,62	2,09	0,04	1,02
R^0_{crc}	1,01	1,01	0,96	0,8
R^V_{crc}	1,01	0,97	1,01	0,97

Заключение

Таким образом, можно заключить, что:

1. Проектирование железобетонных конструкций зданий и сооружений, эксплуатируемых в суровых климатических условиях, должно осуществляться с анализом предельных состояний по усталостному разрушению, обусловленному стохастическими колебани-

ями температуры и влажности окружающей среды.

2. Ввиду статистической нетождественности распределения параметров прочности и деформативности бетонов (фибробетонов) в исходном и постусталостном состояниях критерияльные условия по усталостному сопротивлению определяются с учетом эксплуатационных требований.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Москвин В. М., Капкин М. М., Савицкий А. Н., Ярмаковский В. Н. Бетон для строительства в суровых климатических условиях. М.: Стройиздат, 1973. 172 с.
2. Леонович М. Ф. О характере изменения коэффициента вариации деформаций бетона при сжатии // Бетон и железобетон. 1960. № 12. С. 43.
3. Москвин В. М., Голубых Н. Д. Экспериментальная проверка некоторых гипотез разрушения бетона при циклическом воздействии

- отрицательных температур // Труды НИИЖБ. 1974. Вып. 11. С. 50–54.
4. Иванов Ф. М. Исследование морозостойкости бетона // Защита от коррозии строительных конструкций и повышение их долговечности. М.: Стройиздат, 1969. С. 109–116.
5. Пинус Б. И., Курилов В. И. Повышение надежности железобетонных конструкций в условиях агрессивности среды эксплуатации. Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1977. 159 с.

6. Рогонский В. А., Костриц А. П., Шеряков В. Ф. Эксплуатационная надежность зданий. Л.: Стройиздат, 1983. 280 с.
7. Актуганов И. З. Методика оценки влияния климатических температурно-влажностных воздействий на долговечность бетона строительных конструкций // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1983. № 4. С. 14–18.
8. Гладков В. С. О разрушении гидротехнического бетона при многократном замораживании и оттаивании в нестационарном режиме // Труды координационных совещаний по гидротехнике. 1972. Вып. 73. С. 133–142.
9. Важенин Б. В. К вопросу о морозостойкости бетона и железобетона // Железобетон и железобетонные конструкции. Челябинск, 1965. С. 199.
10. Москвин В. М., Голубых Н. Д. Экспериментальная проверка некоторых гипотез разрушения бетона при циклическом воздействии отрицательных температур // Труды НИИЖБ. 1974. Вып. 11. С. 50–54.
11. Пинус Б. И., Семенов В. В., Гузеев Е. А. Предельные деформации бетонов, подвергнутых циклическому замораживанию и оттаиванию // Бетон и железобетон. 1981. № 10. С. 19–20.
12. Савицкий А. Н., Москвин В. М., Ярмаковский В. Н., Капкин М. М. Прочностные и деформативные характеристики бетона и железобетона при действии криогенных температур // Повышение стойкости бетона и железобетона при действии агрессивных сред. М.: Стройиздат, 1975. С. 16–23.
13. Jeongsoo Nam, Gyuyong Kim, Bokyeong Lee, Ryo Hasegawa, Yukio Hama. Frost resistance of polyvinyl alcohol fiber and polypropylene fiber reinforced cementitious composites under freeze thaw cycling // Composites Part B: Engineering. 2016. Vol. 90. p. 241-250. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2015.12.009>.
14. Hyun-Do Yun. Effect of accelerated freeze-thaw cycling on mechanical properties of hybrid PVA and PE fiber-reinforced strain-hardening cement-based composites (SHCCs) // Composites Part B: Engineering. 2013. Vol. 52. p. 11-20. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2013.03.021>.
15. Hyun-Do Yun, Keitetsu Rokugo. Freeze-thaw influence on the flexural properties of ductile fiber-reinforced cementitious composites (DFRCCs) for durable infrastructures // Cold Regions Science and Technology. 2012. Vol. 78. p. 82-88. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2012.02.002>.

REFERENCES

1. Moskvina VM, Kapkin MM, Savitsky AN, Yarmakovskiy VN. Concrete for construction in harsh climatic conditions. Moscow: Stroyizdat; 1973. 172 p. (In Russ.).
2. Leonovich MF. On the nature of the change in the coefficient of variation of concrete deformations during compression. *Beton i zhelezobeton*. 1960;12:43. (In Russ.).
3. Moskvina VM, Golubikh ND. Experimental verification of some hypotheses of concrete destruction under cyclic exposure to negative temperatures. *Trudy NIIZhB*. 1974;11:50-54. (In Russ.).
4. Ivanov FM. Study on the frost resistance of concrete. *Zashchita ot korrozii stroitel'nykh konstruktsii i povyshenie ikh dolgovechnosti*. Moscow: Stroyizdat; 1969. p. 109-116. (In Russ.).
5. Pinus BI, Kurilov VI. Improving the reliability of reinforced concrete structures in aggressive environments. Irkutsk: Vost.-Sib. kn. izd-vo; 1977. 159 p. (In Russ.).
6. Roginsky VA, Kostic AP, Seryakov VF. Operational reliability of buildings. Leningrad: Stroyizdat; 1983. 280 p. (In Russ.).
7. Aktuganov IZ. Method of estimating the effects of climatic temperature and humidity influence on the durability of concrete building structures. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura*. 1983;4:14-18. (In Russ.).
8. Gladkov VS. On the destruction of hydraulic concrete during repeated freezing and thawing in a non-stationary mode. *Trudy koordinatsionnykh soveshchaniy po gidrotekhnike*. 1972;73:133-142. (In Russ.).
9. Vazhenin BV. On frost resistance of concrete and reinforced concrete. *Zhelezobeton i zhelezobetonnye konstruktsii*. Chelyabinsk, 1965. p. 199. (In Russ.).
10. Moskvina VM, Golubikh ND. Experimental test of some hypotheses of the fracture of concrete under cyclic exposure to freezing temperatures. *Trudy NIIZhB*. 1974;11:50-54. (In Russ.).
11. Pinus BI, Semenov VV, Guzeev EA. Limiting deformations of concretes subjected to cyclic freezing and thawing. *Beton i zhelezobeton*. 1981;10:19-20. (In Russ.).
12. Savitsky AN, Moskvina VM, Yarmakovskiy VN, Kapkin MM. Strength and deformation characteristics of concrete and reinforced concrete under the action of cryogenic temperatures. *Povyshenie stoikosti betona i zhelezobetona pri deistvii agressivnykh sred*. Moscow: Stroyizdat; 1975. p. 16-23. (In Russ.).

13. Jeongsoo Nam, Gyuyong Kim, Bokyeong Lee, Ryo Hasegawa, Yukio Hama. Frost resistance of polyvinyl alcohol fiber and polypropylene fiber reinforced cementitious composites under freeze thaw cycling. *Composites Part B: Engineering*. 2016;90:241-250. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2015.12.009>.
14. Hyun-Do Yun. Effect of accelerated freeze-thaw cycling on mechanical properties of hybrid PVA and PE fiber-reinforced strain-hardening

cement-based composites (SHCCs). *Composites Part B: Engineering*. 2013;52:11-20. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2013.03.021>.
15. Hyun-Do Yun, Keitetsu Rokugo. Freeze-thaw influence on the flexural properties of ductile fiber-reinforced cementitious composites (DFRCCs) for durable infrastructures. *Cold Regions Science and Technology*. 2012;78:82-88. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2012.02.002>.

Информация об авторах

Б. И. Пинус,

доктор технических наук, профессор
кафедры строительного производства,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: pinus@istu.edu
<https://orcid.org/0000-0002-3067-9478>

И. Г. Корнеева,

старший преподаватель кафедры
строительного производства,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: kornee-inna@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6130-0195>

М. П. Калашников,

доктор технических наук, профессор
кафедры теплогазоснабжения и вентиляции,
Восточно-Сибирский государственный
университет технологий и управления,
670013, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40В,
Россия,
e-mail: kmp02@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1040-3228>

Information about the authors

Boris I. Pinus,

Dr. Sci. (Eng.), Professor
of the Department of Building Production,
Irkutsk National Research Technical
University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: pinus@istu.edu
<https://orcid.org/0000-0002-3067-9478>

Inna G. Korneeva,

Senior Lecturer of the Department of Building
Production,
Irkutsk National Research Technical
University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: kornee-inna@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6130-0195>

Michail P. Kalashnikov,

Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Department
of Heat and Gas Supply and Ventilation,
East Siberia State University of Technology
and Management,
40V Klyuchevskaya St., Ulan-Ude, 670013,
Russia,
e-mail: kmp02@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1040-3228>

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Статья поступила в редакцию 03.03.2022.
Одобрена после рецензирования 05.04.2022.
Принята к публикации 06.04.2022.

The article was submitted 03.03.2022.
Approved after reviewing 05.04.2022.
Accepted for publication 06.04.2022.

**Проектирование баз данных автодорожной отрасли на основе
теоретико-множественного анализа сложных систем****© Анна Александровна Степаненко, Владимир Иванович Мартьянов**

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Мартьянов Владимир Иванович, martvliv@mail.ru

Аннотация. Цель – разработка методики проектирования баз данных автодорожной отрасли, удовлетворяющих требованиям цифровой экономики. В работе применен теоретико-множественный анализ сложных систем, реализуемых реляционными базами данных (БД). Такой подход соответствует современным тенденциям мировой цифровой экономики, где реляционные БД обеспечивают эффективную работу банковского сектора, управления промышленным производством, быструю обработку данных (банковские карты клиентов, поиск в интернет-пространстве) и др. Кафедрой автомобильных дорог ИРНИТУ создана и развивается БД по автомобильным дорогам Иркутской области. В работе рассматривается идеология этого проекта и планы его дальнейшего развития в перспективе возможности использования данной базы данных удаленными пользователями. Специфика цифровой экономики РФ требует создания отраслевых и территориальных баз данных, включая БД по автомобильным дорогам регионов РФ. В статье предлагаются достаточно эффективные решения такой БД, включая, в частности, подключение удаленных пользователей к серверной базе данных на основе атрибутивных характеристик для ограничения доступного контента для удаленного пользователя и допустимых для него изменений серверной части данных.

Ключевые слова: цифровая экономика, реляционные базы данных, теоретико-множественный анализ, автодорожная отрасль

Для цитирования: Степаненко А. А., Мартьянов В. И. Проектирование баз данных автодорожной отрасли на основе теоретико-множественного анализа сложных систем // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 2. С. 214–223. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-214-223>.

Original article**Design of databases in road industry using set-theory
analysis of complex systems****Anna A. Stepanenko, Vladimir I. Martyanov**

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Corresponding author: Vladimir I. Martyanov, martvliv@mail.ru

Abstract. In the article, a method for designing databases for the road industry that meets the requirements of the digital economy was developed. The set-theory analysis of complex systems implemented by relational databases (RDBs) was used. This approach meets current trends in the global digital economy, where relational databases provide efficient operation of the banking sector, industrial production management, fast data processing (bank cards, Internet search), etc. The Department of Roads at Irkutsk National Research Technical University designed and is developing the road database for the Irkutsk region. The paper considers the concept of this project and prospects of its further development with a view to the possible use of this database by remote users. The specifics of digital economy in the Russian Federation call for establishing branches and territorial databases, including the road database for the Russian regions. The efficient solutions for such a database were proposed, including, in particular, integrating remote users with the back-end database based on the attribute characteristics to limit the available content and allowable changes to the back-end data.

Keywords: digital economy, relational databases, set-theoretic analysis, road industry

For citation: Stepanenko A. A., Martyanov V. I. Design of databases in road industry using set-theory analysis of complex systems. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate.* 2022;12(2):214-223. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-214-223>.

Введение

Специфика цифровой экономики [1] требует создания отраслевых и территориальных баз данных (БД), включая БД по автомобильным дорогам регионов РФ. Кафедрой автомобильных дорог ИРНТУ создана и развивается БД по автомобильным дорогам Иркутской области [2–4]. Идеология этого проекта и планы дальнейшего развития в перспективе возможности ее использования удаленными пользователями рассматриваются в данной статье.

Методы

1. Теоретико-множественный анализ организации проекта БД

БД по автомобильным дорогам Иркутской области является реляционной [5, 6], что соответствует современным тенденциям и позволяет использовать технологии *BigTable*¹ [7], обеспечивающие эффективную работу вне зависимости от объема данных.

С точки зрения теоретико-множественного анализа домены реляционной БД $M_1, M_2, \dots, M_n$ и таблицы $T_1, T_2, \dots, T_k$ образуют многоосновную модель $\langle M_1, M_2, \dots, M_n; T_1, T_2, \dots, T_k \rangle$, где вычислимость отношений $T_1, T_2, \dots, T_k$ линейно зависит только от числа n , что и является математической основой, при этом вопрос о принадлежности кортежа $(m_1, m_2, \dots, m_n)$ отношению T_i сводится к проверке не пустоты курсора, полученного после выполнения SQL-запроса:

```
SELECT * FROM Ti WHERE M1 = m1  
AND M2 = m2 AND ... AND Mn = mn,
```

что выполняется со скоростью, линейно зависящей от n [8–11].

2. Принцип обратной связи: данные и структуры управления

В программном комплексе обрабатываемые данные и структуры организации численного решения задач вычисления представлены одинаковыми структурами организации данных, а именно деревьями, что реализует идеологию обратной связи (раньше основной принцип кибернетических систем, а теперь искусственного интеллекта). Фрагменты программ, иллюстрирующие реализацию данного подхода, будут приведены на подмножестве C++-подобного алгоритмического языка.

Отметим, что приходится использовать и стандартные средства, такие как: хеширование, двоичный поиск, сортировка и др.

Структура, определяющая элемент дерева:

```
struct Tree {  
    int value; // число, имя, операция и др.;  
    int down; // вниз;  
    int right; // вправо;  
}
```

Результаты и их обсуждение

1. Проект реляционной базы данных программного комплекса

1.1. Экономическая часть

В табл. 1–7 описаны элементы экономической части проекта БД по автомобильным дорогам Иркутской области.

1.2. Конструктивные элементы

В табл. 8–16 описаны конструктивные элементы проекта БД по автомобильным дорогам Иркутской области.

Таблица 1. RoadObjects (типы дорожных объектов)

Table 1. RoadObjects (types of road objects)

№	Имя поля	Тип данных	Комментарий
1	TreeType	int	Тип в дереве
2	QueryToSelect	text	Запрос на получение объектов
3	FieldsToShowRus	varchar	Русские названия полей
4	id	int	Системный счетчик
5	Parent_id	int	Код родителя
6	RO_title	varchar	Название дорожного объекта
7	Table_id	int	Код таблицы
8	Condition	int	Код типа участка

¹BigTable [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/BigTable> (08.04.2022).

Таблица 2. RoadObjectProps (свойства дорожных объектов)

Table 2. RoadObjectProps (properties of road objects)

№	Имя поля	Тип данных	Комментарий
1	id	int	Системный счетчик
2	RoadObject_id	int	Код дорожного объекта
3	Prop_title	varchar	Наименование свойства
4	Field_id	int	Код поля
5	Flag	bit	Флаг значимости свойства

Таблица 3. ListTransportChart (транспортные схемы)

Table 3. ListTransportChart (transport charts)

№	Имя поля	Тип данных	Комментарий
1	id	int	Системный счетчик
2	NumBase	int	Код базы
3	Position	numeric	Адрес на дороге
4	Cover1	numeric	Усовершенствованные дороги
5	Cover2	numeric	Гравийные дороги
6	Cover3	numeric	Грунтовые дороги
7	Cover4	numeric	Городские дороги

Таблица 4. ListMaterialsBase (список материалов по базам)

Table 4. ListMaterialsBase (list of materials by base)

№	Имя поля	Тип данных	Комментарий
1	Kolvo	numeric	Количество материала на базе
2	NumBase	int	Код базы
3	NumMaterials	int	Код материала
4	NumOrganization	int	Код предприятия
5	total	numeric	Всего
6	Cover1	numeric	Усовершенствованные дороги
7	Cover2	numeric	Гравийные дороги
8	Cover3	numeric	Естественные грунтовые дороги
9	Cover4	numeric	Городские дороги
10	ProviderCost	numeric	Цена от поставщика
11	id	int	Системный счетчик

Таблица 5. ListMeansBase (список средств механизации по базам)

Table 5. ListMeansBase (list of mechanization tools by bases)

№	Имя поля	Тип данных	Комментарий
1	id	int	Системный счетчик
2	NumMeans	int	Код механизма
3	RestoreCost	numeric	Восстановительная стоимость
4	BalanceCost	numeric	Балансовая стоимость
5	BuildYear	int	Год выпуска средств механизации
6	NumBase	int	Код базы
7	Kolvo	int	Количество

Таблица 6. ListWorkersBase (список рабочих по базам)

Table 6. ListWorkersBase (list of workers by base)

№	Имя поля	Тип данных	Комментарий
1	NumWorkers	int	Код рабочего
2	id	int	Системный счетчик
3	NumBase	int	Код базы
4	Kolvo	int	Количество рабочих данного типа

Таблица 7. Av_Defect_registry (дефектная ведомость)

Table 7. Av_Defect_registry (defective register)

№	Имя поля	Тип данных	Комментарий
1	id	int	Системный счетчик
2	Road_id	int	Код дороги (ListRoad)
3	StartPos	numeric	Начало участка
4	EndPos	numeric	Конец участка
5	RO_type	int	Тип объекта (ListRoadObjects)
6	Obj_id	int	Ссылка на объект
7	Defect_id	int	Ссылка на дефект (ListDefects)
8	moveDat	smalldat	Дата устранения
9	Volume	int	Объем дефекта
10	Flag	bit	Флаг существования дефекта
11	Finder_id	int	Обнаружил дефект (ListOfficials)
12	Inspector_id	int	Инспектор (ListOfficials)
13	Org_id	int	Обслуживающая организация (ListOrganizations)

Таблица 8. AverageYearTraffic (сезонная и среднегодовая интенсивность и состав движения)

Table 8. AverageYearTraffic (seasonal and average annual traffic intensity and composition)

№	Имя поля	Тип данных	Комментарий
1	id	int	Код
2	NumRoad	int	Код дороги
3	Displacement	numeric	Расположение учетного пункта
4	Traffic	int	Интенсивность движения (авт./сут)
5	LightTrucks	int	Грузовые легкие
6	MediumTrucks	int	Грузовые средние
7	TrailersMediumTrucks	int	Грузовые средние, автопоезда
8	HeavyTrucks	int	Грузовые тяжелые
9	TrailersHeavyTrucks	int	Грузовые тяжелые, автопоезда
10	Cars	int	Легковые автомашины
11	Buses	int	Автобусы
12	TrafficIncrease	numeric	Прирост интенсивности
13	ValidDate	Datetime	Утвержденная дата
14	NumDataSource	smallint	Источник данных
15	Year	int	Год
16	NumInvent	int	Код инвентаризации
17	KNADR	numeric	Километры
18	MNADR	numeric	Метры
19	NumQuater	int	Сезон
20	OverHeavyTrucks	int	Грузовые сверхтяжелые
21	TrailersOverHeavyTrucks	int	Грузовые сверхтяжелые, автопоезда

Таблица 9. CharactRoadSides (характеристики обочин)

Table 9. CharactRoadSides (characteristics and roadsides)

№	Имя поля	Тип данных	Комментарий
1	id	int	Код
2	NumRoadSide	int	Код обочины
3	RowNumber	int	Номер ряда (земляного полотна)
4	RowWidth	numeric	Ширина
5	NumTypeStrengthening	int	Код укрепления
6	NumCondition	int	Код состояния
7	NumInvent	int	Код инвентаризации
8	DataSource	smallint	Источник данных

Таблица 10. Classifier (классификаторы)

Table 10. Classifier (classifiers)

№	Имя поля	Тип данных	Комментарий
1	id	int	Код
2	Class_id	int	Код типа классификатора
3	ShortTitle	char	Сокращение
4	FullTitle	char	Полное название
5	DataSource	smallint	Источник данных

Таблица 11. KmColumnDistance (расстояние между километровыми столбами)

Table 11. KmColumnDistance (distance between kilometer posts)

№	Имя поля	Тип данных	Комментарий
1	id	int	Код
2	NumRoad	int	Код дороги
3	StartKm	int	Начальный столб
4	FinalKm	int	Конечный столб
5	Distance	numeric	Дистанция
6	ValidDate	Datetime	Утвержденная дата
7	NumInvent	int	Код инвентаризации
8	NumDataSource	smallint	Источник данных

Таблица 12. ListBarriers (барьерные ограждения)

Table 12. ListBarriers (barrier fences)

№	Имя поля	Тип данных	Комментарий
1	NumDataSource	smallint	Источник данных
2	id	int	Код
3	NumBarrierGroup	int	Группа ограждения
4	NumBarrierConstruction	int	Конструкция ограждения
5	NumTypeGuidingStructure	int	Тип направляющих устройств
6	GuidingStructuresCount	int	Кол-во направляющих устройств (шт.)
7	NumPlace	int	Расположение
8	NumMaterial	int	Материал
9	NumInhabitedLocality	int	Ближайший населенный пункт
10	NumCondition	int	Состояние
11	ValidDate	Datetime	Утвержденная дата
12	EndPos	numeric	Конец
13	NumRoad	int	Дорога
14	StartPos	numeric	Начало
15	NumInvent	int	Код инвентаризации
16	KNADR	numeric	Километры
17	MNADR	numeric	Метры
18	KKADR	numeric	Адрес начала
19	MKADR	numeric	Адрес центра

Таблица 13. ListBridges (мосты)

Table 13. ListBridges (bridges)

№	Имя поля	Тип данных	Комментарий
1	NumInhabited	int	Ближайший населенный пункт
2	Displacement	numeric	Расположение моста
3	Height	numeric	Габарит моста по высоте
4	Clearance	char	Высота
5	WalkWayWidth	numeric	Ширина тротуара
6	UnderBridgeWidth	numeric	Подмостовая ширина
7	WayPartTransSlope	numeric	Поперечный уклон ездового полотна
8	BridgeScheme	char	Схема моста

Окончание табл. 13

№	Имя поля	Тип данных	Комментарий
9	TonnageNorm	char	Нормативная грузоподъемность
10	TonnageFact	numeric	Фактическая грузоподъемность
11	id	int	Код
12	ShortTitle	char	Сокращение
13	FullTitle	char	Название моста
14	NumRoad	int	Дорога
15	NumType	int	Тип конструкции моста
16	NumBrigMaterial	int	Материал моста
17	NumControlOrg	int	Управляющая организация
18	NumRoadOrg	int	Обслуживающая организация
19	DiagnosticInfo	char	Информация по диагностике моста
20	TonnageGeneralInStream	numeric	Грузоподъемность в потоке общая
21	TonnageAxialInStream	numeric	Грузоподъемность в потоке осевая
22	TonnageInSingleOrder	numeric	Грузоподъемность в одиночном порядке
23	BuildingYear	int	Год постройки моста
24	ActivateDate	Datetime	Дата ввода в эксплуатацию
25	LastTestYear	int	Год последнего испытания
26	LastRepareYear	int	Год последнего ремонта
27	AntiseptitionYear	int	Год антисептирования
28	NumState	int	Состояние
29	NumDriveWPMaterial	int	Материал ездового полотна
30	AvgIceDriftingDate	Datetime	Средняя дата начала ледохода
31	AvgFreezeDate	Datetime	Средняя дата начала ледостава
32	RiverMirrorWidth	numeric	Ширина зеркала реки по УМВ, м
33	MaxDepth	numeric	Наибольшая глубина по УМВ, м
34	FlowSpeed	numeric	Скорость течения при УМВ, м/с
35	OwnerDocument	char	Документ на право собственности
36	BalanceCost	numeric	Балансовая стоимость
37	EstimationDateBC	Datetime	Дата оценки балансовой стоимости
38	RestCost	numeric	Остаточная стоимость
39	EstimationDateRC	Datetime	Дата оценки остаточной стоимости
40	DeteriorationCost	numeric	Износ
41	EstimationDateDC	Datetime	Дата оценки износа
42	Comments	text	Комментарий
43	Extent	numeric	Полная длина моста
44	Width	numeric	Габарит моста по ширине
45	DriveWayWidth	numeric	Ширина ездового полотна
46	UnderBridgeHeight	numeric	Подмостовая высота
47	WayPartLongSlope	numeric	Продольный уклон ездового полотна
48	ObstacleName	char	Наименование препятствия
49	NormativeLoad	char	Расчетная нормативная нагрузка
50	NumInvent	int	Код инвентаризации
51	KNADR	numeric	Километры
52	MNADR	numeric	Метры
53	NumTypeObstacle	int	Тип препятствия
54	NumDataSource	smallint	Источник данных

Таблица 14. ListBusStops (автобусные остановки)

Table 14. ListBusStops (bus stops)

№	Имя поля	Тип данных	Комментарий
1	NumDataSource	smallint	Источник данных
2	NumMaterial	int	Материал павильона

Окончание табл. 14

№	Имя поля	Тип данных	Комментарий
3	id	int	Код
4	NumRoad	int	Код дороги
5	Displacement	numeric	Дислокация остановки
6	NumPlace	int	Расположение
7	BusStopName	char	Наименование остановки
8	StopArea	bit	Наличие остановочной площадки
9	EmbarkationArea	bit	Наличие посадочной площадки
10	Pavilion	bit	Наличие павильона
11	NumInvent	int	Код инвентаризации
12	KNADR	numeric	Километры
13	MNADR	numeric	Метры
14	SwitchSpeedLines	bit	Наличие переходно-скоростных полос
15	BalanceCost	numeric	Балансовая стоимость
16	EstimationDateBC	Datetime	Дата оценки балансовой стоимости
17	RestCost	numeric	Остаточная стоимость
18	EstimationDateRC	Datetime	Дата оценки остаточной стоимости
19	DeteriorationCost	numeric	Износ
20	EstimationDateDC	Datetime	Дата оценки износа
21	ActiveDate	Datetime	Дата приема в эксплуатацию
22	NumOrganization	int	Организация
23	Comments	text	Комментарий
24	ValidDate	Datetime	Утвержденная дата

Таблица 15. ListClassifiers (список классификаторов)

Table 15. ListClassifiers (list of classifiers)

№	Имя поля	Тип данных	Комментарий
1	id	int	Код
2	EngTitle	char	Английское название
3	RusTitle	char	Название

Таблица 16. ListCommunicationStruct (коммуникационные сооружения)

Table 16. ListCommunicationStruct (communication structures)

№	Имя поля	Тип данных	Комментарий
1	NumInvent	int	Код инвентаризации
2	KNADR	numeric	Километры
3	MNADR	numeric	Метры
4	KKADR	numeric	Адрес начала
5	MKADR	numeric	Адрес центра
6	NumDataSource	smallint	Источник данных
7	id	int	Код
8	NumRoad	int	Дорога
9	StartPos	numeric	Дислокация коммуникационного сооружения
10	EndPos	numeric	Протяженность коммуникационного сооружения
11	NumTypeComStructure	int	Тип сооружения
12	NumPlaceRoad	int	Расположение относительно дороги
13	NumPlaceGround	int	Расположение относительно земли
14	NumCondition	int	Состояние
15	NumOrganization	int	Организация
16	Comments	text	Комментарий
17	ValidDate	Datetime	Утвержденная дата

2. Проект базы данных: организация и технические решения

База данных организуется для мониторинга автодорожной отрасли региона и выработки для нее рекомендаций [2–4]. Это позволяет реализовать программное обеспечение, которое должно иметь точные данные о характеристиках объектов из тех или иных хранилищ данных. Так как в разных хранилищах информации содержатся различные данные о дорогах, то

возникает необходимость организации информации в БД в наиболее полной, просто обобщаемой форме.

Обычно данные об автодорогах организованы таблицами, которые составляются ниже представленным способом (табл. 17–21), строки которых содержат данные по объекту, а отдельные ячейки – атрибутивные характеристики объекта.

Таблица 17. Представление атрибутики данных

Table 17. Representation of data attributes

Идентификатор	Атрибут 1	Атрибут 2	Атрибут 3
01011	122	31.01.2022	Объяснение строки 1
01022	155	01.11.2022	Объяснение строки 2

Отметим, что каждой атрибутивной характеристике соответствует только одна запись (табл. 18). Непротиворечивость данных поддерживается программными модулями

комплекса. Ревизии данных объектов приведены в табл. 19, 20.

Такая организация данных позволяет продемонстрировать их изменение по частям автодорог, что представлено в табл. 21.

Таблица 18. Представление атрибутики по значениям

Table 18. Attribute representation by value

ИИО	ИКД	ЗНАЧ		
01011	01010011	122		
01011	01010022		01.11.2022	
01011	01010032			Комментарий к строке 1
01021	01010012	155		

Примечания:

Иерархический идентификатор объекта (ИИО) – HOI – Hierarchy Object Identification.

Иерархический классификатор данных (ИКД) – HDC – Hierarchy Data Classification.

Значение (ЗНАЧ) – VAL – Value.

Таблица 19. Ревизии объектов

Table 19. Object revisions

Идентификатор	Ревизия	Дата 1	Дата 2
01011	1	01.01.2012	Null
01021	1	01.12.2013	01.11.2016
01022	2	01.30.2018	Null

Таблица 20. Ревизии свойств объектов

Table 20. Object property revisions

Идентификатор	Свойство	Ревизия 1	Ревизия 2	ЗНАЧ
0101	0101001	1	0	10
0102	0101001	1	2	11
0102	0101001	2	0	12

Таблица 21. Ревизии участков дорог

Table 21. Revisions of road sections

№ участка	№ дороги	№ данных	Начало	Конец	Ссылка	Значение	Ревизия	№ оператора	Дата ревизии
9	510	7	0	90	457	102	1	3	01.11.2016

Заключение

Реляционная база данных по автомобильным дорогам Иркутской области, проект которой представлен в настоящей работе, может быть использована для мониторинга состояния участков автодорог и выработки рекомендаций для автодорожной отрасли региона.

Для подключения удаленных пользователей к серверной базе данных используются атрибутивные характеристики, которые позволяют ограничивать доступные данные для удаленного пользователя и допустимые для него изменения серверной части данных.

Разработка программного обеспечения для глубокого рефакторинга базы данных может быть осуществлена с использованием языка запросов *MS SQL Server T-SQL* и идеологии организации данных, описанной в результатах данной работы.

Это обеспечивает проектирование баз данных автодорожной отрасли, удовлетворяющих требованиям цифровой экономики в плане возможности формирования ее отраслевых и региональных частей.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Garben S. The regulatory challenge of occupational safety and health in the online platform economy // *International Social Security Review*. 2019. Vol. 72. Iss. 3. p. 95-112. <https://doi.org/10.1111/issr.12215>.
2. Мартыанов В. И., Пахомов Д. В., Архипов В. В. Сетевое планирование содержания сети автомобильных дорог Иркутской области // *Новые технологии в инвестиционно-строительной сфере и ЖКХ: сб. науч. трудов: в 2 т. Т. 1. Иркутск: ИрГТУ, 2005. С. 123–129.*
3. Мартыанов В. И. Теоретико-множественный анализ организации данных и алгоритмы сетевого планирования расписания с элементами искусственного интеллекта // *Прикладные проблемы дискретного анализа: сб. науч. трудов. Сер. «Дискретный анализ и информатика» / под. ред. О. В. Кузьмина. Вып. 7. Иркутск: ИГУ, 2021. С. 90–100.*
4. Пахомов Д. В., Каташевцев М. Д., Мартыанов В. И., Степаненко А. А. Автоматизация создания проектов организации дорожного движения для автомобильных дорог // *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. 2012. № 3 (35). С. 123–129.

5. Codd E. F. The Relational Model for Database Management: Version 2. Massachusetts, USA: Addison-Wesley, 1990. 538 p.
6. Garvey M. A., Jackson M. S. Introduction to Object-Oriented Databases // *Inf. and Software Technol.* 1989. Vol. 31. № 10. p. 521-528.
7. Кнут Д. Искусство программирования для ЭВМ. Сортировка и поиск. М.: Мир, 1978. 848 с.
8. Мартыанов В. И. NP-трудные задачи: автоматическое доказательство теорем и машины Тьюринга // *Baikal research journal*. 2021. Т. 12. № 4. С. 11. [https://doi.org/10.17150/2411-6262.2021.12\(4\).11](https://doi.org/10.17150/2411-6262.2021.12(4).11).
9. Van Hentenryck P. Constraint Satisfaction in Logic Programming. Cambridge: MIT Press, 1989. 224 p.
10. Корольков Ю. Д., Мартыанов В. И. Дискретные модели: Представление конечными деревьями и разрешимость формальных теорий. Иркутск: ИРНИТУ, 2017. 160 с.
11. Dasgupta S., Papadimitriou C. H., Vazirani U. Algorithms. Boston: McGraw-Hill Higher Education, 2006. 336 p.

REFERENCES

1. Garben S. The regulatory challenge of occupational safety and health in the online platform economy. *International Social Security Review*. 2019;72(3):95-112. <https://doi.org/10.1111/issr.12215>.
2. Martyanov VI, Pakhomov DV, Arkhipov VV. Network planning of the maintenance of the highway network of the Irkutsk region. *Novye tekhnologii v investitsionno-stroitel'noi sfere i ZhKKh: sb. nauch. trudov: in 2 vol. Vol. 1. Irkutsk: ISTU; 2005. p. 123-129. (In Russ.)*.
3. Martyanov VI. Set-theoretic analysis of data organization and network planning algorithms schedules with elements of artificial intelligence.

4. Pakhomov DV, Katashevcev MD, Martyanov VI, Stepanenko AA. Automation of the creation of traffic management projects for highways. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie = Modern technologies. System analysis. Modeling*. 2012;3(35):123-129. (In Russ.)
5. Codd EF. The Relational Model for Database Management: Version 2. Massachusetts, USA: Addison-Wesley; 1990. 538 p.

6. Garvey MA, Jackson MS. Introduction to Object-Oriented Databases. *Inf. and Software Technol.* 1989;31(10):521-528.
7. Knuth D. The art of computer programming. Sorting and searching. Moscow: Mir; 1978. 848 p. (In Russ.).
8. Martyanov VI. NP-difficult tasks: automatic proof of theorems and Turing's machine. *Baikal research journal.* 2021;12(4):11. [https://doi.org/10.17150/2411-6262.2021.12\(4\).11](https://doi.org/10.17150/2411-6262.2021.12(4).11). (In Russ.).
9. Van Hentenryck P. Constraint Satisfaction in Logic Programming. Cambridge: MIT Press; 1989. 224 p.
10. Korolkov YuD, Martyanov VI. Discrete models: Representation by finite trees and solvability of formal theories. Irkutsk: INRTU; 2017. 160 c. (In Russ.).
11. Dasgupta S, Papadimitriou CH, Vazirani U. Algorithms. Boston: McGraw-Hill Higher Education, 2006. 336 p.

Информация об авторах

А. А. Степаненко,

старший преподаватель кафедры
автомобильных дорог,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: aa_stepan@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9441-9157>

В. И. Мартянов,

доктор физико-математических наук,
профессор кафедры автомобильных дорог,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: martvliv@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2659-0355>

Information about the authors

Anna A. Stepanenko,

Senior lecturer of the Department of Automotive
Highways,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: aa_stepan@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9441-9157>

Vladimir I. Martyanov,

Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor
of the Department of Automotive Highways,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: martvliv@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2659-0355>

Вклад авторов

Степаненко А. А., Мартянов В. И. имеют
равные авторские права. Мартянов В. И.
несет ответственность за плагиат.

Contribution of the authors

Stepanenko A. A., Martyanov V. I. have equal
author's rights. Martyanov V. I. bears the respon-
sibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта
интересов.

Авторы прочитали и одобрили окончатель-
ный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 15.04.2022.
Одобрена после рецензирования 11.05.2022.
Принята к публикации 12.05.2022.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests re-
garding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved
by the co-authors.

The article was submitted 15.04.2022.
Approved after reviewing 11.05.2022.
Accepted for publication 12.05.2022.

**Мембранные биореакторы: опыт применения в зарубежных странах****© Марина Геннадьевна Трухина, Наталья Дмитриевна Пельменёва**

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Трухина Марина Геннадьевна, marina-trukhina.83@mail.ru

Аннотация. Цель – исследование современных методов очистки сточных вод. Проблема очистки сточных вод во всем мире является актуальной и требует решения. Одним из эффективных методов очистки стоков стало применение на очистных сооружениях мембран, получивших название «мембранный биореактор» (МБР). В работе описаны особенности конструкции мембран, достоинства и недостатки технологии их применения. Рассмотрены примеры использования МБР на действующих предприятиях по очистке сточных вод в Германии, Италии и Швеции. Технология очистки сточных вод с помощью МБР, где используется фильтрация через микро- или ультрафильтрационные мембраны, – самая «молодая» в семье таких методов очистки и самая динамично развивающаяся. Она получила признание на мировом рынке. Высокие показатели качества очищенной воды обусловлены, в первую очередь, конструкцией МБР, способствующей повышению концентрации активного ила в биореакторе и фильтрующей способностью самой мембраны. За последние 100 лет современной очистки сточных вод для населения и предприятий не было внедрено ни одной другой новой технологии, дающей столько положительных эффектов. Благодаря широкому спектру доступных мембран и модулей можно найти технически подходящие системы практически для любого типа задач по очистке воды. Их актуальность также заключается в их малогабаритности, что является большим преимуществом при освобождении пространства для нового строительства или когда возможности расширения очистных сооружений ограничены.

Ключевые слова: активный ил, мембрана, пермеат, мембранный биореактор, МБР

Для цитирования: Трухина М. Г., Пельменёва Н. Д. Мембранные биореакторы: опыт применения в зарубежных странах // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 2. С. 224–231. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-224-231>.

Original article**Membrane bioreactors: foreign experience****Marina G. Trukhina, Natalia D. Pelmeneva**

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Corresponding author: Marina G. Trukhina, marina-trukhina.83@mail.ru

Abstract. This article addresses advanced methods of wastewater treatment, which presents an urgent global problem. The use of membranes or so-called membrane bioreactors (MBR) at treatment facilities comprises an efficient method of wastewater treatment. The characteristics of membrane designs along with their practical advantages and disadvantages are considered. Examples of using MBR at wastewater treatment plants in Germany, Italy and Sweden are examined. A recently developed MBR technology based on filtration through micro- or ultrafiltration membranes is gaining in popularity. In such technologies, the high quality of treated water is achieved due to the MBR design, which increases both the concentration of activated sludge in the bioreactor and its filtering capacity. Over 100 years of contemporary residential and industrial wastewater treatment, no other implemented technology has exhibited as many positive effects. Due to the wide range of available membranes and modules, suitable systems can be found for almost any type of water treatment application. In addition, these membranes are compact, which becomes an advantage when clearing areas for new construction or when the expansion of a wastewater treatment plant is limited.

Keywords: activated sludge, membrane, permeate, membrane bioreactor, MBR

For citation: Trukhina M. G., Pelmeneva N. D. Membrane bioreactors: foreign experience. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2022;12(2):224-231. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-224-231>.

Введение

Применение активного ила уже не один век является основным методом очистки сточных вод от органических и биогенных загрязнений. Процесс биологической очистки от загрязнений предусмотрен самой природой. С момента своего появления биологическая очистка сточных вод претерпела ряд изменений, что позволило удалять не только органику, но и фосфор с азотом. Вместе с тем развитие данного метода привело к увеличению проблем, связанных с отделением активного ила на конечной стадии очистки сточных вод во вторичных отстойниках.

Одним из современных методов решения такой проблемы является применение ультрафильтрационных мембран или мембранных биореакторов (МБР). Известный еще с 70-х годов прошлого столетия метод получил свое интенсивное развитие лишь в последние 20–25 лет. Технология применения ультрафильтрационных мембран, получившая название мембранного биореактора, явилась следствием развития направления по замене гравитационного метода на фильтрационный. Мировой опыт эксплуатации МБР в промышленных масштабах в течение длительного времени (на ряде очистных сооружений – более 10 лет без замены мембран) показывает высокую надежность как оборудования, так и самой технологии. Мембранные технологии рассматриваются как одно из наиболее перспективных направлений развития биологической очистки городских сточных вод¹.

Методы

Мембранный биореактор – это комбинация традиционной биологической очистки и мембранного разделения иловой смеси, реализуемого на ультра- или микрофильтрационных мембранах. Размер пор таких мембран составляет от 0,01 до 0,1 мкм, что обеспечивает практически полное удаление всех взвешенных веществ и микроорганизмов. Для очистки бытовых сточных вод традиционно используется аэробный процесс, однако для очистки промышленных стоков применяют и анаэробные МБР [1, 2].

Мембраны изготавливают из полимеров (полиэтилена, полисульфона, полиакрилонитрила, поливинилхлорида и др.), а в ряде

случаев из неорганических материалов (оксиды Al, Ti, Zr и др.) [3].

В настоящее время совершенствуются давно сформировавшиеся три основные конструкции мембран:

- выносные трубчатые (применяются только в напорных системах);
- погружные половолоконные (используются в вакуумных системах);
- погружные полolistовые (применяются в вакуумных и самотечных системах).

Важнейшим условием работы мембран является удаление накопившегося на поверхности ила. Это осуществляется во всех конструкциях достаточно мощным потоком пузырьков воздуха различного размера, а также (не во всех) периодическим обратным импульсом фильтрата наружу. Рано или поздно поры мембран и мембранное пространство зарастает органическими и неорганическими отложениями, что устраняется промывкой с применением окислительных реагентов и слабых кислот соответственно. Каждая промывка – это не только расход реагентов, но и шаг к старению мембраны, поэтому развитие метода идет в том числе в направлении минимизации промывок. Среди основных образований, загрязняющих мембраны, можно выделить органические молекулы, полиэлектролиты, кристаллы неорганических образований, формирующиеся из содержащихся в растворах ионов, коллоидные частицы и биологические организмы [4]. К основным проблемам, которые возникали в ходе развития технологии, можно отнести:

- высокий расход воздуха, а значит, электроэнергии на обдув мембран;
- значительную площадь, необходимую для размещения мембранных модулей;
- быстрый выход мембран из строя из-за частых химических промывок, обусловленных особенностями их конструкции и применения;
- необходимость обслуживания мембран с применением большого количества ручного труда;
- реальную возможность многократного сокращения срока службы мембран в результате некачественных действий персонала.

Наряду с недостатками мембранам присущи и определенные достоинства:

¹Мембранные технологии для очистки сточных вод [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mosvodokanal.ru/forexperts/itc/embedded/8537> (11.02.2022).

– технология очистки дает возможность без отстаивания обеспечить высокое качество пермеата без доочистки;

– использование МБР дает возможность сократить общую площадь очистных сооружений на 20–50 %;

– в мембранных биореакторах не происходит выноса даже всплывшего ила с очищенной водой, так как частички ила в несколько раз больше размера фильтровальных пор;

– благодаря автоматизации существенно упрощается работа персонала, приводя к уменьшению его численности;

– использование мембран с размером пор 0,01–0,05 микрон полностью удаляет взвешенные вещества, некоторые макромолекулярные метаболиты, яйца паразитов, бактерии и некоторые вирусы. Такая очистка с последующим обеззараживанием ультрафиолетом дает возможность использовать очищенную сточную воду в не питьевых целях;

– увеличивается возраст активного ила до 15–20 суток;

– снижение влажности осадка после МБР уменьшает объем отводимого ила.

Кроме перечисленных преимуществ в применении мембранного биореактора для очистки любых сточных вод необходимо отметить следующее. После классического биореактора очищенная вода требует дополнительной фильтрации и обеззараживания. В настоящее время для обеззараживания очищенной сточной воды после классического биореактора используют добавление гипохлорита натрия или ультрафиолетовые лампы. Гипохлорит натрия вызывает необходимость использования сорбционных фильтров, а ультрафиолетовые лампы не дают необходимого эффекта обеззараживания. Мембранный биореактор решает данные проблемы с высокой степенью надежности [5, 6].

Применение современных мембранных технологий показывает, что энергопотребление на эксплуатацию мембранного блока – обдувку мембран и насосы откачки пермеата – составляет порядка 0,1 кВт·час/м³, что сопоставимо с энергозатратами на перекачивание возвратного активного ила из вторичных отстойников в аэротенки и на работу сооружений доочистки при эксплуатации классических технологий, состоящих из аэротенка, вторичного отстойника и сооружений доочистки (фильтрации) [7].

Применение мембранных биореакторов экономически оправдано при проектировании сооружений очистки высококонцентрированных сточных вод промышленных предприятий, для которых использование традиционных

аэротенков с вторичными отстойниками не гарантирует достижения требуемого качества на сбросе [8].

Результаты и их обсуждение

МБР в настоящее время являются наиболее активно развивающейся в мире технологией очистки и доочистки сточных вод. При этом около 80 % мембранных биореакторов для очистки городских сточных вод внедрены в странах Западной Европы и США, а также в Китае [7]. Нехватка водных ресурсов в странах Азии и Ближнего Востока и ужесточение нормативных требований к сточным водам, сбрасываемым в водные объекты Европы и Северной Америки, послужили ключевыми движущими силами в развитии технологии МБР, не считая уменьшения финансовых и эксплуатационных затрат.

Мембранные биологические реакторы получили определенное признание в мире, поскольку позволяют достигать стабильно высокого качества очистки, в том числе и от биогенных элементов, с одновременным сокращением объемов существующих сооружений.

При проектировании и эксплуатации нужно учитывать свойства мембран. К примеру, запрещено использовать открытые поверхности биореакторов (и прочих сооружений после сит) в районах со сменной сезонностью, т.к. продукты разложения опавшей с деревьев листвы могут засорить поверхность мембран. То же правило применимо и к тополиному пуху. Нужно предотвратить попадание любых включений, способных «армировать» фильтрующий слой мембраны. Принципиально обеспечить качественную биологическую очистку по БПК. Если показатель концентрации БПК₅ пермеата на выходе будет 15–20 мг/л, это приведет к постепенному образованию биопленки снаружи и внутри мембраны и к необходимости учащенных промывок. При соблюдении рекомендаций производителя по эксплуатации подтвержденный на объектах Европы срок использования мембран составляет около 10 лет [9–11]. Для сравнения ниже приведены несколько примеров применения МБР на действующих предприятиях по очистке сточных вод, расположенных на территории Германии, Италии и Швеции.

В небольшом городе Воффельсбах в Германии очистные сооружения (ОС) мощностью 1860 м³/сут работают по технологии мембранного биореактора уже с 2005 года. Очищенные стоки сбрасываются в озеро-водохранилище Рурзее – место отдыха, пользующееся спросом летом у жителей Германии. Отсутствие достаточных площадей и невозможность размещения станции очистки по классической

технологии стало основной причиной выбора мембранной технологии. Станцию обслуживают всего два человека. В зимние месяцы, когда температура приходящей на сооружения воды падает ночью до 1 °С, за счет снижения водопотребления и больших расстояний от населенных пунктов станция бесперебойно обеспечивает очистку сточных вод. Но есть и определенные трудности. Из-за загрязнения мембран химические промывки, вместо заявленного производителем раз в квартал, вынуждены проводить каждые 10–15 дней. По причине недостаточно эффективного удаления осадка возникают «застойные» зоны на поверхности мембраны, куда не проникают пузырьки воздуха и свежие порции воды. Осадок на ней фактически обезживается за счет постоянного оттока воды через мембрану и образует плотную корку. По этой причине один раз на станции пришлось очистить мембраны от осадка и загрязнений вручную. Поочередно мембранные блоки из реактора извлекались, и каждая секция с плоскими мембранами промывалась вручную струями воды. В дополнение на станции установлены две ступени механических решеток – крупные и мелкие с прозорами 0,3 и 0,5 мм соответственно для защиты мембранных модулей от различного сора и включений [12].

Следующий пример внедрения МБР в Германии – станция Нордканал, мощность которой составляет 24 тыс. м³/сут. На ней предусмотрена трехстадийная биологическая очистка, включающая зону денитрификации, смешанную и аэробную зоны с установленными в последней мембранными блоками, где и происходит нитрификация. Размер пор мембраны составляет 0,4 мкм, а рабочее давление – 0,1–0,5 атм. Концентрация активного ила обеспечивается на уровне 12–15 г/л. Также технологическая схема предусматривает решетки с прозором 5 мм, аэрируемую песколовку и сетки 0,5 мм [12]. Показатели очищенной воды и сравнение их с требованиями норм приведены в таблице.

Далее рассмотрим очистные сооружения Филоттрано в Италии, где очистку сточных вод выполняют на МБР. Очистные сооружения работают с конца 2016 года и рассчитаны на 11 тыс. жителей. Приток сточных вод варьируется от 500 до 2 340 м³/сут в зависимости от сезонности. Применение МБР обусловлено очень сжатыми площадными характеристиками места расположения ОС, ограниченного с одной стороны склоном к водоему, а с другой – проезжей частью. В погодных условиях данного района все сооружения расположены под

навесом. Очистка воды происходит следующим образом. Стоки, пройдя решетку, поступают в приемный резервуар канализационной насосной станции, подаются насосами на сооружения предварительной механической очистки и уже потом поступают в биореакторы. Проектом предусмотрены 2 независимые линии биологической очистки, каждая из которых состоит из 2-х биореакторов объемом по 125 м³ каждый и 2-х мембранных отделений объемом по 100 м³ каждое. В целом площадь использованных мембран составляет 9 240 м². Среднесуточная расчетная нагрузка на мембрану заложена около 10 л/м² в час, но может быть увеличена при росте притока в течение суток. Температура сточных вод в дождливые дни зимой в центральной Италии составляет менее 10 °С. Особенностью ОС является реализация нитри-денитрификации с чередованием по времени и в пространстве аэробных и анаэробных условий. Основной объем биореактора работает от 1 до 1,20 часа как денитрификатор и всего около четверти часа – как нитрификатор. Управление переменной аэрацией происходит автоматически. Контроль концентрации иловой смеси в биореакторах и в мембранном отделении осуществляется автоматически при помощи специальных датчиков, она составляет около 5,5 г/л и 8,5 г/л соответственно.

Дополнительное обеззараживание не предусматривается, т.к. после прохождения через мембраны оно считается в Италии достаточным. В производственном помещении расположены еще восемь роторных воздуходувок и система химической промывки мембран. На каждое из восьми аэрируемых отделений приходится своя воздуходувка, которая работает не постоянно. Промывку, в свою очередь, проводят раз в квартал либо по предусмотренному графику [13]. Фактические показатели воды и требования норм к очищенной воде приведены в таблице. Из показателей таблицы видно, что качество воды весьма высокое. В Стокгольме при расширении двух крупных очистных сооружений канализации (ОСК) *Henriksdal* и *Himmerfjärden* (Швеция) были применены мембранные биореакторы.

Реконструкция ОС была вызвана необходимостью достижения требований качества очищенной воды при увеличении притока более чем вдвое, прежде всего, в связи с выросшими объемами сточных вод. Две крупные очистные станции объединили в одну, которая располагается в центре и обслуживает 1,6 млн жителей.

Нормативные требования и фактическое качество очищенной воды
Regulatory requirements and actual treated water quality

Показатель	Требования, мг/л	Фактическое качество, мг/л	
		Филоттрано, Италия	Нордканал, Германия
БПК ₅	25	< 1	< 5
ХПК	125	< 10	< 25
Общий азот	10	< 5	0,1–2,0
Общий фосфор	1	< 0,05	< 0,5 мг/л

Канализационные очистные сооружения *Henriksdal* принимают сточные воды города Стокгольма и находятся в искусственной выемке в скале, возможности увеличения их площади нет. Единственным выходом стало повышение окислительной мощности сооружений, что и было реализовано с использованием технологии МБР с установкой мембранных модулей в ранее существовавших вторичных отстойниках. Общая площадь мембран составляет 1,6 млн м², что делает очистные сооружения *Henriksdal* одними из крупнейших в мире МБР. С учетом исходных данных и нормативов качества очищенного стока мощность ОСК *Henriksdal* нужно было увеличить более чем вдвое к 2040 году. Площадь, занимаемая реактором непосредственно с мембранами, значительно меньше, чем площадь, занимаемая вторичными отстойниками. Внедрение МБР в границах существующих очистных сооружений дает возможность обеспечить достаточную гидравлическую мощность и повысить окислительную способность по органике. На основании технико-экономического обоснования в январе 2015 г. был представлен комплексный концептуальный проект увеличения производительности очистных сооружений. Очистные сооружения *Himmerfjärden* расположены в 30 км к югу от Стокгольма. Подвергались модернизации в процессе эксплуатации несколько раз, с целью соблюдения новых нормативов добавлялись новые процессы. В результате получился сложный многоступенчатый процесс с использованием нескольких видов реагентов и высоким потреблением энергии. *Himmerfjärden* не имел таких пространственных ограничений, как *Henriksdal*. Побудительной причиной выбора технологии МБР явились еще более жесткие в перспективе нормативы качества очищенного стока, возможность использования существующей инфраструктуры, а также необходимость сокращения количества ступеней. Для *Himmerfjärden* планомерно построили новые емкости. Для равномерного распределения ила в мембранном биореакторе и исключения накопления осадка в

мембранных резервуарах расход возвратного активного ила (ВАИ) должен быть в 2–5 раз больше входящего потока, т.е. многократно больше, чем в традиционной системе с вторичными отстойниками. Кроме того, в противоположность традиционной системе, в возвратном активном иле имеет место высокая концентрация растворенного кислорода. Это происходит в результате воздушного обдува мембран, который проводится против засорения и обрастания.

Целью проекта модернизации *Himmerfjärden* было снижение общего расхода рециркуляции в МБР при увеличении до максимума окислительной мощности при высокой дозе ила в иловой смеси в биореакторах. Кроме того, во внимание было принято повышение нагрузки на конструкцию сооружений и механическое оборудование вследствие необходимости использования больших внутренних рециклов при использовании модифицированного процесса нитри-денитрификации Лудзака – Эттингера. По этой причине была выбрана оптимизированная конфигурация МБР, сочетающая преимущества процесса ступенчатой денитрификации с дробной подачей сточной воды с технологией мембранного биореактора. В процессе ступенчатой денитрификации с дробной подачей сточной воды исходная вода каскадно подается в биореактор, создавая градиент концентрации ила. Таким образом, средняя концентрация ила в реакторе в целом выше, чем в последней части каскада. На очистных сооружениях *Henriksdal* и *Himmerfjärden* применено первичное отстаивание, последующее процеживание на ступенчатых решетках и песколовки. Последней ступенью механической очистки является процеживание через мелкоячеистые сита для удаления волос и волокон, которые могут повредить мембраны [14]. Применение МБР-технологии обеспечивает на очистных сооружениях *Henriksdal* и *Himmerfjärden* практически полное удаление взвешенных веществ из сточных вод, что свидетельствует об эффективности процесса.

Заключение

Выводы:

1. Основное достоинство МБР – малогабаритность при высоком качестве очищаемой воды. Выведение ряда сооружений из состава очистных сооружений и компактная расстановка оборудования в установке МБР сокращает площадь, занимаемую непосредственно очистными сооружениями, на 20–50 %.

2. Интенсификация процесса биологической очистки и выведение из технологической схемы вторичного отстаивания, а также этапа доочистки сокращает площадь очистных сооружений в 1,5–2 раза. Очень часто этот фактор оказывается решающим при проектировании очистных сооружений в стесненных условиях городской застройки или на сложном рельефе местности.

3. Органические загрязнения, содержащиеся в сточных водах в виде коллоидов и

растворенных веществ, удаляются на 95–98 % сооружениями биологической очистки с мембранными биореакторами. Размер пор ультрафильтрационных мембран обеспечивает 100 % удаление взвешенных веществ и других загрязнений размером более 0,01–0,05 микрон, а также практически полное обеззараживание сточных вод за счет удаления бактерий и вирусов, что соответствует нормам сброса в водоем рыбохозяйственного назначения.

4. С точки зрения температурных и гидравлических условий рекомендуется применение МБР на промстоках, для которых температура существенно выше и, как правило, используется хорошее усреднение расхода.

5. Серьезные финансовые затраты на эксплуатацию мембранных биореакторов оправданы высоким качеством очистки сточных вод.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Новиков Г. А., Didrikh D. Новый класс мембранных биореакторов на основе модулей Альфа Лаваль // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2020. № 4. С. 36–46.
2. Кривень А. П. Реализация проектов с внедрением мембранных технологий для очистки сточных вод // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2014. № 1. С. 16–20.
3. Стрелков А. К., Базарова А. О. Анализ методов очистки масложировых компонентов сточных вод // Молодежь и наука: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. старшеклассников, студентов и аспирантов (Нижний Тагил, 29 мая 2020 г.). Нижний Тагил, 2020. С. 271–273.
4. Apel P. Yu, Velizarov S., Volkov A. V., Eliseeva T. V., Nikonenko VV, Parshina AV, et al. Fouling and Membrane Degradation in Electromembrane and Baromembrane Processes // Membranes and Membrane Technologies. 2022. Vol. 4. p. 69–92. <https://doi.org/10.1134/S2517751622020032>.
5. Тарди Г. М., Бакош В., Йоббаги А. Режимы и технологии биологической очистки сточных вод в Венгрии / пер. Ж. Н. Барановской, адапт. и коммент. Д. А. Даниловича // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2018. № 4. С. 53–62.
6. Гладкова Е. В., Демьянова Ю. В., Николаева А. М., Кутузов Д. К. Использование мембранного биореактора в очистке сточных вод // Вестник РГАЗУ. 2013. Ч. 2. С. 39–48.
7. Очистка сточных вод от биогенных элементов с помощью мембранных биореакторов

- [Электронный ресурс] // Вода Magazine. 2015. № 1 (89). URL: <https://watermagazine.ru/nauchnye-stati2/novye-stati/23744-ochistka-stochnykh-vod-ot-biogennykh-elementov-s-pomoshchyu-membrannykh-bioreaktorov.html> (11.02.2022).
8. Есин М. А., Ромашко А. В. Отечественный опыт реализации мембранных биореакторов по технологии «MY MBR» для очистки производственных сточных вод // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2017. № 6. С. 24–35.
 9. Мембранные биореакторы и тканевые фильтры: опыт применения // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2019. № 3. С. 60–61.
 10. Данилович Д. А. Развитие мембранных биореакторов для очистки сточных вод // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2017. № 6. С. 22–23.
 11. Грошиков М. А., Арменинов С. А., Тиханова Е. В. Очистка сточных вод с помощью мембранных биореакторов // Экология производства. 2014. № 4. С. 50–56.
 12. Андрианов А. Особенности и перспективы применения мембранных биореакторов для очистки сточных вод [Электронный ресурс] // Вода Magazine. 2012. № 6 (58). URL: <https://watermagazine.ru/analitika/obzori/24121-osobennosti-i-perspektivy-primeneniya-membrannykh-bioreaktorov-dlya-ochistki-stochnykh-vod.html> (11.02.2022).
 13. Данилович Д. А. Современные технологии очистки сточных вод в Италии: полезный опыт //

Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2019. № 3. С. 62–71.
14. Андерссон С., Эк П., Берг М., Грунденстам И., Линдблом Е. Расширение двух крупных очистных сооружений канализации в

Стокгольме с применением мембранных биореакторов / пер. Ж. Н. Барановской; науч. ред. Д. А. Даниловича, О. В. Харькиной // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2019. № 6. С. 52–62.

REFERENCES

1. Novikov GA, Didrikh D. A new class of membrane bioreactors based on Alfa Laval modules. *Nailuchshie dostupnye tekhnologii vodosnabzheniya i vodootvedeniya*. 2020;4:36-46. (In Russ.).
2. Kriven' AP. Implementation of projects with the introduction of membrane technologies for wastewater treatment. *Nailuchshie dostupnye tekhnologii vodosnabzheniya i vodootvedeniya*. 2014;1:16-20. (In Russ.).
3. Strelkov AK, Bazarova AO. Analysis of methods for treating oil and fat components of wastewater. *Molodezh' i nauka: mat-ly mezhdunar. nauch.-prakt. konf. starsheklassnikov, studentov i aspirantov* (Nizhnii Tagil, 29th May 2020). Nizhnii Tagil, 2020. p. 271-273. (In Russ.).
4. Apel PYu, Velizarov S, Volkov AV, Eliseeva TV, Nikonenko VV, Parshina AV, et al. Fouling and Membrane Degradation in Electromembrane and Baromembrane Processes. *Membranes and Membrane Technologies*. 2022;4:69-92. <https://doi.org/10.1134/S2517751622020032>.
5. Tardy GM, Bakos V, Jobbágy A. Conditions and technologies of biological wastewater treatment in Hungary. *Nailuchshie dostupnye tekhnologii vodosnabzheniya i vodootvedeniya*. 2018;4:53-62. (In Russ.).
6. Gladkova EV, Dem'yanova YuV, Nikolaeva AM, Kutuzov DK. Use of membrane bioreactor in wastewater treatment. *Vestnik RGAZU*. 2013;2:39-48. (In Russ.).
7. Wastewater treatment from biogenic elements using membrane bioreactors. *Voda Magazine*. 2015. № 1 (89). Available from: <https://watermagazine.ru/nauchnye-statii/novye-statii/23744-ochistka-stochnykh-vod-ot-biogennykh-elementov-s-pomoshchyu-membrannykh-bioreaktorov.html> [Accessed 11 February 2022]. (In Russ.).
8. Esin MA, Romashko AV. Domestic experience in the implementation of membrane bioreactors using the MY MBR technology for industrial wastewater treatment. *Nailuchshie dostupnye tekhnologii vodosnabzheniya i vodootvedeniya*. 2017;6:24-35. (In Russ.).
9. Membrane bioreactors and fabric filters: application experience. *Nailuchshie dostupnye tekhnologii vodosnabzheniya i vodootvedeniya*. 2019;3:60-61. (In Russ.).
10. Danilovich DA. Development of membrane bioreactors for wastewater treatment. *Nailuchshie dostupnye tekhnologii vodosnabzheniya i vodootvedeniya*. 2017;6:22-23. (In Russ.).
11. Groshikov MA, Armeninov SA, Tikhanova EV. Wastewater treatment with membrane bioreactors. *Ekologiya proizvodstva*. 2014;4:50-56. (In Russ.).
12. Andrianov A. Features and prospects for the use of membrane bioreactors for wastewater treatment. *Voda Magazine*. 2012. № 6 (58). Available from: <https://watermagazine.ru/analitika/obzori/24121-osobennosti-i-perspektivy-primeneniya-membrannykh-bioreaktorov-dlya-ochistki-stochnykh-vod.html> [Accessed 11 February 2022]. (In Russ.).
13. Danilovich DA. Modern wastewater treatment technologies in Italy: useful experience. *Nailuchshie dostupnye tekhnologii vodosnabzheniya i vodootvedeniya*. 2019;3:62-71. (In Russ.).
14. Andersson S., Ek P., Berg M., Grundestam J., Lindblom E. Extension of two large wastewater treatment plants in Stockholm using membrane technology. *Nailuchshie dostupnye tekhnologii vodosnabzheniya i vodootvedeniya*. 2019;6:52-62. (In Russ.).

Информация об авторах

М. Г. Трухина,

студент,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: marina-trukhina.83@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2897-8177>

Information about the authors

Marina G. Trukhina,

Student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: marina-trukhina.83@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2897-8177>

Н. Д. Пельменёва,
доцент, декан факультета среднего
профессионального образования,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
<https://orcid.org/0000-0001-5602-2426>

Natalia D. Pelmeneva,
Associate Professor, Dean of the Faculty
of Secondary Vocational Education,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
<https://orcid.org/0000-0001-5602-2426>

Вклад авторов

Трухина М. Г., Пельменёва Н. Д. имеют равные авторские права. Трухина М. Г. несет ответственность за плагиат.

Contribution of the authors

Trukhina M. G., Pelmeneva N. D. have equal author's rights. Trukhina M. G. bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 22.03.2022.
Одобрена после рецензирования 20.04.2022.
Принята к публикации 21.04.2022.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by the co-authors.

The article was submitted 22.03.2022.
Approved after reviewing 20.04.2022.
Accepted for publication 21.04.2022.



Обоснование области применения автомобильного транспорта в районных системах водоотведения

© Виктор Романович Чупин

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия,
chupinvr@ex.istu.edu

Аннотация. Цель – проведение исследования по определению границ использования автомобильного транспорта сточных вод, а также оценка возможности его применения в уже существующих, развивающихся и реконструируемых системах водоотведения. Автомобильный транспорт в виде ассенизаторных машин используется уже не один десяток лет для сбора и отвоза сточных вод из выгребных ям и септиков частных домостроений и отдельных предприятий. При этом всегда важно установить, в каких объемах и на какое расстояние экономически выгодно использовать автомобильный транспорт, а при каких условиях следует переходить на трубопроводный транспорт сточных вод в виде напорных и безнапорных трубопроводов. Такие вопросы часто возникают у разработчиков перспективных схем водоотведения малых населенных мест и отдаленных урбанизированных территорий. Проведенный анализ показал, что рекомендательные и законодательные основы решения этой проблемы отсутствуют, хотя автомобильные перевозки стоков с каждым годом увеличиваются, в том числе за счет роста индивидуального домостроения и потребностей в благоустройстве сельских населенных мест. В процессе исследования были получены зависимости стоимости жизненного цикла трубопроводной и автомобильной систем водоотведения от объемов сточной жидкости и дальности ее транспортирования. Наложение этих функций дает точки пересечения, указывающие на области применения автомобильного и трубопроводного транспорта сточных вод. Полученные области использования автомобильного транспорта по объемам и дальности перевозимых стоков зависят от местных условий строительства трубопроводов, сейсмической активности района, стоимости электроэнергии и экологических требований к сохранности окружающей среды. Эти области предлагается использовать при организации перевозок сточных вод, при организации и оптимизации районных систем водоотведения, а также в методах оптимизации проектных решений.

Ключевые слова: системы водоотведения, минимизация стоимости жизненного цикла, оптимизация районных систем водоотведения на основе автомобильного и трубопроводного транспорта

Для цитирования: Чупин В. Р. Обоснование области применения автомобильного транспорта в районных системах водоотведения // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 2. С. 232–239. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-232-239>.

Original article

Application of truck transport in district wastewater discharge systems

Viktor R. Chupin

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia, chupinvr@ex.istu.edu

Abstract. The possibility of applying wastewater truck transport in existing, developing and reconstructed wastewater discharge systems is considered. Truck transport in the form of wastewater vacuum trucks has been used for decades to collect and remove wastewaters from cesspools and septic tanks of private housing and individual enterprises. In this regard, the volumes and distances of economically profitable application of truck transport should be determined, along with the conditions for switching to pipeline wastewater transport in the form of pressure and non-pressure pipelines. Such questions often arise when developing prospective schemes of wastewater discharge in small populated or remote urbanized areas. The amount of truck transportation of wastewaters is increasing annually, largely due to intensification of individual housebuilding and the need to improve living conditions in rural populated areas. However, the conducted analysis showed the absence of a recommendatory and legislative basis for the stated problem to be solved. In the course of the study, the dependences of the life cycle cost of pipeline and truck discharge systems

on the volume of wastewaters and the distance of their transportation were obtained. An overlapping of these functions gives intersection points indicating the possibility of applying truck and pipeline wastewater transport in certain areas. According to the volumes and distances of wastewater transportation, the application areas of truck transport depend on the local conditions of pipeline construction, regional seismic activity, electric power cost and environmental requirements. These results can be used in wastewater logistics, organization and optimization of district wastewater discharge systems, as well as when developing methods for optimizing design solutions.

Keywords: sewerage systems, minimization of cycle life value, optimization of district sewerage systems based on road and pipeline transport

For citation: Chupin V. R. Application of truck transport in district wastewater discharge systems. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2022;12(2):232-239. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-232-239>.

Введение

Автомобильный транспорт в виде ассенизаторных машин используется уже не один десяток лет для сбора и отвоза сточных вод из выгребных ям и септиков частных домовладений и отдельных предприятий. При этом всегда важно определить, в каких объемах и на какое расстояние экономически выгодно использовать автомобильный транспорт, а при каких условиях следует переходить на трубопроводный транспорт сточных вод в виде напорных и безнапорных трубопроводов. Такие вопросы часто возникают у разработчиков перспективных схем водоотведения малых населенных мест и отдаленных урбанизированных территорий. Проведенный анализ показал, что рекомендательные и законодательные основы решения этой проблемы отсутствуют. При этом автомобильные перевозки стоков с каждым годом увеличиваются, в том числе за счет роста индивидуального домостроения и потребностей в благоустройстве сельских населенных мест. Назрела необходимость в проведении исследований по определению границ использования автомобильного транспорта сточных вод, а также оценке возможности его применения в уже существующих, развивающихся и реконструируемых трубопроводных системах водоотведения. Такие исследования необходимы для частных и муниципальных предприятий по перевозке сточных вод с целью их эффективной организации и разработки логистических схем размещения и покрытия обслуживаемой территории. При этом следует учитывать стремительный научно-технический прогресс в автомобилестроении и его интеллектуализации, переход на экологически чистый вид топлива: водород, электричество. В последние годы существенно вырос парк ассенизаторных машин с емкостями 30 м³ и более, имеющих автоматизированные системы наполнения и опорожнения, подогрева и перемешивания сточных вод. Поэтому сточные воды могут

транспортироваться на дальние расстояния в суровых климатических условиях и не требовать специального подогрева до 10 градусов. Разрабатываются новые конструкции емкостей ассенизаторных машин, которые будут иметь элементы очистных сооружений, что не потребует при сбросе стоков в сливные станции разбавления их питьевой водой (сейчас привозные стоки разбавляются практически один к одному). Для транспортировки питьевой воды абонентам и потребителям автомобильный транспорт используется временно, на период устранения крупных аварийных ситуаций в централизованной трубопроводной системе. Иногда подвоз питьевой воды осуществляется в отдельные населенные пункты, в которых нет источников питьевого водоснабжения. Для транспортирования сточных вод организуются районные системы водоотведения (РЦВ), которые предусматривают сооружения по сбору и доставке сточных вод трубопроводным и автомобильным транспортом от населенных пунктов, расположенных на урбанизированной территории, на общую станцию очистки сточных вод (КОС), с последующей их утилизацией и возможным повторным использованием для целей орошения, разбавления стоков, мытья машин и других целей.

Для большинства городов организована централизованная трубопроводная система канализации и КОС, а с близлежащих поселков и сел стоки доставляются ассенизаторными машинами непосредственно на КОС либо в сливные станции, расположенные по периметру города. Для национальных парков и особо охраняемых территорий организация РЦВ возможна с устройством общих КОС за границами этих территорий. При этом с охраняемых территорий стоки будут собираться и вывозиться автомобильным транспортом. Пути решения этой проблемы многообразны и заключаются в технико-экономической и экологической оценке различных вариантов транспортировки сточных вод за

пределы охраняемых территорий и последующей их очистке перед сбросом в водоемы, не исключая применения технологии выпаривания или организации централизованных систем транспорта сточных вод на КОС. Возможны и такие случаи, когда поселок имеет централизованную трубопроводную систему канализации, а КОС нет по причине отсутствия водоемов, куда можно было бы осуществлять сброс очищенных сточных вод (в настоящее время наше законодательство запрещает сбрасывать очищенные воды на поверхность земли). Возможны случаи, когда внутри населенного пункта может быть организован сбор сточных вод автомобильным транспортом на единую сливную станцию, оборудованную специальным накопительным резервуаром и насосной станцией (КНС). На основе КНС стоки могут перекачиваться на централизованные КОС, а могут и далее перевозиться автомобильным транспортом. Выбор той или иной схемы РСВ требует технико-экономических обоснований. При организации и проектировании таких РСВ важными и сложными являются вопросы обоснования трассировки напорных и безнапорных трубопроводов, выбора маршрутов для автомобильного транспорта и емкостей для перевозки сточной жидкости, выбора мест расположения и параметров КОС, включая вопросы утилизации и вторичного использования очищенных стоков и образующихся при этом осадков [1–6].

Методы

На основании проведенных исследований в работе в качестве критерия оптимизации структуры и параметров районных систем водоотведения принят критерий минимума стоимости их жизненного цикла (СЖЦ). Актуализирован и исследован критерий СЖЦ, определены области использования трубопроводного и автомобильного транспорта сточных вод в системах РСВ для различных регионов страны с учетом их сейсмического районирования, применения различных видов топлива, меняющихся удельных затрат электроэнергии и времени жизненного цикла.

СЖЦ объектов и сооружений районных систем водоотведения можно представить в виде [7, 8]:

$$\text{СЖЦ} = R_1^0 \cdot T_1^0 \cdot \sum_{i=1}^n K_i^y \cdot KP_i^y + R_2^0 \cdot T_2^0 \cdot \sum_{i=1}^n (C_i^{\text{экс}} + C_i^{\text{абр}}) + C_d^y, \quad (1)$$

$$\text{где } R_1^0 = \sum_{t=t_1}^T \left(\frac{1}{(1+r)^t} \right), \quad R_2^0 = \sum_{t=t_2}^T \left(\frac{1}{(1+r)^t} \right), \quad (2)$$

R_1^0, R_2^0 – коэффициенты дисконтирования капиталовложений и эксплуатационных затрат; T_1^0 – срок службы основного фонда систем водоотведения; n – количество расчетных участков

системы водоотведения ($i = 1, \dots, n$); K_i^y – капиталовложения в объекты водоотведения по периодам строительства, капитального ремонта и реконструкции, начиная с момента времени t_1 , тыс. руб.; KP_i^y – коэффициент кратности капиталовложений, равный отношению расчетного срока службы системы к сроку службы конкретного элемента системы, чей срок службы меньше расчетного (например, при жизненном цикле 50 лет и сроке службы автомобиля 8 лет его придется менять 6,26 раз); T_2^0 – интервал времени в годах, на котором определяются эксплуатационные затраты; $C_i^{\text{экс}}$ – ежегодные эксплуатационные затраты по трубопроводам, насосным станциям и другим сооружениям, начиная с периода времени t_2 , когда системы начинают функционировать, тыс. руб.; $C_i^{\text{абр}}$ – затраты на ликвидацию аварийных ситуаций по каждому расчетному участку системы водоотведения, тыс. руб.; C_d^y – затраты на разборку и утилизацию отслужившего свой срок оборудования, тыс. руб.; r – норма дисконта – величина ставки рефинансирования ЦБ РФ.

В работе были использованы нормативные данные, представленные в НЦС-81-02-14-2020 и НЦС-81-02-19-2020. Годовые эксплуатационные затраты $C_2^{\text{экс}}$ (тыс. руб./год) рассчитаны на основе «Рекомендаций по нормированию труда работников водопроводно-канализационного хозяйства» от 15.06.2020 №316/пр. и согласно Приказу Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 23 марта 2020 г. № 154/пр «Об утверждении Типовых отраслевых норм численности работников водопроводно-канализационного хозяйства». На основании вышеуказанных документов получены функции стоимости жизненных циклов трубопроводных и автомобильных систем водоотведения как функции от объемов транспортируемых стоков, дальности их транспортирования. В итоге путем наложения графиков функции стоимости жизненного цикла для трубопроводного и автомобильного транспорта определяются точки их пересечения. Область по значению расходов сточной жидкости до точек пересечения относится к использованию автомобильного транспорта. Для напорных трубопроводов из труб марки ПЭ 100 SDR 17 зависимость капиталовложений от расхода транспортируемых сточных вод можно представить в следующем образом:

$$K_i^y = (28126.1 \cdot \frac{x_i}{n} \cdot v_i^{-1} - 3054 \cdot (\frac{x_i}{n})^{0.5} \cdot v_i^{-0.5} + 5147.3) \cdot L_i, \quad (3)$$

где x_i – расход транспортируемых стоков, м³/с; n – количество параллельных ниток трубопроводов; L – длина трубопровода, км; v – скорость

движения сточных вод в трубопроводе. Оптимальная скорость v вычисляется по формуле (смотри [1]):

$$v_i = \frac{4.5 \cdot x_i^{0.477}}{z^{0.287} \cdot T^{0.14}}, \text{ м/с.} \quad (4)$$

Годовые эксплуатационные затраты в тыс. руб. в год:

$$C_i^{\text{ЭК}} = 0.116 \cdot K_i^y + C_{\text{элк}} + 144 \cdot L_i^{0.83} \cdot 3П_{\text{ср}}, \quad (5)$$

где затраты электроэнергии на перекачку сточной жидкости определяются по формуле:

$$C_{\text{элк}} = 108 \cdot z \cdot (0.05 \cdot L_i \cdot \left(\frac{x_i}{n}\right)^{-0.631} \cdot v_i^{2.387} + x_i), \quad (6)$$

здесь z – стоимость 1 кВт электроэнергии, руб.; $3П_{\text{ср}}$ – средняя заработная плата, тыс. руб.

Для насосных станций:

$$K_i^y = 1211.4 \cdot x_i + 18789, \quad (7)$$

$$C_i^{\text{ЭК}} = 0.116 \cdot K_i^y + (0.02 \cdot x_i + 73.2) \cdot 3П_{\text{ср}}. \quad (8)$$

Капиталовложения и эксплуатационные затраты для ассенизаторного транспорта сточных вод в системах РСВ определяются согласно¹ [9], и их можно также представить как функцию от расхода x_i транспортируемых стоков и длины маршрута:

$$K_i^y = \frac{0.3 \cdot x_i \cdot (50 + 2 \cdot L_i) \cdot (C_i^{\text{авт}} + C_i^{\text{гар}})}{V_i^{\text{авт}} \cdot C_i^{\text{см}}}, \quad (9)$$

где K_i^y – единовременные капиталовложения в организацию автомобильного транспорта, тыс. руб.; x_i – объемы транспортируемых сточных вод, л/с; L_i – длина маршрута, км; $C_i^{\text{авт}}$ – стоимость одного автомобиля, тыс. руб.; $C_i^{\text{гар}}$ – стоимость гаражей в расчете на один автомобиль, тыс. руб.; $V_i^{\text{авт}}$ – объем автоцистерны, м³; $C_i^{\text{см}}$ – количество смен работы автотранспорта в сутках (1, 2, 3).

Годовые эксплуатационные затраты на автомобильный транспорт:

$$C_i^{\text{ЭК}} = 3_{\text{топливо}} + 3_{\text{авт}} + A_{\text{авт}} + P_{\text{авт}} + 3_{\text{зап}} + 5.1 \cdot x_i. \quad (10)$$

Затраты на топливо, тыс. руб. в год:

$$3_{\text{топливо}} = \frac{20 \cdot x_i \cdot L_i \cdot C_{\text{литр}}}{V_i^{\text{авт}}},$$

где $C_{\text{литр}}$ – стоимость одного литра топлива, руб.

Зарплата, тыс. руб.:

$$3_{\text{авт}} = \frac{3.6 \cdot x_i \cdot (50 + 2 \cdot L_i) \cdot 3_i}{V_i^{\text{авт}}},$$

где 3_i – средняя месячная заработная плата по предприятию, тыс. руб.

Амортизация, тыс. руб. в год:

$$A_{\text{авт}} = \frac{K_{\text{авт}}}{8}, \text{ где } K_{\text{авт}} = \frac{0.3 \cdot x_i \cdot (50 + 2 \cdot L_i) \cdot C_i^{\text{авт}}}{V_i^{\text{авт}} \cdot C_i^{\text{см}}}.$$

Ремонтный фонд: $P_{\text{рем}} = 0.055 \cdot K_{\text{рем}}$; запча-

сти: $3_{\text{зап}} = \frac{555 \cdot x_i \cdot L_i}{V_i^{\text{авт}}}.$

Полученные зависимости стоимости жизненного цикла (1)–(10) для трубопроводных систем и автомобильного транспорта могут быть представлены графически для различных расходов и расстояний транспортировки стоков сточных вод (рисунок). Как видно из рисунка, функции СЖЦ автомобильного транспорта сточных вод на разные расстояния имеют точки пересечения с затратами жизненного цикла трубопроводного транспорта. Следовательно, до точек пересечения и соответствующих им значениям объемов стоков всегда будет экономически выгодным использовать автомобильный транспорт, а для больших объемов стоков – трубопроводный транспорт. В табл. 1 приведены области использования автомобильного транспорта для сейсмических районов г. Иркутска, строительство трубопроводов в которых требует дополнительных финансовых затрат. Для населенных мест Иркутской области и оз. Байкал экономически выгодно транспортировать сточные воды автомобильным транспортом с объемами до величин 1290–1900 м³/сут в зависимости от дальности транспортировки стоков.

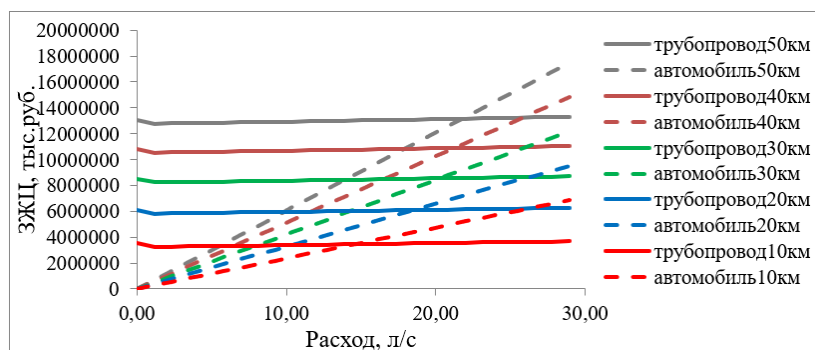
Результаты и их обсуждение

Такие диапазоны использования автомобильного транспорта не сложно получить для различных климатических и экономических условий, рельефа местности и других особенностей регионов нашей страны. Например, для Якутии, где стоимость электроэнергии – 6 руб./кВт, диапазоны применения автомобильного транспорта увеличиваются по сравнению с Иркутской областью до величин 2000–3500 м³/сут. Для сейсмических районов границы применения автомобильного транспорта расширяются на 25–30 % за счет удорожания мероприятий по повышению надежности трубопроводной системы. Автомобильный транспорт с точки зрения экологии наносит наибольший ущерб природе и среде обитания человека. Представленные в литературе исследования и разработанные методические указания позволили на основе экспертных оценок рассчитать экологический ущерб в виде денежных затрат, и этот ущерб учтен при формировании табл. 1.

Переход на использование газа в автомобилях уменьшает эти затраты всего на 1 %. Переход на электромобили делает автотранспорт экологически чистым. Переход на автопилотный автотранспорт увеличивает область использования автотранспорта сточных вод на 80 %.

¹Лавриков И. Н., Пеньшин Н. В. Экономика автомобильного транспорта: учеб. пособ. Тамбов: ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. 116 с.;

Туревский И. С. Экономика отрасли (автомобильный транспорт): учеб. пособ. М.: ИД «ФОРУМ», 2011. 287 с.



Совместные функции стоимости жизненного цикла транспортировки сточных вод автомобильным и трубопроводным транспортом
Joint cost functions of the life cycle of wastewater transportation by road and pipeline transport

Полученные формулы и диапазоны использования автомобильного транспорта при транспортировании сточных вод в РСВ имеют самостоятельное значение и могут использоваться при оценке и организации перевозок сточных вод, при проектировании, реконструкции и развитии РСВ. На основе полученных диапазонов использования автомобильного транспорта

разработана новая методика оптимизации и консервации объектов водоотведения РСВ [10, 11], которая реализована в программном комплексе², который позволил решить задачу оптимизации сбора, транспортировки, очистки и утилизации сточных вод в центральной экологической зоне оз. Байкал Иркутской области.

Таблица 1. Области применения автомобильного транспорта (для г. Иркутска)
Table 1. Areas of application of road transport (for the city of Irkutsk)

Протя- жен- ность, L, км	Максимальные значения расходов, перевозимых автомобильным транспортом, м ³ /сут			
	Напорная канализация		Безнапорная канализация	
	Для сейсмически опасных районов	Для сейсмически безопасных районов	Для сейсмически безопасных районов	Для сейсмически опасных районов
10	1253	1339	847	735
20	1379	1594	993	798
30	1561	1642	1068	887
40	1710	1748	1156	992
50	1875	1987	1236	1046

При обосновании схемы и параметров сооружений районных систем водоотведения возникает проблема выбора удельных значений водоотведения, которые принимаются на основе удельных значений водопотребления.

В редакциях СП 31.13330.2012, СП 32.1330.2012 удельная норма водопотребления была обозначена на уровне 195–220 л/чел. в сутки. В последнем действующем СП 31.13330.2021 она уже составляет 165–185 л/чел. в сутки. Для выбора из указанных в СП значений удельного водопотребления в расчетах РСВ предлагается следующий подход. Исследуется весь интервал удельных

значений и, с учетом фактического значения удельного водопотребления для населенного пункта, определяется функция принадлежности³, которая выступает как мера предпочтения того или иного расхода. Далее строится «матрица рисков» и выбирается предпочтительный вариант (расход) [12]. Проведем обоснование параметров самотечного коллектора длиной 1 км с уклоном 0,019, по которому стоки будут отводиться от вновь строящегося района на 100 тыс. чел. В 2022 г в г. Иркутске удельное водопотребление составило 170 л/чел. в сутки. Согласно СП 31.13330.2021, для данного примера интервал расчетных расходов будет

²Свидетельство о государственной регистрации программы на ЭВМ №2021616739 от 26 апреля 2021 г. / Чупин Р. В., Мороз М. В., Мелехов Е. С.

³Ухоботов В. И. Избранные главы теории нечетных множеств: учеб. пособ. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2011. 245 с.;

Добронец Б. С. Интервальная математика: учеб. пособ. Красноярск: СФУ, 2007. 287 с.

следующим: 0,19–0,21 м³/с. Учитывая значение удельного фактического водопотребления 0,17 м³/сут, потребность в воде проектируемого района составит 0,2 м³/с. Функцию принадлежности представим в треугольной форме и запишем ее в следующем виде:

$$Q = (0,19|0,01; 0,195|0,5; 0,2|1,0; 0,205|0,5; 0,21|0,01). \quad (11)$$

Для каждого значения расходов определим диаметры коллекторов, а на основании (1)–(2) вычислим стоимость жизненного цикла. С учетом значений функции принадлежности (11) составим табл. 2, в которой предпочтительным является расход 0,2 м³/с.

Таблица 2. Выбор предпочтительного варианта строительства на основании функции принадлежности

Table 2. Selection of the preferred construction option based on the membership function

Расход, м³/с	Диаметр, мм	СЖЦ, млн руб.	Функция принадлежности $M_a(x)$	СЖЦ, млн руб., с учетом $M_a(x)$	Вариант предпочтения
0,19	386	102,19	0,01	1.02	4
0,195	390	102,61	0,5	51.3	2
0,200	394	103,04	1,0	103,04	1
0,205	398	103,48	0,5	51.9	3
0,210	401	103,81	0,01	1.03	5

Однако прежде, чем принять решение, требуется оценить последствия от появления всех других расходов сточных вод. Для этого предлагается использовать матрицу рисков, которую в первую очередь построим относительно возможных наполнений сточной воды в коллекторе. Для рассматриваемого примера эта матрица представлена в табл. 3. В этой матрице в первой строке и первом столбце приведены значения исследуемых расчетных расходов. На диагонали расположены расчетные значения наполнения (равные 0,7), что означает совпадения принятого значения расходов с теми, которые будут после реализации проекта (вариант 100 % совпадения). Величины справа от диагонали обозначают значения рисков от того, что фактическое значение расходов после реализации проекта будет больше их значений, выбранных перед реализацией проекта.

Например, выбрали расход 0,19 м³/с (см. строка 1 табл. 3) и построили коллектор с $d = 360$ мм, а на момент завершения строительства расход оказался 0,195 м³/с, т.е. на 0,005 м³/с больше. Для диаметра $d = 360$ мм при

расходе 0,195 м³/с наполнение уже будет 0,71, для расхода 0,2 м³/с – 0,72, а для расхода 0,21 м³/с – 0,74. По аналогии для расхода 0,195 м³/с составлена вторая строка матрицы в табл. 3. и др. Слева от диагонали в матрице будут располагаться значения рисков, связанные с завышением расходов и соответствующих значений диаметров трубопроводов. Например, выбрали расход 0,195 м³/с и построили трубопровод диаметром 390 мм, а расход оказался равным 0,19 м³/с, следовательно, наполнение будет 0,67. Если выбрали расход 0,21 м³/с и построили трубопровод диаметром 401 мм, а оказался расход 0,19 м³/с, то наполнение будет 0,62, и т.д. В итоге, как видно из матрицы (табл. 3), для всех исходов, какой бы расход мы не выбрали, наполнение в трубопроводе будет в пределах допустимых значений от 0,6 до 0,8. Следовательно, дорогостоящих реконструкций не потребуются, а предпочтительным будет расход и диаметр с наименьшей стоимостью жизненного цикла (см. последний столбец матрицы в табл. 3), т.е. 0,19 м³/с.

Таблица 3. Матрица рисков в отношении наполнения трубопроводов

Table 3. Risk matrix for filling pipelines

Расход, м³/с	0,19	0,195	0,2	0,205	0,21	СЖЦ, тыс. руб.
0,19	0,7	0,71	0,72	0,73	0,74	102,19
0,195	0,67	0,7	0,71	0,72	0,73	102,61
0,2	0,65	0,67	0,7	0,71	0,72	103,04
0,205	0,63	0,65	0,67	0,7	0,71	103,48
0,21	0,62	0,64	0,65	0,67	0,7	103,81

Следует отметить, что проведенные численные эксперименты и исследования диапазона удельных нагрузок, предлагаемых СП 31.13330.2021 от 165–180 л/чел. в сутки, на различных примерах безнапорной канализации, рассчитанной на теоретические значения диаметров, показали, что наполнение трубопроводов при любых исходах будет в пределах допустимых норм.

Следовательно, предпочтительной удельной нагрузкой будет 165 л/чел. в сутки.

Заключение

Таким образом, можно заключить, что:

1. Обоснование параметров районных систем водоотведения следует проводить на основании стоимости их жизненного цикла.

2. Применение автомобильного транспорта сточных вод зависит от дальности и объемов перевозимых стоков.

3. Показано, что с увеличением стоимости электроэнергии и с учетом сейсмического районирования территории область использования автомобильного транспорта расширяется.

4. На основании численных экспериментов показано, что для расчета самотечных коллекторов транспорта сточных вод следует принимать минимальные из возможных удельные значения водопотребления.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Xu C., Goulter C. Reliability-based optimal design of water distribution networks // *Journal of Water Resources Planning and Management*. 1999. Vol. 125 (6). p. 352-362.
2. Savic D. A., Walters G. A. Genetic Algorithms for the Least-cost Design of Water Distribution Networks // *ASCE Journal of Water Resources Planning and Management*. 1997. Vol. 123, № 2. p. 67-77.
3. Alperovits E., Shamir U. Design of optimal water distribution systems // *Water Resour. Res.* 1977. Vol. 13 (6). p. 885-900. <https://doi.org/10.1029/WR013i006p00885>.
4. Babayan A., Kapelan Z., Savic D., Walters G. Least-Cost Design of Water Distribution Networks under Demand Uncertainty // *J. Water Resour. Plann. Management*. 2005. Vol. 131 (5). p. 375-382.
5. Costa A. L. H., de Medeiros J. L., Pessoa F. L. P. Global optimization of water distribution networks through a reduced space branch-and-bound search // *Water Resour. Res.* 2001. Vol. 37 (4). p. 1083-1090. <https://doi.org/10.1029/2000WR900267>.
6. Dandy G. K., Simpson A. R., Murphy L. J. A review of pipe network optimisation techniques // *Watercomp: 2nd Australasian Conference on Computing for the Water Industry Today and Tomorrow* (Melbourne, Australia, 30 Mar – 1 Apr 1993). Melbourne, 1993. pp. 373-383.
7. Чупин Р. В., Мороз М. В., Бобер В. А. Обоснование диаметров трубопроводов систем водо-

- снабжения и водоотведения на основе минимизации затрат их жизненного цикла // *Водоснабжение и санитарная техника*. 2022. № 4. С. 52–58. <https://doi.org/10.35776/VST.2022.04.07>.
8. Чупин В. Р. Современное состояние и проблемы питьевого водоснабжения г. Иркутска и Иркутской области // *Водоснабжение и санитарная техника*. 2017. № 11. С. 18–25.
 9. Чупин Р. В., Мороз М. В. Применение автомобильного транспорта в системах группового водоснабжения и водоотведения // *Водоснабжение и санитарная техника*. 2021. № 5. С. 57–64. <https://doi.org/10.35776/VST.2021.05.07>.
 10. Чупин В. Р., Мороз М. В. Метод поиска максимального потока минимальной стоимости в задачах обоснования структуры и параметров систем группового водоснабжения и водоотведения // *Известия вузов: Строительство*. 2020. № 11 (743). С. 63–74. <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2020-743-11-63-74>.
 11. Мороз М. В. Методика избыточных проектных схем и метод поконтурной минимизации систем группового водоснабжения и водоотведения // *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2021. Т. 11. № 1. С. 60–73. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-1-60-73>.
 12. Чупин Р. В., Примин О. Г. Обоснование параметров систем водоотведения в условиях неопределенности перспективного потребления воды и сброса стоков // *Водоснабжение и санитарная техника*. 2017. № 11. С. 36–45.

REFERENCES

1. Xu C, Goulter C. Reliability-based optimal design of water distribution networks. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 1999;125(6):352-362.

2. Savic DA, Walters GA. Genetic Algorithms for the Least-cost Design of Water Distribution Networks. *ASCE Journal of Water Resources Planning and Management*. 1997;123(2):67-77.

3. Alperovits E, Shamir U. Design of optimal water distribution systems. *Water Resour. Res.* 1977;13(6):885-900. <https://doi.org/10.1029/WR013i006p00885>.
4. Babayan A, Kapelan Z, Savic D, Walters G. Least-Cost Design of Water Distribution Networks under Demand Uncertainty. *J. Water Resour. Plann. Management.* 2005;131(5):375-382.
5. Costa ALH, de Medeiros JL, Pessoa FLP. Global optimization of water distribution networks through a reduced space branch-and-bound search. *Water Resour. Res.* 2001;37(4):1083-1090. <https://doi.org/10.1029/2000WR900267>.
6. Dandy GK, Simpson AR, Murphy LJ. A review of pipe network optimisation techniques. *Watercomp: 2nd Australasian Conference on Computing for the Water Industry Today and Tomorrow* (Melbourne, Australia, 30 Mar – 1 Apr 1993). Melbourne, 1993. pp. 373-383.
7. Chupin RV, Moroz MV, Bober VA. Substantiation of the diameters of pipelines of water supply and wastewater disposal systems based on minimizing the costs of their life cycle. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika = Water supply and sanitary technique.* 2022;4:52-58. (In Russ.).
8. Chupin VR. The current state and problems of the public water supply system of the city of Irkutsk and Irkutsk area. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya*

- tekhnika = Water supply and sanitary technique.* 2017;11:18-25. (In Russ.).
9. Chupin RV, Moroz MV. The use of road transport in the systems of group water supply and wastewater disposal. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika = Water supply and sanitary technique.* 2021;5:57-64. (In Russ.). <https://doi.org/10.35776/VST.2021.05.07>.
10. Chupin VR, Moroz MV. Method for finding the maximum flow of the minimum cost in the problems of substantiating the structure and parameters of group water supply and sanitation systems. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo.* 2020;11(743):63-74. (In Russ.). <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2020-743-11-63-74>.
11. Moroz MV. The method of redundant design schemes and the method of contour minimization of group water supply and sewerage systems. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'.* 2021;11(1):60-73. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-1-60-73>.
12. Chupin RV, Primin OG. Substantiation of the wastewater disposal system parameters in the context of projected water consumption and wastewater discharge uncertainty. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika = Water supply and sanitary technique.* 2017;11:36-45. (In Russ.).

Информация об авторе

В. Р. Чупин,

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой городского
строительства и хозяйства,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: chupinrv@ex.istu.edu
<https://orcid.org/0000-0001-5460-4780>

Information about the author

Victor R. Chupin,

Dr. Sci. (Eng.), Professor,
Head of the Department of Urban Construction
and Economy,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: chupinrv@istu.edu
<https://orcid.org/0000-0001-5460-4780>

Вклад автора

Чупин В. Р. провел исследование, подготовил
рукопись к печати и несет ответственность за
плагиат.

Contribution of the author

Chupin V. R. has conducted the study, prepared the
manuscript for publication and bears the
responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта
интересов.

Conflict of interests

The author declares no conflict of interests
regarding the publication of this article.

Автор прочитал и одобрил окончательный
вариант рукописи.

The final manuscript has been read and
approved by the author.

Статья поступила в редакцию 25.03.2022.
Одобрена после рецензирования 19.04.2022.
Принята к публикации 22.04.2022.

The article was submitted 25.03.2022.
Approved after reviewing 19.04.2022.
Accepted for publication 22.04.2022.



Эффективность работы водозаборных сооружений населенных мест Прибайкалья

© Роман Викторович Чупин, Виктор Анатольевич Бобер

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Чупин Роман Викторович, ch-r-v@mail.ru

Аннотация. Население Прибайкалья (неофициальное название Иркутской области) составляет 2,36 млн чел., в основном проживающих в акватории р. Ангара. Поэтому 91 % всех водозаборов относятся к поверхностным берегового, руслового и ковшового типа. Со строительством каскада гидроэлектростанций на р. Ангара (1961 г.) оз. Байкал и Иркутское водохранилище стали единым искусственным резервуаром, уровень в котором зависит от естественных процессов приточности воды в оз. Байкал, а также деятельности энергетики и водного транспорта. Поэтому уровень воды колеблется в значительных диапазонах. Так, в оз. Байкал в многолетнем разрезе изменение уровня воды составляет 2 м, в Братском водохранилище уровень воды изменяется в пределах 10 м. Целью исследования является анализ влияния изменения уровня воды в оз. Байкал на эффективность работы всех водозаборов р. Ангара. На основании расчетов и экспедиционных исследований показано, что при повышении уровня воды в водоемах ухудшается ее качество и требуется ее очистка. При уменьшении уровня падает производительность водозаборов и необходима замена насосного оборудования. Проведенный анализ работы поверхностных водозаборов в населенных местах Прибайкалья показал, что их эффективную работу при существующих конструкциях и значительных изменениях уровня воды в оз. Байкал и на реке Ангара организовать не представляется возможным. Необходимо переходить на подземные источники водоснабжения. Возможны конструкции понтонных водозаборов либо организация береговых сооружений, работающих на всем диапазоне колебаний уровней воды в водоеме.

Ключевые слова: системы водоснабжения, поверхностные водозаборы, эффективность работы водозаборов при значительных колебаниях уровня воды в водоемах

Для цитирования: Чупин Р. В., Бобер В. А. Эффективность работы водозаборных сооружений населенных мест Прибайкалья // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 2. С. 240–247. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-240-247>.

Original article

Efficiency of water intake facilities in populated areas of the Baikal region

Roman V. Chupin, Viktor A. Bober

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Corresponding author: Roman V. Chupin, ch-r-v@mail.ru

Abstract. The population of the Baikal region (unofficial name of the Irkutsk region) amounts to 2.36 million people, mainly residing in the Angara River area. Therefore, 91% of all water intake facilities belong the surface shore, river or reservoir types. With the construction of a chain of hydroelectric power plants at the Angara River in 1961, Lake Baikal and the Irkutsk reservoir have become the only artificial reservoir, whose water level depends on the natural inflow into the lake, as well as energy and water transport activities. As a result, the perennial water level in Lake Baikal and the Bratsk reservoir varies across a wide range, about 2 and 10 m, respectively. In this study, the effect of variations in the water level in Lake Baikal on the efficiency of all water intake facilities of the Angara River is addressed. The conducted calculations and field studies showed that an increase in the water level in water bodies leads to a decreased water quality, requiring its further purification. When the water level decreases, the performance of water intake facilities decreases, requiring replacement of the pumping equipment. An analysis of the surface water intake facilities in the populated areas of the Baikal region showed

that the efficient operation of the existing structures is unachievable under significant variations in the water level in Lake Baikal and the Angara River. It is recommended to use underground water sources. Floating water intake or shore structures operating over the entire range of varying water levels in the water body may be also used.

Keywords: water supply systems, surface water intakes, efficiency of water intakes with significant fluctuations in water levels in reservoirs

For citation: Chupin R. V., Bober V. A. Efficiency of water intake facilities in populated areas of the Baikal region. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2022;12(2):240-247. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-240-247>.

Введение

С вводом в эксплуатацию Иркутской ГЭС оз. Байкал стало частью Иркутского водохранилища, образовав с ним единый искусственный водоем для регулирования и решения вопросов энергетики, водного транспорта и других водохозяйственных задач сибирского региона и страны в целом. После строительства каскада ГЭС на Ангаре уровень воды в оз. Байкал поднялся практически на один метр. Среднегодовые изменения уровня Байкала в естественном режиме составляли 85 см, после зарегулирования – 87 см. Многолетняя амплитуда колебания уровня воды за 123 года непрерывных наблюдений, с 1898 по 2021 гг., составила 200 см. Минимальный уровень воды в Байкале был зафиксирован в 1904 г. – 454,93 м, максимальный в 1869 г. – 557,10 м [1–3].

В 1988 году были разработаны Основные правила использования водных ресурсов водохранилищ Ангарского каскада ГЭС (Иркутского, Братского и Усть-Илимского) (ПИВР-1988) [4–7], которые на сегодняшний день являются действующим нормативным и правовым документом для регулирования режимов работы каскада ГЭС, в том числе Иркутской ГЭС, и уровня озера Байкал. Режимы расходов, пропускаемых через ИГЭС, определены для всего проектного диапазона уровней, начиная с мертвого объема (УМО – 455,54 м ТО (Тихоокеанская система высот)) и до нормального подпорного уровня (НПУ – 457,00 м ТО) и форсированного подпорного уровня (ФПУ – 457,86 м ТО). В зависимости от указанных диапазонов уровней оз. Байкал и производных от них уровней Иркутского и Братского водохранилищ, должна быть выстроена вся хозяйственная деятельность прилегающих территорий, в том числе запроектированы новые, реконструированы существующие водозаборы и организована эффективная их

эксплуатация. Однако, как показали проведенные исследования и экспедиционные обследования, не на всех водозаборах соблюдены эти требования и, как следствие, многие из них в маловодные года осушаются либо работают на грани срыва [8].

В центральной экологической зоне природной территории оз. Байкал в границах территории Иркутской области проживает 53 745 человек в 71 населенном пункте и на 350 туристических базах вместимостью 10 тыс. чел.

Централизованные системы водоснабжения имеются в гг. Байкальск, Слюдянка и п. Листвянка. Непосредственный водозабор воды из оз. Байкал осуществляется только в Листвянке. В гг. Байкальск и Слюдянка, наряду с поверхностными, организованы подземные водозаборы. В других населенных пунктах водозаборы преимущественно осуществляется из неглубоких скважин и колодцев, принадлежащих частным постройкам и туристическим базам. В летний период во многих поселках и садоводствах организован летний водопровод непосредственно из оз. Байкал [9, 10]. В табл. 1 представлены основные характеристики систем водоснабжения этих населенных пунктов. В столбце 2 приведена численность населения и вместимость туристических баз, в столбцах 6 и 7 указаны минимальные и максимальные геодезические отметки населенных пунктов, а в столбцах 8 и 9 – минимальные уровни воды в оз. Байкал, соответствующие близким к уровням мертвого объема озера, и максимальные уровни, соответствующие работе Иркутской ГЭС. Следует отметить, что в населенных пунктах, расположенных на берегу оз. Байкал и на побережье Иркутского водохранилища, в основном организованы подземные источники водоснабжения, за исключением п. Листвянка, где имеются два водозабора общей производительностью 689,4 м³/сут непосредственно из оз. Байкал.

Таблица 1. Характеристика водоснабжения населенных пунктов, расположенных на побережье оз. Байкал, в верхнем и нижнем бьефах Иркутской ГЭС, Братском водохранилище
Table 1. Characteristics of water supply of settlements located on the coast of the lake Baikal, in the upper and lower reaches of the Irkutsk hydroelectric power station, Bratsk reservoir

Зоны	Численность жителей насел. пунктов/ турбаз/садовых участков	Потребление воды, м³/сут	Тип водозабора	Отметки водозабора	Min отмет. земли	Max отмет. земли	Min уровень воды (БС*)	Max уровень воды (БС)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Побережье Байкала, 38 населенных пунктов	44034/13464	17836,0	Подземный	460,0 500,0	456,0	510,0	455,48	457,5
Побережье Иркутского водохранилища, 24 нас. пункта	5906/18600	1282,4	Подземный	465,0 490,0	456,0	475,0	455,59	456,1
Иркутск, Ангарск, Усолье-Сибирское, Свирск и 10 поселков	991320	455754,0	Поверхностный	410,0 433,0	425,0	510,0	424,52	431,51
Побережье Братского водохранилища, 38 нас. пунктов	350800	37076,0	Поверхностный	391,5	402,0	505,0	393,73	401,79

*БС – Балтийская система высот.

В г. Байкальск три подземных источника воды (14 скважин глубиной от 70–100 м), основной из которых расположен на отметке 500,0 м в верховье р. Солзан. В г. Слюдянка имеются два централизованных водозабора («Центральный» и из верховья р. Слюдянка – «Рудо») и 10 децентрализованных водозаборов (25 скважин). Водозабор «Центральный» является береговым сооружением, в котором вода забирается двумя насосами с отметки 450 м БС из оз. Байкал (1905 г. постройки). Работа водозабора напрямую связана с уровневый режимом оз. Байкал.

Результаты и их обсуждение

Как видно из табл. 1 (столбец 5), все подземные водозаборы находятся на отметках выше максимальных уровней воды в оз. Байкал. При этом уровень воды в скважинах напрямую зависит от уровня воды в оз. Байкал: с возрастанием последнего уровень воды в скважинах увеличивается. По данным Санэпидстанции, качество воды в скважинах при подъеме уровня воды в оз. Байкал выше отметки 456,50 м ТО существенно снижается, и в некоторых поселках нарушаются требования СанПиН 2.1.4.11-75-02 и СанПиН 2.1.4.1074-01. С падением уровня воды в озере ниже отметки 456,00 м ТО уменьшается дебит скважин, и некоторые из них просто оголяются. На побережье Иркутского

водохранилища находится 24 населенных пункта, в которых постоянно проживает 6 тыс. чел и организовано 6,1 тыс. садоводческих участков. Только в п. Большая Речка имеется подземный водозабор из двух скважин глубиной 80 м, проложена водопроводная сеть протяженностью 12 км, на которой устроены 29 водоразборных колонок. В садоводствах повсеместно организованы летние водопроводы из подземных источников воды.

В нижнем бьефе Иркутской ГЭС на берегах р. Ангары расположен областной центр гг. Иркутск, Ангарск, Усолье-Сибирское, Свирск. Водоснабжение г. Иркутска, Иркутского района, г. Шелехова и Шелеховского района осуществляется от открытого, руслового водозабора, расположенного в верхнем бьефе плотины ГЭС (Ершовский водозабор) [11]. Имеется приплотинный водозабор, расположенный в теле плотины ГЭС («Сооружение № 1»), от которого вода поступает на цели теплоснабжения в Ново-Иркутскую ТЭЦ (характеристики водозаборов представлены в табл. 2). Для обеспечения водой объектов Корпорации «Иркут» построен русловой водозабор, расположенный на р. Ангара в нижнем бьефе на расстоянии 17 км от Иркутской ГЭС и имеющий проектную производительность 36 тыс. м³/сут (фактический расход – 18 м³/сут).

Таблица 2. Допустимые уровни работы водозаборов г. Иркутска, м
Table 2. Permissible levels of operation of Irkutsk water intakes, m

Сооружение	Отметка водоприемной камеры	Отметка оси насоса	Мах отметка уровня воды
Ершовский водозабор	441,65	452,00	456,10
Сооружение № 1	433,36	438,00	456,10
Водозабор ОАО «Корпорация "Иркут"»	418,00	418,37	419,70 (01.01.2022) 419,11 (04.02.2022)

Работа данного водозабора напрямую зависит от колебаний уровня воды в р. Ангара.

Падение уровня воды до отметки 418,75 м неоднократно приводило к срыву работы водозабора. Поэтому для повышения надежности его работы была построена дополнительная насосная станция «Сарлин», которая в автоматическом режиме при падении уровня воды в р. Ангара ниже отметки 420,00 м начинает работать как подкачивающая насосная станция, чтобы обеспечить требуемый напор на входе в НС-1. Однако при уровне воды в р. Ангара 418,5 м и ниже сама подкачивающая насосная станция перестает работать. Иркутск является единственным городом в стране (с населением почти 630 тыс. чел.), в котором нет водопроводных очистных сооружений, вода дезинфицируется гипохлоритом натрия и поступает в городской водопровод. Ершовский водозабор выбран в таком месте, где вода, поступающая из оз. Байкал, не перемешивается с другими притоками и по качественным показателям удовлетворяет требованиям к питьевой воде. Вместе с тем, в настоящее время система обеспечения г. Иркутска питьевой водой является рискованной по следующим причинам. Во-первых, берега водохранилища во второй и третьей зонах охраны Ершовского водозабора застраиваются жилыми домами, в которых нет централизованной системы водоотведения, и сточные воды попадают в грунт и далее в водохранилище. В итоге качество воды на Ершовском водозаборе с каждым годом заметно ухудшается. Во-вторых, значительные колебания уровня воды в водохранилище приводят к смыву различных загрязнений, к интенсивному процессу абразии берегов и транспортированию взвесей, песка, растительности, древесины и др. непосредственно к водозабору. По указанным причинам возникает потребность в строительстве водопроводных очистных сооружений либо требуется переход на подземные источники воды, которых в настоящее время для г. Иркутска нет. Хорошо известное Иркутское месторождение

подземных вод (первоначальный эксплуатационный запас воды оценивался в 400 тыс. м³/сут) [12, 13], расположенное на правом берегу Иркутского водохранилища (15–21 км Байкальского тракта), образовалось в результате строительства Иркутской ГЭС и формирования Иркутского водохранилища (1960–1962 гг.). Сейчас оно постепенно перестает существовать по тем же самым причинам. На месте месторождения появились дачные и коттеджные поселки. Из-за колебания уровня воды в водохранилище и абразии берегов размывается водоносный подземный резервуар и существенно ухудшается качество подземных вод. В г. Ангарске четыре водозабора ковшевого типа, для них диапазоны уровней воды в реке Ангара не значительные (указаны в табл. 3). Водоснабжение г. Ангарск – наиболее зависимое от колебаний уровня воды в р. Ангара. Уже неоднократно все четыре водозабора находились в состоянии срыва их работы. Город Усолье-Сибирское в настоящее время снабжается водой от одного источника – ковшевого водозабора на р. Белая на расстоянии 105 км от Иркутской ГЭС. Отметка верха трубы всасывающего патрубка насосов составляет 396,60 м БС (табл. 4). На момент 19.01.2018 (маловодные годы) уровень воды в ковше составлял 298,05 м БС, и водозабор был на грани срыва. Если бы уровень упал всего на 30 см, город Усолье-Сибирское остался бы без воды. В то время был разработан ряд мероприятий по безопасной работе водозабора (углубление ковша, устройство сифонного трубопровода и др.). Но с наступлением полноводных лет о реализации этих мероприятий забыли. Братское водохранилище начинается в районе г. Свирска. Забор питьевой воды для нужд абонентов гг. Черемхово, Свирска, п. Михайловка и многих других населенных мест Черемховского района осуществляется от руслового водозабора, расположенного на левом берегу р. Ангара возле г. Свирск.

Таблица 3. Допустимые уровни работы водозаборов г. Ангарск

Table 3. Permissible levels of water intakes in Angarsk

Водозабор	Отметка дна канала водоприемного ковша	Min отметка уровня воды	Max отметка уровня воды	Производительность, тыс. м³/сут
ТЭЦ 10	409,65	411,8	416,4	2880,0
АЭХК	409,50	412	416,3	1746,0
АНХК 1	403,5	406,4	412,3	792,0
АНХК 2	404,6	408,35	414,0	849,6

Таблица 4. Поверхностные водозаборы р. Ангара Иркутской области

Table 4. Surface water intakes of the Angara river of the Irkutsk region

Водозабор	Город	Расстояние от плотины	Критический (проектный) уровень воды (БС)	Проектная (фактическая) производительность, тыс. м³/сут
ООО «АкваСервис»	Усолье-Сибирское	93 км ниже створа плотины Иркутской ГЭС	396,60 (400,00)	288,0 (36,0)
ООО «Усольехимпром»	Усолье-Сибирское	92 км ниже створа плотины Иркутской ГЭС	395,20 (400,00)	3980,40 (не работает)
Свирск, Черемховский «Водоканал»	Черемхово	468 км от плотины Братской ГЭС	391,13 (395,00)	86,0 (28,0)

Проектная мощность – 86 тыс. м³ в сутки, фактическая не более 22–28 тыс. м³ в сутки. В 1980 г. при сработке Братского водохранилища до отметки 392,43 м БС при толщине льда в 1 м была полностью нарушена работа водозабора.

В оперативном порядке был смонтирован временный понтонный водозабор и стальной трубопровод, по которому вода подавалась непосредственно на водопроводные очистные сооружения, минуя насосную станцию первого подъема. С поднятием уровня воды понтонный водозабор был разобран.

В 2003 г. при отметке уровня в Братском водохранилище 394,42 м БС произошел срыв работы насосной станции 1 подъема по причине подъема донного льда в период ледохода. Приемные и рыбозащитные решетки были забиты шугой. Ликвидировать аварийную ситуацию удалось путем обратной подачи воды из насосной станции первого подъема. В 2017 г. водозабор тоже был на грани срыва. Для гарантированного и надежного водоснабжения Свирска и Черемховского района необходимо перейти на подземные источники воды.

Заметим, что рядом с существующим поверхностным водозабором имеется Свирское месторождение подземных вод,

которые соответствуют требованиям к качеству питьевой воды, и запас месторождения оценивается в 57,0 тыс. м³/сут [14, 15].

Заключение

Можно сформулировать следующие выводы:

1. Организацию системы обеспечения водой питьевого качества в прибрежных населенных территориях оз. Байкал и р. Ангара можно признать неудовлетворительной по следующим причинам:

– небольшие населенные пункты, туристические базы и садоводческие участки имеют подземные источники водоснабжения в виде неглубоких скважин и колодцев, уровень в которых незначителен и связан с оз. Байкал. При низких уровнях воды в оз. Байкал многие скважины и колодцы опустошаются. При высоких уровнях воды качество употребляемой воды значительно снижается (мутность, цветность, общее микробное число, др.);

– источники водоснабжения не имеют зон санитарной охраны, отсутствуют системы водоподготовки и обеззараживания воды, не организована система контроля за качеством потребляемой воды;

– в большинстве населенных пунктов и на туристических базах отсутствуют канализационные очистные сооружения, сточные воды

попадают в грунт, в поверхностные водоемы и в водоносные горизонты подземных источников воды.

2. В населенных пунктах, расположенных на берегу Иркутского водохранилища, отсутствуют водопроводные очистные сооружения, и нет систем обеззараживания воды. Централизованная система водоснабжения имеется только в п. Большая Речка от подземных источников воды. Все дачные поселки имеют летние водопроводы, организованные из подземных источников воды. Коттеджные поселки оснащены отдельными частными подземными водозаборами в виде неглубоких скважин (30–50 м), которые напрямую связаны с уровнем воды в Иркутском водохранилище.

3. В гг. Иркутск, Ангарск, Усолье-Сибирское, Свирск имеются поверхностные водозаборы из р. Ангара. Защищенным от колебания уровня воды является только Ершовский водозабор г. Иркутска.

4. Устойчивость работы водозаборов в гг. Усолье-Сибирское и Свирск напрямую зависит от колебания уровня воды в р. Ангара.

5. Необходимо переходить на подземные источники водоснабжения, включая инфильтрационные водозаборы, на которые изменения уровня режима в оз. Байкал и р. Ангара не оказывают значительного влияния. Возможны конструкции понтонных водозаборов либо организация береговых сооружений, работающих на всем диапазоне колебаний уровня воды в водоеме.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Никитин В. М., Абасов Н. В., Бычков И. В., Осипчук Е. Н. Уровенный режим озера Байкал: проблемы и противоречия // География и природные ресурсы. 2019. № 4. С. 74–83. [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2019-4\(74-83\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2019-4(74-83)).
2. Бычков И. В., Никитин В. М. Регулирование уровня озера Байкал: проблемы и возможные решения // География и природные ресурсы. 2015. № 3. С. 5–16.
3. Никитин В. М., Савельев В. А., Бережных Т. В., Абасов Н. В. Гидроэнергетические проблемы озера Байкал: прошлое и настоящее // Регион: экономика и социология. 2015. № 3. С. 273–295. <https://doi.org/10.15372/REG20150912>.
4. Абасов Н. В., Осипчук Е. Н., Никитин В. М., Бережных Т. В. Формирование и визуализация зон затопления в нижнем бьефе Иркутской ГЭС // Актуальные проблемы науки Прибайкалья. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. Вып. 1. С. 6–12.
5. Никитин В. М., Абасов Н. В., Бережных Т. В., Осипчук Е. Н. Озеро Байкал: риски маловодных и многоводных периодов // География и природные ресурсы. 2016. № S5. С. 29–38. [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2016-5\(29-38\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2016-5(29-38)).
6. Абасов Н. В., Болгов М. В., Никитин В. М., Осипчук Е. Н. О регулировании уровня озера Байкал // Водные ресурсы. 2017. Т. 44. № 3. С. 407–416. <https://doi.org/10.7868/S0321059617030026>.
7. Никитин В. М., Абасов Н. В., Бережных Т. В., Осипчук Е. Н. Ангаро-Енисейский каскад ГЭС в условиях изменяющегося климата // Энергетическая политика. 2017. № 4. С. 62–71.
8. Абасов Н. В., Осипчук Е. Н., Никитин В. М., Бережных Т. В., Хмельнов А. Е., Гаченко А. С. Система моделей для анализа рисков экстремальной водности на реке Ангаре // Актуальные проблемы науки Прибайкалья. Иркутск: Изд-во Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2017. Вып. 2. С. 5–12.
9. Пупырев Е. И., Чупин В. Р. Особенности разработки региональной концепции развития системы водоотведения в центральной экологической зоне Байкальской природной территории // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. Т. 9. № 2 (29). С. 354–363. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2019-2-452-461>.
10. Pupyrev E. I., Chupin R. V., Gogina E. S., Makisha N. A., Nechaev I. A., Pukemo M. M. Elaboration of a Regional Concept for Developing a Water Disposal System for the Central Ecological Zone of the Baikal Natural Territory // Water Resources. 2020. Vol. 47. No. 4. p. 663–671. <https://doi.org/10.1134/S0097807820040144>.
11. Чупин В. Р. Современное состояние и проблемы питьевого водоснабжения г. Иркутска и Иркутской области // Водоснабжение и санитарная техника. 2017. № 11. С. 18–25.
12. Шенькман Б. М., Шолохов П. А., Шенькман И. Б. Железо и марганец в пресных подземных водах Иркутска // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2011. № 8 (55). С. 76–83.
13. Шенькман Б. М., Шолохов П. А., Шенькман И. Б. Подтопление Иркутска грунтовыми водами // География и природные ресурсы. 2011. № 2. С. 54–62.

14. Чупин Р. В., Пукемо М. М., Мелихов Е. С., Чупин В. Р. Совершенствование методики оптимизации и разработка предложения по созданию единой схемы водоотведения центральной экологической зоны Байкальской природной территории на примере Слюдянского района Иркутской области // Известия вузов: Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. Т. 9. № 1 (28). С. 144–157.

<http://dx.doi.org/10.21285/2227-2917-2019-1-144-157>.

15. Чупин В. Р., Мороз М. В. Оптимизация схемы водоотведения населенных мест и туристических баз “малого моря” и острова Ольхон озера Байкал // Качество городской среды: строительство, архитектура и дизайн: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. Иркутск: ИРНТУ, 2017. С. 282–295.

REFERENCES

1. Nikitin VM, Abasov NV, Bychkov IV, Osipchuk EN. Level regime of lake Baikal: problems and contradictions. *Geografiya i prirodnye resursy = Geography and Natural Resources*. 2019;4:74-83. (In Russ.). [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2019-4\(74-83\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2019-4(74-83)).
 2. Bychkov IV, Nikitin VM. Water-level regulation of lake Baikal: problems and possible solutions. *Geografiya i prirodnye resursy = Geography and Natural Resources*. 2015;3:5-16. (In Russ.).
 3. Nikitin VM, Savel'ev VA, Berezhnykh TV, Abasov NV. Problems in hydropower development of lake Baikal: the past and the present. *Region: ekonomika i sotsiologiya = Regional Research of Russia*. 2015;3:273-295. (In Russ.). <https://doi.org/10.15372/REG20150912>.
 4. Abasov NV, Osipchuk EN, Nikitin VM, Berezhnykh TV. Formation and visualization of flood zones in the downstream of the Irkutsk HPP. *Aktual'nye problemy nauki Pribaikal'ya*. Irkutsk: Izd-vo Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN; 2015. Vol. 1. p. 6-12. (In Russ.).
 5. Nikitin VM, Abasov NV, Berezhnykh TV, Osipchuk EN. Risks of low- and high-water periods for lake Baikal. *Geografiya i prirodnye resursy = Geography and Natural Resources*. 2016;S5:29-38. (In Russ.). [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2016-5\(29-38\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2016-5(29-38)).
 6. Abasov NV, Bolgov MV, Nikitin VM, Osipchuk EN. Level regime regulation in lake Baikal. *Vodnye resursy = Water Resources*. 2017;44(3):407-416. (In Russ.).
 7. Nikitin VM, Abasov NV, Berezhnykh TV, Osipchuk EN. Angara-Yenisei hydroelectric power chain under changing climate conditions. *Energeticheskaya politika*. 2017;4:62-71. (In Russ.).
 8. Abasov NV, Osipchuk EN, Nikitin VM, Berezhnykh TV, Khmel'nov AE, Gachenko AS. System of models for an analysis of extreme inflow risks on the Angara river. *Aktual'nye problemy nauki Pribaikal'ya*. Irkutsk: Izd-vo Instituta geografii im. V. B. Sochavy SO RAN; 2017. Vol. 2. p. 5-12. (In Russ.).
 9. Pupyrev EI, Chupin VR. Features of regional development of water disposal systems in the

central ecological zone of the Baikal natural territory. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2019;9(2):354-363. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2019-2-452-461>.
 10. Pupyrev EI, Chupin RV, Gogina ES, Makisha NA, Nechaev IA, Pukemo MM. Elaboration of a Regional Concept for Developing a Water Disposal System for the Central Ecological Zone of the Baikal Natural Territory. *Water Resources*. 2020;47(4):663-671. (In Russ.).
 11. Chupin VR. The current state and problems of the public water supply system of the city of Irkutsk and Irkutsk area. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika = Water supply and sanitary technique*. 2017;11:18-25. (In Russ.).
 12. Shen'kman BM, Sholokhov PA, Shen'kman IB. Iron and manganese in Irkutsk fresh groundwaters. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Proceedings of Irkutsk State Technical University*. 2011;8(55):76-83. (In Russ.).
 13. Shen'kman BM, Sholokhov PA, Shen'kman IB. Flooding of Irkutsk with groundwater. *Geografiya i prirodnye resursy = Geography and Natural Resources*. 2011;2:54-62. (In Russ.).
 14. Chupin RV, Pukemo MM, Melikhov ES, Chupin VR. Unified wastewater disposal scheme for the central Baikal ecological zone on the example of the Slyudyansky district of the Irkutsk region: methodological optimisation and design proposal. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2019;9(1):144-157. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.21285/2227-2917-2019-1-144-157>.
 15. Chupin VR, Moroz MV. Optimization of the water disposal scheme for populated areas and tourist bases of the “small sea” and Olkhon Island of Lake Baikal. *Kachestvo gorodskoi sredy: stroitel'stvo, arkhitektura i dizain: mat-ly Vseros. nauch.-prakt. konf. Irkutsk: IRNITU*; 2017. p. 282-295. (In Russ.).

Информация об авторах

Р. В. Чупин,
доктор технических наук,
профессор кафедры городского
строительства и хозяйства,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: ch-r-v@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6163-909X>

В. А. Бобер,
аспирант кафедры городского строительства
и хозяйства,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: viktorbober200400@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8340-6222>

Вклад авторов

Чупин Р. В. и Бобер В. А. имеют равные авторские права. Бобер В. А. несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 07.04.2022.
Одобрена после рецензирования 04.05.2022.
Принята к публикации 06.05.2022.

Information about the authors

Roman V. Chupin,
Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Department
of Urban Development and Municipal Economy,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: ch-r-v@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6163-909X>

Viktor A. Bober,
Graduate Student of the Department of Urban
Development and Municipal Economy,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: viktorbober200400@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8340-6222>

Contribution of the authors

Chupin R. V. and Bober V. A. have equal author's rights. Bober V. A. bears the responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

The article was submitted 07.04.2022.
Approved after reviewing 04.05.2022.
Accepted for publication 06.05.2022.

**Технологии и материалы для ремонта автомобильных дорог в районах распространения многолетнемерзлых грунтов**© **Сергей Семенович Шабуров, Елена Викторовна Волкова**

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Елена Викторовна Волкова, volkova_elena13@mail.ru

Аннотация. Цель работы заключается в изучении проблемы выбора методов ремонта автомобильных дорог на территории зоны вечной мерзлоты. Одной из основных научно-технических и технологических проблем устройства и содержания дорог в северных районах остается проблема обеспечения прочности и устойчивости земляного полотна и инженерных сооружений в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов и глубокого сезонного промерзания грунтов. Были рассмотрены основные причины разрушений дорожных конструкций, в числе которых как глобальное потепление климата, так и сложные геологические и гидрогеологические условия района. После строительства автомобильной дороги «Амур» на многих ее участках наблюдаются деформации. В 2012 году ФКУ Упрдор «Забайкалье» с привлечением проектных, научных организаций выполнило разработку целевой программы по обследованию таких участков. В статье рассмотрены выработанные в соответствии с данной программой мероприятия по ремонту и технологии проведения работ, которые включают: строительство водопропускных труб, устройство каменной наброски, теплodiодных призм и слоев холода, солнцезащитных навесов, защитных берм. Мониторинг отремонтированных участков показывает незначительные деформации покрытия и земляного полотна, полностью стабилизировались 55 % участков. Но окончательная оценка фактора стабилизации мерзлотного слоя грунта требует более длительного периода времени. Важнейшей мерой должно стать создание действующей системы инженерно-геокриологического мониторинга участков автодороги «Амур», при реализации которой можно предупредить опасные проявления деформаций и разработать эффективные меры по защите дорожного полотна от их негативного влияния.

Ключевые слова: многолетнемерзлые грунты, вечная мерзлота, строительство и содержание автомобильных дорог, дорожные конструкции, деформации земляного полотна, ремонт автомобильных дорог

Для цитирования: Шабуров С. С., Волкова Е. В. Технологии и материалы для ремонта автомобильных дорог в районах распространения многолетнемерзлых грунтов // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 2. С. 248–255. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-248-255>.

Original article**Technologies and materials for overhauling roads in permafrost areas****Sergey S. Shaburov, Elena V. Volkova**

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Corresponding author: Elena V. Volkova, volkova_elena13@mail.ru

Abstract. This paper addressed the selection of overhaul methods for roads in the permafrost area. Ensuring the strength and stability of the road base and engineering structures under the permafrost conditions and deep seasonal freezing of soils remains one of the main scientific and technical challenges of road construction and maintenance in the northern regions. The main factors causing the failure of road structures were reviewed, including both climate change and complex geological and hydrogeological conditions of the area. Since the construction of the Amur Road, the deformation has been observed in many of its sections. In 2012, the Federal State Institution of Road Management “Zabaykalye”, together with engineering and scientific organisations, developed a target programme for inspecting such sections.

The article discusses the renovation measures and technologies elaborated under this programme, which include the construction of culverts, rockfills, thermal diodes and cooling layers, awnings, and protective berms. The monitoring of the repaired sections shows insignificant deformation of the road surface and road base; 55 % of the sections were fully stabilised. However, the final assessment of the permafrost stabilisation will take a longer time. The establishment of an effective system of engineering-geocryological monitoring for the Amur Road should become the most important measure, whose implementation will allow dangerous deformations to be prevented and efficient measures for protecting the roadbed from their negative impact to be developed.

Keywords: permafrost soils, permafrost, construction and maintenance of roads, road structures, deformations of the roadbed, repair of roads

For citation: Shaburov S. S., Volkova E. V. Technologies and materials for overhauling roads in permafrost areas. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2022;12(2):248-255. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-248-255>.

Введение

Обобщение опыта применяемых в настоящее время технологий и материалов ремонта автомобильных дорог на территории зоны вечной мерзлоты сделано на основе выполнения дорожных ремонтных работ на автомобильной дороге Р-297 «Амур».

Разработанные рекомендации по проектированию мероприятий по ликвидации деформированных участков автомобильной дороги выработаны исходя из материалов, полученных научными и проектными организациями за 12-летний период эксплуатации автодороги и посвященных выявлению и анализу причин и природы образования таких деформаций.

Следует отметить, что ликвидация деформируемых участков дороги требует больших объемов дорогостоящих работ. В связи с этим возникает закономерный вопрос о том, можно ли было избежать или максимально минимизировать такие последствия. Строительство автомобильной дороги «Амур» протяженностью 2165 км было начато в 1966 году. Средний темп строительства на начальных участках не превышал 30–35 км в год по действующим на тот период нормативным документам [1]. Работы велись с огромными временными перерывами, сменой органов управления и различных программ. С 2000 года, после поручения Президента Российской Федерации В. В. Путина, начались главные, мощные организационные изменения в строительстве дороги, в том числе на особо трудных участках в Читинской и Амурской областях: выработана программа; установлены сроки строительства; обеспечено финансирование, привлечены крупные подрядные организации и др. Принятые меры и решения позволили полностью

завершить строительство автомобильной дороги «Амур» с асфальтобетонным покрытием в 2010 году.

Вместе с тем программа строительства дороги не включала в себя инженерно-технические работы как на первой стадии для переходного типа покрытия, так и на второй стадии по устройству асфальтобетонного покрытия. Проектирование дороги велось по 2-му принципу проектирования, а следовательно:

- без глубокой проработки и учета мерзлотно-геологических, климатических условий проложения трассы автомобильной дороги;

- без учета опыта строительства и эксплуатации Транссиба, БАМа и зарубежного опыта строительства в аналогичных условиях;

- автомобильная дорога запроектирована с облегченным типом покрытия, без учета резкого возрастания автомобильных нагрузок от длинномерного транспорта.

По заказу Росавтодора в результате проведенных исследований НПП «ТрансИГЭМ» в 2004–2006 гг. была выполнена схема мерзлотно-геоморфологического районирования федеральной автомобильной дороги «Амур». К наиболее сложному в мерзлотно-геологическом отношении, где вечномёрзлые породы встречаются на всей территории, следует отнести читинский участок (0–794 км) в Забайкальском крае (рис. 1) [2, 3]. Период с 2006 года относится ко времени проектирования второй стадии строительства дороги, когда можно было в полной мере использовать данные мерзлотно-геоморфологического районирования трассы для разработки и внедрения технических решений по предупреждению проявления многих деформаций на участках дороги.

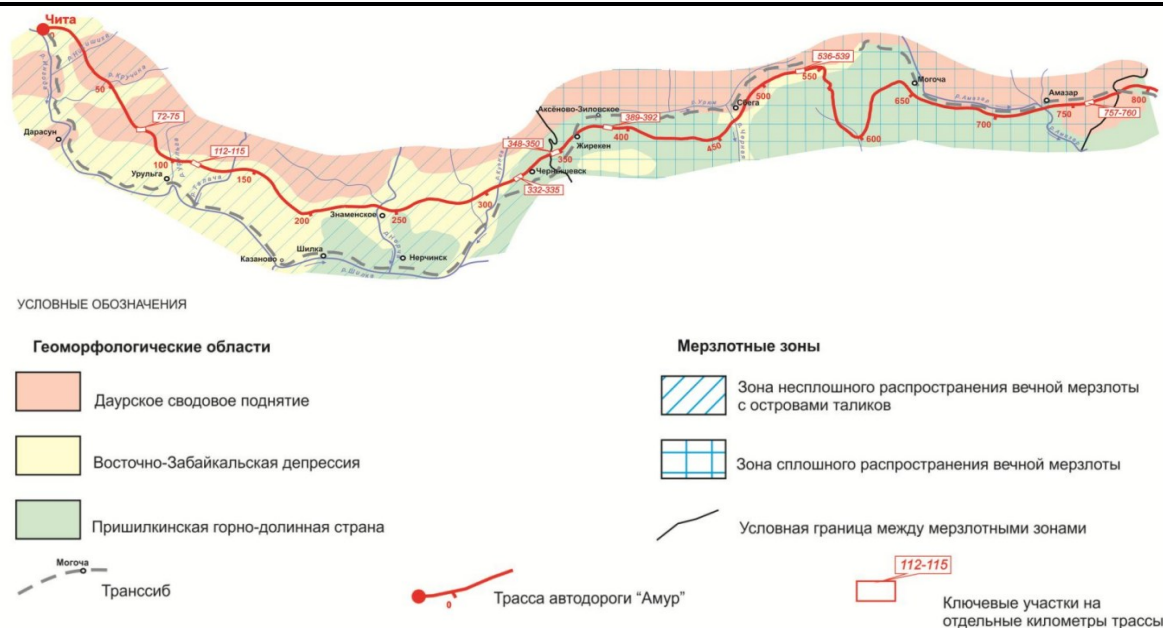


Рис. 1. Схема мерзлотно-геоморфологического районирования Забайкальской части трассы федеральной автомобильной дороги «Амур» Чита – Хабаровск, 0–794 км

Fig. 1. Scheme of permafrost-geomorphological zoning of the Trans-Baikal part of the route of the federal highway "Amur" Chita – Khabarovsk, 0–794 km

Методы

Необходимость специальной защиты автомобильной дороги «Амур» от отрицательного влияния инженерно-геокриологических процессов определена формированием и развитием опасных разрушений и деформаций. К таковым относятся:

- просадки земляного полотна по всей ширине поперечного профиля и возникающие при этом трещины, сетка трещин на поверхности проезжей части и обочин;
- оползания, осыпания, размыв откосов насыпей и выемок;
- размыв тела земляного полотна дороги;
- морозное пучение и морозобойное растрескивание дорожных одежд;
- наледи на участках мостовых переходов, в выемках, в кюветах и водоотводных канавах.

Практические примеры строительства дорог на аналогичных территориях (в России – БАМ, в Китае – Цинхай-Тибетская железная дорога, дороги в США на Аляске и в Канаде) показывают, что после устройства автодорог на всех объектах также наблюдаются деформации, связанные с вмешательством человека в складывающиеся веками природно-климатические условия региона и изменением их режима жизнедеятельности [4, 5]. Значительные изменения в формировании и развитии мерзлотно-геологических процессов, а также их активизация могут происходить как в природных условиях, так и в результате различных

воздействий промышленных и транспортных технологий, особенно в короткие отрезки времени [6].

Из основных причин деформаций дорожного полотна можно выделить следующие:

- Глобальное потепление климата в последние годы.
- Сложные геологические и гидрогеологические условия [7].
- Техногенные факторы. Наблюдаются деформации, связанные с вмешательством человека в складывающиеся веками природно-климатические условия региона и изменением их режима жизнедеятельности.
- Попадание поверхностной (грунтовой) воды в осадочную чашу к мерзлоте основания вызывает значительное ослабление прочностных характеристик слагающих его грунтов и деградацию (растепление) многолетнемерзлых грунтов [8].

После ввода в эксплуатацию федеральной трассы «Амур» Чита – Хабаровск в 2010 году резко стали проявляться места деформаций и опасных явлений (рис. 2). В 2012 г. количество таких мест достигло 313 (ликвидировано 103), в 2013 г. – 394, в 2014 г. – 402, в 2015 – 504, в последующие годы с учетом ликвидации и ремонта: в 2016 г. – 312, в 2017 – 284, в 2018 – 235, в 2019 – 195, в 2020 г. число участков с просадками, требующих ликвидации, около 145.



Рис. 2. Деформации дорожной конструкции на участке трассы «Амур» Чита – Хабаровск в Забайкальском крае

Fig. 2. Deformations of the road structure on the section of the highway "Amur" Chita - Khabarovsk in the Trans-Baikal Territory

Ежегодно проявляется около 50 новых участков с деформациями.

В 2012 году ФКУ Упрдор «Забайкалье» с привлечением проектных, научных организаций выполнило разработку целевой программы по обследованию участков автомобильной дороги «Амур», на которых развиваются процессы образования просадок, в целях выявления и изучения причин этих деформаций и выработки мер по их устранению [9].

В рамках данной работы было выполнено:

1. Камеральная работа по сбору и анализу имеющейся на участки автодороги ранее разработанной проектной документации.

2. Инженерно-геологическое обследование с бурением скважин на участках деформаций, 215 скважин глубиной 8–15 м.

3. Выездные работы по определению упругого прогиба нежесткой дорожной одежды.

4. Георадиолокационное обследование ключевых участков.

5. Топографическая съемка участков с деформациями.

6. Оснащение термометрических пунктов, в скважинах выполнены измерения температуры сезонно- и многолетнемерзлых грунтов, определены величины глубин сезонного оттаивания грунтов на основных сложных створах поперечного профиля.

7. Разработка проектной документации по устранению деформаций.

Применяемые ранее технологии ремонта, заключающиеся только в выполнении работ по укладке слоя асфальтобетона [10, 11], кардинально ситуацию не меняют – просадки

возникают вновь через 2–3 месяца, что требует регулярного выравнивания дорожной одежды.

Разрушение дорожной конструкции чаще происходит на высоких насыпях (места устройства водопропускных труб, подходы к мостовым сооружениям и др.), на участках перехода из выемки в насыпь, на слабых грунтах (болота, мари), на пересеченной местности в местах курумообразования, а также у водоотводных канав и кюветов.

Примером устранения последствий процесса разрушения земляного полотна в местах распространения многолетнемерзлых грунтов является локализация и предотвращение деформации земляного полотна и покрытия на 333 км трассы «Амур» в районе ручья Улей.

На данном участке ежегодно производились работы по исправлению профиля дороги как во время строительства, так и после ввода в эксплуатацию указанного участка автодороги в 2006 г. В 2011 году сотрудниками ФКУ Упрдора «Забайкалье» было проведено детальное обследование деформированного участка, определено место дренирования воды через земляное полотно дороги. Ремонт данного участка заключался в проведении работ по укреплению кювета с правой стороны, отводу воды в сторону от насыпи с предотвращением фильтрации воды. В качестве конструктивного элемента для укрепления была применена металлическая труба диаметром 1,0 м, разрезанная пополам и уложенная по дну кювета на протяжении 90 погонных метров (рис. 3). Состояние участка стабилизировалось, и новые деформации не проявляются.



Рис. 3. Укрепление кювета с помощью укладки на дно металлической трубы
Fig. 3. Strengthening the cuvette by laying a metal pipe on the bottom

Результаты и их обсуждение

В соответствии с целевой программой обследования деформаций и опасных явлений выработаны мероприятия по ремонту и технологии проведения работ, которые включают:

- Обеспечение водоотвода от земляного полотна к искусственным сооружениям.
- Перекрытие доступа поверхностных и подземных вод к подошве насыпи и основанию земляного полотна путем устройства водоотводных канав, кюветов, валов, берм, дренажа, а также гидроизоляции основания глинистыми грунтами, гидроизоляционными материалами, бетоном, металлом и т.п. [12].
- Строительство водопропускных труб в местах понижения рельефа местности, не предусмотренных проектами при строительстве [13].
- Устройство каменной наброски на откосных частях земляного полотна насыпи (рис. 4).

- Устройство теплодиодных призм и слоев холода (глины, торфа, дерна, мохорастительного покрова и др.) [14].
- Устройство солнцезащитных навесов из различных материалов (рис. 5) [15, 16].
- Использование вяжущих материалов (сухобетонов, криогелей и т.п.) для организации укрепления приподошвенной зоны земляного полотна [17].
- Устройство защитных (водоотжимных) берм из недренирующих суглинков, глин.
- Применение синтетических нетканых материалов для устройства отвода воды и исключения просачивания поверхностных вод через земляное полотно насыпи [8].
- Укрепление бетоном дна и откосов водоотводных канав и кюветов, водоприемных лотков в местах устройства искусственных сооружений.



Рис. 4. Устройство каменной наброски на откосных частях земляного полотна насыпи
Fig. 4. The device of rock placement on the sloping parts of the subgrade of the embankment



Рис. 5. Устройство солнцезащитных навесов
Fig. 5. Installation of sun protection canopies

Заключение

СТО 01386088-19-2013 «Индивидуальное проектирование железных и автомобильных дорог на многолетнемерзлых грунтах», исходя из успешного опыта применения на БАМе, рекомендует устройство на существующем земляном полотне противодеформационных сооружений (охлаждающих конструкций из крупнообломочных скальных пород для снижения температурных показателей грунтов основания дорожной конструкции). На основании вышеперечисленных рекомендаций и в соответствии с СТО 01386088-19-2013 необходимо выполнить разработку проекта ремонтных работ на автомобильной дороге Р-297 «Амур».

Мониторинг отремонтированных участков, начиная с 2013 года и по настоящее время, показывает, что:

1. Незначительные деформации покрытия, земляного полотна и регуляционных сооружений произошли на 45 % отремонтированных

участков, из них критические и аварийные просадки составили 20 %.

2. Полностью стабилизировалось 55 % участков.

3. Оценка фактора стабилизации мерзлого слоя грунта требует более длительного периода времени.

Важнейшей мерой должно стать создание действующей системы инженерно-геокриологического мониторинга участков автодороги «Амур», при реализации которой можно предупредить опасные проявления деформаций и разработать эффективные меры по предотвращению их негативного влияния. При разработке проектов строительства, реконструкции автомобильных дорог в зоне мерзлотно-геоморфологического районирования целесообразно применять 1-й принцип проектирования, который позволит при строительстве осуществить подъем верхней границы многолетнемерзлых грунтов к подошве насыпи.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Vinson T. S., Rooney J. W., Haas W. H. Roads and airfields in cold regions. New York: ASCE, 1996. 330 p.
2. Кондратьев В. Г. Стабилизация земляного полотна на вечномёрзлых грунтах. Чита: ТрансИГЭМ, 2011. 175 с.
3. Niu Fujin, Shen Yongping. Guide of Field Excursion after Asian Conference on Permafrost (Aug. 10-16, 2006). Lanzhou, China, 2006. 28 p.
4. Кондратьев В. Г., Соболева С. В. Концепция системы инженерно-геокриологического мониторинга автомобильной дороги «Амур» Чита – Хабаровск. Чита: Забтранс, 2010. 176 с.
5. Dumais S. Évaluation des revêtements routiers à albédo élevé en contexte nordique. Québec: Université Laval, 2014. 162 p.
6. Кондратьев В. Г. Цинхай-Тибетская железная дорога: грандиозная попытка решить проблему стабильности земляного полотна на вечной мерзлоте // Геотехника. 2011. № 1. С. 4–11.
7. Демидюк Л. М. Особенности формирования температурного режима горных пород Читино-Ингодинской депрессии // Мерзлотные исследования. Вып. 4. М.: Изд-во МГУ, 1964. С. 301–315.
8. Дроздов В. В., Шабуров С. С. Причины возникновения деформаций автомобильных дорог и мероприятия по снижению их интенсивности с высокотемпературным типом вечной мерзлоты в основаниях земляного полотна на примере строительства автомобильной дороги

Амур «Чита – Хабаровск» // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2015. № 2 (13). С. 33–45.

9. Кондратьев В. Г., Перекупка А. Г., Примаков С. С., Петрова А. С. Мероприятия по изменению режима теплообмена на поверхности земли и их влияние на распределение температуры в грунте // Нефтяное хозяйство. 2012. № 10. С. 122–125.

10. Berg R. L., Esch D. C. Effect of color and texture on the surface temperature of asphalt concrete pavements // Proc. 4th International Conf. on Permafrost. Fairbanks, Alaska, 1983. p. 30–31.

11. Wu Ziwang. Roadbed engineering in permafrost regions. Lanzhou University, 1988. 104 p.

12. Волкова Е. В., Гайворонский И. Л. Устойчивость откосов земляного полотна // Актуальные проблемы развития строительной отрасли: мат-лы Международной науч.-практ. конф. (Иркутск, 29 июня 2017 г.). Иркутск, 2017. С. 26–33.

13. Иванов В. Б., Балабанов В. Б., Степаненко А. А. Водопроемы на дорогах Севера // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2012. № 2. С. 89–94.

14. Бобученко И. И., Волкова Е. В. Метод стабилизации земляного полотна на участках распространения многолетнемерзлых грунтов // Взаимодействие науки, образования и производства: сб. трудов по мат-лам Всерос. науч.-практ. конф. Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2019. С. 17–27.

15. Кондратьев В. Г., Валиев Н. А. Стабилизация земляного полотна центрального участка БАМ с помощью солнцезащитных навесов // Казахстан-Холод 2016: сб. докладов VI междунар. науч.-техн. конф. (Алматы, 1–2 марта 2016 г.). Алматы: АТУ, 2016. С. 65–72.

16. Feng W., Ma W., Sun Zh., et al. Radiation effect analysis of awning measure on the embankment slope field test in cold regions // Permafrost engineering. Proceeding of the IX international symposium (3–7 September 2011, Mirny, Russia). Якутск, 2011. P. 319–325.

17. Kondratiev V. G. Strengthening railroad roadbed bases constructed on icy permafrost soils // Proc. of Eighth Int. Conf. on Cold Regions Engineering. Fairbanks, Alaska, 1996. p. 336–342.

REFERENCES

1. Vinson TS, Rooney JW, Haas WH. Roads and airfields in cold regions. New York: ASCE; 1996. 330 p.

2. Kondrat'ev VG. Stabilization of subgrade on permafrost soils. Chita: TransIGEM; 2011. 175 p. (In Russ.).

3. Niu Fujin, Shen Yongping. Guide of Field Excursion after Asian Conference on Permafrost (Aug. 10–16, 2006). Lanzhou, China, 2006. 28 p.

4. Kondrat'ev VG, Soboleva SV. The concept of the system of engineering and geocryological monitoring of the highway "Amur" Chita - Khabarovsk. Chita: Zabtrans; 2010. 176 p. (In Russ.).

5. Dumais S. Évaluation des revêtements routiers à albédo élevé en contexte nordique. Québec: Université Laval; 2014. 162 p.

6. Kondrat'ev VG. The Qinghai-Tibet railway: a grandiose attempt to solve the problem of preserving stability of the subgrade on the permafrost. *Geotekhnika = Geotechnics*. 2011;1:4–11. (In Russ.).

7. Demidyuk LM. Features of the formation of the temperature regime of rocks of the Chitino-Ingoda depression. *Merzlotnye issledovaniya*. № 4. Moscow: Izd-vo MGU; 1964. p. 301–315. (In Russ.).

8. Drozdov VV, Shaburov SS. Reasons for automobile roads deformation and measures taken to decrease their intensity with the high-temperature type of ever-frozen ground in the foundation of the earth surface at the example of building automobile road amur "Chita - Khabarovsk". *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' =*

Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate. 2015;2(13):33–45. (In Russ.).

9. Kondratiev VG, Perekupka AG, Primakov SS, Petrova AS. The measures of heat exchange variation on the earth surface and their influence on the temperature distribution in the soil. *Neftyanoe khozyaistvo*. 2012;10:122–125. (In Russ.).

10. Berg RL, Esch DC. Effect of color and texture on the surface temperature of asphalt concrete pavements. *Proc. 4th International Conf. on Permafrost*. Fairbanks, Alaska, 1983. p. 30–31.

11. Wu Ziwang. Roadbed engineering in permafrost regions. Lanzhou University, 1988. 104 p.

12. Volkova EV, Gaivoronskii IL. The stability of the slopes of the subgrade. *Aktual'nye problemy razvitiya stroitel'noi otrasli: mat-ly Mezhdunarodnoi nauch.-prakt. konf. (Irkutsk, 29th June 2017)*. Irkutsk, 2017. p. 26–33. (In Russ.).

13. Ivanov VB, Balabanov VB, Stepanenko AA. Culverts on roads of the North. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2012;2:89–94. (In Russ.).

14. Bobuchenko II, Volkova EV. The method of using the soil cover in the areas of distribution of permafrost soils. *Vzaimodeistvie nauki, obrazovaniya i proizvodstva: sb. trudov po mat-lam Vseros. nauch.-prakt. konf. Irkutsk: INRTU; 2019. p. 17–27. (In Russ.).*

15. Kondrat'ev VG, Valiev NA. Stabilization of the subgrade of the central section of the BAM with the help of sun-protection canopies. *Kazakhstan-Kholod 2016*: sb. dokladov VI mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. (Almaty, 1–2 marta 2016 g.). Almaty: ATU; 2016. p. 65-72. (In Russ.).
16. Feng W, Ma W, Sun Zh, et al. Radiation effect analysis of awning measure on the embankment

slope field test in cold regions. *Permafrost engineering. Proceeding of the IX international symposium* (Mirny, Russia, 3-7 September 2011). Yakutsk, 2011. p. 319-325. (In Russ.).
17. Kondratiev VG. Strengthening railroad road-bed bases constructed on icy permafrost soils. *Proc. of Eighth Int. Conf. on Cold Regions Engineering*. Fairbanks, Alaska, 1996. p. 336-342.

Информация об авторах

С. С. Шабуров,

кандидат технических наук,
профессор кафедры автомобильных дорог,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: sss1941@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7539-3641>

Е. В. Волкова,

кандидат географических наук,
доцент кафедры автомобильных дорог,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: volkova_elena13@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4462-913X>

Information about the authors

Sergey S. Shaburov,

Cand. Sci. (Eng.),
Professor of the Department of Highways,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: sss1941@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7539-3641>

Elena V. Volkova,

Cand. Sci. (Geographic), Associate Professor
of the Department of Highways,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: volkova_elena13@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4462-913X>

Вклад авторов

Авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Волкова Е. В. несет ответственность за плагиат.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article. Volkova E. V. bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Статья поступила в редакцию 29.04.2022.
Одобрена после рецензирования 20.05.2022.
Принята к публикации 23.05.2022.

The article was submitted 29.04.2022.
Approved after reviewing 20.05.2022.
Accepted for publication 23.05.2022.



Современный храм в структуре города как символ культурной идентичности и общественное пространство

© Наталья Моисеевна Глебова¹, Михаэль Кламер²

¹Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

²Венский технический университет, г. Вена, Австрия

Автор, ответственный за переписку: Глебова Наталья Моисеевна, nita12@yandex.ru

Аннотация. Цель – на основании анализа и классификации размещения современных австрийских церквей в структуре города провести аналогию с российскими церквями, составить прогноз развития архитектуры русской православной церкви XXI в., рассмотреть расположение новых современных сакральных зданий в сегодняшней градостроительной ситуации Иркутска и выявить тенденции к обновлению традиционных приемов. Были проведены натурные обследования и фотофиксация более 100 современных церквей городов Австрии – Вены, Зальцбурга, Граца – и пригородов, изучены научные публикации в этой области австрийских архитекторов и искусствоведов. Рассмотрены религиозные католические реформы XX в., повлиявшие на месторасположение, стиль и формообразование религиозной архитектуры, отслежена динамичная эволюция церковного строительства. Рассмотрены и проанализированы современные и исторические восстановленные сакральные сооружения Иркутска, выявлены обобщающие тенденции развития на основе появляющихся новых зданий, студенческих концептуальных и профессиональных архитектурных проектов храмов. Ввиду того, что развитие русской православной церкви было вынужденно остановлено на 70-летний период в связи с произошедшими политическими потрясениями в России 1917 г., сакральная архитектура в конце XX столетия вернулась фактически к тому же положению, в котором была разрушена. Но как символ культуры и архитектурной идентичности, как общественное пространство, как место туристического и городского притяжения она в течение последних 30 лет возрождается и медленно стремится к модернизации архитектурных решений и к появлению новых мест расположения в городском пространстве. Проведенные исследования показывают, что любая архитектура, даже консервативная религиозная, откликается на происходящие в социуме явления, на его новые потребности, в результате чего через ее реализаторов – архитекторов и заказчиков – постепенно меняет позицию в городской застройке, а также пространственную организацию, композицию, форму, архитектурный стиль.

Ключевые слова: религиозные здания, размещение храмов в структуре города, сакральная архитектура, символ архитектурной идентичности, общественное пространство

Для цитирования: Глебова Н. М., Кламер М. Современный храм в структуре города как символ культурной идентичности и общественное пространство // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 2. С. 256–275. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-256-275>.

Original article

Modern temple in urban structure as a symbol of cultural identity and public space

Natalia M. Glebova¹, Michael Klamer²

¹Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

²Vienna Technical University, Vienna, Austria

Corresponding author: Natalia M. Glebova, nita12@yandex.ru

Abstract. In this work, based on the analysis and classification of arranging modern Austrian churches within the urban structure, an analogy with Russian churches was drawn, the development of the modern architecture of the Russian Orthodox Church in the 21st century was forecasted, the location of contemporary sacral architecture in the current urban area of Irkutsk was considered, and a trend to reestablish traditional techniques was revealed. Over 100 modern churches of Austrian cities, including Vienna, Salzburg, Graz and their suburbs, were examined and photofiled; the scientific publications of Austrian architects and art historians in this field were studied. The reforms in the Catholic Church in the 20th century that influenced the siting, style and form of religious architecture were addressed, and the dynamic transformation of sacred architecture was analysed. Contemporary and reconstructed historical sacral buildings of Irkutsk were examined and analysed. The tendencies in their development were summarised in the light of newly erected buildings and conceptual student and professional architectural designs of churches. Due to the political turmoil of 1917 in Russia, the development of the Russian Orthodox Church has been halted for 70 years. Thus, at the end of the 20th century, the sacral architecture revived in the same state it was destroyed. However, as a symbol of culture and architectural identity, public space, touristic and urban attraction, it has been slowly renovated over the past 30 years; new architectural solutions and locations in the urban space are being modernised. The studies show that any architectural style, even the conservative religious architecture, responds to the social phenomena and its emerging needs, resulting in a gradual change of its status in the urban development, as well as spatial organisation, composition, form and architectural style, through its implementers, namely architects and customers.

Keywords: religious buildings, temples placement in the city structure, sacred architecture, architectural identity symbol, public space

For citation: Glebova N. M., Klammer M. Modern temple in urban structure as a symbol of cultural identity and public space. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate.* 2022;12(2):256-275. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-256-275>.

Введение

Церковь как архитектурный объект в городской застройке и как символ культурной идентичности в структуре социума в последнее столетие меняет свое положение и значение. Это показали исследования австрийской сакральной архитектуры XX–XXI столетий [1–6], в менее выраженном виде и более медленном темпе мы начинаем наблюдать подобные изменения в русской православной архитектуре последних десятилетий в российских городах [7–9].

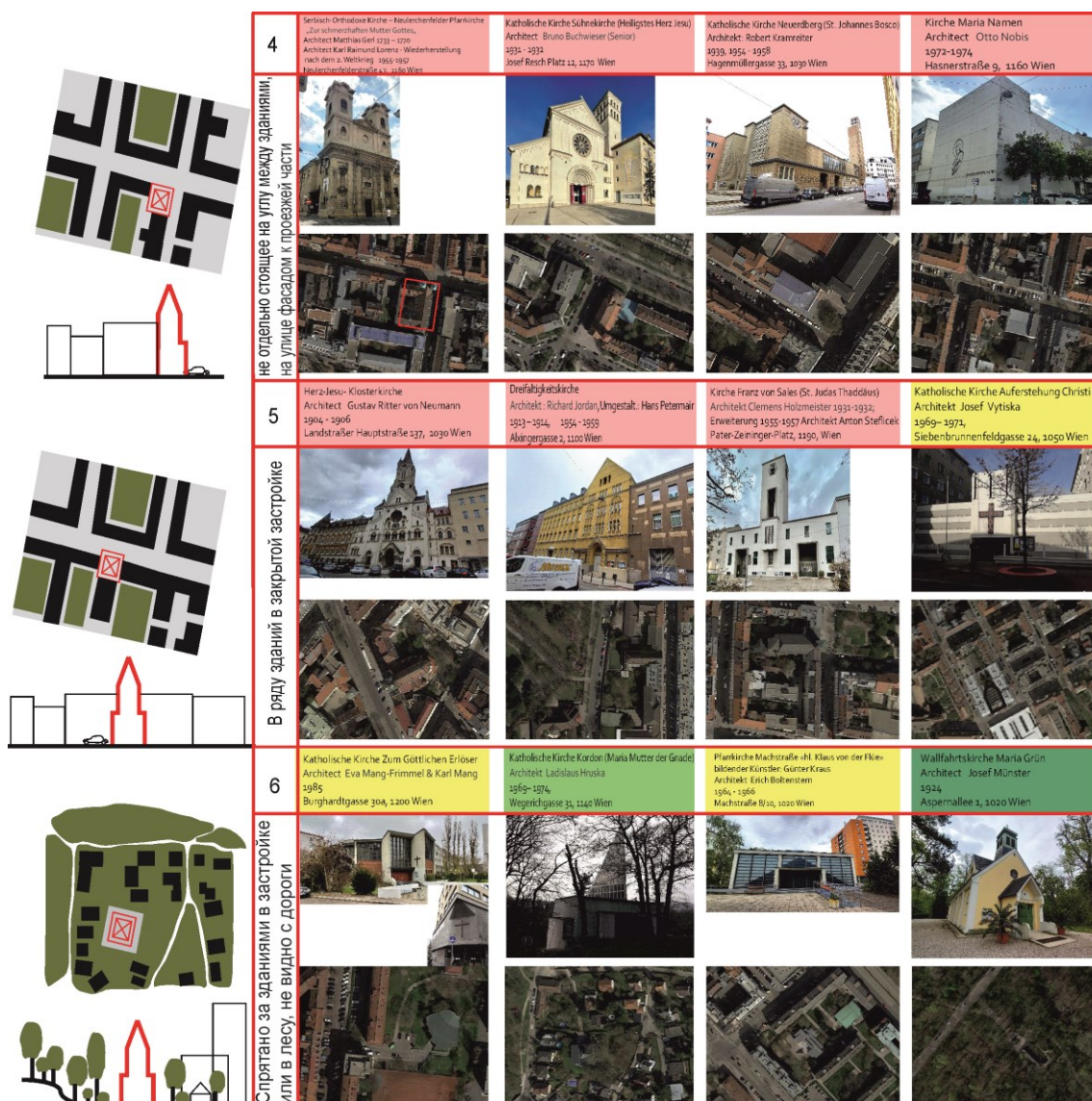
По мере развития цивилизаций многие сферы человеческой жизни приобретают собственные «храмы» – административные здания, концертные залы, университеты, библиотеки, научные и учебные заведения, музеи искусств – все то, что когда-то совмещала в себе церковь – духовный и образовательный центр, символ культуры, место поддержки и спасения, основу морально-этических правил и правосудия. В застройке поселения со дня изобретения человечеством религии вплоть до XX столетия храм воздвигался как главная городская доминанта, видимая издали и притягивающая к себе людей.

Многие здания церквей строились на грани человеческих возможностей и

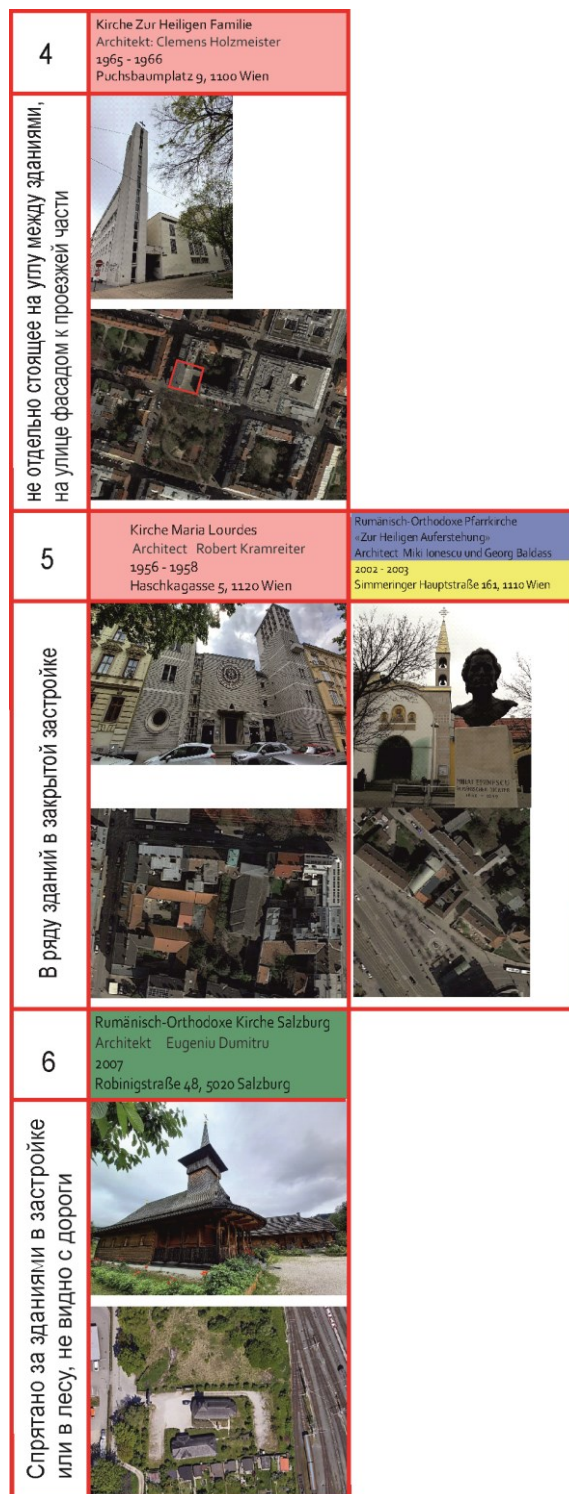
технологий, олицетворяя собой все самое прекрасное, доброе и сильное, что способен творить человек – науку, архитектуру, изобразительные искусства, музыку. Главная, духовная, составляющая религиозного сооружения являлась каркасом и смысловым стержнем культуры человеческого общества. С точки зрения пространственной композиции городской застройки сакральные комплексы и сооружения, являясь уникальными зданиями, в отличие от массовой типовой гомогенной застройки (рис. 1), как и раньше, выступают, как правило, композиционными центрами в планировочной структуре, формируя пустотное пространство в виде площади с активными, рекреационными и коммуникативными функциями и вертикальную доминанту в виде массы сложной объемной формы, выделяющейся в городском силуэте. Современные же католические церкви не всегда так явно доминируют над окружающей застройкой, показывая этим не главенствующую роль, но все же обнаруживая свое присутствие в городе и в жизни человеческого общества (рис. 2 а, b, пункты 5, 6; рис. 3 а–d, пункт 9).

-  Im Wald oder in der Natur
в лесу или в другом природном ландшафте
-  In dörflicher oder kleinstädtischer oder vorstädtischer Bebauung
в сельской, деревенской или пригородной застройке
-  In überwiegend gründerzeitlicher städtischer Bebauung
В городской застройке преимущественно эпохи Грюндерства
(или эпохи индустриализации с 1840г. до экономического кризиса 1873г.)
-  In Wohnsiedlungen der 1920er bis 1940er Jahre
В жилых массивах 1920- 40-х годов
-  In Wohnsiedlungen der 1950er-1990er Jahre mit überwiegend Geschoßwohnungsbau
В жилых массивах 1950-1990-х гг. с преимущественно многоэтажной застройкой
-  In Einfamilienhaussiedlungen überwiegend aus der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts am Stadtrand
В поселках односемейных домов в основном со 2-й половины 20 века на окраинах
-  In Sondergebieten, beispielsweise Verwaltungszentren, Spitäler, Gewerbe- oder Industriegebiet
В особых районах, таких как административные центры, больницы,
коммерческие или промышленные районы

Рис. 1. Городские морфологические типы застройки
Fig. 1. Urban morphological types of building

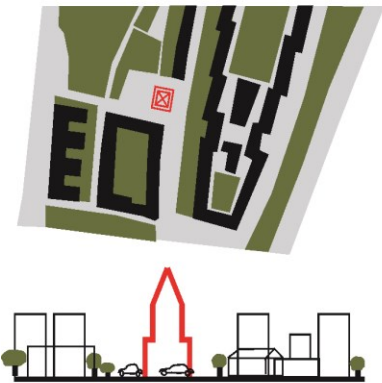
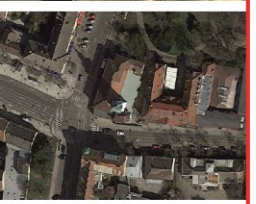
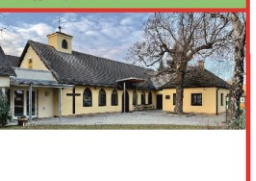
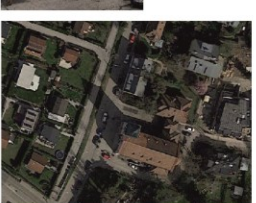


a

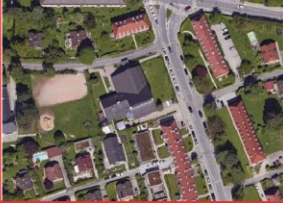
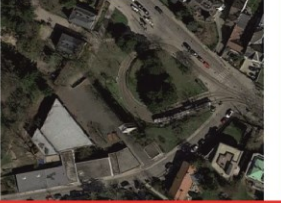


b

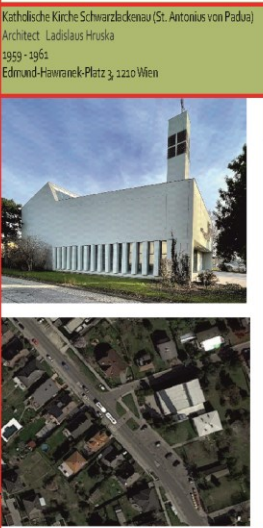
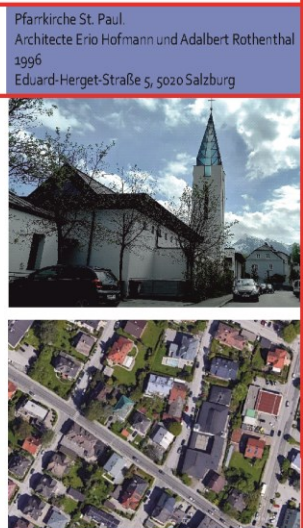
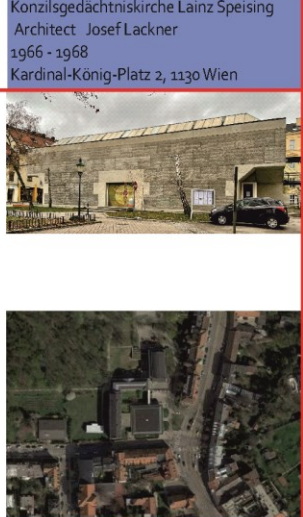
Рис. 2. Типы расположения церквей в городской застройке: 4 – сооружение, не отдельно стоящее на углу между зданиями, на улице фасадом к проезжей части; 5 – в ряду зданий в закрытой застройке; 6 – спрятано за зданиями в застройке или в лесу, не видно с дороги
Fig. 2. Location types of churches in urban spaces: 4 – not standing separately on the corner between buildings, on the street with a facade to the roadway; 5 – in a number of buildings in a closed building; 6 – hidden behind buildings in the development or in the forest, not visible from the road

	7	Kirche zum Heiligen Geist (первая жб церковь в Центральной Европе) Architect Josef Plečnik 1911-1913 Herbststraße 78, 1160 Wien	Evangelische Lutherische Kirche «Verkärungs-kirche» 1912-1926 Architect Siegfried Theiss & Hans Jaksch Am Tabor 5, 1020 Wien	Pfarrkirche Mauer Sankt Erhard Architekt Clemens Holzmeister (Erweiterung & Umbau) 1934-1936 Endresstraße 100, 1230 Wien
	В смешанной или жилой застройке с высокой плотностью, отдельно стоящее на улице фасадом к проезжей части	 	 	 
	8	Karmelitenkirche (Heilige Familie) Architect Richard Jordan 1898 Silbergasse 35, 1190 Wien	Katholische Kirche Bruckhausen (St. Elisabeth) Architect Robert Kramreiter & Leo Schmolz 1937 Kugelfangasse 31, 1220 Wien	Katholische Kirche Maria Himmelfahrt (Nordrandsiedlung) Architect Kurt Stögerer 1951 Triestinggasse 30, 1210 Wien
	В озелененной жилой застройке с преимущественно небольшими зданиями, отдельно стоящие на улице фасадом к проезжей части	 	 	 
	9	Pfarr Gießhübl Architekt Gustav Ritter von Neumann 1899 - 1904 Pfarrpl. 1, 2372 Gießhübl	Wallfahrtskirche Starchant «zur Heiligen Theresia vom Kinde Jesus» Architecte Robert Hartinger & Silvio Mohr 1928 - 1929 Pönningerweg 2, 1160 Wien	Kirche des Hl. Hubertus und Hl. Christophorus Architect Kurt Klaudy, Georg Lippert 1935 St. Hubertus-Platz, 1130 Wien
	В центре жилой застройки с преимущественно небольшими жилыми зданиями, окруженными густой зеленью, отдельно стоящие в зеленой зоне или на площади.	 	 	 

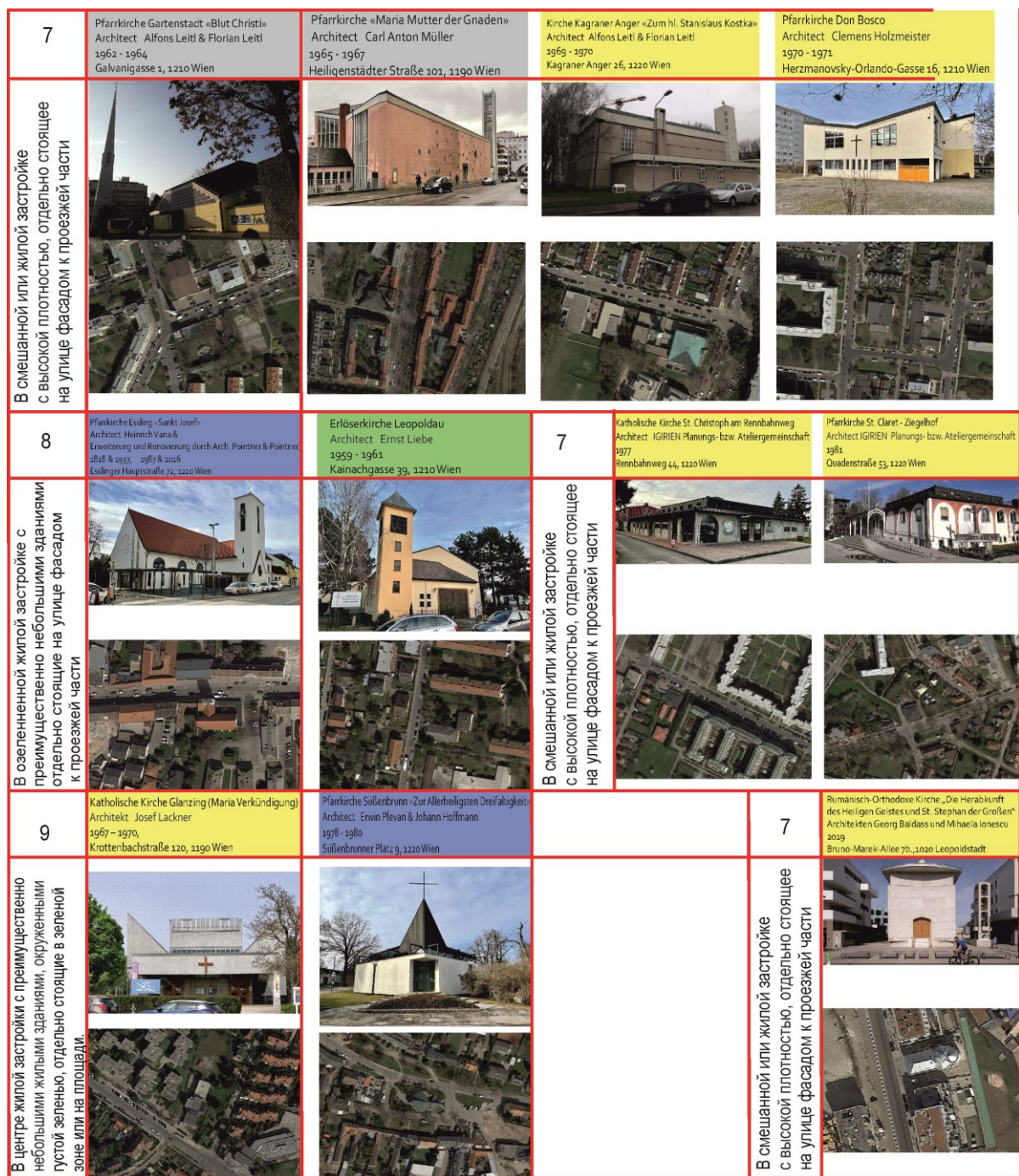
a

7	Währinger Pfarrkirche «St. Gertrud» Architect Karl Holey (Erweiterung & Umbau) 1934 Gertrudplatz, 1180 Wien	Zwinglikirche Architekt Siegfried Theiss & Hans Jaksch 1936–1937, Schweglerstraße 39, 1150 Wien	Katholische Kirche Sandeilen (St. Josef) Architect Josef Vytiska 1935–1936 Sandeilengasse 53, 1160 Wien	Pfarrkirche Liesing Architekt Robert Kramreiter 1953–1955 Farbermühlgasse 6, 1230 Wien
В смешанной или жилой застройке с высокой плотностью, отдельно стоящее на улице фасадом к проезжей части	 	 	 	 
8	Evangelische "Bekenntniskirche" Architect Sepp Schuster 1953–1956 Erzherzog Karl Straße 145–147, 1220 Wien	Pfarrkirche Salzburg-St. Elisabeth (Elisabethkirche) Architekt Bruno Maria Apollonj Ghetti 1953–1955 Plainstraße 42b, 5020 Salzburg	"St. Peter und Paul" Dornbacher Pfarrkirche Architect Clemens Holzmeister 1931–1932 & Ergänzung Georg Lippert 1957 Rupertusplatz 3, 1170 Wien	Kirche Gatterhölzl zum hl. Klemens Maria Hofbauer Architekt Ladislav Hruska 1955–1959 Hohenbergstraße 42, 1120 Wien
В озелененной жилой застройке с преимущественно небольшими зданиями, отдельно стоящее на улице фасадом к проезжей части	 	 	 	 
9	Pfarrkirche Parsch Architect Wilhelm Holzbauer 1955–1956 Geißmayerstraße 6, 5020 Salzburg	Pfarrkirche Baden "St. Christoph" Architect Hans Petermair 1955–1957 Friedrich-Schiller-Platz 1, 2500 Baden	Hirschstettner Pfarrkirche «Maria Himmelfahrt» Architect Walter Prutscher 1959–1961 Hirschstettner Straße 93, 1220 Wien	Katholische Kirche Pötzleinsdorf Architekt Karl Schwanzer 1960–1963, Schafberggasse 2, 1180, Wien
В центре жилой застройки с преимущественно небольшими жилыми зданиями, окруженными густой зеленью, отдельно стоящие в зеленой зоне или на площади.	 	 	 	 

b

7	В смешанной или жилой застройке с высокой плотностью, отдельно стоящее на улице фасадом к проезжей части	Pfarrkirche zur hl. Erentrudis Architekt Robert Kramreiter 1958–1960 Erentrudisstraße 5, 5020 Salzburg 	Mormonenkirche Wien Architect Werner Schröfl 1960 - 1963 Böcklinstraße 55, 1020 Wien 	Kirche Sankt Florian Architekt Rudolf Schwarz 1961–1965, Wiedner Hauptstraße 99, 1050 Wien 	Glaubenskirche (Evangelische) Architect Roland Rainer 1962 - 1963 Braunhubergasse 22, 1110 Wien 
8	В озелененной жилой застройке с преимущественно небольшими зданиями, отдельно стоящие на улице фасадом к проезжей части	Katholische Kirche Schwarzenau (St. Antonius von Padua) Architect Ladislav Hruska 1959 - 1961 Edmund-Hawranek-Platz 3, 1210 Wien 	Pfarrkirche Zum Guten Hirten Architect Ceno Kosak 1963 - 1965 Bossigasse 68-70, 1130 Wien 	St.-Hemma-Kirche Architect Erwin Plevan 1964 - 1966 Wattmangasse 105, 1130 Wien 	Pfarrkirche St. Paul. Architecte Erio Hofmann und Adalbert Rothenthal 1996 Eduard-Herget-Straße 5, 5020 Salzburg 
9	В центре жилой застройки с преимущественно небольшими жилыми зданиями, окруженными густой зеленью, отдельно стоящие в зеленой зоне или на площади.	Pfarrkirche St. Christoph Graz-Thondorf Architekt Robert Kramreiter 1962-1964 Liebenauer Hauptstraße 291, 8041 Graz 	Filialkirche Aderklaa "Gedächtnis der Schmerzens Mariens" Architect Kurt Eckel 1963 - 1965 Aderklaa 28-21, 2232 Wien 	Pfarrkirche Salzburg-Gneis Architect Erich Gerlich 1964 - 1966 Eduard-Macheiner-Straße 4, 5020 Salzburg 	KonzilsGEDächtniskirche Lainz Speising Architect Josef Lackner 1966 - 1968 Kardinal-König-Platz 2, 1130 Wien 

C



d

Рис. 3. Типы расположения церквей в городской застройке: 7 – в смешанной или жилой застройке с высокой плотностью, отдельно стоящее здание на улице фасадом к проезжей части; 8 – в озелененной жилой застройке с преимущественно небольшими зданиями, отдельно стоящее сооружение на улице фасадом к проезжей части; 9 – в центре жилой застройки с преимущественно небольшими жилыми зданиями, окруженными густой зеленью, отдельно стоящее сооружение в зеленой зоне или на площади

Fig. 3. Location types of churches in urban spaces:

7 – in a high-density residential or mixed development, free standing on the street facing the roadway;
 8 – in a landscaped residential area with mostly small buildings, standing separately on the street facing the roadway;
 9 – in the center of residential development with predominantly small residential buildings surrounded by dense greenery, standing separately in a green area or on a square

Методы

Натурные наблюдения, градостроительный сравнительный анализ, обобщение. Как показывают исследования, расположение церквей, построенных в XX–XXI вв. в Вене, Зальцбурге, Граце и пригородах (Австрия), становится более разнообразным, и не всегда они являются вертикальными доминантами, в том числе церкви скрыты в высотной застройке или

лесопарковой зоне (рис. 2 а, b, пункт 6), иногда почти не выделяются в градостроительном кластере, уменьшается высота, минимизируется форма и композиция, порой отсутствует какой-либо вертикальный объем (башня или колокольня в традиционном понимании), иногда почти сливается с окружающей застройкой (рис. 2 а, b, пункт 5; рис. 4).



Рис. 4. Pfarre Wohnpark Alterlaa. Вена, 23-й район, улица Антона Баумгартнера, 44
Fig. 4. Pfarre Wohnpark Alterlaa. Vienna, 23rd district, Anton-Baumgartner-Str., 44

Однако, как и раньше, почти всегда это уникальное здание, не редко контрастирующее с окружающей архитектурной средой, но при этом создающее с ней единый ансамбль и, конечно же, формирующее привлекательное общественное пространство. Наблюдается во времени тенденция ко все меньшему выделению здания церкви из общего морфологического типа окружающей застройки, однако чаще всего все же церковь с прилегающей площадью остается композиционным центром какого-либо градостроительного фрагмента.

Практически в 90 % случаев рядом с церковью или даже в примыкающем к церкви здании

расположены детские учебно-воспитательные учреждения, кроме других вспомогательных построек.

При всех австрийских церквях мы наблюдаем и другие социальные активности – встречи различных сообществ, клубов, благотворительные организации и т.д.

Изучение исторических событий XX в. показывает, как Вена превращалась в современный город-сад благодаря программе реформ Социал-демократической партии и движению социального муниципального жилья (нем. *Wiener Gemeindebauten*). В 1918–1934 гг. было построено 400 жилых кварталов с 64 000

единиц жилья для рабочего класса, распределенных по всему городу, с обширной инфраструктурой социальных и культурных учреждений, с парками и скверами. В том числе были устроены молельные дома, сначала в простых помещениях, предназначенных еще и для собраний жителей (подобно им в СССР, в силу отсутствия религиозных сооружений, появлялись дома культуры).

Позже, после окончания Второй мировой войны их заменили новые уникальные модернистские церкви [1]. Социальное жилье продолжают строить и в настоящее время, теперь это многоэтажные жилые комплексы и целые районы по-прежнему с богатой инфраструктурой и озеленением, и, конечно же, с уникальными церквями (рис. 4).

Изучение истории преобразований в Австрии и, в частности, католической церкви объясняет, почему так изменилась сакральная архитектура XX в. В конце XIX – нач. XX вв. политическая ситуация кардинально меняется – демократия и плюрализм в обществе находят свое отражение в религии.

Поворотным моментом в переустройстве стала программа Висбадена 1891 года, в которой призыв к равенству слова и таинства предполагает отмену пространственного разделения хора и нефа и объединение пространства церкви. В итоге в 1894 году на Строительном конгрессе церкви в Берлине было заявлено, что алтарь должен стать центром церкви, не только символическим, но и реальным. Священник читал проповеди теперь в центре зала, в окружении прихожан. Все это повлияло на организацию пространства церковного здания, на его объемную композицию. Перемены коснулись и протестантов.

II Ватиканский собор 1962–1965 гг. институционализировал усилия литургического движения по переопределению самооценки церкви и роли мирян в богослужении, аналогичные события ранее имели место и в протестантской церкви.

Реконструкция литургии, которая предусматривала усиление роли общества, открыла путь к новым пространственным концепциям и формам строительства. На этом фоне, начиная с 1950-х годов, сакральные здания становились приоритетной областью для прогрессивных архитекторов [1].

Теперь церковь должна была «служить обществу», что привело с 1960-х годов к появлению церквей с большей гибкостью

пространства и функции, а также их расположения в городе. Поэтому внешняя «сакральность» для католиков второй половины XX в. не всегда являлась эстетико-архитектурным приоритетом.

Параллельно с массовым жилым строительством учреждение Института церковных социальных исследований (1952 г.) установило дефицит церковных строений и послужило предпосылкой для реализации грандиозной программы строительства. Архитектурный церковный бум постепенно спадал с середины 1970-х годов и резко снизился с 1985 года. За этот период по всей Вене было построено более 150 церквей.

Расположение австрийских церквей имеет закономерный характер, обобщающие принципы, поддается классификации, что свидетельствует о неслучайном выборе градостроительных площадок.

В процессе исследования было выделено 9 типов расположения сакральных сооружений в структуре города (рис. 2, 3, 5):

1. Городская доминанта, видимая издали, стоящая на горе или на большой территории (например, в парке) (рис. 5 а–d, пункт 1).

2. На улице фасадом к проезжей части вблизи от большого открытого пространства, на окраине города (рис. 5 а–d, пункт 2).

3. В центре смешанной или жилой застройки с высокой плотностью, здание, отдельно стоящее у зеленой зоны или на большой площади (рис. 5 а–d, пункт 3).

4. Сооружение, не отдельно стоящее на углу между зданиями, на улице фасадом к проезжей части (рис. 2 а, b, пункт 4).

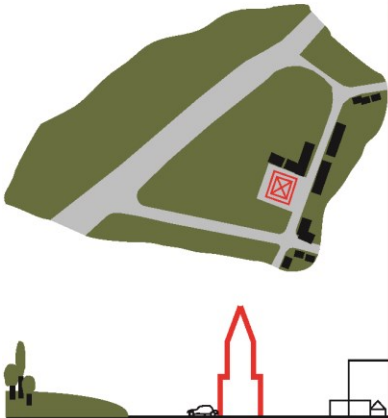
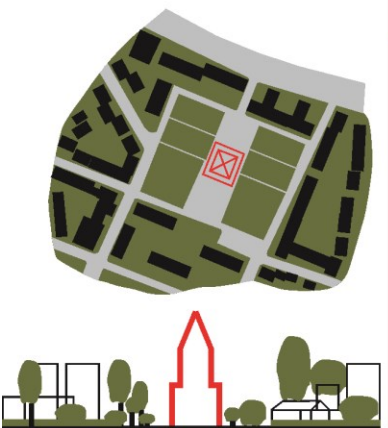
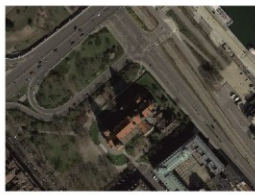
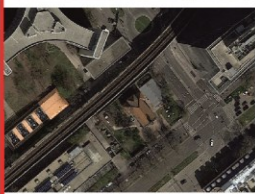
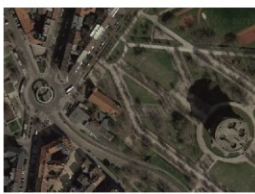
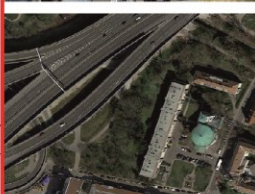
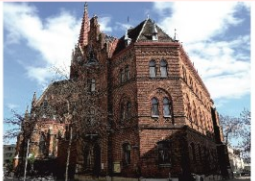
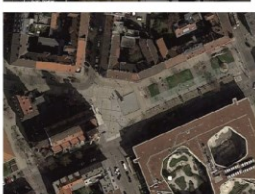
5. В ряду зданий в закрытой застройке (рис. 2 а, b, пункт 5).

6. Спрятано за зданиями в застройке или в лесу, не видно с дороги (рис. 2 а, b, пункт 6).

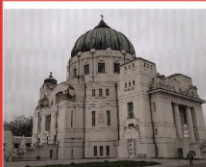
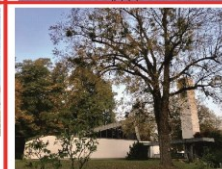
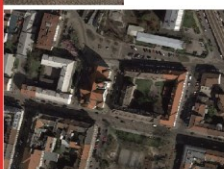
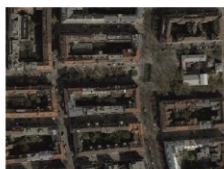
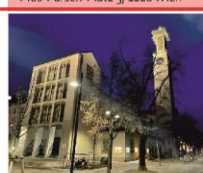
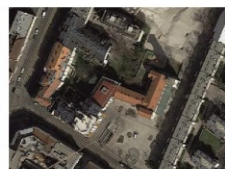
7. В смешанной или жилой застройке с высокой плотностью, здание, отдельно стоящее на улице фасадом к проезжей части (рис. 3 а–d, пункт 7).

8. В озелененной жилой застройке с преимущественно небольшими зданиями, сооружение, отдельно стоящее на улице главным фасадом к проезжей части (рис. 3 а–d, пункт 8).

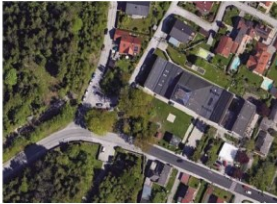
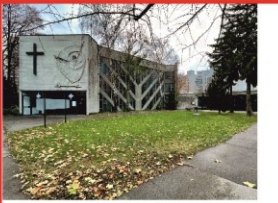
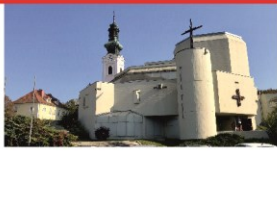
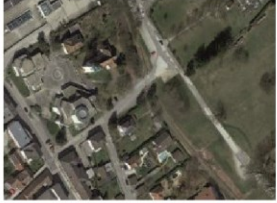
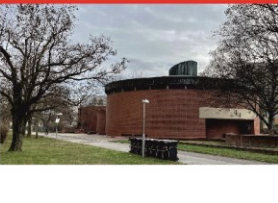
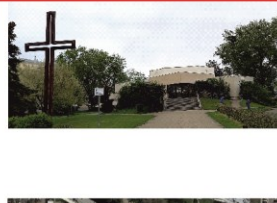
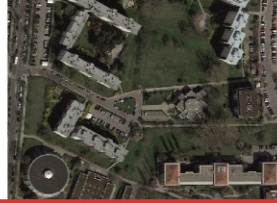
9. В центре жилой застройки с преимущественно небольшими жилыми зданиями, окруженными густой зеленью, отдельно стоящее в зеленой зоне или на площади (рис. 3 а–d, пункт 9).

  	1 Городская доминанта, видимая издали, стоящая на горе или на большой территории (например, в парке)	Kirche am Steinhof Architekt Otto Wagner 1903–1907 Baumgartner Höhe 1, 1140 Wien  	Versorgungskirche heil. Karl Borromäus Architekt Rudolf Helmreich & Johann Nepomuk Scheininger 1902–1904 Versorgungshaimplatz 12, 1130 Wien  	Franz-von-Assisi-Kirche Architect Victor Luntz & August Kirstein 1900 - 1910 Mexikoplatz 12 Mexikoplatz 12, 1020 Wien  
	2 На улице фасадом к проезжей части вблизи от большого открытого пространства на окраине застройки	Koptische Markuskirche Christkönigskirche «Russenkirchlein» Architect Hans Prutscher 1917 - 1922 Wagamerstraße 17, 1210 Wien  	Katholische Kirche Muttergottes im Augarten Architect Walter Reisch 1948 Gaußpl. 14, 1020 Wien  	Pfarrkirche Strebersdorf «Maria Königin» Architect Ladislav Hruska 1959 - 1961 Edmund-Hawranek-Platz 3, 1210 Wien  
	3 В центре смешанной или жилой застройки с высокой плотностью, отдельно стоящее у зеленой зоны или на большой площади	Pfarrer Inzersdorf-St. Nikolaus Architect 1818-1820 (Umbau und Erweiterung 1845-1846) Draschestraße 105, 1230 Wien  	Katholische Kirche Rudolfshiem (Maria, Königin der Märtyrer) Architect Karl Schaden 1893 - 1898 Meiselstraße 1, 1150 Wien  	Antonkirche Architect Franz von Neumann (Hofbaumeister Josef Schmalzhofer) (Wiederherstellung nach 2. Weltkrieg; Anton Stefflek) 1992, Wiederherstellung nach 2. Weltkrieg; architect Anton Stefflek Antonsgl. W., 1100 Wien  

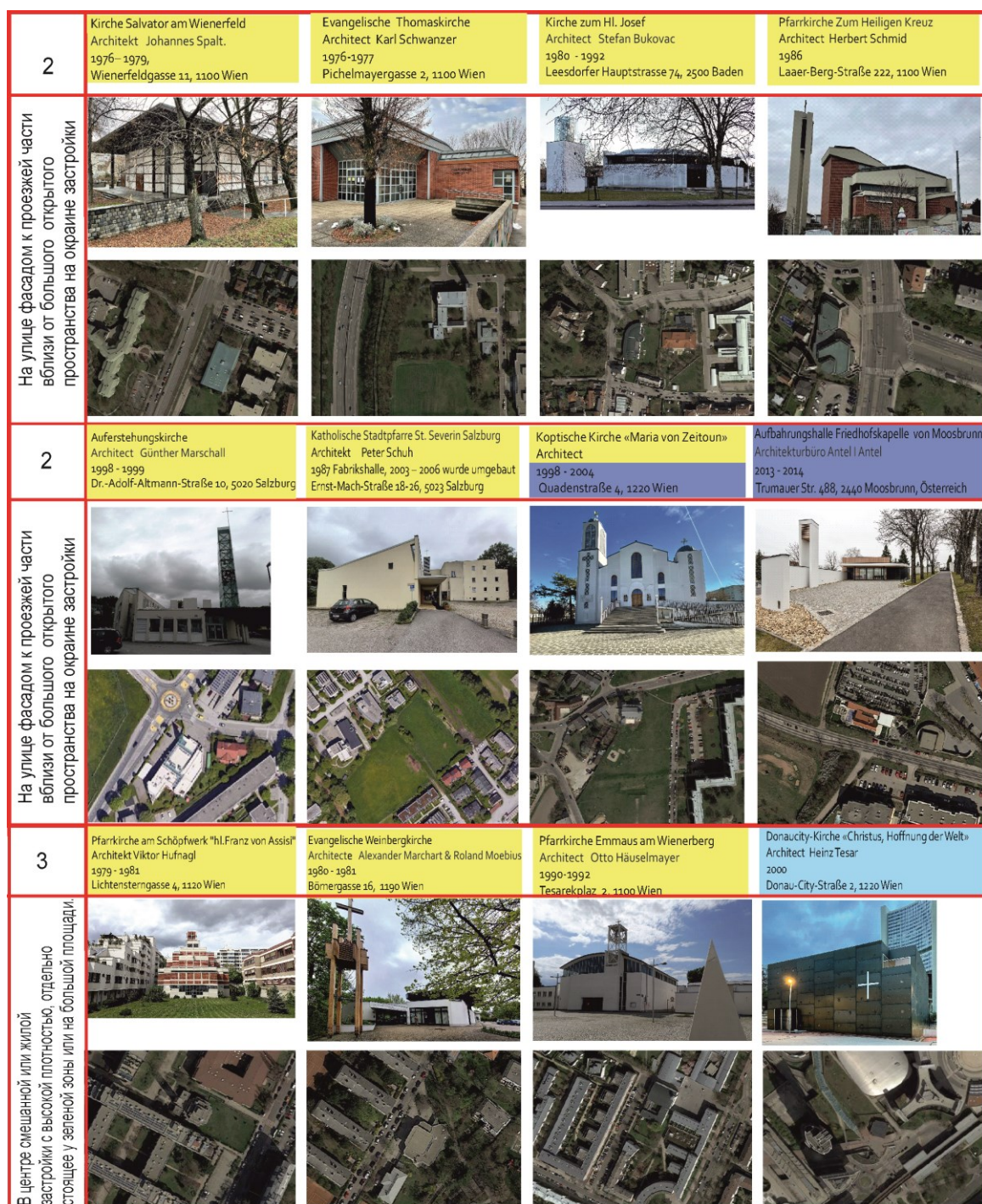
a

1	Friedhofskirche zum heil. Karl Borromäus Architect: Max Hegele 1908 - 1911 Simmeringer Hauptstraße 236, 1110 Wien	(Syrisch-Orthodoxe Kirche Von Antiochien St. Ephrem Wien) Architect: Hans Prutscher (Wiederherstellung der Oberkirche nach 2. Weltkrieg & Turm: Helena Koller-Buchwieser) 1938 - 1979 Gelfing-Engelgasse 11, 1060 Wien	Schafbergkirche «Sankt Thomas Morus» Architect: Franz Graf 1950 - 1970 Josef Redl Gasse 23, 1180 Wien	Katholische Kirche «Zur Heiligsten Dreifaltigkeit» Architect: Fritz Wotnuba & Fritz Gerhard Mayr 1974 - 1976 Ottlungerplatz 1, 1230 Wien	
Городская доминанта, видимая издалека, стоящая на горе или на большой территории (например, в парке)	 	 	 	 	
2	Römisch-katholische Pfarrkirche Heiligstes Herz Jesu in Ternitz Architekt: Josef Vytiska 1959 Theodor-Körner-Platz 1, 2630 Ternitz	Pfarrkirche am Schüttel Architekt: Karl Raimund Lorenz & Oktavian Orba 1960 - 1962 Rustenschächerallee 14, 1020 Wien	Pfarrkirche zum heiligen Franz von Sales Architekt: Georg Lippert 1962 - 1963 Holeypl. 1, 1100 Wien	Katholische Kirche Oberbaumgarten ("Zu den vier heiligen Evangelisten") Architekt: Johann Georg Gsteu 1963 - 1965 Hütteldorferstraße 282, 1140 Wien	Pfarrkirche zum Hl. Johannes dem Täufer Architekt: Friedrich Mostböck 1966-1968 Kirchenstraße 15, 7421 Bad Tatzmannsdorf
На улице фасадом к проезжей части вблизи от большого открытого пространства на окраине застройки	 	 	 	 	 
3	Kirche Alt-Ottakring (Erhöhung des hl. Kreuzes) Architect: Alexander Rudolf Wiszkozcil 1909 - 1912 Johannes Krawarik Gasse 1, 1160 Wien	Pfarrkirche Maria Königin des Friedens Architect: Robert Kramreiter & Leo Schmoll 1933 - 1935 Quellenstraße 197, 1100 Wien	Christkönigskirche (Seipel-Dollfuß Gedächtniskirche) Architekt: Clemens Holzmeister 1933 - 1934 Vogelweidpl. 7, 1150 Wien	Katholische Pfarrkirche Floridsdorf Architekt: Robert Kramreiter, 1936 - 1938 Plus-Parsch-Platz 3, 1220 Wien	Katholische Kirche Neukagran (Hl. Maria Goretti) Architect: Peter Czernin und Lukas Matthias Lang 1959 Erzherzog-Karl-Straße 54, 1220 Wien
В центре смешанной или жилой застройки с высокой плотностью, отдельно стоящее у зеленой зоны или на большой площади.	 	 	 	 	 

b

2	Evangelische Trinitatiskirche Architekt Sepp Schuster 1967–1968, Freyenthurmstraße 20, 1140 Wien  	Pfarrkirche Kaisermühlen, dem Heiligsten Herzen Jesu (Herz-Jesu-Kirche) Campanile Architect Erwin Plevan 1966 Schütttauplatz 24, 1220 Wien  	Seelsorgestation «Sankt Michael» Architect IGIRIEN 1970 - 1971 Jedlersdorfer Str. 99, 1210 Wien  	Pfarrkirche St. Vitalis Architect Wilhelm Holzbauer 1972 Kendlerstraße 148, 5020 Salzburg  
На улице фасадом к проезжей части вблизи от большого открытого пространства на окраине застройки				
3	Kirche St. Johann Kapistran Architect Kurt Widter 1962 - 1965 Forsthausgasse 22, 1200 Wien  	Parish Church Oberwart (Pfarrkirche Oberwart) Architects Günter Domenig, Eilfried Huth 1969 Steinamangerer Str. 15, 7400 Oberwart  	Katholische K. Auferstehung Christi Architect Karl Schwanzer 1972 Saikogasse 8, 1220 Wien  	Katholische Kirche Heiliges Kreuz (Großfeldsiedlung) Architect Hannes Lintl 1971 - 1975 Dominik-Wölfel-Gasse 17, 1210 Wien  
В центре смешанной или жилой застройки с высокой плотностью, отдельно стоящее у зеленой зоны или на большой площади.				
3	Pfarrkirche Stadlau «Herz Jesu» Architect Karl Ambacher & Hans Sauer 1923 & 1924, 1970 & 1972 Gemeindeaugasse 5, 1220 Wien  	Katholische Kirche Hl. Klemens (Maria Hofbauer) Architect Guido Gnisen & Erich Eisenhofer 1971 - 1972 Meidlgasse 19, 1110 Wien  	Katholische Kirche Akkonplatz (zum Abendmahl des Herrn) Architect Josef Vytiska 1978-1980 Averseestraße 2C, 1150 Wien  	Kirche St. Josef auf der Haide Architect Franz Xaver Goldner 1979 - 1980 Bleriotgasse 50, 1110 Wien  
В центре смешанной или жилой застройки с высокой плотностью, отдельно стоящее у зеленой зоны или на большой площади.				

C



d

Рис. 5. Типы расположения церквей в городской застройке:

1 – городская доминанта, видимая издали, стоящая на горе или на большой территории (например, в парке); 2 – на улице фасадом к проезжей части вблизи от большого открытого пространства, на окраине застройки; 3 – в центре смешанной или жилой застройки с высокой плотностью, здание, отдельно стоящее у зеленой зоны или на большой площади

Fig. 5. Location types of churches in urban spaces: 1 – urban dominant, visible from afar, standing on a mountain or in a large area (for example, in a park); 2 – on the street facing the roadway close to a large open space, on the outskirts of the building; 3 – in the center of a mixed or high-density residential development, standing alone near a green area or in a large area

В человеческом восприятии храма на фоне окружающей застройки и общественного пространства выделяем 4 типа:

– городская доминанта, символ городской идентичности, расположена на возвышенности, окружена большим просторным пространством, например парком (рис. 5 а–d, пункты 1 и 2);

– локальная доминанта районного значения, в жилом районе, с площадью, сквером или парком, как правило, видимая с проезжей части улицы (рис. 5 а–d, пункты 2 и 3; рис. 3 а–d, пункты 7–9);

– почти не выделяется на фоне застройки, в ряду зданий или на углу улиц, подразумевает общественное пространство в основном внутри здания или на противоположной стороне дороги (рис. 2 а, b, пункт 4 и 5; рис. 3 а–b, пункт 7);

– скрыта в зелени или в смешанной густо озелененной застройке, создает вокруг себя тихое, спрятанное, спокойное рекреационное пространство (рис. 5 а–d, пункт 3; рис. 2 а, b, пункт 6; рис. 3 а–d, пункт 9).

Городские морфологические типы застройки, в которых расположены церкви (выделены цветом в таблицах, рис. 1):

– лес, луг или другой природный ландшафт;

– сельская, деревенская застройка;

– городская застройка преимущественно эпохи грюндерства (эпохи индустриализации с 1840 г. до экономического кризиса 1873 г.);

– жилые массивы 1920–1940-х гг.;

– жилые массивы 1950–1990-х гг. с преимущественно многоэтажной застройкой;

– поселки односемейных домов в основном со 2-й половины XX века на окраинах;

– особые районы, такие как административные центры, больницы, коммерческие или промышленные районы.

Варианты функционального значения пространства вокруг церкви:

– селитебная зона (жилой район как малоэтажных зданий, так и многоэтажных);

– проезжая часть дороги;

– общественный многофункциональный центр города (жилого района);

– рекреационное общественное пространство;

– кладбища, медицинские учреждения, мемориальные комплексы.

Итак, религиозные строения эпохи модернизма в австрийских городах демонстрируют поразительное разнообразие и в отношении месторасположения, и в масштабе сооружений, и в планировочной структуре, формах, материалах, общем внешнем облике. Церкви

реагирует на многие явления, происходящие в обществе. Она готова идти им навстречу, прислушиваясь к мнению архитекторов, выступающих посредниками между религией и обществом. Общество, в свою очередь, нуждается в церкви. Например, в период пандемии 2020 г., когда все учреждения были закрыты, а религиозные мессы отменены, вход в церковь все же оставался свободен, и люди, испытывавшие страх и тревогу, могли прийти и найти в ней успокоение и умиротворение.

В современном *российском храмострое*нии сейчас можно наблюдать появление при восстановленных исторических монастырях музейных комплексов, парков, общественных трапезных, ремесленных творческих мастерских, хоровых студий, воскресных школ. Также возникло множество торговых лавочек с различной продукцией от служителей церкви: медом, травяными сборами, сувенирными изделиями, предметами ремесленного искусства. Все эти здания и комплексы открыты для обычных людей, туристов, и не всегда только верующих, это полноценные общественные пространства, наполненные разными функциями. Как правило, они являются восстановленными и реставрированными историческими зданиями.

Рассмотрим ситуацию с *новыми религиозными строениями в Иркутске*.

В 2009 году в Иркутске появилась новая церковь, казалось бы, в совсем не традиционном для него месте – в студенческом городке, среди общежитий Технического университета – приход Преподобного Сергия Радонежского. Инициатором его возведения выступил ректор ИРГТУ С. Б. Леонов, назвав его Центром духовно-нравственного развития ИРГТУ, деятельность которого насчитывает около двух десятков различных направлений. Это приспособленное здание бывшей столовой, церковь располагается здесь временно, внешне не имеет практически никакой религиозной атрибутики, однако пользуется популярностью.

Новый проект Александро-Невского храма Сибирского проектного института планировался к реализации на пересечении улиц Безбокова и Захарова на месте рожи и должен был стать центром духовно-патриотического воспитания. Как сообщают проектировщики и заказчик, территория, на которой возводится здание, останется местом отдыха горожан. Парк вокруг храма будет доступен для прогулок. Ограждения у церкви не будет. Однако горожане выступают против размещения храма на месте рожи, несмотря на то что застройщик обещает взамен снесенных 37 провести

высадку 102 деревьев и кустарников и благоустроить парк.

Существующее же здание прихода, церковь Александра Невского, более 20 лет занимает арендуемое здание барачного типа на улице Якоби. Более 350 прихожан разных возрастов посещают расположенную в нем воскресную школу, бесплатные развивающие кружки для детей. В итоге принято решение возводить новый храм на месте старого.

Заметим, что возведенная в 2008 г. церковь Веры, Надежды, Любви и Матери Их Софии в существующем парке при мемориальном комплексе стала украшением, дальнейшим развитием и достопримечательностью микрорайона Лисиха.

Проектируемая классическая (православная) гимназия для мальчиков на 264 места при недавно реставрированной Князе-Владимирской церкви (рис. 6), расположенной в северной части предместья Рабочее г. Иркутска, как рассказывает архитектор Елена Григорьева, должна выглядеть очень современно, даже футуристично, и отец настоятель церкви сам высказал пожелание придать гимназии облик, «соответствующий эпохе 3-го тысячелетия». Реконструкция комплекса с доминирующей церковью и гимназией, парка и прилегающих общественных пространств станет импульсом к развитию депрессивной территории предместья.



Рис. 6. Концептуальный проект классической (православной) гимназии для мальчиков на 264 места при Князе-Владимирской церкви в предместье Рабочее в г. Иркутске. Архитектор Е. И. Григорьева

Fig. 6. The conceptual design of a classical (Orthodox) gymnasium for boys for 264 students at the Knjaze-Vladimir Church in the Rabocheye suburb in Irkutsk. Architect E. I. Grigoryeva

У проезжей части напротив остановки общественного транспорта по ул. Гоголя, 42/4 расположился Петропавловский приход. Небольшое деревянное здание было построено в 2010 году как временное. В 2017 году на пересечении улиц Терешковой и Гоголя на территории бывшего Свердловского рынка началось воссоздание исторического здания церкви.

Первоначально это была лагерная церковь 28-го сибирского стрелкового полка. Ее построили примерно в 1910–1911 гг. сначала совсем в другом месте – при военном лагере в селе Михалёво в 20 верстах от Иркутска. Там полк квартировал в летнее время. «Сейчас этого села уже нет, оно оказалось под водой при строительстве Иркутской ГЭС», – рассказывает настоятель. Деревянный Петропавловский храм представлял собой большое

бревенчатое строение в необычном сочетании стиля модерн и древнерусского культового зодчества. В 1918 году его перенесли в иркутское предместье Глазково. Восстановленный храм освятили уже при советской власти 5 июля 1920 года. Но в ноябре 1929 года его закрыли. Частично демонтировали, использовали под клуб, потом под склад, пока и он не был полностью разрушен. Как говорит отец настоятель, сейчас даже это маленькое временное здание востребовано прихожанами.

Тенденция устройства воскресных школ и ремесленных мастерских при церквях для взрослых и детей в Иркутске стала распространенным явлением. А, например, в селе Оёк Иркутского района, непосредственно в зале временного здания церкви, пока основная церковь Успения Пресвятой Богородицы

ремонтируется, как рассказал в личной беседе отец настоятель, по вечерам проводятся даже спортивные занятия для мальчиков.

Результаты и их обсуждение

Поскольку культура России исторически формировалась под воздействием православия, с ним глубоко связаны все ее сферы – взаимоотношения между людьми, отношение к природе, труду и производству, и это получило масштабное материальное воплощение. Большая часть нашего национального культурного наследия, выраженного в материальной российской культуре, – исторические здания и сооружения, материальные памятники истории и культуры, предметы народного творчества, искусства и быта – принадлежат православной культуре или несут ее отпечаток. Культурно-духовным центром и на сегодняшний день остается религиозное сооружение. Православная церковь является символом русской культурной и архитектурной идентичности.

После ее упразднения и разрушения в 30-е гг. XX столетия была попытка создания своеобразной замены – домов культуры, зданий-символов коммунистической партии, однако после распада СССР в 90-х гг. XX в. активно начинают восстанавливать старые церкви и возводят новые.

Мы тоскуем по утраченному, поэтому церковное зодчество по инерции продолжает противопоставлять себя окружению, замыкаясь в собственном нарративе, воспроизводя привычные образы, которые с каждым годом все меньше справляются с функцией эстетического и функционального удовлетворения, но до сих пор решают проблему узнаваемости¹.

Мы потеряли 70 лет, которые могли бы способствовать модернизации православной церкви, даже несмотря на ее ортодоксальные, часто консервативные устойчивые взгляды.

Так или иначе, в России архитектурная концепция сакральных зданий пока остается той же, что и 100 лет назад, однако среди молодых архитекторов возникает новый взгляд на современную архитектуру церквей: мы видим сейчас в российских концептуальных конкурсных проектах профессиональных прогрессивных архитекторов и студентов-архитекторов желание проявить новаторство, сотворить архитектуру, соответствующую стилистическим тенденциям XXI столетия.

Говоря о традициях в сакральной архитектуре, известный канадский архитектор

украинского происхождения Родислав Жук сказал, что это явление очень сложное, где «ставится цель создать архитектуру, которая отвечает определенным эстетическим вкусам и историческому опыту и одновременно связана с данной географической ситуацией и динамизмом современности» [10].

Исходя из этого, следует, что при размещении храма, формировании его архитектурного образа должны учитываться и традиция, и своеобразный аккумулятивно-генеологический процесс, которые будут содействовать созданию новаторских произведений сакрального зодчества, отвечающих современным требованиям XXI столетия.

Кроме архитектора, автора проекта, решения по размещению церкви в городе и ее общему визуальному облику принимает и заказчик – священнослужитель. Помимо представлений и убеждений архитектора, немаловажное значение в формировании любой, в том числе и сакральной, архитектуры, начиная с выбора участка в городе и заканчивая общим внешним обликом и даже предметным комплексом в интерьере, играет менталитет заказчика. Это всегда их совместное творчество.

Нужно отметить, что представления священнослужителей православной церкви тоже постепенно меняются в сторону современности. И мы это понимаем из личных бесед с отцами настоятелями – церковь готова идти на преобразования.

По словам отца Адама, настоятеля одного из храмов г. Улан-Удэ, очень неплохо, когда церковь расположена рядом с общественными развлекательными, детскими городскими пространствами – как, собственно, и раньше, в Средневековье, храмы тесно соседствовали с торговыми площадями, «там где больше бывает людей, там хорошо живется и церкви» [8].

В беседах с отцами настоятелями выясняется, что церковь готова применять новые технологии, материалы, конструкции (церковь Успения Пресвятой Богородицы в с. Оёк, Харлампиевская в Иркутске, приход Преподобного Сергия Радонежского в Студгородке, церковь Александра Невского и др.). Администрация церкви более лояльна к выбору местоположения в городском пространстве: т.к. генпланом советских городов не были предусмотрены участки под строительство церквей, возникают сложности с отводом земли,

¹«Величие, сказочность, утилитарность»: почему в России сложно построить современную церковь [Электронный ресурс]. URL: <https://strelkamag.com/ru/article/pochemu-v-rossii-slozhno-postroit-sovremennuyu-cerkov> (11.02.2022).

приходится присоединять церковь к рекреационному ландшафтному пространству (парк, роща), кладбищам и мемориальным комплексам, больницам, исправительно-трудовым организациям.

Если рассматривать город как социальное пространство, церковь как культурно-духовный институт несет людям определенные настроения и послы, прихожане стремятся к умиротворенности и душевному равновесию, посещая храм. Определенные культурно-исторические коды, связанные с религией, сплачивают людей, внедряют в их сознание патриотизм и любовь к родине.

Заключение

Мы наблюдаем, как жизненные обстоятельства – политика, экономика, научно-технический прогресс, экология – неизбежным образом влияют на организацию и функциональное наполнение общественных пространств, на появление в них новых сакральных зданий, новых символов культурной идентичности, которые, в свою очередь, культурно обогащают общество. Этот процесс отлично иллюстрирует строительство масштабных жилых комплексов Красной Вены, когда приезжавшие из деревень представители рабочего класса, заселяясь в прекрасно спроектированные талантливыми архитекторами дома, «дворцы для народа» с богатой социальной инфраструктурой, с парками и садами, превращались в цивилизованных культурных горожан [7].

Какой-нибудь парк, используемый преимущественно для выгула собак или пребывания асоциальных личностей, с присутствием церкви приобретает символ культуры, рождает совсем другие мысли и ассоциации и вдохновляет общество на иные действия.

Любая архитектура, даже устойчивая к быстрым изменениям, консервативная религиозная, откликается на происходящие в социуме явления, на его новые потребности, в результате чего через ее реализаторов – архитекторов и заказчиков – постепенно меняет территориальное и композиционное поло-

жение в городской застройке, а также пространственную организацию, форму, архитектурный замысел и стиль [11, 12].

Каждая церковь уникальна. Привязанная к конкретному месту, представляющая собой некий символ эпохи, исторических событий, наложенный на творческий замысел архитектора, выглядит как доминанта или акцент в городе, ориентир, узел на фоне гомогенной застройки. Как правило, удачно сформированный ориентир, возникший на пределе художественных и технологических возможностей того места и того времени, становится символом города, его айдентикой, как говорил архитектор Хироки Мацура о храмах Иркутска [13].

Такой символ формирует культурные коды, память и смыслы места, притягивает к себе горожан и туристов, обозначая общественные пространства.

Постсоветское общество потребовало новых символов культурной идентичности, от архитекторов – создания храмов взамен разрушенных. В результате возникла проблема адекватного ответа на запрос времени, что привело к возобновлению целого направления в архитектуре общественных зданий и сооружений – сакральной архитектуры.

В большинстве случаев в Иркутске храмы воздвигаются взамен утраченных на их прежних местах, реставрируются или восстанавливаются по историческим проектам. Но, почти стихийно, ввиду острой востребованности, с одной стороны, и нехватки финансирования и сложностей с земельными участками – с другой, появилась тенденция устройства «церкви» в приспособленных помещениях либо совершенно простых зданиях с «незатейливой архитектурой», на доступных участках, как правило, в традиционном расположении: мемориальные комплексы, на пересечении или вдоль осей главных коммуникационных связей, в центре жилого квартала.

Поиск новых архитектурных решений достаточно робок. Однако конкурсные проекты перспективных архитекторов демонстрируют нам немало новых модернистских идей.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Глебова Н. М., Кламер М. Эволюция и модернизм церковной архитектуры Вены // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 2 (37). С. 314–329. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-314-329>.

2. Bäumler A. K., Zeese A. Wiener Kirchenbau nach 1945. Wien: Denkmalpflege und industriearchologie Technische Universität, 2007. 139 S.
3. Achleitner F. Österreichische Architektur im 20. Jahrhundert. Band III/1. Wien 1.-12. Bezirk. Salzburg: Residenz Verlag, 2010. 331 S.

4. Achleitner F. Österreichische Architektur im 20. Jahrhundert. Band III/2. Wien 13.-18. Bezirk. Salzburg: Residenz Verlag, 1995. 256 S.
5. Achleitner F. Österreichische Architektur im 20. Jahrhundert. Band III/3. Wien 19.-23. Bezirk. Salzburg: Residenz Verlag, 2010. 500 S.
6. Vorderwinkler F. R. Sakrale Kunst in Österreich. Kirchen der Stadt Wien. Band 1. Steyr: Kulturbuchverlag, 2008. 240 S.
7. Глебова Н. М., Кламер М. Красная Вена. 1919–1934 // Проект Байкал. 2021. № 18 (68). С. 26–35. <https://doi.org/10.51461/projectbaikal.68.1797>.
8. Макотина С. Новые культовые сооружения в столице Бурятии Улан-Удэ // Проект Байкал. 2014. № 11 (41). С. 50–54. <https://doi.org/10.7480/projectbaikal.41.732>.
9. Юрьева А. В. Храмовая архитектура: традиция и новация // Электронный научный журнал «Архонт». 2020. № 5 (20). С. 106–110.
10. Куцевич В. В. Храм в структуре города. Традиции и современность // Архитектура и современные информационные технологии. 2015. № 4 (33). С. 8.

11. Барашков В. В. Образно-эстетические традиции и инновации в современной западноевропейской христианской церковной архитектуре // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Политология. Религиоведение». 2018. Т. 23. С. 137–145. <https://doi.org/10.26516/2073-3380.2018.23.137>.
12. Барашков В. В. Современная церковная архитектура как межкультурное пространство эстетической и нравственной коммуникации // Концепт: философия, религия, культура. 2020. Т. 4. № 3. С. 149–157. <https://doi.org/10.24833/2541-8831-2020-3-15-149-157>.
13. Глебова Н. М., Большаков А. Г. Принципы сохранения и формирования архитектурной идентичности в уличной застройке исторической части Иркутска // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. Т. 9. № 3. С. 606–619. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2019-3-606-619>.

REFERENCES

1. Glebova NM, Klammer M. Evolution and modernism of church architecture in Vienna. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(2):314-329. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-314-329>.
2. Bäumler A. K, Zeese A. Wiener Kirchenbau nach 1945. Wien: Denkmalpflege und industriearchologie Technische Universität; 2007. 139 S.
3. Achleitner F. Österreichische Architektur im 20. Jahrhundert. Band III/1. Wien 1.-12. Bezirk. Salzburg: Residenz Verlag; 2010. 331 S.
4. Achleitner F. Österreichische Architektur im 20. Jahrhundert. Band III/2. Wien 13.-18. Bezirk. Salzburg: Residenz Verlag; 1995. 256 S.
5. Achleitner F. Österreichische Architektur im 20. Jahrhundert. Band III/3. Wien 19.-23. Bezirk. Salzburg: Residenz Verlag; 2010. 500 S.
6. Vorderwinkler FR. Sakrale Kunst in Österreich. Kirchen der Stadt Wien. Band 1. Steyr: Kulturbuchverlag; 2008. 240 S.
7. Glebova NM, Klammer M. Red Vienna. 1919–1934. *Proekt Baikal*. 2021;18(68):26-35. (In Russ.). <https://doi.org/10.51461/projectbaikal.68.1797>.
8. Makotina S. New places of worship in the capital of Buryatia Ulan-Ude. *Proekt Baikal*. 2014;11(41):50-54. (In Russ.). <https://doi.org/10.7480/projectbaikal.41.732>.
9. Yurieva AV. Temple architecture: tradition and innovation. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal „Ark-hont“*. 2020;5(20):106-110. (In Russ.).
10. Kutsevich VV. Temple in the structure of the city. Tradition and modernity. *Arkitektura i sovremennye informatsionnye tekhnologii = Architecture and modern information technologies*. 2015;4(33):8. (In Russ.).
11. Barashkov VV. Aesthetical traditions and innovations in the modern christian church architecture in Western Europe. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya „Politologiya. Religiovedenie“*. 2018;23:137-145. (In Russ.). <https://doi.org/10.26516/2073-3380.2018.23.137>.
12. Barashkov VV. Modern church architecture as an international space of aesthetic and moral communication. *Kontsept: filosofiya, religiya, kul'tura = Concept: philosophy, religion, culture*. 2020;4(3):149-157. (In Russ.). <https://doi.org/10.24833/2541-8831-2020-3-15-149-157>.
13. Glebova NM, Bolshakov AG. Principles of the preservation and formation of the architectural identity in street construction in the historical part of Irkutsk. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2019;9(3):606-619. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2019-3-606-619>.

Информация об авторах

Н. М. Глебова,
доцент ВАК, доцент кафедры архитектурного проектирования,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: nita12@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8762-9711>

М. Кламер,
доктор технических наук, профессор
Института систем транспортного планирования,
Технический университет Вены,
1040, г. Вена, ул. Карлсгассе, 11, Австрия,
e-mail: michael.klamer@tuwien.ac.at

Information about the authors

Natalia M. Glebova,
Associate Professor of the Higher Attestation Commission, Associate Professor of the Department of Architectural Design, Irkutsk National Research Technical University, 83 Lermontov St., 664074, Irkutsk, Russia, e-mail: nita12@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8762-9711>

Michael Klamer,
Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Institute for Transport System Planning, Technical University of Vienna, 11 Karlsgasse St., 1040, Vienna, Austria, e-mail: michael.klamer@tuwien.ac.at

Вклад авторов

Авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Глебова Н. М. несет ответственность за плагиат.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article. Glebova N. M. bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 12.04.2022.
Одобрена после рецензирования 10.05.2022.
Принята к публикации 12.05.2022.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

The article was submitted 12.04.2022.
Approved after reviewing 10.05.2022.
Accepted for publication 12.05.2022.



Формирование идентичности современной архитектуры города (на примере Иркутска)

© Константин Иванович Колодин, Полина Александровна Винокурова

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Винокурова Полина Александровна, p-vinokurova@mail.ru

Аннотация. Целью настоящего исследования является разработка концепции застройки современного жилого квартала с общественной инфраструктурой, бесконфликтно интегрированной в исторический центр города Иркутска. Площадка для размещения квартала расположена в границах ул. Рабочая, территории Машиностроительного завода, набережной реки Ушаковки и ул. Франка Каменецкого и Октябрьской Революции. В рамках исследования проведен анализ современных планировочных структур внутри исторического контекста на примерах различных городов. Изучены компоненты городской идентичности и направления, вокруг которых она формируется. Определены особенности формообразования объектов различного назначения внутри градостроительной структуры города Иркутска. Разработаны проектные решения для строительства современного жилого квартала с общественными зданиями в историческом центре Иркутска. Основной упор при разработке проекта был сделан на исследование вопросов городской идентичности и ее внедрение в проектные решения. Предложенная концепция направлена на сохранение городской идентичности и подчеркивает особенности исторической архитектуры города в формате современного градостроительства.

Ключевые слова: идентичность города, исторический центр Иркутска, идентичность архитектуры, элементы благоустройства, концепция застройки современного жилого квартала

Для цитирования: Колодин К. И., Винокурова П. А. Формирование идентичности современной архитектуры города (на примере Иркутска) // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 2. С. 276–285. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-276-285>.

Original article

Identity building in contemporary urban architecture (on the example of Irkutsk)

Konstantin I. Kolodin, Polina A. Vinokurova

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg, Russia
Corresponding author: Polina A. Vinokurova, p-vinokurova@mail.ru

Abstract. In this work, a concept of modern residential development, including public infrastructure, integrated seamlessly into the historic centre of Irkutsk was elaborated. The proposed location of the quarter lies within the boundaries of Rabochaya Street, the territory of the Machine-Building Plant, the Ushakovka river embankment and Frank Kamenetsky and Oktyabrskaya Revolution streets. The contemporary town planning structures within the historical context were analysed using the examples of various cities. The components of urban identity and trends, which affect its formation, were studied. The characteristics of the form making for the objects having different purposes within the urban structure of Irkutsk were defined. Design solutions for constructing a modern residential area together with public buildings in the historic centre of Irkutsk were provided. When developing the project, studying urban identity and its implementation in the design solutions was emphasised. The proposed concept aims to preserve urban identity and stresses the characteristics of the historic architecture of the city in current urban development.

Keywords: identity of the city, historical center of Irkutsk, identity of architecture, landscaping elements, development concept of a modern residential area

For citation: Kolodin K. I., Vinokurova P. A. Identity building in contemporary urban architecture (on the example of Irkutsk). *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2022;12(2):276-285. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-276-285>.

Введение

Интегрирование современной архитектуры в сложившуюся среду исторического города в настоящее время актуально для большого количества как российских, так и зарубежных градостроителей. Важной составляющей визуального образа города является именно архитектура [1] – она создает «бренд» места, несущий его память.

С одной стороны, использование средового подхода при проектировании, формирование масштаба застройки – основные принципы бережного отношения к существующему контексту, которое способствует развитию архитектурно-планировочной структуры города. С другой стороны, существует аспект, связанный с новым видением общественных пространств, расширением функциональной составляющей зданий и сооружений в сложившейся сетке застройки. Глобализация, урбанизация, новые материалы и технологии активно влияют на современное градостроительство. Формируется новая типология общественных зданий, а также среда вокруг них трансформируется. Увеличивается масштаб застройки. В традиционном понимании общественные здания имеют четкое функциональное разделение: музей, магазин, офис, ресторан и пр. Однако на современном этапе развития общества мы понимаем, что пространство должно быть многофункциональным и подстраиваться под назначение [2]. Внедрение объектов с такой философией проектирования в структуру города актуально и необходимо для

комфортного существования людей в прогрессивном обществе.

Однако, с точки зрения авторов, проблема состоит в разрушении архитектурной идентичности исторических мест и городов. Агрессивное проникновение современной архитектуры в старые исторические городские кварталы приводит к искажению уникального облика места (городской идентичности), утрате самобытности городов, в том числе г. Иркутска.

Изучение аспектов, связанных с формированием застройки внутри исторического города, является недооцененным с точки зрения градостроительной политики городов, несущих в своей структуре память места. Именно поэтому существует необходимость исследования данных вопросов для более глубокого понимания методики контекстуального проектирования.

Анализ проектов современных планировочных структур внутри исторического контекста

Образ города формируется в сознании его жителей и гостей из характера и особенностей того или иного места [3]. Здания, памятные места, улицы и площади – это следы истории, формирующие ценности города. Они помогают держать связь с местной культурой и историческими традициями. Исследователи утверждают, что городская идентичность образуется из таких компонентов, как: географические и климатические особенности места, культурные особенности и, бесспорно, архитектурная идентичность [4] (рис. 1).

	География	климат, ландшафт, растительность и животный мир; национальность, этнический состав; природные строительные материалы
	Культура	история, политика, традиции, менталитет; национальности, язык, топонимика, ремесла
	Архитектура	морфология застройки, традиции и плотность застройки; метрические параметры и пропорции, цельность городского образа, символика и семиотика

Рис. 1. Компоненты городской идентичности. Составлено авторами по материалам [4]
Fig. 1. Components of urban identity. Compiled by the authors based on materials [4]

Благодаря сочетанию приведенных компонентов в определенном месте и в определенном соотношении формируется уникальный облик места – городская идентичность.

Идентичность места может складываться вокруг символа эпохи (некой доминанты) или массового характера фоновой застройки.

Например, для уральских городов идентичность связана с индустриальными объектами. Крупные производственные здания и сооружения, расположенные в этом регионе, повлияли на характер застройки и на освоение пространства. Объекты индустриального наследия являются местами-символами города, что влияет на особенности прочтения планировки уральских городов [5].

В качестве органично включенного в ткань исторического города современного проекта можно выделить торгово-культурный комплекс «Пять дворов» (*Fünf Höfe*), который расположен в центральной части Мюнхена (Германия) [2]. Данный объект – квартал, включающий в себя комплекс дворов, характерных для исторической застройки данного места. Он отсылает к истокам формирования градостроительного каркаса, являясь самостоятельным многофункциональным современным элементом планировочной структуры Мюнхена.

Также хорошо реагирующими на историческую среду объектами в Германии можно назвать берлинские Хакские дворы [2] и район Нойштадт [6].

Градостроительные регламенты Германии позволяют сохранить значимую идентичность памяти места, при этом учитывая меняющуюся функциональную составляющую пространств. Новые multifunctionальные типы зданий аккуратно маскируются под дворовые пространства, не нарушая силуэты улиц. Сохраняется целостность пространственной градостроительной структуры и характерных особенностей зданий. По результатам исследований [7, 8] выявляется нарушение градостроительной ткани города Амман (Иордания). Утрачиваются ориентиры, которые являлись визуальным отображением истории города. Недостаток общественных пространств, отсутствие четкого зеленого каркаса и общепринятой стратегии проектирования в сложившейся исторической среде вызывает спор старого и нового. Создается агрессивная среда, что неудовлетворительно влияет на настроение и самочувствие

туристов и местных жителей. Также культурный потенциал деревни *Balmedie* в Шотландии снижается с течением времени.

Социальные опросы населения показывают, что особенности места утрачиваются, ускользает, казалось бы, незначительное и невидимое – ассоциации, которые люди несут и передают внутри сообщества [9]. Напряженность населения возникает в результате децентрализации и неправильной стратегии развития градостроительной единицы.

Примером попытки внедрения современного объекта в сложившуюся ткань города Иркутска можно назвать 130-й квартал. Проект градостроительной единицы – скорее прямое цитирование истории, нежели аккуратное внедрение нового видения архитектуры столицы Восточной Сибири. С точки зрения авторов, отдавать дань истории следует бережно, формируя идентичность на уровне концепции.

Поиск архитектурного образа Иркутска

«Плейсмейкинг» (от англ. *place* – место, *making* – создание) – это концепция, разработанная в 1960-х годах Д. Джейкобс и В. Уайтом [10].

Концепция интересна тем, что она позволяет учитывать мнение горожан, помогая проектировщикам создать максимально комфортную среду с учетом индивидуального подхода.

Архитектурный облик исторического Иркутска очень самобытен. Его образуют преимущественно деревянные дома. «Точкой отсчета» образования градостроительной единицы можно считать Иркутский кремль, основанный в 1661 году Яковом Похабовым¹. Поиск идентичности для Иркутска следует начинать с концепции формирования городского квартала.

В качестве примера может служить квартал городского центра, в котором Иркутский кремль стал его визитной карточкой.

Исследователи [4] выделяют несколько узнаваемых типов архитектуры г. Иркутска (таблица).

Проектное предложение архитектурно-планировочной структуры

Концепция квартала с разработкой жилых групп и общественного центра в г. Иркутске спроектирована в рамках дипломной работы бакалавра П. А. Винокуровой под руководством кандидата архитектуры, доцента К. И. Колодина.

¹Иркутск: библиографический указатель / сост.: В. К. Пешкова, Г. Ф. Ямщикова, Н. В. Инешина, О. Ю. Митина. Иркутск: ИГУ, 2009. Вып. 2: 1917–2006 гг. 487 с.

Типичные виды архитектуры г. Иркутска. Составлено авторами по материалам [4]
Typical types of architecture in Irkutsk. Compiled by the authors based on materials [4]

Тип	Характерные черты
1. Деревянные постройки	Построенные по регламентам с резным декором, цветовое решение – натуральное дерево либо полихромия фасадов, крыш и декора; 1–2 этажа (рис. 2 а)
2. Каменная (кирпичная) архитектура	Смешанный стиль с элементами мавританского, неоготического, неорусского; использование лицевого кирпича на фасадах либо в контрастной желто-коричневой гамме «под кирпич» (2–4 высоких этажа) (рис. 2 б)
3. Каменные здания в классических смешанных стилях	Классицизм, неоклассицизм, модерн, эклектика, историзм; оштукатуренные полихромные фасады с лепным декором чаще контрастного по отношению к стене цвета, нередко с характерной переменной этажностью на протяжении всей улицы (1–5 этажей) (рис. 2 с)
4. «Иркутский необрутализм» архитектора В. А. Павлова и его школы	Известный в мире стиль, с местными особенностями. В 1970-х гг. этот стиль сформировался под названием «модернизм» (первая форма архитектурной идентичности как заявление новой идентичности) (рис. 2 д)



Рис. 2. Типичные виды архитектуры г. Иркутска: а – деревянные постройки; б – каменная (кирпичная) архитектура; с – каменные здания в классических смешанных стилях; д – «иркутский необрутализм». Иллюстрации П. А. Винокуровой

Fig. 2. Typical types of architecture in Irkutsk: а – wooden buildings; б – stone (brick) architecture; с – stone buildings in classical mixed styles; д – "Irkutsk neo-brutalism". Illustrations by P. A. Vinokurova

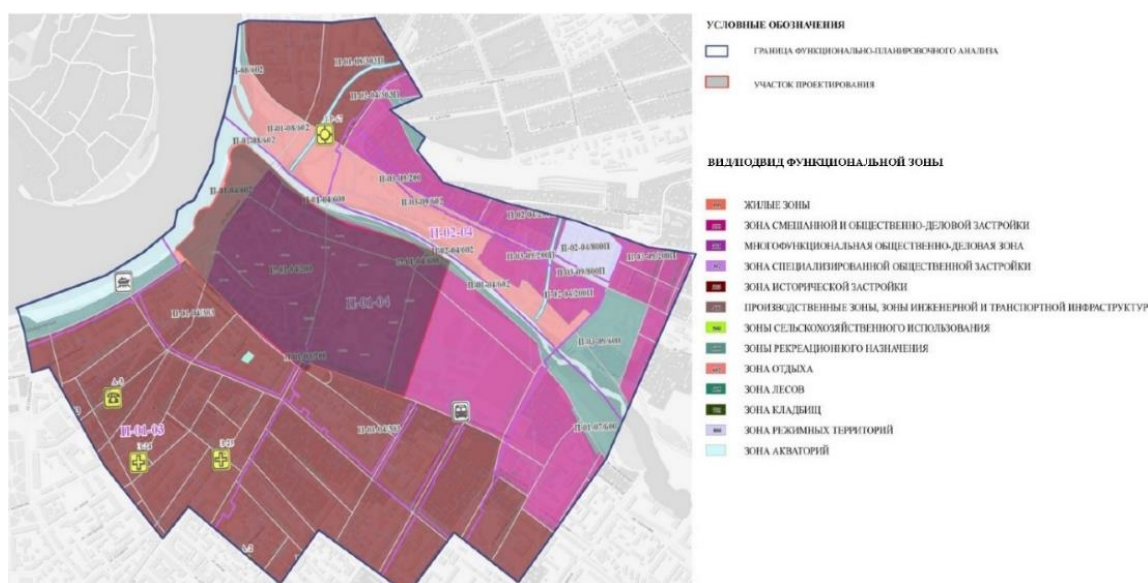


Рис. 3. Схема функционального зонирования согласно генеральному плану Иркутска²

Fig. 3. Scheme of functional zoning according to the general plan of Irkutsk

²Генеральный план города Иркутска [Электронный ресурс]. URL: <https://admirk.ru/sectors/stroitelstvo/generalnyy-plan-goroda/> (11.02.2022).

В качестве экспериментальной площадки для размещения квартала была выбрана территория, которая ограничена улицей Рабочая на западе, границей территории Машиностроительного завода на востоке, набережной реки Ушаковки на севере и улицами Франка Каменецкого и Октябрьской Революции на юге. Она

находится на границе исторического центра города (рис. 3), что позволяет соприкоснуться с ним. В рамках концепции на основании опорного плана участка (рис. 4) выдвинуто проектное предложение по застройке данной территории (рис. 5).

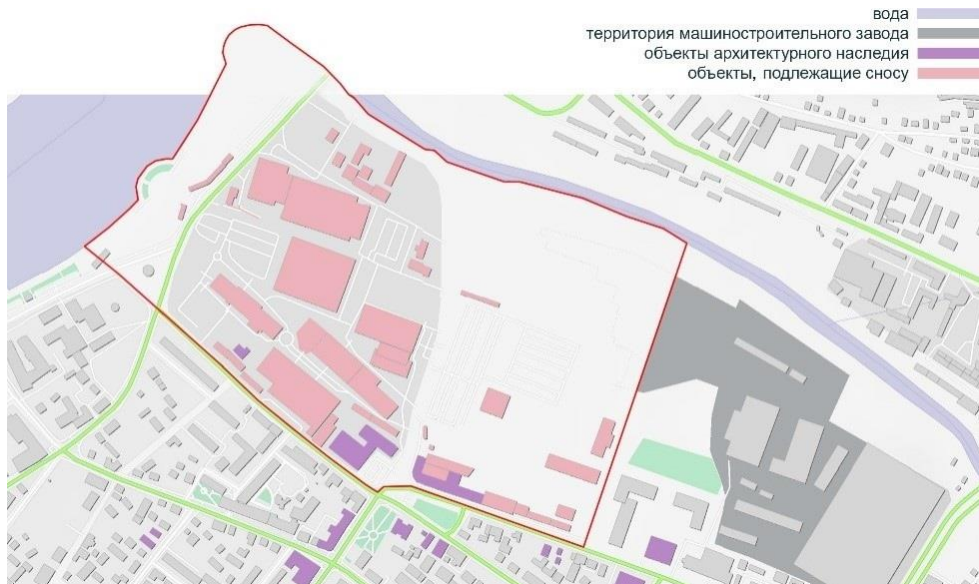


Рис. 4. Опорный план территории
Fig. 4. Reference plan of the territory



Рис. 5. Генплан разрабатываемого квартала
Fig. 5. General plan of the developed quarter

Повторение мотивов из исторической архитектуры — одна из ключевых стратегий авангарда [11], который породил современную архитектуру³. Язык архитектуры с того времени поменялся, но «разговор» продолжился. Использование укоренившихся форм, сеток, геометрии, плоскостей создает возможность принять альтернативный способ взаимодействия с окружающей средой, не нарушая ее целостность. Ассоциативными формами для выбранной территории можно назвать дерево, наличники, острог. Деревянная застройка — одна из основных черт памяти города.

С вопросами формирования основной пешеходной оси проектируемого квартала связана следующая ступень рассмотрения вопросов идентичности. Это открытые, полужакрытые объекты квартала с широкой палитрой

элементов благоустройства. К ним относятся различные детские спортивные, образовательные и развлекательные зоны, протяженный бульвар с зеленым каркасом проектируемого участка. Вдоль пешеходного бульвара, формирующего основные направления потоков людей, располагается пространство уличного спорта: скейтпарки, элементы трассы маунтинбайка, зоны для трюков роллерблэйдинга.

Композиционными и функциональными центрами притяжения служат школа, два детских сада и детский культурный центр, выходящий на набережную Ушаковки, а также детский спортивный комплекс. Из расчетов технико-экономических показателей: площадь участка — 42,5 га; площадь жилой застройки — 16 га; средняя плотность населения — 360 чел./га; количество жителей — 5800 чел.

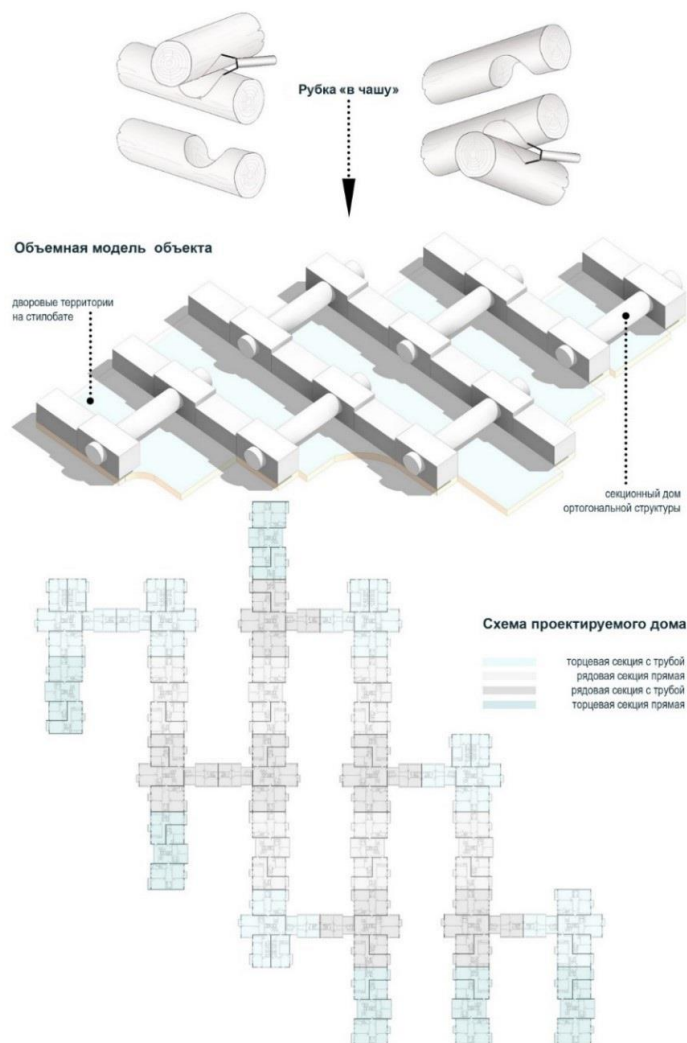


Рис. 6. Формообразование секционного жилого дома
Fig. 6. Formation of a sectional residential building

³Заварихин С. П. Архитектура первой половины XX века: учебник для средн. проф. образования. 2-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2022. 223 с.

Жилые дома бизнес-класса образуют архитектурный силуэт набережной Ушаковки. Они создают ортогональную жесткую структуру, в которой располагаются непродуваемые дворы. Формообразование самого секционного дома обусловлено ассоциативными объемами – бревна в рубке (рис. 6). Таким образом, происходит формирование идентичности на уровне здания. Компоненты архитектуры исторической среды выделяются как ассоциативно узнаваемые для визуального образа города и складываются модульно увеличенной структурой объема здания.

Жилые группы северной части квартала формируются контрастным ответом. Они складываются полукругом, оставляя три пешеходных луча, провожающих к центру квартала, которые укрепляют зеленый каркас города. Они

визуально продолжают оси существующих улиц, реагируя на окружение.

Завершающим архитектурным акцентом на пересечении улицы Карла Маркса и полукруглой оси проектируемого бульвара становится комплекс детского культурно-досугового центра (рис. 7). Геометрия плана комплекса напоминает треугольник с атриумным двором в центре. За основу формообразования объекта был принят образ сибирского острога – крепости.

Кроме того, он содержит в себе переосмысление архитектурных элементов исторической застройки, таких как круглые бревна и скатные крыши. Объемы цилиндрической формы, выходящие на фасад фронтальной частью, несут в своей структуре несколько этажей художественного блока детского центра.

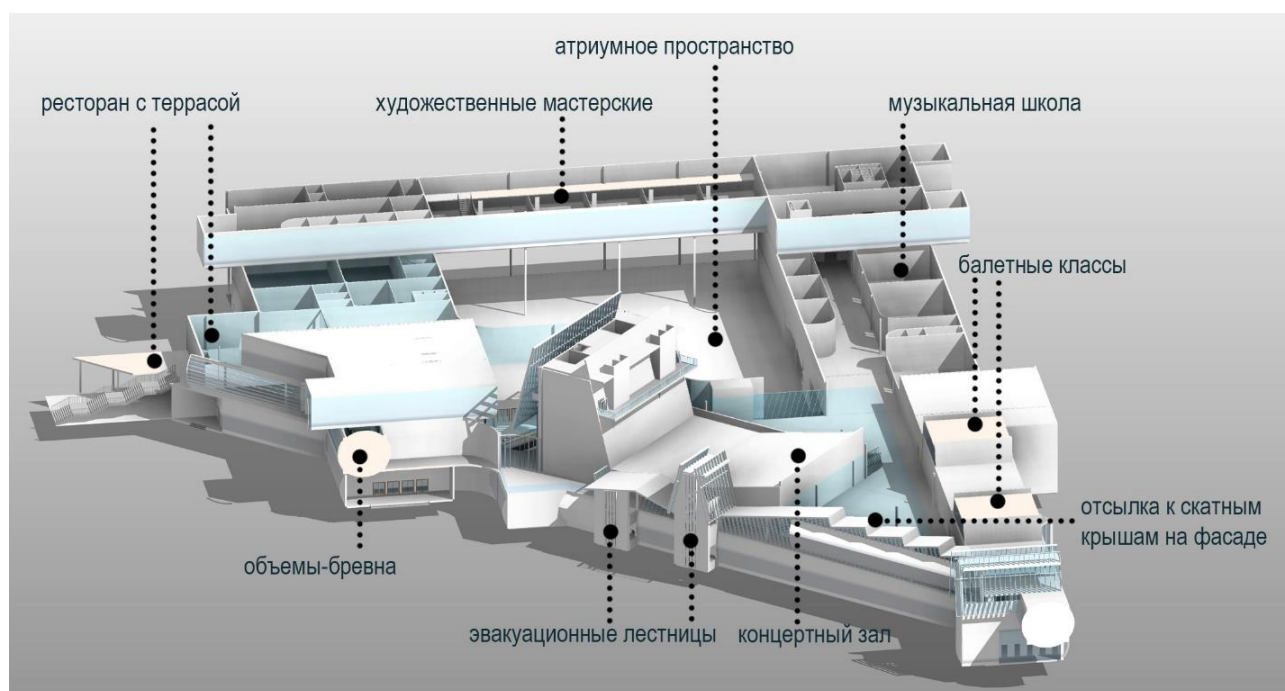


Рис. 7. Формообразование детского культурно-досугового центра
Fig. 7. Formation of the children's cultural and leisure center

Когда начинается работа с фасадами и деталями, важным разделом, связанным с идентичностью, является формообразование объектов. В проекте плоскости стен детского комплекса были выполнены по аналогии со стенами деревянного дома.

Объемные детали стены были увеличены в процессе деконструкции, и в результате стена была превращена в крупный объем, имитирующий бревно сруба.

Объем имитируемого бревна превращается в полноценный этаж (рис. 8). Используется прием морфоструктурного проектиро-

вания – анализ фрагмента и детали в форме [12]. Эвакуационные лестницы выносятся из основной плоскости протяженного фасада возвышающимися объемами, визуально завершающимися скатыми крышами, отсылая к башням Иркутского острога.

Объемно-пространственная концепция квартала как целостной единицы и совокупности элементов структуры, а также их объемно-планировочных и архитектурно-художественных решений поддерживает ментальную связь с исторической средой, используя современные материалы и конструкции.

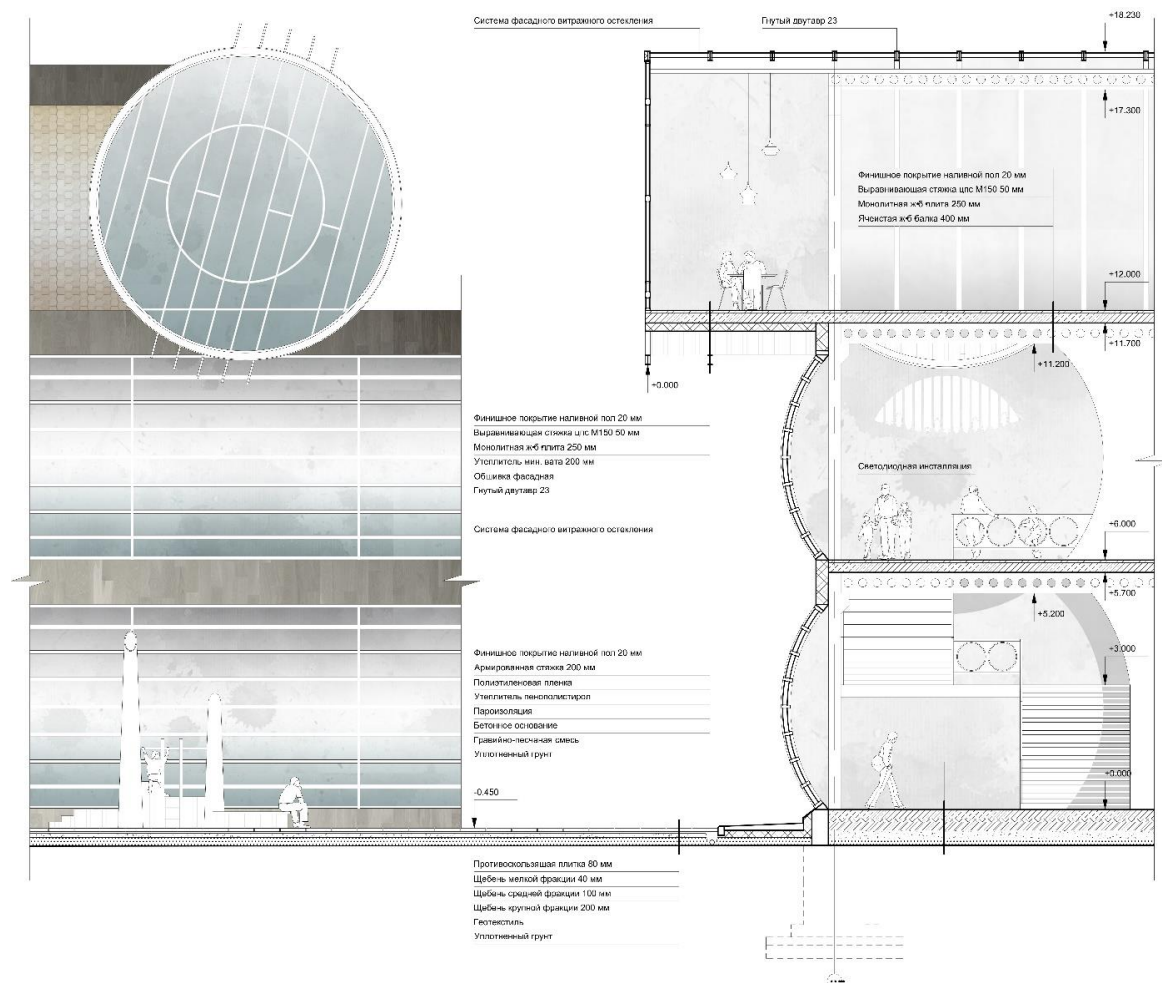


Рис. 8. Разрез по стене и фрагмент фасада детского культурно-досугового центра
Fig. 8. Section along the wall and a fragment of the facade of the children's cultural and leisure center

Закключение

В статье проведен комплексный анализ взаимодействия объектов современной архитектуры с исторической застройкой на примерах исторических городов. Было отмечено, что идентичность города формируется в сознании людей, складываясь из географических, культурных и архитектурных особенностей этого города. Предложена концепция интегрирования современного жилого квартала с общественным центром в историческую ткань города в разработанном экспериментальном проекте выпускной квалификационной работы П. А. Винокуровой (СПбГАСУ, кафедра архитектурного проектирования, мастерская К. И. Колодина).

С опорой на принципы предложенной концепции были выявлены особенности формообразования объемно-пространственных объектов и структур на уровнях:

- 1) города;
- 2) многофункционального комплекса;
- 3) здания и фасада;
- 4) деталей;
- 5) территории квартала с разработанными элементами благоустройства.

Использованный при разработке жилого квартала инструментальный позволил создать связь между современной архитектурой и памятью места.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Храпова В. А., Латышева М. А. Архитектурное пространство города как фактор формирования идентичности (на примере города Волгограда) // Logos et Praxis. 2020. Т. 19. № 2. С. 99–105. <https://doi.org/10.15688/lp.jvolsu.2020.2.10>.
2. Дагданова Ц. Б. Городской исторический квартал: старое и новое // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2016. № 3 (18). С. 125–136.

3. Линч К. Образ города / пер. с англ. В. Л. Глазычева; сост. А. В. Иконников; под ред. А. В. Иконникова. М.: Стройиздат, 1982. 328 с.
 4. Глебова Н. М., Большаков А. Г. Принципы сохранения и формирования архитектурной идентичности в уличной застройке исторической части г. Иркутска // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. Т. 9. № 3. С. 606–619. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2019-3-606-619>.
 5. Солонина Н. С., Цорик А. В., Шипицына О. А. Индустриальная идентичность Екатеринбурга: образ города в архитектуре исторически сложившихся промышленных комплексов // Архитектон: известия вузов. 2021. № 2 (74). С. 5. [https://doi.org/10.47055/1990-4126-2021-2\(74\)-5](https://doi.org/10.47055/1990-4126-2021-2(74)-5).
 6. Потапова А. В. Методы регенерации исторических кварталов в современной Европейской практике на примере района Нойштадт (Дрезден, Германия) // Architecture and modern information technologies. 2012. № 2 (19). С. 16.
 7. Al Dein Hasan Al Fahmawee Emad. GIS methodological approach to developing and forming a visual image of downtown Amman // Architecture and engineering. 2021. Vol. 6. № 3. p. 49–61. <https://doi.org/10.23968/2500-0055-2021-6-3-49-61>.

8. Abed A., Al-Jokhadar A. Common space as a tool for social sustainability // Journal of Housing and the Built Environment. 2022. Vol. 37. p. 399–421. <https://doi.org/10.1007/s10901-021-09843-y>.
 9. Hargreaves A. Building communities of place: Habitual movement around significant places // Journal of Housing and the Built Environment. 2004. Vol. 19. № 1. p. 49–65. <https://doi.org/10.1023/B:JOHO.0000017706.38123.43>.
 10. Silberberg S. Places in The Making: How Placemaking Builds Places and Communities. Boston: Massachusetts Institute of Technology, 2013. 72 p.
 11. Butcher M. Architectures of Slowness: Actioning Historical Loops and Repetitions // Butcher M., O'Shea M. (eds.). Expanding Fields of Architectural Discourse and Practice: Curated Works from the P.E.A.R. Journal. UCL Press, 2020. p. 160–191.
 12. Вологодина Н. Н., Яруков В. Н. Принципы контекстуального подхода и концепция проектирования жилой застройки в исторических кварталах города // Градостроительство и архитектура. 2018. Т. 8. № 2 (31). С. 95–101. <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2018.02.16>.

REFERENCES

1. Khrapova VA, Latysheva MA. Architectural space of the city as a factor of identity formation (exemplified by the city of Volgograd). *Logos et Praxis*. 2020;19(2):99–105. (In Russ.). <https://doi.org/10.15688/lp.jvolsu.2020.2.10>.
 2. Dagdanova TsB. City historical quarter: old and new. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2016;3(18):125–136. (In Russ.).
 3. Lynch K. The image of the City. Moscow: Stroizdat; 1982. 328 c. (In Russ.).
 4. Glebova NM, Bol'shakov AG. Principles of the preservation and formation of the architectural identity in street construction in the historical part of Irkutsk. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2019;9(3):606–619. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2019-3-606-619>.
 5. Solonina NS, Tsorik AV, Shipitsyna OA. The industrial identity of Ekaterinburg: the image of the city in the architecture of historically formed industrial complexes. *Arkhiteton: izvestiya vuzov = Architecton: proceedings of higher education*. 2021;2(74):5. (In Russ.). [https://doi.org/10.47055/1990-4126-2021-2\(74\)-5](https://doi.org/10.47055/1990-4126-2021-2(74)-5).

6. Potapova AV. Methods of regeneration historical quarters in the contemporary European practise by example of the Neustadt district (Germany). *Architecture and modern information technologies*. 2012;2(19):16. (In Russ.).
 7. Al Dein Hasan Al Fahmawee Emad. GIS methodological approach to developing and forming a visual image of downtown Amman. *Architecture and engineering*. 2021;6(3):49–61. <https://doi.org/10.23968/2500-0055-2021-6-3-49-61>.
 8. Abed A, Al-Jokhadar A. Common space as a tool for social sustainability. *Journal of Housing and the Built Environment*. 2022;37:399–421. <https://doi.org/10.1007/s10901-021-09843-y>.
 9. Hargreaves A. Building communities of place: Habitual movement around significant places. *Journal of Housing and the Built Environment*. 2004;19(1):49–65. <https://doi.org/10.1023/B:JOHO.0000017706.38123.43>.
 10. Silberberg S. Places in The Making: How Placemaking Builds Places and Communities. Boston: Massachusetts Institute of Technology; 2013. 72 p.
 11. Butcher M. Architectures of Slowness: Actioning Historical Loops and Repetitions. In: M. Butcher, M. O'Shea (eds.). *Expanding Fields of Architectural Discourse and Practice: Curated*

Works from the P.E.A.R. Journal. UCL Press, 2020. p. 160-191.

12. Vologdina NN, Yarukov VN. Principles of the contextual approach and the concept of residential

buildings designing in the historic quarters of the city. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura.* 2018;8(2):95-101. <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2018.02.16>.

Информация об авторах

К. И. Колодин,

кандидат архитектуры, доцент кафедры архитектурного проектирования, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 190005, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, 4, Россия, e-mail: kolodinstudio@bk.ru <https://orcid.org/0000-0001-7197-9824>

П. А. Винокурова,

студент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 190005, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, 4, Россия, e-mail: p-vinokurova@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-3010-1836>

Information about the authors

Konstantin I. Kolodin,

Candidate of Architecture, Associate Professor of the Department of Architectural Design, Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 4 2nd Krasnoarmeyskaya St., Saint-Petersburg, 190005, Russia, e-mail: kolodinstudio@bk.ru <https://orcid.org/0000-0001-7197-9824>

Polina A. Vinokurova,

Student, Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 4 2nd Krasnoarmeyskaya St., Saint-Petersburg, 190005, Russia, e-mail: p-vinokurova@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-3010-1836>

Вклад авторов

Авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Винокурова П. А. несет ответственность за плагиат.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article. Vinokurova P. A. bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Статья поступила в редакцию 04.04.2022.
Одобрена после рецензирования 02.05.2022.
Принята к публикации 04.05.2022.

The article was submitted 04.04.2022.
Approved after reviewing 02.05.2022.
Accepted for publication 04.05.2022.



Цифровизация образования и специфика сбора цифрового следа студентов творческих специальностей

© Александр Валентинович Пономарев, Милена Владимировна Золотарева

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

Автор, ответственный за переписку: Золотарева Милена Владимировна, goldmile@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена вопросам внедрения цифровизации в образовательный процесс студентов творческих специальностей. Исследование базируется на итоговой работе, выполненной в рамках программы профессиональной переподготовки «Управление проектной деятельностью в цифровой образовательной среде университета» (НИЯУ МИФИ). Выявлена важность сбора цифрового следа студентов в процессе обучения как значимого информационного контента, позволяющего установить обратную связь в процессе преподавания с целью регулирования образовательной траектории. Сформулированы проблемы реализации процесса сбора цифрового следа обучающихся в творческом вузе, и оценены существующие возможности осуществления этого процесса. Определены принципы цифровизации образовательного процесса на базе основных показателей его освоения («знать», «уметь», «владеть»), что позволило выявить соответствующие методы сбора цифрового следа. Исследование показало, что базой формирования рабочей модели «студент – молодой специалист – производство» является цифровизация образования, подразумевающая отлаженную работу системы «преподаватель – содержание – студент – информационные технологии».

Ключевые слова: онлайн-обучение, творческий вуз, цифровизация образования, архитектурное образование, сбор цифрового следа

Для цитирования: Пономарев А. В., Золотарева М. В. Цифровизация образования и специфика сбора цифрового следа студентов творческих специальностей // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 2. С. 286–293. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-286-293>.

Original article

Digitalisation of education and specificity of collecting the digital footprint of students in creative disciplines

Aleksandr V. Ponomarev, Milena V. Zolotareva

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia
Corresponding author: Milena V. Zolotareva, goldmile@yandex.ru

Abstract. In this article, implementing digitalisation in the educational process of students of creative disciplines is discussed. The research is based on the final paper completed within the framework of the professional retraining programme entitled “Project Management in Digital Educational Environment of a University” (NRNU MEPhI). The importance of collecting the digital footprint of students during the learning process as valuable information content was revealed, which allows feedback in the teaching process to be established in order to adjust the educational path. The challenges of implementing the digital footprint acquisition of students attending Art and Design were formulated, and the existing opportunities for implementing this process were assessed. The principles of digitalisation in the educational process based on the performance (“to know”, “to be able to”, “to master”) were defined, which allows the methods of digital footprint acquisition to be identified. The study showed that forming a working model of “student–young professional–production” is based on the digitalisation of education, which implies a well-functioning system of “teacher–content–student–information technology”.

Keywords: online learning, creative university, digitalization of education, architectural education, digital footprint collection

For citation: Ponomarev A. V., Zolotareva M. V. Digitalisation of education and specificity of collecting the digital footprint of students in creative disciplines. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2022;12(2):286-293. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-286-293>.

Введение

В последнее время стало очевидным движение общества в сторону цифровизации как формы достижения оптимизации и эффективности деятельности во всех сферах экономики. Не осталась в стороне и сфера образования. Рабочие программы новых образовательных платформ, формируемых в вузах, включают в обязательном порядке комплекс единиц образовательного контента по различным дисциплинам. Преимущество данного процесса очевидно. Наряду с положительными результатами в части обучения, взаимодействия в системе «преподаватель – студент», закладываются основы системы «молодой специалист – предприятие». Над взаимосвязью этих систем уже работают методисты и преподаватели некоторых технических вузов. Но если в техническом вузе внедрение цифровизации в образование ведется уже давно, то творческий вуз пока мало задействован в этом процессе.

Таким образом, открываются новые возможности решения данной задачи на специфической образовательной платформе получения творческой специальности. Архитектура, находясь на стыке технической и творческой систем знаний, наиболее подходящая дисциплина для внедрения цифровизации образования. В том числе это относится и к такому инструменту цифровой информатизации, как сбор цифрового следа обучающихся для совершенствования или корректировки образовательной траектории.

Курс на цифровизацию образования вызывает стремление преподавателей поделиться своими теоретическими и практическими результатами в этой области. Наибольший интерес вызывают работы преподавателей творческих дисциплин, среди которых И. В. Топчий [1], И. А. Леонова, О. А. Избранова [2], И. М. Красильников [3], Л. Г. Савенкова [4] и др. В этих работах можно выделить два мнения о перспективах цифровизации творческого (архитектурного или художественного) образования.

В одном случае делается заключение, что цифровые технологии качественно изменяют

деятельность человека, в том числе в сфере искусства и образования [3].

В другом – даются более осторожные прогнозы, поскольку в учебном процессе есть предметы, в которых непосредственный контакт преподавателя со студентом просто необходим [2]. Однако ни у кого не возникает сомнения в том, что в современном образовании необходимо владеть педагогическими технологиями, применяемыми в виртуальной среде, что обеспечивает качественную обратную связь, возможность оперативно реагировать на результаты освоения дисциплин еще до итогового экзамена, в том числе и с помощью сбора цифрового следа обучающегося.

Дистанционное обучение является реальностью нашей современной жизни. Пандемия коронавируса спровоцировала перестройку дидактических основ системы образования на всех его уровнях, тем самым ускорив полномасштабное введение цифровых технологий в образовательный процесс. Неожиданный полный переход на онлайн-обучение оказался болезненным для российского высшего образования в сфере творческих специальностей. Однако были открыты и новые возможности проведения образовательных мероприятий и методы оценки эффективности усвоения знаний. Ведение занятий удаленно с применением цифровых технологий позволило в реальном времени контролировать результат обучения студента, а также сопутствующие факторы: потребности аудитории, вовлеченность, усвоение материала и возникающие трудности в этом процессе и т.п. Характер исследования определил цель данной статьи: представить специфику сбора цифрового следа студентов творческих специальностей в контексте цифровизации образования.

Для достижения данной цели необходимо было решить следующие задачи: оценить проблемы реализации процесса сбора цифрового следа в творческом вузе; проанализировать существующие возможности работы этого инструмента в процессе преподавания; сформулировать принципы построения курса нового формата, которые позволяют выявить методы сбора цифрового следа студента в процессе освоения дисциплин.

Методы

Исследование проводилось в рамках программы профессиональной переподготовки «Управление проектной деятельностью в цифровой образовательной среде университета» (НИЯУ МИФИ).

Методы исследования включали изучение теоретических материалов, касающихся сбора цифрового следа в целом, наработок специалистов, осуществляющих преподавание в творческих вузах, а также авторское применение на практике сбора цифрового следа и выявление его особенностей при обучении на архитектурном факультете СПбГАСУ.

Результаты исследования и их обсуждение

Проблемы и перспективы реализации процесса сбора цифрового следа в творческом вузе

Информатизация образования способствовала развитию разнообразного контента, используемого в онлайн-обучении. Естественно, возникает вопрос о контроле качества получения знаний.

Одним из инструментов, который позволяет получить данную информацию, является сбор цифрового следа студента в процессе его обучения. Поэтому можно сказать, что сбор цифрового следа является одной из частей комплексной программы цифровизации образования. Обратимся к определению: «Цифровой след – это данные об образовательной, профессиональной или иной деятельности человека, представленные в электронной форме».

Цифровой след используется для анализа развития человека с целью подтверждения получения им нового опыта деятельности, подготовки рекомендаций по следующему шагу развития, накопления данных о траекториях развития, для совершенствования работы системы рекомендаций¹.

Если в технических вузах новые цифровые технологии обеспечивают возможности повышения качества образования, позволяя решать ключевые задачи образовательного процесса [5, 6], то творческие вузы и факультеты (как, например, архитектурный факультет СПбГАСУ) пока только встают на этот путь.

На практических занятиях по специальности студенты используют программные комплексы авторизованного проектирования. Однако художественную, творческую

составляющую архитектурного образования невозможно «оцифровать». Она подразумевает:

- стимулирование у студента развития и саморазвития художественных навыков;
- создание условий для совершенствования творческой составляющей;
- закрепление индивидуального творческого опыта;
- развитие творческой инициативы студента в рамках практических дисциплин (рисунков, проектирование, композиционное моделирование и т.п.);
- формирование композиционных навыков и др.

Однако некоторые подходы цифровизации можно применить в лекционном формате и не только посредством онлайн-лекций. Такие возможности предоставляют информационные ресурсы (сетевые видеокурсы, текстовые лекции, материалы рабочих семинаров, конференций, авторских курсов и т.д.) по истории искусства, культуры и архитектуры, а также интернет-источники с материалами узкого направления по конкретным специальным вопросам, которые также возможно использовать в дополнительном образовании в вузах творческой специализации.

Информационная среда интернет-ресурсов позволяет качественно улучшить процесс образования. Однако возникает вопрос об эффективной обратной связи, которая невозможна без фиксации цифрового следа дидактического процесса, позволяющего адекватно реагировать на возникающие проблемы и предлагать их решения. В противном случае мы остаемся в рамках так называемой «фронтальной педагогики», когда преподаватель находится перед аудиторией студентов, реализуя определенный профиль компетенций. В этом случае иной становится только форма преподавания, а принцип проведения занятий остается прежним.

Для изменения данной ситуации необходимо преобразовать общий дидактический процесс. При его построении необходимо учитывать изменяемость следующих составляющих процесса обучения, которые представляют собой взаимосвязанную систему: «преподаватель – содержание – студент – информационные технологии» [2].

В этой системе прежде всего меняется общий подход к процессу обучения, в котором происходит корректировка функционирования его составных частей.

¹Стандарт цифрового следа [Электронный ресурс]. URL: <https://standard.2035.university/> (15.09.2021).

С целью повышения эффективности работы преподавателя ему необходимо свободно ориентироваться в современном информационно-образовательном пространстве при выборе цифровых инструментов и приложений, учитывать их направленность и информационную нагрузку. От преподавателя требуется не только представление своего предмета, но и выстраивание определенной траектории обучения, в которой имеют место следующие составляющие: содержание, обратная связь, оценка освоения блоков обучения, фиксация результативности освоения материала и пр. Для связки данных составляющих происходит корректировка модели образовательного курса. Наряду с его содержательной частью в нее включаются элементы обратной связи: семинары, форумы, тесты, задания, решение задач в группах, игры и др. Эти элементы обратной связи предоставляют информацию для цифрового следа образовательного процесса обучающихся.

Сбор цифрового следа производится на основе источников, среди которых: информация, вводимая студентом, дающая представление о его деятельности в рамках курса; представляемая участниками в процессе работы в группе; автоматизированная фиксация ключевых слов и ссылок при работе обучающихся и др. [2]. По завершении каждого тематического блока лекционного курса следует проведение послелекционных опросов, выявляющих рефлексивную оценку обучающимся своего образовательного результата, и фиксация фактов усвоения материала. При этом, наряду с тестами, опрос может проводиться в форме эссе, рецензий на работы друг друга, составления студентами тестовых вопросов и т.п.

Студент, как участник процесса обучения нового формата, также меняет свое поведенческое состояние. Можно сказать, что в данном случае студент уже не является пассивным слушателем, а становится создателем нового контента [7].

В результате достигается основная цель обучения – стимулирование самореализации студентов. Применение цифровизации в учебном процессе дает возможность студенту не только на практических занятиях, но и при освоении лекционного блока оказаться вовлеченным в творческий процесс.

Принципы построения лекционного курса с использованием цифровых онлайн-технологий

Лекции по дисциплине «Актуальные проблемы истории и теории архитектуры» были

введены в программу магистратуры по специальности «Архитектура», по направлению «История и теория архитектуры». Для определения методов сбора цифрового следа рассмотрим принципы формирования лекционного курса с использованием цифровых онлайн-технологий.

1. Принцип взаимозависимости нового знания и уже накопленного опыта.

Принцип реализуется через установку связей с лекционными курсами, которые были уже прослушаны. В рабочих программах курса даются требования к «входным» знаниям, умениям и готовностям, приобретенным в процессе изучения предшествующих дисциплин, которые складываются из трех элементов:

- *знание* определенных фактов;
- *умение* логически и последовательно излагать факты, объяснять причинно-следственные связи, используя общие и специальные понятия и термины;
- *владение* навыками применения знаний.

В соответствии с этим учащимся предлагается «входной» тест, который состоит из набора вопросов свободного выбора и открытого типа.

Данный тест проводится с целью проверки усвоенных знаний, приобретенных на курсах, находящихся во взаимосвязи с новым предметом [8], а также демонстрации учащимся логической связи между знаниями, которые они приобрели ранее.

Более подробно этот принцип можно рассмотреть на примере студентов-магистрантов специальности «Архитектура» (теоретическое направление). Следует отметить, что группа магистрантов может состоять не только из студентов-архитекторов, но и из представителей других специальностей (искусствоведы, реставраторы, студенты, окончившие строительный факультет, специалисты по кадастру), это определяет необходимость проведения первичного теста. Проведя тест на проверку полученных «входных» знаний, в случае с предметом «Актуальные проблемы истории теории архитектуры» в рамках магистратуры мы можем собрать следующую информацию:

- *знание* объектов по предмету «История всемирной и русской архитектуры» (блок теста вопросов прямого выбора);
- *умение* последовательно излагать факты в соответствии с временной последовательностью событий (блок теста вопросов прямого выбора). В данном случае студент

должен опираться на знание предметов «Культурология» и «История»;

– *владение* методами сравнительного анализа объектов, по стилистическим, объемно-пространственным композиционным и т.п. качествам (блок теста открытых вопросов). Данные знания получают в рамках предмета «Формообразование».

Анализ теста показал достаточно неравный уровень знаний среди представителей не только других специальностей, но и, что удивительно, базовой дисциплины.

Подобный опрос проводится в середине курса (для выявления освоения информации) и его конце (для выявления освоенности информации).

Описанный принцип определяет метод сбора информации для контроля приобретенных профессиональных компетенций.

2. Принцип реализации образовательной потребности аудитории.

После «входного» теста необходимо разработать корректировку первого модуля лекционного курса. Здесь учитываются:

- особенности целевой аудитории;
- знания и навыки, которыми уже обладает аудитория;
- проблемы, которые должны решаться на первом этапе обучения;
- мотивация аудитории.

Для этого после вводной лекции, где освещаются цели, задачи курса, его конечные компетенции, необходимо провести опрос-рефлексию (самоанализ деятельности и ее результатов). Подобный опрос можно проводить после отдельных блоков курса для оценки вовлеченности студента, получая совокупный показатель активности, участия, инициативы, использования инструментов, коммуникации и т.п. Анкета состоит из стандартных вопросов, требующих развернутых ответов:

- Какие из представленных задач курса (информация) оказались для вас новыми?
- Что оказалось уже знакомым?
- Что оказалось сложным для восприятия?
- Как вы считаете, решение каких задач курса поможет вам при выполнении вашей итоговой работы?

Возможен и другой состав вопросов. Например, при выборе темы промежуточного задания можно провести опрос – обоснование выбора данной темы. Подобные опросы возможно проводить после каждого тематического блока курса.

Входной тест и эссе-рефлексия позволяют выявить пробелы в знаниях и скорректировать индивидуальную траекторию обучения для некоторых студентов. Опыт преподавания

дисциплины «Актуальные проблемы истории теории архитектуры» позволил сформировать два типа образовательных траекторий, снабженных соответствующими дополнительными программами обучения.

Данный принцип определяет метод сбора цифрового следа, который выявляет: посещаемость студентов, их активность, вовлеченность, оценку студентами предмета (рефлексия), частоту просмотра материалов.

3. Принцип целеполагания.

В соответствии с этим принципом мы вправе задать вопросы:

- Как изменится слушатель к концу курса?
- Что он будет знать?
- Что он будет уметь?
- Какие задачи и проблемы сможет решать?

Этот принцип предполагает наличие у учащихся следующего комплекса качеств, среди которых: умение самостоятельно определять цели освоения учебного материала и составлять свой индивидуальный план работы [9]; самостоятельно осуществлять, контролировать и корректировать свою деятельность; использовать все возможные ресурсы для достижения поставленных целей и реализации планов деятельности. Кроме этого, нельзя не учитывать личностные и коммуникационные аспекты целеполагания [10], которые реализуются как в вузе, так и за его пределами.

В данном случае метод перспективного планирования позволяет проводить мониторинг индивидуальных планов магистрантов для оценки выполнения «целевых задач» отдельных блоков курса.

4. Принцип когнитивности образования.

Этот принцип непосредственно связан с предыдущим принципом целеполагания. В результате мониторинга такой деятельности, как освоение процесса обучения, достижение намеченных целей и решение поставленных задач, анализа результатов освоения программы можно составить когнитивную модель студента, для этого после второго лекционного блока необходимо:

- собрать данные об индивидуальной деятельности участников в работе над разного рода вне- и внутрилекционными практическими заданиями;
- проанализировать контент, который представляют студенты;
- ключевые фразы и ключевые слова данного контента;
- проанализировать данные, на основе которых был подготовлен контент.

На данном этапе возможно подключить такой метод контроля, как рецензирование

студентами работ друг друга и составление ими тестовых вопросов.

5. Принцип оптимизации образовательного процесса.

Данный принцип требует от преподавателя владения современными образовательными технологиями и использования их в лекционных курсах. Соответственно, студенческая аудитория должна быть готова и способна к самостоятельной информационно-познавательной деятельности, владеть навыками получения необходимой информации из различных источников, уметь ориентироваться в них, критически оценивать и интерпретировать информацию, получаемую из этих источников.

В данном случае реализуется технико-технологический и деятельный компонент цифрового следа, фиксирующий активность работы студента в цифровом пространстве. Несмотря на то, что платформы *Microsoft Teams* и *MOODL* позволяют осуществить тестовую деятельность, отгрузки и проверки контента, проведение дискуссий и т.п., исследование этой деятельности в части анализа цифрового следа, его необходимых компонентов приходится делать вручную, что не дает возможности осуществить сбор цифрового следа при больших студенческих аудиториях.

Заключение

Выводы:

1. Дистанционное обучение становится реальностью нашей жизни, которая прочно внедряется в образовательный процесс. Студенты и преподаватели в целом положительно относятся к этой форме обучения, что в будущем позволит закрепить ее как одну из основных в сфере преподавания.

Раньше проведение лекционного курса в традициях «фронтальной педагогики» вполне удовлетворяло лекторский и студенческий корпус, но с изменением подходов к проведению лекций подобная форма стала недопустимой.

Необходимо отчетливо понимать, что изменение формы ведет к изменению всех составляющих образовательного процесса, их взаимосвязи и взаимодействия, где обратная связь становится основой этого процесса. Основным инструментом, фиксирующим качество обратной связи, является сбор цифрового следа в процессе обучения.

2. Базой формирования рабочей модели «студент – молодой специалист – производитель» является цифровизация образования, подразумевающая отлаженную работу системы «преподаватель – содержание – студент – информационные технологии». Эту задачу уже решают некоторые технические российские вузы, демонстрируя положительные результаты. Однако знакомство с методиками работы данных учебных заведений показывает, что для цифровизации обучения требуется преобразование всего процесса подготовки студентов.

3. Несмотря на то, что специальность «Архитектура» (и связанные с ней направления: «Градостроительство», «Дизайн архитектурной среды» и т.п.) находится на стыке технических наук и творчества, художественная составляющая имеет большое значение. Таким образом, творческий факультет (или вуз) является специфической образовательной платформой, где переход на цифровизацию стал возможным только в лекционном формате. Поэтому информационно-цифровые методы должны широко применяться в лекционном блоке, обеспечивая не только содержательную поддержку, но и обратную связь с обучающимися, объективная картина которой создается благодаря сбору их цифрового следа.

4. Были выявлены основные принципы обратной связи в процессе ведения лекционных курсов:

- принцип взаимозависимости новых сведений и уже накопленного багажа знаний;
- реализации образовательной потребности аудитории;
- целеполагания;
- когнитивности образования;
- оптимизации образовательного процесса.

Данные принципы определи соответствующие методы их реализации и подходы к сбору цифрового следа:

- метод контроля приобретенных профессиональных компетенций;
- самоанализа деятельности участников образовательного курса;
- перспективного планирования;
- непрерывности образования;
- вовлеченности в активную творческую деятельность по созданию нового продукта.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Топчий И. В. Актуальность использования информационных технологий в российском

архитектурном образовании // Новые образовательные технологии в вузе: сб. тезисов

докладов Пятой междунар. науч.-методич. конф. (Екатеринбург, 4–6 февраля 2008 года). Ч. 1. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2008. С. 372–375.

2. Леонова И. А., Избранова О. А. Цифровая дидактика в архитектурном образовании // Современное педагогическое образование. 2020. № 9. С. 149–152.

3. Красильников И. М. Педагогический потенциал цифровых технологий и его реализация в художественном образовании // Отечественная и зарубежная педагогика. 2019. № 2 (59). С. 95–104. <https://doi.org/10.24411/2224-0772-2019-10007>.

4. Савенкова Л. Г. Современные направления художественного образования в России [Электронный ресурс] // Педагогика искусства. 2014. № 3. С. 66–69. URL: http://www.art-education.ru/sites/default/files/journal_pdf/savenkova.pdf (17.09.2021).

5. Куркина Н. Р., Стародубцева Л. В. Цифровая образовательная среда как инструмент повышения эффективности управления образовательной организацией // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 11-1. С. 220–224.

6. Брюнин А. В. Цифровой вуз – университет будущего [Электронный ресурс]. <https://softline.ru/uploads/f/ba/d4/25/c1/79/36/6b/ad/98/tsifrovoy-vuz.pdf> (04.09.2021).

7. Кузьменко Е. Е. Мастер-классы как эффективная практика профессионального образования в современных условиях // Непрерывное педагогическое образование.ru. 2012. № 1. С. 143.

8. Гранстрем М. А., Золотарева М. В. Историко-теоретический характер магистерских диссертаций СПбГАСУ // Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАРХИ: тезисы докладов междунар. науч.-практ. конф. Т. 1. М.: МАРХИ, 2021. С. 101–102.

9. Мантуленко В. В. Перспективы использования цифрового следа в высшем образовании // Преподаватель XXI век. 2020. № 3-1. С. 32–42. <https://doi.org/10.31862/2073-9613-2020-3-32-42>.

10. Егорова Ю. А. Метакомпетентность целеполагания студента вуза как субъекта деятельности в системе «личность-социум»: суть, структура, содержание // Мир науки, культуры, образования. 2015. № 2 (51). С. 165–170.

REFERENCES

1. Topchii IV. The relevance of the use of information technology in Russian architectural education. *Novye obrazovatel'nye tekhnologii v vuze: sb. tezisev dokladov Pyatoi mezhdunar. nauch.-metodich. konf.* (Ekaterinburg, 4-6th February 2008). Part 1. Ekaterinburg: GOU VPO UGTU-UPU; 2008. p. 372-375. (In Russ.).

2. Leonova IA, Izbranova OA. Digital didactics in architecture education. *Sovremennoe pedagogicheskoe obrazovanie*. 2020;9:149-152. (In Russ.).

3. Krasil'nikov IM. Pedagogical potential of digital technologies and its implementation in art education. *Otechestvennaya i zarubezhnaya pedagogika*. 2019;2(59):95-104. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/2224-0772-2019-10007>.

4. Savenkova LG. Modern streams of Russian art education. *Pedagogika iskusstva*. 2014;3:66-69. Available from: http://www.art-education.ru/sites/default/files/journal_pdf/savenkova.pdf [Accessed 17th September 2021]. (In Russ.).

5. Kurkina NR, Starodubtseva LV. Digital education environment as a increase efficiency the management of an educational organization. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii = Modern*

high technologies. 2019;11-1:220-224. (In Russ.).

6. Bryunin AV. Digital university - the university of the future. Available from: <https://softline.ru/uploads/f/ba/d4/25/c1/79/36/6b/ad/98/tsifrovoy-vuz.pdf> [Accessed 4th September 2021]. (In Russ.).

7. Kuz'menko EE. Master classes as an effective practice of vocational education in modern conditions. *Nepreryvnoe pedagogicheskoe obrazovanie.ru*. 2012;1:143. (In Russ.).

8. Granstrem MA, Zolotareva MV. Historical and theoretical nature of master's theses of SPbGASU. *Nauka, obrazovanie i eksperimental'noe proektirovanie v MARKHI: tezisy dokladov mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* Vol. 1. Moscow: MARKHI; 2021. p. 101-102. (In Russ.).

9. Mantulenko VV. Prospects for digital footprint usage in the higher education. *Prepodavatel' XXI vek*. 2020;3-1:32-42. <https://doi.org/10.31862/2073-9613-2020-3-32-42>. (In Russ.).

10. Egorova YuA. Metacompetence goal-setting the student of high school as the subject of activities in the system of "personality-society": basics, structure, contents. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya = The world of science, culture and education*. 2015;2(51):165-170. (In Russ.).

Информация об авторах

А. В. Пономарев,

старший преподаватель кафедры
истории и теории архитектуры,
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
190005, г. Санкт-Петербург,
ул. 2-я Красноармейская, 4, Россия,
e-mail: arbi@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3290-3285>

М. В. Золотарева,

кандидат архитектуры, доцент
кафедры истории и теории архитектуры,
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
190005, г. Санкт-Петербург,
ул. 2-я Красноармейская, 4, Россия,
e-mail: goldmile@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5549-7769>

Information about the authors

Aleksandr V. Ponomarev,

Senior lecturer of the Department of
History and Theory of Architecture,
Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
4 2nd Krasnoarmeyskaya St., St. Petersburg,
190005, Russia,
e-mail: arbi@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3290-3285>

Milena V. Zolotareva,

Cand. of Architecture, Associate Professor,
Department of History and
Theory of Architecture,
Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering,
4 2nd Krasnoarmeyskaya St., St. Petersburg,
190005, Russia,
e-mail: goldmile@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5549-7769>

Вклад авторов

Пономарев А. В., Золотарева М. В. имеют
равные авторские права.

Contribution of the authors

Ponomarev A. V., Zolotareva M. V. have equal
author's rights.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта
интересов.

Все авторы прочитали и одобрили
окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 22.03.2022.
Одобрена после рецензирования 20.04.2022.
Принята к публикации 21.04.2022.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests re-
garding the publication of this article.

The final manuscript has been read and ap-
proved by all the co-authors.

The article was submitted 22.03.2022.
Approved after reviewing 20.04.2022.
Accepted for publication 21.04.2022.

**Апории дискурса идей трансгуманизма в контексте развития метатеории психодизайна городской среды**

© Евгений Викторович Хохрин, Сергей Александрович Смольков

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Смольков Сергей Александрович, smolkofs@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы системно-деятельностного формирования и комплексного построения апорий дискурса идей трансгуманизма в контексте разработки и описания метатеории психодизайна городской среды. В связи с этим конкретизация и детальная проработка композиционных аспектов создания комфортной среды городского центра сибирского поселения осуществляется в контексте систем взаимодействия архитектурно-градостроительного комплекса с пространственной организацией проектируемого фрагмента городской среды и его цветосветового наполнения. Форма и содержание, техники и технологии, приемы и процедуры построения единого городского стиля объектов и предметов наполнения торговой среды проработаны и описаны авторами в художественной концепции размещения объектов психодизайна в уникальной среде города Иркутска. Формирование закономерностей художественного метода в контексте построения и развития общей метатеории в процессе постановки проблем и решения задач городского дизайна раскрывается, в частности, в их связи с ассимиляцией дискурса идей трансгуманизма в функционально-пространственной организации единиц художественной культуры городской среды. Такой подход методологически включает реализацию корректирующей функции в процессе оптимизации структуры художественного образа комплексных объектов психодизайна городской среды. Разработка регламента проектной деятельности в контексте требований гуманизации городской среды позволяет оптимально обозначить апории дискурса идеологии трансгуманизма и сделать вывод о путях перспективного развития метатеории психологии восприятия городской среды, а также информационных систем, обуславливающих дальнейшее повышение роли визуальной информации в эстетическом формировании городской среды.

Ключевые слова: апория, дискурс, трансгуманизм, метатеория, эпистемология, психодизайн, единый городской стиль, объекты дизайна городской среды, регламент размещения, цветосветовая среда, предметно-вещный комплекс, идентичность доминирующего стиля

Для цитирования: Хохрин Е. В., Смольков С. А. Апории дискурса идей трансгуманизма в контексте развития метатеории психодизайна городской среды // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 2. С. 294–305. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-294-305>.

Original article**Aporias in a discourse on ideas of transhumanism framed in the context of developing a metatheory of urban environmental psychological design****Eugeny V. Khohrin, Sergei A. Smolkov**

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Corresponding author: Sergei A. Smolkov, smolkofs@gmail.com

Abstract. The issues of system-activity formation and complex construction of the aporia in the discourse of transhumanism ideas in the context of developing and describing the metatheory of psychological design of urban environment are considered. In this connection, the compositional aspects of creating a comfortable environment in the city centre of a Siberian settlement were specified and elaborated following the interaction systems of architectural and urban planning complex with the spatial organisation of a designed fragment of urban environment and its colour and light composition. The

form and content, techniques, technologies and methods for arranging the unified urban style of buildings and objects filling the trade environment were examined and described in the artistic concept of arranging the elements of psychological design in the unique environment of Irkutsk. The mechanism of artistic method in the context of the construction and development of general metatheory while formulating and solving problems of urban design is revealed, in particular, in their relation to the assimilation of discourse on the ideas of transhumanism in the functional-spatial organisation of the elements of art culture in the urban environment. This approach involves the methodological realisation of the correction function in the process of optimising the artistic image of complex objects in the psychological design of the urban environment. Developing the regulations of design activity to meet the requirements of humanisation of the urban environment allows the aporia in the discourse of transhumanism ideology to be defined and the ways of a promising metatheory of psychological perception of the urban environment, as well as information systems that further enhance the role of visual information in the aesthetic of urban environment, to be addressed.

Keywords: common urban style, information design objects, advertising structure, placement regulations, color-light environment, dominant style identity, advertising and information structure

For citation: Hohrin E. V., Smolkov S. A. Aporias in a discourse on ideas of transhumanism framed in the context of developing a metatheory of urban environmental psychological design. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2022;12(2):294-305. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-294-305>.

Введение

В самом общем смысле понятие «апории» предполагает наличие воображаемой, но логически верной ситуации, которой в действительности нет.

Апоретическое суждение¹ акцентирует отличия эмпирической действительности и описывающей ее теории. При этом «дискурс» означает, в самом общем виде, речь, ее смыслы, а также процедуры языковой мыслительности и соответствующие им категориально-понятийные структуры и их комплексы.

Разделение системных смыслов по основанию логических доказательств на «интуитивно понимаемые» и «опосредованно принимаемые» описано еще Платоном и Аристотелем.

Для полноты представления сущности предметной области нашего исследования

определим понятие формы объекта психодизайна «как внутреннюю организацию содержания объекта проектирования, где содержанием в этом случае выступают функции смыслов объекта графического оформления и дизайн-решения в целом, то есть собственно конструкция художественного образа в контексте уникального стиля системного формообразования»².

Кроме того, идея трансгуманизма³ априори предполагает наличие широких технологических и материальных возможностей оптимизации ментальной и физической сфер деятельности людей.

В этом смысле следует выделить три базовые структуры концепции⁴ психодизайна в процессе формирования единого городского стиля наиболее значимых сооружений и их комплексов культурно-исторического ядра центральной части города Иркутска.

¹Апории известны со времен Сократа. Наибольшую известность получили апории Зенона из Элеи.

²Хохрин Е. В., Смольков С. А., Хохряков А. А. Дизайн городской среды на примере Иркутска: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2018. 124 с.

³Трансгуманизм (от лат. *trans* – «сквозь, через, за» и *homo* – «человек») – философская концепция, а также международное движение, поддерживающее использование достижений науки и технологии для улучшения умственных и физических возможностей человека с целью устранения тех аспектов человеческого существования, которые трансгуманисты считают нежелательными – страданий, болезней, старения и смерти. Трансгуманисты изучают возможности и последствия применения таких технологий, опасности и преимущества их использования, рассматривая в том числе идею конвергенции биологических, информационных, познавательных и нанотехнологий (<https://ru.wikipedia.org/wiki/Трансгуманизм>).

⁴Первая структура концепции психодизайна – в зависимости от размещения и значимости объекта психодизайна в границах культурно-исторического поля проблемной ситуации стиля в целом. Вторая – в контексте формирования проблем специфики композиции конкретного типологического прототипа проектируемого фасада. Третья – на основе размещения в структуре композиции исторического здания, а также с учетом границ полей локализации элементов информационного оформления, то есть эмоционально-образная составляющая стиля.

Методы

Тотальные процессы глобализации в современном обществе подводят к пониманию актуальности проведения глубоких научных исследований «идей трансгуманизма»⁵ и специфики взаимодействия различных систем гуманитарных ценностей, особенно в сфере дизайна. Современный средовой дизайн включен практически во все сферы общественного бытия, где в контексте развития форм и методов индивидуального сознания понятие «дизайна» описывается в процессе мыследеятельности отдельного человека в аспектах от традиционно уникального предметного дизайна до дизайна систем коллективных коммуникаций, от типологически построенных сфер дизайна архитектурной среды до поэтической выразительности высокохудожественного дизайна пространств виртуальных реальностей. Выступая в качестве форм и технологий реализации эстетических ценностей и художественных идей, средовой дизайн пытается проектировать и корректировать психологию и поведение человека, влиять на эмоциональные качества и свойства информационных коммуникаций и трансляции образов.

Реализация системы этих концепций развивается в рамках отдельных трендов: коллаборация нативных идей и традиционных технологий исторически сложившихся культур с прогрессивными концепциями глобальной технологизации виртуальных пространств и сфер коллективного мышления, развитие минимализма как процесса экологизации художественного потребления, системная гуманизация комплексных аспектов бытия человеческого сообщества.

Метамодернистская игра «всего со всем и между прочим» выступает в качестве инструмента провокации момента соавторства дизайнера и потребителя, так же как и процедура стимуляции отдельного человека и городского сообщества в целом к саморазвитию. В этом дискурсе городской дизайн разворачивается как способ формирования метамодернистской эстетики «скриптов» для нормирования и регуляции этических форм коллективного поведения [2].

С другой стороны, активизация профессиональной деятельности в области дизайна городской среды закономерно приводит к включению в проектный процесс манипулятивных, коммерчески выгодных дизайн-стратегий, которые закрепляют и продвигают ценности

западного общества потребления как единственно верные. В этом случае результат городского дизайна может быть включен в структуру моральных ценностей и этических норм и, другими словами, становится своего рода инструментом управления и организации мышления и деятельности городского сообщества.

Таким образом, «...общее пространство города преобразуется так, что в нем формируется множество специализированных локусов, получающих свою особенную геометрию и таким путем отвечающих социальным потребностям» поселения [3]. Как никогда ранее, в настоящий исторический момент актуализирована концепция городского пространственного и предметного дизайна как механизма отражения и формирования гуманистической идеологии.

Результаты и их обсуждение

Общая характеристика идей трансгуманизма

Внедрение идей трансгуманизма в структуру ансамбля архитектурных объектов и продуктов психодизайна в контексте историко-культурного комплекса должно осуществляться в строгом соответствии с требованиями генеральной концепции художественного образа историко-культурной среды и только на специально выделенных для этого площадках.

Распределение объектов городского средового дизайна должно быть реализовано на специально отведенных площадках в границах территории исторического поселения с учетом уникальной специфики нативной застройки муниципального образования и в соответствии с требованиями нормативных документов или, в случае отсутствия таковых, теоретико-аналитическим и пространственно-графическим обоснованием принимаемого проектного решения.

«Повышение внимания к человеческому масштабу – это выражение потребности в более высоком качестве городской жизни. Существует прямая взаимосвязь между качеством жизни людей в городском пространстве и образом живого, безопасного, устойчивого и здорового города» [4].

По сравнению с другими социальными вложениями, в частности с расходами на здравоохранение и автомобильную инфраструктуру, стоимость включения человеческого масштаба так скромна, что она

⁵Идеи трансгуманизма в основных целях этого движения в 2017 году описал французский философ, врач и теолог Жан Бобок в своей книге «Расшифрованный трансгуманизм» [1]. Ключевая идея – перейти от человека исправленного (вылеченного) к человеку улучшенному, а затем – к бессмертному.

позволительна городам во всех уголках мира, независимо от уровня их развития и финансовых возможностей. Ключевой вклад – это внимание и учет, а выгоды – огромны. Системный характер развития идей трансгуманизма в архитектурно-историческом пространстве городского центра отражает иерархию культурно-исторических ценностей сложившегося архитектурно-художественного ансамбля по отношению к инновационным структурам, создаваемым внедряемым объектом.

Акцентный городской стиль мест размещения объектов психодизайна, соответственно, определяет системный характер как уникальных методов художественной гармонизации стилистики памятников архитектуры и наполняющей их среды, так и способов их психодизайнерского решения.

1. Нормы и нормирование единого городского стиля объектов психодизайна в контексте исторически сложившихся границ культурного поля и внешние условия формирования стиля в целом

При учете различных аспектов метатеории идей трансгуманизма городской среды в границах особо охраняемых территорий зданий и сооружений требования к формату и содержанию городского средового дизайна должны отвечать критериям, специально разработанным для условий каждой уникальной проектируемой территории. Ниже мы рассмотрим некоторые из них.

Запреты и ограничения:

1. В том случае, когда стилистическая согласованность полностью или частично отсутствует, необходимо категорически исключить возможность инновационного размещения крупномасштабных элементов объектов психодизайна на исторических зданиях или их комплексах. Это требование относится также и к отдельно стоящим и другим видам рекламных конструкций по основным транспортным траекториям автомобильного и пешеходного движения культурно-исторического ядра города, образующим его кварталам и площадям.

2. Как отдельные объекты психодизайна, так и их комплексы могут быть размещены только в тех локациях, где были предусмотрены в соответствии с предварительно согласованным и утвержденным планом размещения рекламно-информационных объектов, а также в гармонии с характером и масштабом площадки монтажа конструкций элементов городского среды.

3. Специально разрабатываемые временные объекты дизайна городской среды для проведения общегородских праздников и народных гуляний устанавливаются в точном соответствии с проектом праздничного оформления города Иркутска и городским регламентом в местах, предусмотренных, разработанных и оборудованных с учетом уникальности территории, психологии восприятия и в соответствии с профессиональным пониманием требований своеобразия формируемого стиля и норм художественного образа конкретной архитектурно-дизайнерской среды.

2. Требования к структуре и описанию систем единого городского стиля оформления объектов психодизайна в контексте их размещения в границах поля композиции проектируемого фасада

Устройство и локализация информационных объектов дизайна городской среды должны быть реализованы в специально предусмотренных для этого пространствах территорий, например, в рамках художественной реновации исторического облика фасада отдельного здания, и соответственно нормативным требованиям действующих регламентов. «Чем четче, яснее, проще порядок пространственных построений, тем легче информация о структуре городской среды усваивается человеком» [3]. При отсутствии устойчивых закономерностей построения сложных композиций, аргументацией для принятия решения может служить взятая за основу модель взаимодействия используемых архитектурно-дизайнерских стилей.

В этом случае стилистика в рамках общего подхода с учетом требований психологии восприятия дизайна городской исторической среды должна быть подчинена по отношению к окружающей ее застройке – пространству стилового поля, внутренней структуре, архитектурно-градостроительной композиции проектной ситуации и «духу места» создаваемой территории, которая в обязательном порядке должна гармонизировать с комплексом окружающих зданий и сооружений, отвечать требованиям и условиям утвержденного паспорта отделки.

Декоративные стили и художественная манера инновационной отделки фасадов исторических зданий, собственно формальные приемы декомпозиции дизайнерского решения в структуре сложившегося художественного образа существующего архитектурного сооружения, а также общая направленность художественного наполнения пластики образно-информационного поля устанавли-

вается в соответствии с общим характером и доминантными особенностями конкретного элемента внедряемого рекламного объекта. То есть для реализации идей художественной концепции дизайн-проекта требуется учесть весь комплекс региональных составляющих «внутренней идентичности» генерального стиля через «отрицание отрицания содержания формы» объектов психологии дизайна исторической городской среды. Такой инструмент, сформулированный в процессе анализа геометрических закономерностей построения стиливого единства в рамках исходной ситуации, мы определяем в терминах метода гармонизации как «пропорциональный ключ».

Запреты и ограничения:

1. Необходимо исключить любую возможность размещения несоразмерных архитектурному окружению объектов щитовой рекламы на фасадах исторических зданий.

2. Специфический характер, стиль и масштаб проектируемого архитектурно-дизайнерского комплекса, уникальное содержание формы отдельно стоящих конструкций элементов должны быть гармонично устроены в соответствии со стилем комплекса примыкающих зданий и сооружений и с параметрами окружающей городской среды.

3. Стилиевой принцип соединения композиционных единиц, особенности формообразования конструкций и крепежных элементов, приемы монтажа отдельных узлов и устройства несущих конструкций, а также комплекс материалов и отделки объектов в рамках психодизайнерской концепции должны соответствовать общей архитектурно-художественной идеологии, реализуемой в проектируемой ситуации.

4. Разнообразные временные конструкции и элементы праздничного оформления города должны быть смонтированы в специально предусмотренных местах, в соответствии с генеральным планом праздничного или иного типа оформления. Эти места должны быть специально оборудованы адресно разработанными для каждой ситуации размещения конструктивными системами, приведенными к художественно-образной стилистике фасадов окружающих зданий с учетом особенностей территории проектируемого объекта.

3. Специфика требований формирования колористической модели объектов предметного дизайна города на основе анализа способов размещения в структуре композиции исторического

здания с учетом границы поля локализации элементов информационного оформления эмоционально-образной составляющей городского стиля

Краткая характеристика требований формирования колористической модели диктует потребность в особых формах художественно-образного мышления в рамках световой среды и устройства корпоративного стиля рекламируемого объекта. Они должны быть сформированы и приведены в соответствие с регламентами средового дизайна культурно-исторической среды Иркутска⁶. Компильтивный стиль проектного решения формируется по результатам предпроектного анализа исходной ситуации и должен быть согласован в основных моментах с уникальным художественным методом субъекта архитектурно-дизайнерского проектирования (т.е. собственно дизайнером), а также обозначенным в условиях проектного задания художественным образом проектируемой территории. Отдельным разделом архитектурно-дизайнерской сферы выступает профессиональное формирование цветового и светового решения. Разработка пространственной организации световой модели колористического развития проектируемой ситуации как инструмента гармонизации архитектурно-пространственных моделей, а также процедуры построения методов системного формообразования проектных инноваций в контексте проблематизации исходной ситуации составляют обязательные условия к составлению перечня и содержания чертежей проекта, в т.ч. и материалы геометрического описания цветографической модели формирования инновационного стиля. Стилистика цветосветового прототипа городского дизайна в процессе восприятия исторической среды сибирского поселения становится рецессивной по отношению к доминирующему архитектурно-художественному стилю зданий и сооружений, а также формируемой ими городской среды. Колористический прием объекта инновационного психодизайна должен находиться в гармонии с цветовой моделью и стилистикой объектов городской среды.

Цветосветовая модель оптимизации городской среды формируется в рамках построения базовых цветовых гармоник, технологических схем освещения и внутренней структуры архитектурно-дизайнерской композиции, которые и составляют основу архитектурно-градостроительного решения проблем

⁶Правила размещения наружной рекламы и объектов информационного оформления на территории города Иркутска, утвержденные решением Думы города Иркутска от 03 июня 2013 № 005-20-470795/3.

психологического воздействия динамической модели грядущего порядка городской среды на конечного потребителя.

Гармонизаторы психологических состояний человека в урбанизированной среде могут образовывать 3-, 4- и 5-компонентные схемы с возможностью принятия при непреодолимых отклонениях дополнительных комбинаций вариантов исходной модели психодизайна, определенной проектом стилистического решения.

Запреты и ограничения:

1. Исключить использование колористических моделей, приводящих к неразрешимым противоречиям проектируемого объекта с исторически сложившимися закономерностями формообразования доминантных стилей исторических зданий и комплексов городской среды.

2. Колористическое решение системы в целом должно быть приведено к гармонии с комплексом отдельно стоящих малых форм и конструкций.

3. Стилистическая уникальность цветографической модели в оформлении основных конструктивных систем и элементов, в том числе отдельных смысловых фрагментов и мелких деталей структуры формы инструментов психологического воздействия на конечного потребителя, должна быть оптимальным образом устроена и отвечать нормативным требованиям.

4. Способы сборки конструкций и креплений, уникальная техника монтажа всего комплекса в целом, а также уникальная специфика отделки средовых элементов психодизайна должны быть откорректированы по времени, специфике и характеру художественного образа архитектурных объектов и сформированной ими средовой целостности урбанизированных пространств в целом.

Формы и методы дизайна психологических состояний человека в контексте исторической среды Иркутска, техники, технологии и отдельные процедуры образования единого городского стиля объектов художественного оформления урбанизированных пространств, разработанных и представленных в подробном описании художественной концепции, принципы формообразования и композиционные методы вариативного расположения

объектов психодизайна в границах исторического поселения разрабатываются с учетом специфики «духа места» размещения объекта проектирования, а также массы и способов соорганизации субъектов и групп предпринимательской деятельности⁷. Техники и формы контроля и учета требований, а также механизмы формирования условий программной целостности единого городского стиля историко-культурной среды города Иркутска составляют обязательное содержание архитектурно-градостроительного проекта формирования гармонично устроенной среды в границах исторического центра, который «должен быть реализован в строгом соответствии с разработанной методикой и содержать следующие разделы, учитывающие требования единого городского стиля»⁸:

Раздел 1. Критика и схематизация:

1.1. Формирование общей темы, структуры предметных целей и частных задач с учетом специфики построения механизма психологии восприятия объектов городской среды для организации единого городского стиля центра сибирского города.

1.2. Сбор графического и реферирование теоретического материала по теме проекта с учетом психологических аспектов средового дизайна. Систематизация, структурирование и классификация основных положений будущей концепции в рамках выбранного направления.

1.3. Системно-структурная аналитика исходной ситуации расположения системного комплекса объектов психодизайна информационно-эмоционального наполнения среды поселения.

1.4. Изучение и описание сложившихся закономерностей пространственной геометрии сложения форм в рамках единого городского стиля с учетом психологической модели восприятия и трансформации архитектурной среды.

Раздел 2. Проблематизация и прогнозирование:

2.1. Выработка ограничений и требований к внутреннему содержанию и структуре формы единого городского стиля объектов архитектурной среды с учетом критериев психологии восприятия человека и воздействия на конечного пользователя.

⁷Об утверждении границ территории исторического поселения, имеющего особое значение для истории и культуры Иркутской области, города Иркутска: Постановление Правительства Иркутской области от 12.12.2013 № 575-пп.

⁸Хохрин Е. В., Смольков С. А., Хохряков А. А. Формирование городского стиля Иркутска: учеб. пособ. Иркутск: Изд-во ИРНТУ, 2018. 90 с.

2.2. Анализ механизма формирования закономерностей построения пропорциональных отношений в ситуации учета психологии воздействия различных типов дизайна городских объектов.

2.3. Идеирование и концептуализация в процессе разработки психодизайна городского стиля объектов архитектурно-градостроительных комплексов.

2.4. Формирование и описание структуры принципов психологии дизайна и закономерностей формообразования системы городского стиля объектов урбанизированных сред.

Раздел 3. Проектирование и конструирование:

3.1. Теоретико-практическое описание проекта художественного стиля в рамках психологии восприятия замкнутых пространств с разъяснением смыслов проекта в терминах профессионального языка.

3.2. Вариативная разработка альтернатив проектных решений в рамках особенности психологии восприятия дизайна городского стиля урбанизированной среды.

3.3. Сомасштабное объектное макетирование и моделирование траекторий средового поведения человека с учетом психологии воздействия в границах единого городского стиля в рамках графической и мультимедийной интерпретации концептуального содержания технических процедур и художественных техник.

3.4. Системная апробация композиционных методов и типологии приемов формирования стилового разнообразия объектов психодизайна городской среды.

Раздел 4. Онтологический анализ и нормирование:

4.1. Глубокая проработка технических разделов проекта системного психодизайна, учитывающего требования формирования целостности стиловой среды города.

4.2. Построение и описание основ психологии формального языка городского стиля объектов дизайна урбанизированной среды фрагмента исторического города.

4.3. Оформление альбома рабочих чертежей, материалов для согласования проекта и подготовка презентации проекта объектов психодизайна единого городского стиля.

4.4. Нормативно выверенное представление результатов дизайна городской среды: техническая подготовка графических и текстовых материалов проекта психодизайна объектов единого городского стиля в соответствии с требованиями нормативных документов.

В процессе архитектурно-художественного проектирования опытный архитектор или

дизайнер целенаправленно и осознанно выделяет разделы проектной работы, внутренне связанные с особенностями и спецификой психологических аспектов дизайна городской исторической среды, пространственно-композиционного комплекса предметов и вещей, а также цветосветовой модели. Принимая во внимание отдельные планы проектного мышления в ситуации коллективной мыследеятельности, в пространстве виртуальной действительности отдельного дизайнера апории дискурса идей образованы диалектически связанными предметно-тематическим и организационно-деятельностным аспектами, сообразно с формой и конструкцией единого городского стиля средовых объектов, учитывающих специфику психологии восприятия городской среды.

Исходя из описанной системы требований городского стиля, авторы настоящей концепции психодизайна внесли свои проектные предложения к внедрению в архитектурно-художественную практику обновления регламента размещения и стилистики объектов рекламы в городе Иркутске, который включает методики учета специфики проектирования уникальных рекламных конструкций в границах городского историко-культурного центра сибирского поселения, определяющие положения которой изложены ниже [5].

В рамках этого документа нами был разработан порядок и состав процедур деятельности дизайнера в качестве апробированных рекомендаций или, другими словами, регламент гарантированно успешной организации проекта в условиях формирования стилистической целостности и разнообразия подходов психодизайна городской среды, условно разбитый на 12 этапов:

1. Предпроектный анализ и проектные исследования в процессе формирования смыслов и значений всего последующего развития механизма дизайнерского мышления – единственный и элементарный, количественный и качественный типы анализа исходной ситуации в рамках фактических ограничений и нормативных требований территории объектов городской среды с учетом психологии восприятия и оптимизации параметров выполнения технических условий формирования единого городского стиля.

2. Описание систематизации и классификации различных форм проектной информации по нормативным критериям и параметрам в условиях понимания фактического положения дел на площадке проектирования. Разработка и внедрение организационно-деятельностных процедур и операций по предметно-

тематическим формам – направлениям организации проектного мышления в условиях активизации технологических схем психодизайна городской среды.

3. Систематический поиск, эффективное формирование и структурное описание конструктивных проблем и противоречий исходной ситуации проектирования объектов городской среды с учетом требований психологии восприятия и эмоционального воздействия единого городского стиля.

4. Разработка системных требований и ограничений к проекту решения проблем и снятия противоречий в конкретно-исторических условиях организации процесса и содержания отдельных процедур и операций психодизайна городской среды с учетом планировочных и архитектурно-художественных норм развития единого городского стиля.

5. Формирование и описание проблем общего характера и отдельных противоречий, которые требуют кооперации содержательных конфликтов⁹ в группы по единым основаниям, а также представления систем объектного психодизайна с учетом требований комфорта городской среды.

6. Схематизация комплекса исходных проблем проектной ситуации в форме иерархической структуры задач, операций и действий в условиях оптимизации психологического воздействия дизайна среды на городское сообщество.

7. Развертывание системы концептуальных пакетов идей организации инструментария психологических воздействий в рамках ситуации генерирования концепции психодизайна городской среды.

8. Устройство идей, развитие и становление концепции проекта объектов психодизайна с учетом требований единого городского стиля.

9. Морфогенез системоделятельных принципов формообразования стилового своеоб-разия городских объектов.

10. Генерирование базовых норм формального языка – вариативная модификация и смысловая интерпретация в контексте развертывания идей психодизайна городской среды с учетом модификации единого городского стиля.

11. Внедрение методов и принципов формообразования в процесс создания и реновации объекта проектирования. Образование последовательности развертывания представлений о проекте в соответствии с концепцией психологии дизайна городской среды. Процедуры согласования, утверждения и графическое обоснование актуальности теоретических оснований психологии городского сообщества.

12. Формирование базовых принципов и положений культуры проектной деятельности – описание нормативных процедур мыследеятельности в процессе психодизайна с учетом требований оптимизации стилового целостности городских пространств в контексте культурно-исторического развития методов и форм дизайна городской среды. Образно-пластическая проработка отдельных элементов и процедур психодизайна способствует оптимизации художественных качеств и характеристик городской среды¹⁰ и включает ключевые моменты профессиональной деятельности дизайнера:

- создание композиционной целостности и функционального единства в коллаборации форм объектов визуальной связанности функционально-утилитарного и художественно-эмоционального воздействия на зрителя;

- гармоническое соподчинение единиц общей композиции при условии сохранности художественной целостности фасадов зданий;

- подчиненность композиционных схем и моделей информационных объектов художественным закономерностям историко-культурного развития архитектуры зданий;

- эволюция пространственных закономерностей информационных объектов, отвечающая условиям ее восприятия в городе;

- развертывание сомасштабных характеристик и параметров психологии дизайна систем визуальной информации с учетом эволюции установления их соразмерности окружающему пространству, зданиям и человеку;

- синтез тектонических параметров формы информационных объектов посредством оптимальной компоновки ее конструктивных единиц в структуре фасадов исторических зданий и сооружений;

⁹Конфликт духовного и материального разрешается как градостроительная организация условий преемственного развития территории. Полюса роста включаются в исторические территории, но не допускается разрушение их целостности. Историко-культурный и функционально-планировочный каркасы могут развиваться поляризовано. При их совмещении архитектура нововведений должна иметь художественную ценность и быть связанной с историческим контекстом [6].

¹⁰Хохрин Е. В., Смольков С. А., Хохряков А. А. Городской интерьер. Жилые и общественные пространства: учеб. пособ. Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2018. 102 с.

– расширение световых приемов, техник и технологий с целью художественно-образного моделирования пластических свойств и качеств разных типов и схем освещения, а также их лапидарного сочетания с общей композицией фасадов зданий исторических комплексов;

– внедрение современных динамических образов не столько информационно, сколько в чувственно-эмоциональных целях восприятия историко-архитектурных образов, создаваемых средствами дизайна городской среды. Другими словами, «...ощущение неразрывной связи с прошлым... зависит не только от знания летописной истории... стремясь к достойному будущему, следует помнить о прошлом, и если существуют целые регионы, где осознание прошлого скомкано до размеров едва заметной точки на огромной карте, то не может быть ничего хуже как для нас самих, так и для наших потомков...» [7].

Полученный авторами опыт в процессе разработки городского регламента размещения наружной рекламы и объектов информационного оформления на территории Иркутска позволяет сделать ряд конструктивных выводов о перспективах развития информационно-эмоциональных систем, обуславливающих усиление роли разнообразных форм визуальной информации в эстетическом стиле-образовании городской среды. «...Система архитектурного стиля складывается из целого ряда проблем: пространственной и объемной, представляющих собой решение одной и той же задачи изнутри и извне, овеществляемой формальными элементами; последние организованы по тем или иным композиционным признакам, порождая динамическую проблему ритма. Только понимание архитектурного стиля во всей сложности этих проблем может объяснить не только данный стиль, но и связь отдельных стилевых явлений между собой» [8].

Методическая направленность такого типа разработок требует проведения углубленных исследований историко-культурного наследия в сфере психологии дизайна городского пространства, а также описания преемственности в освоении положительного опыта художественного, образно-пластического и архитектурного решения урбанизированных сред по следующим направлениям:

– разработка и внедрение художественных основ конструирования средств визуальной

информации на основе глубокого понимания и учета факторов, обуславливающих их стиле-образование, включая условия восприятия городского пространства как единого и неделимого целого, а также современные принципы психологии восприятия и воздействия дизайна городской среды;

– разработка и внедрение инновационных форм информационных объектов рекламы на основе развития принципов психодизайна, «структурно-модульного моделирования», «промышленного тиражирования», а также органического включения в «фурнитуру» предметно-вещного наполнения организационно-деятельностного пространства городской среды;

– разработка и внедрение программ формирования эстетических свойств и качеств объектов визуальной городской информации, выполненных по требованиям психологии восприятия дизайна современных конструкций и элементов городского оборудования.

При этом нужно учитывать, что, по гипотезе Колина Элларда, «... архитекторов обяжут подпитывать свое творческое видение» идеями «квазикорбюзийской “машины для жилья”, которую мы уже испробовали и признали неприемлемой. Однако позволить архитекторам творить, не принимая во внимание потенциал психологического воздействия будущего здания, тоже кажется неразумным. Кто-то может предложить компромисс: учитывая выводы ученых, следовать за творческой мыслью, которую невозможно вырастить в лабораторных условиях... Но это расплывчатая и труднодостижимая цель» [9]. И только осмысленная реализация принципов психодизайна, основанная на перманентной авторефлексии¹¹, обеспечит творческий архитектурно-дизайнерский процесс инструментарием, который позволит понять, как различные типы и формы городской среды воздействуют на поведение человека, формируют его личность и какое место в этом процессе занимает диалектическая коллаборация психик человека-потребителя и человека-созидателя, а также динамика развития городского сообщества в целом.

Заключение

Таким образом, мы представили перспективы развития форм и методов психодизайна в контексте визуально-информационной среды исторического поселения в качестве инструмента художественно-образной рено-

¹¹Рефлексия первого рода – рефлексия самого субъекта, то есть его размышления относительно своих собственных размышлений о реальности, о своей деятельности и т.д.

вации архитектурного образа центра сибирского города на примере Иркутска. Ключевым моментом в постановке задач проектирования в контексте историко-культурного центра является системно-иерархическая организация аудиовизуальных параметров среды с учетом условий реализации методологии психологических воздействий на конечного потребителя, с одной стороны, а с другой – раскрытия ее композиционной целостности в связи с архитектурно-художественным замыслом построения единой концепции городской среды [4]. Эффективность функционально-конструктивной целесообразности и художественно-образного развития технологических принципов целесообразного формирования психологических аспектов воздействия дизайна городской среды на конечного потребителя определяется структурой методов и форм психодизайна городской среды Иркутска в зависимости от конструктивно-художественных и психо-эмоциональных параметров «городской ткани», но в то же время нельзя оставлять без внимания особенности воздействия визуальной культуры исторического места на художественно-образные реминисценции дизайна городской среды, определяющие самобытность ее композиционно-образного построения. Закономерности формирования художественной программы психодизайна городской информационно-рекламной среды раскрываются, в частности, в их связи с функциональной организацией пространственной структуры городского поселения [10]. Такая связь обуславливает построение системы уникальных информационных единиц психологии восприятия объектов городского дизайна по принципу «структурно-модульного моделирования» в контексте образования инновационных аспектов психодизайна городской среды. «К наиболее полезным следует отнести модели, обладающие ясной зависимостью от ситуации применения, равно как и ожидаемой эффективностью применения. Именно такими характеристиками отличается развернутая серия моделей средовых ситуаций, которые Кристофер Александер называет паттернами» [5].

В процессе становления художественного образа города фактическое развертывание идей трансгуманизма состоит в расширении композиционного разнообразия и взаимосвязанности отдельных дизайнерских направлений в его стилиевой гармонии визуальных паттернов, что и определяет эскалацию эмоциональной динамики городской среды.

Такая активность психодизайна должна обеспечить гармоничное единство всех составляющих городскую среду структурных единиц и композиционных элементов для успешной ликвидации последствий негативных моментов психологических воздействий дизайна городской среды и неблагоприятных качеств застройки. Концентрация внимания на отдельных вопросах психологии восприятия и потребления архитектурно-дизайнерской среды в ходе организации творческих процессов коллектива проектировщиков приобретает особое значение в обеспечении эффективности коллективного труда и не может быть регламентировано отдельными предметными рамками. Исследования показали невозможность существования единого и единственно верного художественного, дизайнерского, архитектурного или градостроительного решения. В то же время мы убеждены, что, «... опираясь на принципы когнитивистики и нейробиологии, мы сможем увидеть, как сегодня работают системы зданий, и предугадать, как изменение этих систем способно повлиять на наше поведение. Но есть и всегда должна быть определенная грань между такими прогнозами и предписаниями по строительству, которые выпускают органы власти» [9]. Проведенный нами анализ апорий дискурса идей трансгуманизма показал, что системы информационно-эмоционального воздействия психодизайна обнаруживают и формируют собственные художественные приемы, инструменты и методы в том случае, если они организованы с учетом композиционно-динамических закономерностей развития архитектурно-градостроительных форм дизайна городской среды. Такой подход логически предполагает реализацию корректирующей функции сомасштабной организации урбанизированных пространств в условиях активного развертывания форм и методов психодизайна при известном дефиците идеологических основ гуманизации урбанизированных сред. Таким образом, идеология и концепции проектируемого объекта в контексте развития историко-культурной среды, специфика, структура и содержание проектных действий, процедур и операций напрямую зависят от глубины понимания уникальности и полноты использования инструментария художественно-образной, ритмической, пластической, колористической, масштабной и цветоцветовой организации городских пространств и полностью раскрывается в контексте развития эмоционально-информационного потенциала психодизайна городской среды.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Boboc J. Le transhumanisme décrypté: Métamorphose du bateau de Thésée Broché. Paris: Éditions Apopsis, 2017. 463 p.
2. Ашихмин А. В., Смольков С. А., Хохрин Е. В. Сохранение архитектурного облика города при размещении рекламно-информационных объектов (на примере исторического центра г. Иркутска): монография. Иваново: Научный мир, 2018. 188 с.
3. Большаков А. Г. Топология пространства города Белгорода // Научный журнал строительства и архитектуры. 2017. № 2 (46). С. 120–131.
4. Гейл Я. Города для людей / пер. с англ. М.: Альпина Пабlishер, 2012. 276 с.
5. Линч К. Совершенная форма в градостроительстве / пер. с англ. В. Л. Глазычева; под ред. А. В. Иконникова. Москва: Стройиздат, 1986. 264 с.
6. Большаков А. Г. Топология города Белгорода: монография. Иркутск: ИРНТУ, 2017. 169 с.
7. Винер Н. Наука и общество // Общественные науки и современность. 1994. № 6. С. 130.
8. Гинзбург М. Я. Стиль и эпоха. Проблемы современной архитектуры. М.: Государственное издательство, 1924. 239 с.
9. Эллард К. Среда обитания. Как архитектура влияет на наше поведение и самочувствие / пер. с англ. Е. Корюкиной, А. М. Васильевой. М.: Альпина Пабlishер, 2018. 288 с.
10. Hillier B. The art of place and the science of space // World Architecture. 2005. Vol. 185. p. 96-102.

REFERENCES

1. Boboc J. Le transhumanisme décrypté: Métamorphose du bateau de Thésée Broché. Paris: Éditions Apopsis; 2017. 463 p.
2. Ashikhmin AV, Smol'kov SA, Khokhrin EV. Preservation of the architectural appearance of the city when placing advertising and information objects (on the example of the historical center of Irkutsk): monograph. Ivanovo: Nauchnyi mir; 2018. 188 p. (In Russ.).
3. Bol'shakov AG. Space topology of the city Belgorod. *Nauchnyi zhurnal stroitel'stva i arkhitektury = Russian Journal of Building Construction and Architecture*. 2017;2(46):120-131. (In Russ.).
4. Gehl J. Cities for people. Moscow: Al'pina Pablisher; 2012. 276 p. (In Russ.).
5. Lynch K. A theory of good city form. Moscow: Stroizdat; 1986. 264 p. (In Russ.).
6. Bol'shakov AG. Topology of the city of Belgorod: monograph. Irkutsk: INRTU; 2017. 169 p. (In Russ.).
7. Viner N. Science and society. *Obshchestvennye nauki i sovremennost'*. 1994;6:130. (In Russ.).
8. Ginzburg MYa. Style and era. Problems of modern architecture. Moscow: Gosudarstvennoe izdatel'stvo; 1924. 239 p. (In Russ.).
9. Ellard C. Places of the Heart: The Psychogeography of Everyday Life. Moscow: Al'pina Pablisher; 2018. 288 p. (In Russ.).
10. Hillier B. The art of place and the science of space. *World Architecture*. 2005;185:96-102.

Информация об авторах**Е. В. Хохрин,**

член Союза архитекторов России,
член Союза дизайнеров России,
доцент кафедры архитектурного проектирования,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: ya.eho@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7063-9879>

Information about the authors**Eugeny V. Khohrin,**

Member of Union of Architects of Russia,
Member of Union of Designers of Russia,
Associate Professor of the Department
of Architectural Design,
Irkutsk National Research Technical
University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: ya.eho@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7063-9879>

С. А. Смольков,

член Союза архитекторов России,
доцент кафедры архитектурного
проектирования,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: smolkofs@gmail.com
<http://orcid.org/0000-0001-7182-8137>

Sergei A. Smolkov,

Member of Union of Architects of Russia,
Associate Professor of the Department
of Architectural Design,
Irkutsk National Research Technical
University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: smolkofs@gmail.com
<http://orcid.org/0000-0001-7182-8137>

Вклад авторов

Хохрин Е. В., Смольков С. А. имеют равные
авторские права. Хохрин Е. В. несет ответ-
ственность за плагиат.

Contribution of the authors

Khohrin E. V., Smolkov S. A. have equal au-
thor's rights. Khohrin E. V. bears the responsi-
bility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта
интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests re-
garding the publication of this article.

Все авторы прочитали и одобрили
окончательный вариант рукописи.

The final manuscript has been read and ap-
proved by all the co-authors.

Статья поступила в редакцию 21.04.2022.
Одобрена после рецензирования 18.05.2022.
Принята к публикации 20.05.2022.

The article was submitted 21.04.2022.
Approved after reviewing 18.05.2022.
Accepted for publication 20.05.2022.

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Мы приглашаем Вас к участию в нашем журнале в качестве авторов, рекламодателей, читателей и сообщаем требования к статьям, принимаемым к публикации.

Журнал «Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость» публикует научные статьи и обзоры российских и зарубежных ученых, в том числе докторантов и аспирантов, содержащие новые результаты научных исследований.

Тематический охват соответствует утвержденной номенклатуре научных специальностей:

- 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения (технические науки);
- 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения (технические науки);
- 2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение (технические науки);
- 2.1.4. Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов (технические науки);
- 2.1.5. Строительные материалы и изделия (технические науки);
- 2.1.7. Технология и организация строительства (технические науки);
- 2.1.8. Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей (технические науки);
- 2.1.9. Строительная механика (технические науки);
- 2.1.10. Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства (технические науки);
- 2.1.11. Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия (архитектура);
- 2.1.12. Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности (архитектура);
- 2.1.13. Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов (архитектура);
- 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством: экономика, организация, управление предприятиями, отраслями, комплексами (строительство), управление инновациями, региональная экономика (экономические науки) (РИНЦ).

Представляемая в журнал работа должна быть законченным научным исследованием и содержать новые научные результаты, нигде ранее не публиковавшиеся и не представленные к публикации в других изданиях.

Статьи должны быть выполнены на высоком научном уровне и содержать результаты исследований по соответствующей проблематике. Рукопись, присылаемая в редакцию, должна соответствовать тематике журнала и требованиям редакции к оформлению рукописей.

1. Материалы, представляемые авторами в редакцию:

- Статья в печатном виде и идентичном варианте в электронной форме (с расширением *.doc и *.pdf);
- Иллюстрации к статье (рисунки, графики и т.д.) в электронном виде (в формате jpg);
- Авторское заявление;
- Сопроводительное письмо;
- Договор;
- Экспертное заключение.

2. Рукопись должна быть построена следующим образом:

- **Шифр УДК;**
- **Название статьи;**
- **Информация об авторах:** фамилия, имя, отчество; название учреждения;
- **Реферат (аннотация)** – количество слов – 200;
- **Ключевые слова** – (4–6);
- **Библиографические ссылки** должны быть соответственно оформлены:

1 вариант: Библиографический список – приводится русскоязычный вариант вместе с зарубежными источниками. Оформляется согласно ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». Ссылки на электронные документы должны оформляться согласно ГОСТ 7.82-2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов». Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

2 вариант: *References* (для зарубежных баз данных) – приводится полностью отдельным блоком, повторяя список литературы к русскоязычной части, независимо от того, имеются или нет в нем иностранные источники. Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, то они полностью повторяются в списке, готовящемся в романском алфавите.

В статье должны быть ссылки на иностранные источники, изданные не ранее, чем за последние 5 лет, свидетельствующие о том, что автором изучен вклад ученых разных стран в исследование проблемы.

- **Критерии авторства, конфликт интересов;**
- **Сведения об авторах:** фамилия, имя, отчество (полностью); ученая степень, звание и должность; название учреждения, его адрес с индексом; e-mail; ORCID.
- **Название рубрики**, в которой должна быть размещена статья.

3. Рекомендации по набору и оформлению текста

Параметры страницы и абзаца: отступы сверху и снизу – 2 см; слева и справа – 2 см; табуляция – 0,6 см; ориентация – книжная;

Шрифт – Arial, размер – 10, межстрочный интервал – одинарный, перенос слов – автоматический.

При вставке формул использовать *Microsoft Equation 3* при установках: элементы формулы выполняются – курсивом; для греческих букв и символов назначать шрифт Symbol, для остальных элементов – Arial.

Размер символов: обычный – 12 пт, крупный индекс – 7 пт, мелкий индекс – 5 пт, крупный символ – 18 пт, мелкий символ – 12 пт. Все экспликации элементов формул необходимо также выполнять в виде формул.

Рисунки, вставленные в текст, должны быть выполнены с разрешением 300 dpi, B&W – для черно-белых иллюстраций, Grayscale – для полутонов, максимальный размер рисунка с надписью: ширина 170 мм, высота 245 мм. Рисунки должны быть представлены в виде файла с расширением *.BMP, *.TIFF, *.JPG, должны допускать перемещение в тексте и возможность изменения размеров. Схемы, графики выполняются во встроенной программе MS Word или в MS Excel, с приложением файлов.

Для построения графиков и диаграмм следует использовать программу *Microsoft Office Excel*. Каждый рисунок вставляется в текст как объект *Microsoft Office Excel*.

Внимание! Публикация статьи является бесплатной.

Статьи направляются в редакцию журнала по электронной почте izv_isn@istu.edu. Рукописи статей и оригиналы всех необходимых документов предоставляются по адресу: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, редакционный отдел, ауд. Д-215, Никишиной О.В.

Телефон: (3952) 40-56-11, с.т.: 8 964 656 46 70 – Никишина Ольга Валерьевна, ответственный за выпуск,
(3952) 40-54-92– Герасимова Юлия Александровна, редактор.

ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ
ИНВЕСТИЦИИ. СТРОИТЕЛЬСТВО. НЕДВИЖИМОСТЬ

Научный журнал

12+

Том 12 № 2 (41)

Главный редактор В. В. Пешков
Ответственный за выпуск О. В. Никишина
Дизайн и макет издания Е. В. Хохрина
Перевод Томаса Бивитта, О. В. Никишиной
Верстка О. В. Никишиной
Редактор Ю. А. Герасимова

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных технологий и массовых
коммуникаций (Роскомнадзор)
Свидетельство ПИ № ФС77-62787 от 18 августа 2015 г.

Выход в свет 30.06.2022. Формат 60 x 90 / 8 (А4).
Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 21,25.
Тираж 500 экз. Зак. 85 а. Поз. плана бн.

Издание распространяется бесплатно

ФГБОУ ВО "Иркутский национальный исследовательский технический университет"
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Отпечатано в типографии Издательства
ФГБОУ ВО "Иркутский национальный исследовательский технический университет"
Адрес типографии: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83А



ВЫСШАЯ
АТТЕСТАЦИОННАЯ КОМИССИЯ (ВАК)
Министерства образования и науки Российской Федерации



РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ
Science Index



CYBERLENINKA

OPEN  ACCESS



INDEX  COPERNICUS
INTERNATIONAL

Google Scholar



АНРИ

Ассоциация научных
редакторов и издателей

