

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

12+



IZVESTIYA VUZOV
Investitsii
Stroitelstvo
Nedvizhimost

ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ
ИНВЕСТИЦИИ
СТРОИТЕЛЬСТВО
НЕДВИЖИМОСТЬ

Том 13 № 3
2023

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 13 № 3
Vol.



ИЗДАТЕЛЬСТВО
Иркутского национального исследовательского
технического университета

PUBLISHERS
of Irkutsk National Research Technical University
2023



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 Минобробразования 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, Belarus)

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 13 № 3 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Головина Н.В., Матвеева М.В. Совершенствование системы ценообразования в строительстве: технологии информационного моделирования и переход регионов на ресурсно-индексный метод	410
Петров П.А., Хохлова Н.С. Оценка готовности города к внедрению концепции «Умный город»	423
Соболев А.С., Конюхов В.Ю., Дружинина Т.Я., Таракановская В.Н. Оценка стартапов с помощью интернет-площадок	433
Ямщикова И.В., Абраменко Е.В. Разработка предложений по совершенствованию формирования цены строительной продукции	442

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. СТРОИТЕЛЬСТВО

Алексеев В.В., Волокитин И.И., Синюшкин А.Д. Повышение сдвигоустойчивости грунтовых технологических карьерных автодорог на слабосвязанных основаниях	452
Влад И.В., Безносков В.Н. Проблемы предупреждения неблагоприятных техносферных ситуаций на территориях муниципальных образований в условиях изменения климата	461
Дмитриева Т.Л., Черняго А.Б. Автоматизированное составление сметных расчётов объектов дорожного хозяйства в рамках парадигмы 5D-моделирования	473
Комаров А.К. Надёжность многоэтажных зданий с несущими конструкциями из монолитного железобетона в период строительства	483
Королёва О.И., Орлов В.С., Шустов П.А. Повышение показателей качества бетонов для транспортного строительства	492
Курицына А.М., Камчаткина В.М., Орлов М.Т. Оценка технического состояния стальных ферм покрытия большой чаши бассейна	501
Максимова О.М. Развитие и применение нейросетевой технологии в решении задач геодинамики	516
Ниязгулов У.Д., Цховребов Э.С., Безносков В.Н., Томилин В.Ф. Конфигурация геоинформационной системы мониторинга и прогнозирования техносферной опасности на объектах жизнеобеспечения	526
Пинус Б.И. Анализ вероятных последствий морозной деструкции цементных композитов	538
Соболев В.И., Соболев И.В., Кармазинов Д.А. Метод обратной задачи динамики в оценке остаточных жесткостных свойств многоэтажных зданий	545

АРХИТЕКТУРА. ДИЗАЙН

Дружинина И.Е. Основные этапы формирования жилой застройки г. Усолья-Сибирского	555
Игнатенкова В.А. Направления пространственной организации приречных территорий Иркутской агломерации: середина XX – начало XXI вв.	568
То Нгок Май Нга. Современное состояние, особенности и возможности развития городского сельского хозяйства на разных территориях г. Хошимин (Вьетнам)	581

CONTENTS

Proceedings of Universities Investment. Construction. Real estate

Том 13 № 3 2023

CONTENTS

ECONOMICS AND MANAGEMENT

Golovina N.V., Matveeva M.V. Improvement of pricing in the construction industry: Integrating information modeling technologies and transitioning regions to the resource index method	410
Petrov P.A., Khokhlova N.S. Assessment of city readiness for implementation of the smart city concept	423
Sobolev A.S., Konyukhov V.Yu., Druzhinina T.Ya., Tarakanovskay V.N. Evaluation of startups through Internet platforms	433
Yamshcikova I.V., Abramenko E.V. Development of proposals for improving the pricing of construction products	442

TECHNICAL SCIENCES. CONSTRUCTION

Alekseenko V.V., Volokitin I.I., Sinyushkin A.D. Improving the shear resistance of ground technological quarry roads on loosely-bound subgrades	452
Vlad I.V., Beznosov V.N. Preventing technosphere-associated emergencies in the territories of municipalities in the context of climate change	461
Dmitrieva T.L., Chernyago A.B. Automated estimation of road facilities within 5D modeling paradigm	473
Komarov A.K. Reliability of multi-story buildings with load-bearing structures of cast reinforced concrete during the construction period	483
Koroleva O.I., Orlov V.S., Shustov P.A. Improving concrete quality for transport construction	492
Kuritsyna A.M., Kamchatkina V.M., Orlov M.T. Technical evaluation of steel roof trusses for a large pool basin	501
Maximova O.M. Development and application of neural network technology in solving geodynamic problems	516
Niyazgulov U.D., Tshovrebov E.S., Beznosov V.N., Tomilin V.F. Configuration of geoinformation system for monitoring and forecasting technosphere hazards on critical infrastructure	526
Pinus B.I. Analysis of probable consequences of cement composite frost destruction	538
Sobolev V.I., Sobolev I.V., Karmazinov D.A. Inverse dynamics method in properties estimation of residual stiffness of multi-story buildings	545

ARCHITECTURE. DESIGN

Druzhinina I.E. Main stages in the formation of residential areas in the city of Usolye-Sibirskoye	555
Ignatenkova V.A. Spatial organization of riverside territories in Irkutsk area: mid XX – early XXI centuries	568
To Ngoc Mai Nga. Current state, peculiarities and opportunities for the development of urban agriculture in different territories of Ho Chi Minh City (Vietnam)	581



Совершенствование системы ценообразования в строительстве: технологии информационного моделирования и переход регионов на ресурсно-индексный метод

Н.В. Головина^{1✉}, М.В. Матвеева²

^{1,2}Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Аннотация. Достоверность формирования сметной стоимости реализации проекта и учет региональных особенностей являются приоритетной задачей для системы ценообразования в строительстве. Для реализации данной задачи в 1 квартале 2023 г. предусмотрен переход от базисно-индексного метода с индексацией по статьям затрат на ресурсно-индексный метод определения сметной стоимости, а с 2024 г. предусмотрено обязательное использование технологий информационного моделирования при проектировании объектов. Целью данной работы является проведение анализа предпосылок изменений в системе ценообразования, обозначение алгоритма определения сметной стоимости с применением ресурсно-индексного метода, выявление преимуществ и трудностей, связанных с использованием нового способа формирования стоимости проекта, а также обозначение перспектив внедрения технологий информационного моделирования. Исследование проведено с применением сравнительного и статистического анализов, методов синтеза и систематизации информации. Исследованы данные, размещенные в федеральной государственной системе ценообразования в строительстве для первых регионов, осуществивших переход на ресурсно-индексный метод. По результатам исследований выявлены проблемные аспекты изменения способа определения сметной стоимости в регионе, предложены направления совершенствования системы ценообразования для эффективного применения ресурсно-индексного метода определения сметной стоимости строительства объектов и использования технологий информационного моделирования.

Ключевые слова: ресурсно-индексный метод, базисно-индексный метод, сметная стоимость строительства, федеральная государственная информационная система ценообразования в строительстве, технологии информационного моделирования

Для цитирования: Головина Н.В., Матвеева М.В. Совершенствование системы ценообразования в строительстве: технологии информационного моделирования и переход регионов на ресурсно-индексный метод // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 3. С. 410-422. <http://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-410-422>. EDN: RVBLXX.

Original article

Improvement of pricing in the construction industry: Integrating information modeling technologies and transitioning regions to the resource index method

Nataliia V. Golovina^{1✉}, Maria V. Matveeva²

^{1,2}Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Abstract. Ensuring accurate cost estimation for project implementation, while accounting for regional specifics, is a crucial task for pricing practices in the construction industry. To address this challenge, the transition from the base index method with cost item indexation to the resource index method for estimating project costs is planned in the 1st quarter of 2023. Additionally, starting from 2024, the mandatory use of information modeling technologies for project design will be implemented. This article examines the rationale behind implementing modifications in the pricing system, outlines the algorithm for estimating costs using the resource index method, identifies the advantages and challenges associated

with this new approach, and highlights the prospects of integrating information modeling technologies. The study employs comparative and statistical analysis, as well as methods of synthesis and systematization of information. The analysis of data from the Federal State Information System of Pricing in Construction (TsS FSIS) focuses on regions that have already transitioned to the resource index method. On the basis of the research findings, the article reveals the issues related to the adoption of alternative cost estimation methods in a region. It also proposes approaches for enhancing the pricing system to effectively apply the resource index method for cost estimation in construction projects, while incorporating the use of information modeling technologies (IMT).

Keywords: resource-index method, basic-index method, estimated cost of construction, federal state information system for pricing in construction, information modeling technologies

For citation: Golovina N.V., Matveeva M.V. Improvement of pricing in the construction industry: Integrating information modeling technologies and transitioning regions to the resource index method. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2023;13(3):410-422. (In Russ.). <http://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-410-422>. EDN: RVBLXX.

ВВЕДЕНИЕ

До недавнего времени основой ценообразования в строительстве являлась сметно-нормативная база 2001 г. Расчет стоимости объектов строительства основывался на единичных расценках в уровне цен 2000 г. с пересчетом в текущий уровень цен с помощью индексов изменения сметной стоимости. Необходимость изменений в системе ценообразования возникла уже при актуализации сметно-нормативной базы в 2014 г.

Началом постепенных изменений можно считать Постановление Правительства РФ от 23 декабря 2016 г. № 1452¹. Данным постановлением была закреплена обязанность Министерства строительства РФ проводить мониторинг сметных цен на материалы, изделия, конструкции, оборудование и эксплуатацию машин и механизмов, а также размещать информацию в Федеральной государственной информационной системе (ФГИС ЦС).

В 2020 г. приказом Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 04.08.2020 года № 421/пр утверждена Методика², в соответствии с п. 10 которой сметную стоимость строительства правомерно определять как ресурсно-индексным

(РИМ), так и базисно-индексным методом (БИМ).

В тот же период утвержденным Правительством РФ 10.12.2020 № 11789п-П16 Планом был закреплён переход на ресурсный метод определения сметной стоимости³.

Резкий скачок рыночной стоимости строительных ресурсов в 2021 г. подтвердил необходимость предстоящей реформы. Разница между сметной стоимостью и актуальной ценой строительных ресурсов не позволяла завершить реализацию текущих объектов. Правительством РФ выпущено Постановление от 09.08.2021 г. № 1315⁴, дающее возможность подрядным организациям получить компенсацию в связи с непредвиденным удорожанием материалов и оборудования.

Внедрение технологий информационного моделирования становится одним из этапов развития системы ценообразования и капитального строительства в целом [1]. Цифровая модель рассматривается как один из способов снижения коллизий и ошибок на стадии проектирования, приводящих, в том числе, к некорректному формированию сметной стоимости [2]. Кроме того, автоматизация выпуска проектно-сметной документации сократит

¹О мониторинге цен строительных ресурсов: постановление Правительства РФ от 23 декабря 2016 г. № 1452 // Гарант.ру [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71477418/> (14.05.2023).

²Об утверждении Методики определения сметной стоимости строительства, реконструкции капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства, работ по сохранению объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов РФ на территории Российской Федерации: приказ Минстроя России от 4 августа 2020 г. № 421/пр // Кодекс.ру [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565649004> (13.05.2023);

³План мероприятий по совершенствованию ценообразования в строительной отрасли РФ утв. Правительством РФ 10 декабря 2020 г. №11789п-П16 // КонсультантПлюс [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_376799/ (14.05.2023);

⁴О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ (с изм. и доп.): постановление Правительства РФ от 9 августа 2021 г. №1315 // Гарант.ру [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/402110814/> (14.05.2023);

сроки реализации проектов и предоставит возможность прогнозировать стоимость на этапе формирования информационной модели [3].

Началом цифровизации строительной отрасли также можно считать 2014 г. План поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства утвержден Приказом Министерства строительства от 29 декабря 2014 г. № 926/пр⁵. А с 2024 г. в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 20 декабря 2022 г. № 2357⁶ при реализации проектов по капитальному строительству предусмотрено обязательное формирование и ведение информационной модели.

Стоит также отметить, что на сегодня строительная отрасль вынуждена приспосабливаться к системе импортозамещения и развития в условиях санкционной нагрузки, что дополнительно стимулирует изменения во всех составляющих ее областях.

В данной статье рассмотрены основные этапы перехода на ресурсно-индексный метод определения сметной стоимости, проанализирован первый опыт его внедрения в пилотных субъектах, обозначены основные преимущества и недостатки метода.

Применение технологий информационного моделирования, степень их внедрения в процесс подготовки проектно-сметной документации, а также дальнейшие перспективы совершенствования системы ценообразования и формирования информационной модели с привязкой к сметной стоимости также рассмотрены в работе.

МЕТОДЫ

В своих исследованиях Н.Ю. Шведова, А.П. Корчагин, В.Д. Ардинов и др. рассматривают различные аспекты реформирования

системы ценообразования и сметного нормирования в капитальном строительстве.

Необходимость формирования сметной стоимости в соответствии с рыночными расценками подтверждена также на основе зарубежного ценообразования [4–11].

Информационную базу научного исследования составили данные Федеральной сметно-нормативной базы ценообразования в строительстве редакции 2022 г.⁷, а также информация из Федеральной государственной информационной системы ценообразования в строительстве⁸.

Методологическую основу исследования составляют методы сравнительного и статистического анализа, метод синтеза и систематизации информации.

Анализ опыта перехода первых регионов на ресурсно-индексный метод составлен нормативно-технической базе определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации, актуальной на 2 кв. 2023 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ письмом от 20 февраля 2021 г. № 6684-ИФ/09⁹ установлен период перехода на ресурсно-индексный метод определения сметной стоимости во II квартале 2022 г.

С 25 февраля 2023 г. в соответствии с Приказом Минстроя России от 27 декабря 2022 г. № 1133/пр¹⁰ вступила в действие сметно-нормативная база ФСНБ-2022 в уровне цен по состоянию на 01 января 2022 г.¹¹

До конца 2023 г. для всех регионов страны постепенно состоится переход от базисно-индексной системы формирования сметной стоимости на ресурсно-индексный метод (табл. 1).

⁵Об утверждении Плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 29 декабря 2014 г. № 926/пр // Минстрой России [Электронный ресурс]. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/383/prikaz-926pr.pdf> (14.05.2023);

⁶О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 5 марта 2021 г. № 331 постановление Правительства Российской Федерации от 20 декабря 2022 г. № 2357 // pravo.gov.ru [Электронный ресурс] URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202212210039> (21.05.2023);

⁷Федеральная сметно-нормативная база // [Электронный ресурс]. URL: <https://fsnb2022.ru/> (21.05.2023);

⁸Федеральная государственная информационная система ценообразования в строительстве // [Электронный ресурс]. URL: <https://fgiscs.minstroyrf.ru/#/> (21.05.2023);

⁹О переходе на ресурсно-индексный метод определения сметной стоимости строительства: письмо Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 20 февраля 2021 г. № 6684-ИФ/09 // [Электронный ресурс]. URL: <https://ppt.ru/docs/pismo/minstroy/n-6684-if-09-246890> (21.05.2023);

¹⁰Приказ Минстроя России № 1133/пр от 27 декабря 2022 г.

¹¹О внесении изменений в приказ Министерства Строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 30 декабря 2021 г. № 1046/пр «Об утверждении сметных нормативов» приказ Министерства Строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 27 декабря 2022 г. № 1133/пр. // smetnoedelo.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://smetnoedelo.ru/docs/356522.html> (14.05.2023).

Таблица 1. Порядок перехода регионов страны на ресурсно-индексный метод
Table 1. The order of transition of regions of the country to the resource-index method

1 кв. 2023	2 кв. 2023	3 кв. 2023
Ивановская область Курская область Нижегородская область Новосибирская область (1–4 зоны) Оренбургская область Приморский край Ростовская область	Алтайский край Белгородская область Иркутская область (1–6 зоны) Кировская область Краснодарский край Липецкая область Новгородская область Омская область Республика Хакасия Сахалинская область (1–5 зоны) Архангельская область (Базовый район) Архангельская область (Районы Крайнего Севера) Челябинская область Чувашская Республика	Все остальные субъекты РФ (Для объектов капитального строительства, имеющих отраслевую специфику предусмотрен переход на ресурсно-индексный метод до конца 2023 г.)

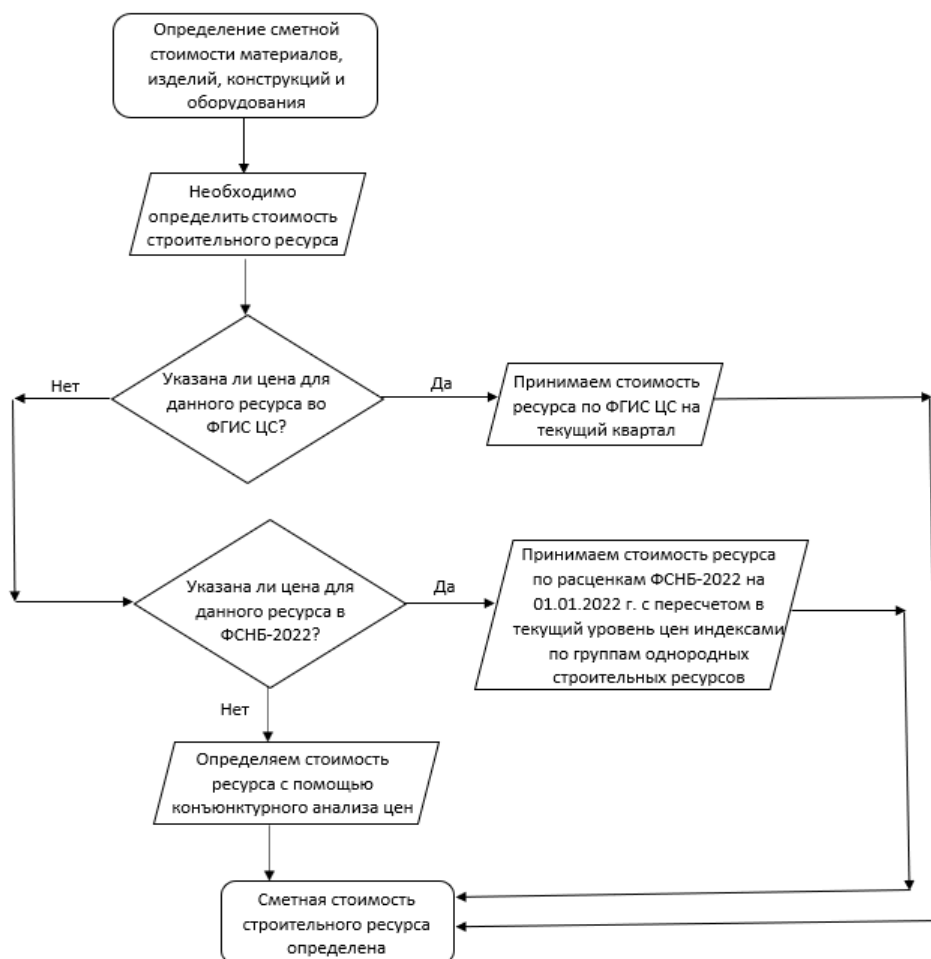


Рис. 1. Алгоритм определения стоимости материалов, изделий, конструкций и оборудования при ресурсно-индексном методе определения сметной стоимости

Fig. 1. Algorithm of determining the cost of materials, products, structures and equipment using the resource-index method for determining the estimated cost

Каждый из субъектов РФ для реализации перехода на ресурсно-индексный метод определения сметной стоимости размещает в федеральной государственной информационной системе ценообразования в строительстве информацию о текущей сметной стоимости ценообразующих строительных ресурсов в уровне цен по состоянию на квартал, в котором будет осуществлен переход субъекта на новую модель ценообразования. В соответствии с п. 25, 26 Постановления Правительства РФ от 23 декабря 2016 г. № 1452¹ стоимость ресурсов должна быть подтверждена приложением обосновывающих документов. Кроме того, каждому региону необходимо разместить индексы изменения сметной стоимости строительства к группам однородных ресурсов по ФСНБ-2022 для возможности учета тех строительных ресурсов, информация о текущей стоимости которых отсутствует в федеральной информационной системе. Данную информацию региону затем необходимо ежеквартально актуализировать.

В случае, когда сметная документация разработана до момента перехода субъекта на ресурсно-индексный метод определения сметной стоимости, при внесении изменений возможно применение ФСНБ-2020 и территориальных сметно-нормативных баз для обеспечения переходного периода.

При применении РИМ обязательной для использования является Федеральная государственная информационная система ценообразования в строительстве (ФГИС ЦС). По замыслу разработчиков портал должен стать платформой для взаимодействия производителей и поставщиков материалов и оборудования, саморегулируемых организаций и заказчиков. Однако при использовании информационной системы не исключена возможность предоставления недостоверной и неполной информации, увеличена трудоемкость расчета транспортных калькуляций, а наполняемость ФГИС ЦС является приоритетной задачей [12, 13].

Для максимально эффективного применения ресурсно-индексного метода определения сметной стоимости субъекты РФ должны обеспечить наполнение информационной системы сметными ценами в текущем уровне цен по сводной номенклатуре ценообразующих ресурсов (СНЦР). Данная номенклатура утверждена Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства

РФ от 30 августа 2019 г. № 499/пр.¹²

Для анализа первых результатов изменения способа ценообразования в пилотных регионах необходимо рассмотреть положительные и отрицательные стороны ресурсно-индексного метода расчета сметной стоимости.

В первую очередь применение РИМ позволит более качественно определять сметную стоимость строительства, особенно точным будет определение стоимости каждой из статей затрат, таких как основная заработная плата, эксплуатация машин и механизмов, материалы и оборудование [14]. При использовании в расчетах базисно-индексного метода, стоимость материалов формируется на основе сметно-нормативной базы ГЭСН, ФЕР 2020 в уровне цен на 01.01.2001 г. с последующим переводом на текущий уровень цен индексом изменения сметной стоимости публикуемым один раз в квартал. Так как индекс принимается один для всех категорий материалов, сметная стоимость не отражает реальное изменение рыночной стоимости ресурсов.

За квартал может произойти как снижение стоимости отдельных категорий материалов и оборудования, так и резкий рост цен на строительные ресурсы, как происходило в 2021 г. На сегодняшний день вектор развития системы ценообразования задан как раз на наиболее точное определение стоимости строительства.

Применение ресурсно-индексного метода позволяет наиболее точно учесть стоимость основных ценообразующих ресурсов. Кроме того, даже при отсутствии информации о стоимости ресурса во ФГИС ЦС определение его стоимости с использованием ФСНБ-2022 и индексов для группы однородных строительных ресурсов будет более точным, чем при расчете базисно-индексным методом, поскольку индекс отражает не усредненное изменение всех категорий материалов или оборудования за квартал, а изменение стоимости одной группы ресурсов [15].

Более точное и объективное определение стоимости позволит снизить риск срыва реализации проекта, риск несения подрядной организацией убытков в следствие непредвиденного изменения цен на строительные ресурсы.

Однако необходимо рассмотреть данную тему с другой стороны.

¹²О формировании сводной номенклатуры ценообразующих строительных ресурсов: приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 30 августа 2019 года № 499/пр // [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293725/4293725814.htm> (21.05.2023);

Несмотря на высокую точность расчетов, применение ресурсно-индексного метода сопряжено с рисками высокой трудоемкости расчетов и экспертизы, повышенными рисками совершения ошибки при расчетах, необходимостью повышения квалификации специалистов и поддержания ГЭСН в актуальном состоянии [16].

Кроме того, при реализации инвестиционно-строительного проекта для эффективного применения ресурсно-индексного метода необходимо сокращать время от момента получения положительного заключения о достоверности определения стоимости объекта до стадии его реализации, поскольку одним из недостатков ресурсно-индексного метода по сравнению с базисно-индексным методом является высокая трудоемкость пересчета сметной стоимости в другой уровень цен. При организации перехода на ресурсно-индексный метод для регионов страны, которые первыми направили обращения в ФАУ «Главгосэкспертиза» с предложением о расчете индексов по группам однородных строительных ресурсов, был проведен сравнительный расчет измене-

ния сметной стоимости строительства объектов базисно-индексным и ресурсно-индексным методами. По результатам сопоставительного анализа объектов в ценах IV квартала 2022 г. двумя методами: базисно-индексным (с применением ФСНБ-2020) и ресурсно-индексным (с применением ФСНБ-2022) было выявлено что для Новосибирской области среднее отклонение по стоимости составляет 2,25%, для Алтайского края – 1,47 %, для Ивановской области – 3,34%, для Ростовской области – 1,84%, для Приморского края – 2,63%, для Нижегородской области – 3,65%. В общем, отклонение по стоимости не превышает 5%¹³.

По результатам сравнительных исследований, проводимых КГАУ «Примгосэкспертиза», при расчете стоимости объектов (табл. 2) с использованием прямых цен из ФГИС ЦС на 4 кв. 2022 г. по ресурсно-индексному методу и с применением ежеквартальных индексов Минстроя России на 4 кв. 2022 г. по базисно-индексному методу разница в стоимости объектов не превысила 3%¹⁴.

Таблица 2. Сравнительный расчет стоимости объектов
Table 2. Comparative calculation of the cost of objects

Объект	Сметная стоимость, определенная базисно-индексным методом	Сметная стоимость, определенная ресурсно-индексным методом	Δ, %
Центр культурного развития на территории Артемовского городского округа	234 724,52	233 727,29	-0,93
Средняя общеобразовательная школа (СОШ) на 1125 мест г. Владивосток	1 571 355,15	1 592 117,39	+1,32
Физкультурно-оздоровительный комплекс в г. Находка	435 311,25	432 997,17	-0,53
Распределительный газопровод г. Владивосток	121 107,00	124 589,00	+2,88

В исследованиях, проводимых Р.А. Бокачевым, Е.А. Ступниковой и О.А. Олениной, выявлено, что при составлении сметных расчетов базисно-индексным методом и ресурсным методом отклонение составило 7%. Авторы в работе [17] отмечают, что ресурсный

метод приводит к оптимизации стоимостей статей затрат в общей стоимости сметного расчета.

Можно отметить, что отклонение по стоимости при расчетах базисно-индексным методом и ресурсно-индексным методом является

¹³Лахаев С.В., Савенков Н.Н. Поэтапный переход субъектов Российской Федерации на ресурсно-индексный метод определения сметной стоимости // [Электронный ресурс]. URL: <https://srces.ru/upload/RIM/1.-2023-03-16-vilkov-a.p-minstroy-rf.pdf> (21.05.2023).

¹⁴Тетерятникова А.Н. Переход на ресурсно-индексный метод с 25 февраля 2023 года // [Электронный ресурс]. URL: <https://srces.ru/upload/RIM/5.-2023-03-16-tetervatnikova-a.n-rim-prim-krai.pdf> (21.05.2023).

незначительным.

Как обозначено ранее, ключевым вопросом при переходе на ресурсно-индексный метод остается проблема наполняемости ФГИС ЦС [18–20].

Согласно данным информационной системы, пилотные регионы, которые с I кв. 2023 г. перешли на ресурсно-индексный метод, должны обеспечить наполнение системы сметными ценами материалов, изделий, конструкций и оборудования, применяемых в строительстве, а также сметными ценами на эксплуатацию машин и механизмов.

При мониторинге стоимости строительных материалов цена ресурсов складывается из «отпускной цены» (цены реализации) от производителей или поставщиков товара, а также стоимости транспортных затрат. Кроме того, мониторингу подлежит также среднемесячная номинальная начисленная заработная плата для субъектов РФ. При рассмотрении опубликованных цен строительных ресурсов для 7 пилотных регионов на 1 и 2 кв. 2023 г. можно отметить, что динамика наполнения информационной системы для некоторых регионов отрицательная. Согласно данным ФГИС ЦС, количество размещенных сметных цен по Ивановской области во 2 кв. 2023 г. сократилось более чем в 2 раза. Приморский край и

Ростовская область показывают уверенный рост числа публикуемых сметных цен.

Однако по сравнению с количеством позиций по номенклатуре ФСНБ-2022 для всех регионов страны остается низким уровень наполняемости ФГИС ЦС.

Среди регионов, перешедших на ресурсно-индексный метод определения сметной стоимости во 2 кв. 2023 г., одним из лидеров по наполнению информационной системы сметными ценами стала Иркутская область.

Поскольку в регионе недостаточно производственных мощностей для полного обеспечения строительной отрасли необходимыми материалами, для Иркутской области создание новых и развитие существующих производств является одной из первоочередных задач [21]. Наряду с Челябинской областью и Чувашской Республикой, Иркутская область опубликовала сметные цены более чем на 300 позиций материалов, изделий, конструкций и оборудования. При отсутствии текущей цены во ФГИС ЦС на материал или оборудование его стоимость определяется по расценкам из ФСНБ-2022 с применением индексов изменения сметной стоимости строительства к группам однородных ресурсов. Приказом Минстроя России от 11 мая 2023 г. утвержден шестой пакет изменений и дополнений.

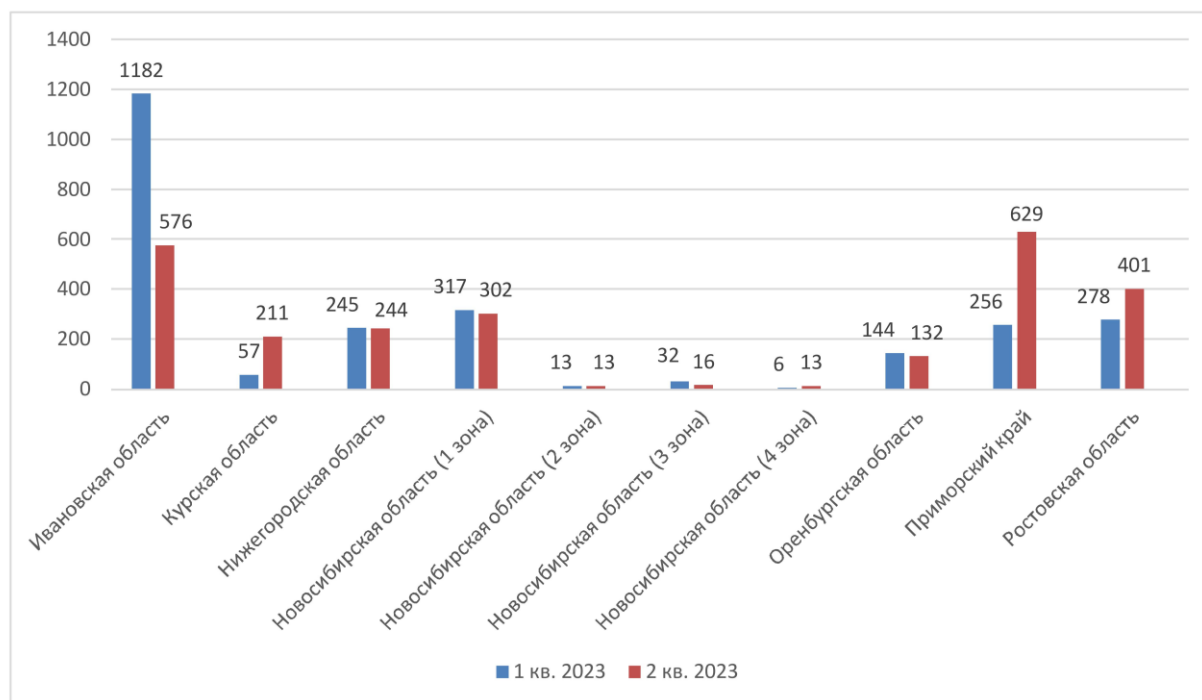


Рис. 2. Сравнение наполняемости ФГИС ЦС на 1 и 2 кв. 2023 г. по 7 пилотным регионам сметными ценами на материалы, изделия, конструкции и оборудование

Fig. 2. Comparison of the filling capacity of the Federal State Information System of Pricing in Construction for the 1st and 2nd quarter of 2023 for 7 pilot regions with estimated prices for materials, products, structures and equipment

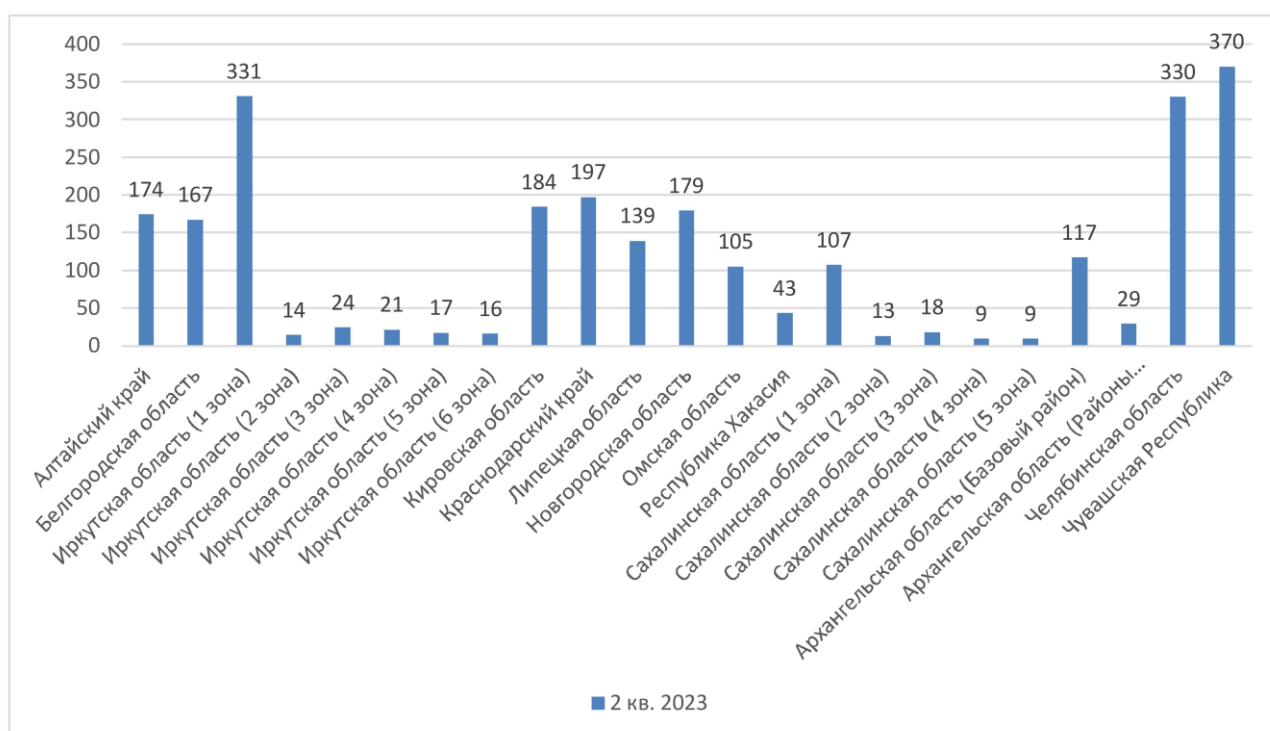


Рис. 3. Наполнение ФГИС ЦС для субъектов Российской Федерации, которые перешли на ресурсно-индексный метод во 2 кв. 2023 г. сметными ценами на материалы, изделия, конструкции и оборудование

Fig. 3. Filling the Federal State Information System of Pricing in Construction for the subjects of the Russian Federation that switched to the resource-index method in the 2nd quarter 2023 with estimated prices for materials, products, structures and equipment

По данным на 2 кв. 2023 г. ФСНБ-2022 включает расценки на 41105 материалов, которые классифицированы по 333 группам однородных ресурсов, и расценки на 1621 машин и механизмов, которые расклассифицированы на 193 групп однородных ресурсов. Для каждой из групп ресурсов Минстрой России ежеквартально выпускает индексы изменения сметной стоимости строительства к уровню цен на 01.01.2022 г.

Можно выделить несколько причин, по которым поставщики строительных ресурсов проявляют намерение передавать данные о стоимости своей продукции для публикации во ФГИС ЦС. Согласно ст. 33 п.1 Федерального закона от 05.04.2013 N 44-ФЗ¹⁵ указание конкретной торговой марки без примечания «или эквивалент» будет считаться нарушением закона. Также неправомерно указание конкретного производителя или поставщика материала и оборудования.

Существенная проблема для производителя или поставщика материально-

технических ресурсов – соотнести номенклатуру своей продукции с позициями классификатора строительных ресурсов (КСР) [22].

Одними из причин низкого наполнения ФГИС ЦС являются сложность работы на информационном портале, нехватка квалифицированных кадров и отсутствие в субъектах страны региональных представителей информационной системы или центров мониторинга цен строительных ресурсов.

Кроме того, производители или поставщики строительных материалов и оборудования при существенном вкладе времени и усилий на регистрацию в информационной системе, подачу и проверку данных о стоимости продукции, не получают экономических и иных выгод.

На сегодняшний день в информационной системе зарегистрировано 16602 производителя, торгового представителя, импортера и оптового поставщика. Однако информация о ценах в предыдущем отчетном периоде, т.е. на 1 кв. 2023 г., предоставлена только

¹⁵О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд: федер. закон от 05.04.2013 N 44-ФЗ (ред. от 28.04.2023) // Гарант.ру [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/70353464/> (21.05.2023).

6367 юридическими лицами.

При сохранении текущих темпов наполнения информационной системы сметным ценами, можно говорить о том, что в ресурсно-индексном методе преобладает индексная часть. По своей сути это базисно-индексный метод, с отличием в том, что индексы применяются не по статьям затрат или укрупненно, а по группам однородных строительных ресурсов.

Для эффективной работы по определению сметной стоимости ресурсно-индексным методом принципиальный вопрос стоит в увеличении ресурсной части, то есть по наполнению сметными ценами ФГИС ЦС.

Целью проведения реформ ценообразования является формирование сметной документации ресурсным методом с применением информационного моделирования. Преимуществами внедрения BIM-технологий для системы ценообразования является общее снижение стоимости строительства и более точное определение стоимости на самых ранних стадиях проектирования [23, 24].

На сегодняшний день существуют расчетные программы для формирования сметных расчетов по информационной модели: BIM Wizard, ABC-Смета, 1С-Смета, 5D-Смета и др. Данное программное обеспечение существенно облегчает для специалиста процесс формирования документации в связи с автоматизированным вычислением объемов работ, подбором элементов и норм, возможностью создания шаблона типового проекта [25]. Также с помощью компьютерного моделирования возможно наиболее точно и быстро рассчитать количество материалов, автоматически сформировать спецификации и ведомости объемов работ [26, 27].

Однако существует проблема соответствия конструктивных составляющих информационной модели и единичных сметных расценок [28], а также проблема координации нормативно-правовой базы российской системы ценообразования в строительстве, которая непрерывно обновляется, совершенствуется и дополняется документами с программ-

ным обеспечением для автоматического формирования модели и расчетов.

Кроме того, в стоимости строительства объектов не предусмотрены затраты на внедрение технологий информационного моделирования. Поиск, адаптация, подготовка и обучение квалифицированных специалистов и управленческой команды, приобретение и обновление дорогостоящего программного обеспечения не компенсируются участникам строительства, а затраты на разработку информационной модели могут составлять существенную долю в стоимости проектных работ [29, 30].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом можно отметить, что переход на ресурсно-индексный метод и применение технологий информационного моделирования – это логическое продолжение развития и совершенствования системы ценообразования в строительстве. При незначительном отклонении по общей стоимости в сравнении с базисно-индексным методом ресурсный метод позволяет более точно определить стоимость ресурса в составе общей стоимости реализации проекта. Однако данные изменения сопряжены с рисками и трудностями: недостаточное заполнение ФГИС ЦС, нехватка квалифицированных кадров для работы с информационной системой, низкая мотиваций поставщиков строительных материалов и оборудования, – все это на данный момент препятствует эффективному применению ресурсно-индексного метода. Перед субъектами Российской Федерации стоит задача активизировать мониторинг строительных ресурсов в регионе, обеспечить публикацию сметных цен в информационной системе.

Соответствие программного обеспечения текущей нормативной базе по строительству и ценообразованию, разработка и совершенствование сметных программ является одной из приоритетных задач в области информационного моделирования, поскольку цифровизация предоставляет новые возможности для совершенствования системы ценообразования в капитальном строительстве.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Uchenna Sampson Igwe, Sarajul Fikri Mohamed, Mohamed Bin Mat Dzahir Azwarie. Recent technologies in construction; a novel search for total cost management of construction projects // Sustainable and Integrated Engineering International Conference 2019 (SIE 2019). IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Everly Putrajaya, 8–9 December 2019). 2020. Vol. 884. P. 012041. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/884/1/012041>.
2. Noha Essam, Laila Khodeir, Fatma Fathy. Approaches for BIM-based multi-objective optimization in construction scheduling // Ain Shams Engineering Journal. 2023. Vol. 14. № 6. P. 102114. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102114>.

3. Сердюкова Е.А., Матвеев А.А. BIM-моделирование как неотъемлемая часть современного строительства // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2022. Vol. 5-2 (68). С. 56–59. EDN: HPIEBA. <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2022-5-2-56-59>.
4. Парчин А.В., Шведова Н.Ю. Ресурсный и Базисно-индексный метод расчета сметной стоимости строительства // Вестник магистратуры. 2020. № 3-3 (102). С. 76–79. EDN: QJHWUR.
5. Соловьев В.В., Корчагин А.П. Актуальные вопросы совершенствования системы ценообразования в строительстве в переходном периоде // Вестник МГСУ. 2020. № 4. С. 605–616. EDN: IEFETH. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2020.4.605-616>.
6. Ардзинов В.Д. Вопросы государственного ценообразования и сметного нормирования в строительстве // Экономика и управление. 2020. Т. 26. № 4. С. 426–431. EDN: BBNQHQ. <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2020-4-426-431>.
7. Kentaro Hatsumi, Rieko Ishii. The effect of price on the quality of public construction in Japan // Japan and the World Economy. 2022. Vol. 62. P. 101134. <https://doi.org/10.1016/j.japwor.2022.101134>.
8. Muhammad Ali Musarat, Wesam Salah Alaloul, MS Liew, Ahsen Maqsoom, Abdul Hannan Qureshi. Investigating the impact of inflation on building materials prices in the construction industry // Journal of Building Engineering. 2020. Vol. 32. P. 101485. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101485>.
9. Mostafa Mir, H.M. Dipu Kabir, Farnad Nasirzadeh, Abbas Khosravi. Neural network-based interval forecasting of construction material prices // Journal of Building Engineering. 2021. Vol. 39. P. 102288. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102288>.
10. Ahmed H. Ibrahim, Lamiaa M. Elshwadfy. Assessment of construction project cost estimating accuracy in Egypt // The Open Civil Engineering Journal. 2021. № 15. С. 290–298. <https://doi.org/10.2174/1874149502115010290>.
11. Montalbán-Domingo L., García Segura T., Sanz M.A., Pellicer E. Social Sustainability in Delivery and Procurement of Public Construction Contracts // Journal of Management in Engineering. 2019. Vol. 35. № 2. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000674](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000674).
12. Вишневецкая А.Ю., Дюба М.М. Риски внедрения ФГИС ЦС при реализации инфраструктурных проектов // Управление рисками: проблемы и решения (РИСК'Э–2022): труды науч.-практ. конф. с зарубежным участием (г. Санкт-Петербург, 10–11 ноября 2022 г.). г. Санкт-Петербург: Политех-Пресс, 2022. С. 270–277. <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/id22-346>.
13. Федорова А.В., Курило А.Е., Кузьменков А.А. Цифровая трансформация строительной отрасли в области мониторинга строительных ресурсов // Экономика строительства. 2021. № 5 (71). С. 27–47. EDN: NLHCHI.
14. Макарецова Т.Н., Кравченко А.И., Шипилова М.А. Формирование достоверной стоимости инвестиционно-строительного проекта на стадии разработки проектной документации // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. 2022. Т. 1. № 1. С. 34–44. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-1-34-44>.
15. Зиборова О.А., Шипилова И.А., Благовестная Е.О. Классификация методов определения сметной стоимости объектов строительства. Плюсы и минусы применения базисно-индексного метода // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2021. № 3 (24). С. 11–15. EDN: RNBFC5.
16. Бокачев Р.А., Ступникова Е.А., Оленина О.А. Риски и преимущества ресурсного метода ценообразования в строительстве // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2020. № 4. С. 72–76. EDN: PDTLKE. <https://doi.org/10.22394/2079-1690-2020-1-4-72-76>.
17. Бокачев Р.А., Ступникова Е.А., Оленина О.А. Влияние методов ценообразования в строительстве на точность определения сметной стоимости // Журнал прикладных исследований. 2021. № 6-8. С. 710–718. EDN: DIUDHX. https://doi.org/10.47576/2712-7516_2021_6_8_710.
18. Евсеева А.А., Корабельникова С.С. Проблемы составления конъюнктурного анализа при формировании сметной стоимости в строительстве // Мировые исследования в области естественных и технических наук: материалы VI Международной научно-практической конференции (г. Ставрополь, 30 апреля 2023 г.). Ставрополь: Параграф, 2023. С. 142–147. EDN: GFOMXC.
19. Чугунов А.В., Агафонова М.С., Макарова Е.Е. Состояние, проблемы и перспективы развития ценообразования в строительстве // Цифровая и отраслевая экономика. 2021. № 4 (25). С. 36–41. EDN: DLXITD.
20. Соловьева Е.В., Погодина П.В., Мавропуло М.Д. Реформирование системы сметного нормирования: проблемы, итоги, перспективы // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2020. № 8. С. 906–920. EDN: FSETRB.
21. Безруких О.А., Матвеева М.В. Промышленность строительных материалов Иркутской области: состояние и перспективы развития // Ресурсосберегающие технологии в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы Всероссийской научно-практической конференции (г. Иркутск, 07 ноября 2018 г.). Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2018. С. 16–21. EDN: YYLGLJ.

22. Еременко Р.Б. Новая модель расчета сметной стоимости строительства и совершенствование ценообразования // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. № 1-1 (83). С. 92–94. EDN: WHWMUZ. <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2022-1-183-92-94>.
23. Кожевникова М.К., Крупкин А.В., Маврина И.Н. Экономическая эффективность внедрения технологий информационного моделирования в России // Учет и статистика. 2021. № 4 (64). С. 27–31.
24. Букалова А.Ю., Авдеева К.В. Постановка задачи разработки методических основ информационного моделирования процесса сметного нормирования для оптимизации проектных работ // Construction and Geotechnics. 2020. Т. 11. № 4. С. 81–93.
25. Соколова В.В., Шершнева Д.Д. Анализ средств автоматизации расчета объемов работ для сметных расчетов с использованием информационного моделирования на базе Revit – 5D Смета // Ползуновский альманах. 2022. № 1. С. 177–180. EDN: JZLQNU.
26. Mahmoud Abdelsalam Aref Obeid, Abhishek Hazra, S Bose, A Chakraborty, Shaiesta Qasemi, Elham Behruz. The BIM-based automated cost computation and visualization of cost data // System technologies. 2023. Vol. 1. No. 46. P. 12-27. https://doi.org/10.55287/22275398_2023_1_12.
27. Ерофеева Н.В. Автоматизированное формирование ведомости объемов работ с использованием BIM-моделей: основные преимущества // Энергетика, управление и автоматизация: инновационные решения проблем: материалы II Всероссийской научно-практической конференции обучающихся и преподавателей (г. Санкт-Петербург, 22 декабря 2022 г.). Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2023. С. 162–168.
28. Гудзь С.В. Проблемы интеграции сметного ценообразования в технологии информационного моделирования // Столыпинский вестник. 2023. № 4. С. 1714–1719.
29. Chan D.W.M., Olawumi T.O., Ho A.M.L. Perceived benefits of and barriers to Building Information Modeling (BIM) implementation in construction: The case of Hong Kong // Journal of Building Engineering. 2019. Vol. 25. P. 100764. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100764>.
30. Le'sniak A., Górka M., Skrzypczak I. Barriers to BIM implementation in architecture, construction, and engineering projects — the polish study // Energies. 2021. Vol. 14. No. 8. P. 2090. <https://doi.org/10.3390/en14082090>.

REFERENCES

1. Uchenna Sampson Igwe, Sarajul Fikri Mohamed, Mohamed Bin Mat Dzahir Azwarie. Recent technologies in construction; a novel search for total cost management of construction projects. *Sustainable and Integrated Engineering International Conference 2019 (SIE 2019)*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 8-9 December 2019, Everly Putrajaya. 2020. Vol. 884. P. 012041. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/884/1/012041>.
2. Noha Essam, Laila Khodeir, Fatma Fathy. Approaches for BIM-based multi-objective optimization in construction scheduling. *Ain Shams Engineering Journal*. 2023;14(6):102114. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102114>.
3. Serdyukova E.A. BIM-modeling as an integral part of modern construction. *Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk = International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2022;5-2:56-59. (In Russ.). EDN: HPIEBA. <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2022-5-2-56-59>.
4. Parchin A.V., Shvedova N.Yu. Resource and Basic-index method for calculating the estimated cost of construction. *Vestnik magistratury*. 2020;3-3:76-79. (In Russ.). EDN: QJHWUR.
5. Solov'ev V.V., Korchagin A.P. Current issues of improving the pricing system in construction in the transition period. *Vestnik MGSU*. 2020;4:605-616. (In Russ.). EDN: IEFETH. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2020.4.605-616>.
6. Ardzinov V.D. Issues of government pricing and budget normalization in construction. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2020;26(4):426-431. EDN: BBNQHQ. <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2020-4-426-431>.
7. Kentaro Hatsumi, Rieko Ishii. The effect of price on the quality of public construction in Japan. *Japan and the World Economy*. 2022;62:101134. <https://doi.org/10.1016/j.japwor.2022.101134>.
8. Muhammad Ali Musarat, Wesam Salah Alaloul, MS Liew, Ahsen Maqsoom, Abdul Hannan Qureshi. Investigating the impact of inflation on building materials prices in the construction industry. *Journal of Building Engineering*. 2020;32:101485. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101485>.
9. Mostafa Mir, H.M. Dipu Kabir, Farnad Nasirzadeh, Abbas Khosravi. Neural network-based interval forecasting of construction material prices. *Journal of Building Engineering*. 2021;39:102288. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102288>.
10. Ahmed H. Ibrahim, Lamiaa M. Elshwadfy. Assessment of construction project cost estimating accuracy in Egypt. *The Open Civil Engineering Journal*. 2021;15:290-298. <https://doi.org/10.2174/1874149502115010290>.

11. Montalbán-Domingo L., García Segura T., Sanz M.A., Pellicer E. Social Sustainability in Delivery and Procurement of Public Construction Contracts. *Journal of Management in Engineering*. 2019;35(2):04018065-1-11. (In Russ.). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000674](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000674).
12. Vishnevetskaya A.Yu., Dyuba M.M. Risks of introducing FSIS CA in the implementation of infrastructure projects. In: *Upravlenie riskami: problemy i resheniya (RISK'E-2022): trudy nauchno-prakticheskoi konferentsii s zarubezhnym uchastiem = Risk management: problems and solutions (RISK-E-2022): proceedings of a scientific and practical conference with foreign participation*. 10-11 November 2022, Saint Petersburg. Saint Petersburg: Polytech-Press; 2022. p. 270-277. (In Russ.). <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/id22-346>.
13. Fedorova A.V., Kurilo A.E., Kuzmenkov A.A. Digital transformation of the construction industry in the field of monitoring. *Ekonomika stroitel'stva = Construction Economy*. (In Russ.). 2021;5(71):28-47. EDN: NLHCHI.
14. Makartsova T.N., Kravchenko A.I., Shipilova M.A. Credible Cost Formation of a Construction Investment Project at the Stage of Design Documentation Development. *Sovremennye tendentsii v stroitel'stve, gradostroitel'stve i planirovke territorii = Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2022;1(1):34-44. (In Russ.). <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-1-34-44>.
15. Ziborova O.A., Shipilova I.A., Blagovestnaya E.O. Classification of methods for determining the estimated cost of construction objects. Pros and cons of using the base-index method. *Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikatsii*. 2021;3:11-15. (In Russ.). EDN: RNBFC5.
16. Bokachev R.A., Stupnikova E.A., Olenina O.A. Risks and advantages of the resource pricing method in construction. *Gosudarstvennoe i munitsipal'noe upravlenie. Uchenye zapiski = State and municipal management. scholar notes*. 2020;4:72-76. (In Russ.). EDN: PDTLKE. <https://doi.org/10.22394/2079-1690-2020-1-4-72-76>.
17. Bokachev R.A., Stupnikova E.A., Olenina O.A. Influence of pricing methods in construction on the accuracy of determining the estimated cost. *Zhurnal prikladnykh issledovaniy = Journal of applied research*. 2021;6-8:710-718. (In Russ.). EDN: DIUDHX. https://doi.org/10.47576/2712-7516_2021_6_8_710.
18. Evseeva A.A., Korabel'nikova S.S. Problemy sostavleniya kon'yunktornogo analiza pri formirovanii smetnoi stoimosti v stroitel'stve. In: *Mirovye issledovaniya v oblasti estestvennykh i tekhnicheskikh nauk: materialy VI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii = World research in the field of natural and technical sciences: materials of the VI International Scientific and Practical Conference*. 30 April 2023, Stavropol'. Stavropol': Paragraf; 2023. p. 142-147. (In Russ.). EDN: GFOMXC.
19. Chugunov A.V., Agafonova M.S., Makarova E.E. The state, problems and prospects of development of pricing in construction. *Tsifrovaya i otraslevaya ekonomika*. 2021;4:36-41. (In Russ.). EDN: DLXITD.
20. Solovieva E.V., Pogodina P.V., Mavropulo M.D. Reforming the system of estimated rationing: problems, results, prospects. *Nauchnye trudy Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Scientific Works of the Kuban State Technological University*. 2020;8:906-920. (In Russ.). EDN: FSETRB.
21. Bezrukih O.A., Matveeva M.V. Building materials industry of the Irkutsk region: state and development prospects. In: *Resursosberegayushchie tekhnologii v stroitel'stve i zhilishchno-kommunal'nom khozyaistve: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii = Resource-saving technologies in construction and housing and communal services: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference*. 07 November 2018, Irkutsk. Irkutsk: Irkutsk National Research Technical University; 2018. p. 16-21. EDN: YYLGLJ.
22. Eremenko R.B. A new model for calculating the estimated cost of construction and improving pricing. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika = Economy and business: theory and practice*. 2022;1-1:92-94. (In Russ.). EDN: WHWMUZ. <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2022-1-183-92-94>.
23. Kozhevnikova M.K., Krupkin A.V., Mavrina I.N. Economic efficiency of implementation of information modeling technologies in Russia. *Uchet i statistika = Accounting and Statistics*. 2021;4(64):27-31. (In Russ.).
24. Bukalova A.Yu., Avdeeva K.V. The statement of the problem of developing the methodological based of information modeling of the cost estimation process for the optimization of design work. *Construction and Geotechnics*. 2020;11(4):81-93. (In Russ.).
25. Sokolova V.V., Shershneva D.D. Analysis of automation tools for calculating the scope of work for cost estimates using information modeling based on Revit - 5D Estimate. *Polzunovskii al'manakh*. 2022;1:177-180. EDN: JZLQNU.
26. Mahmoud Abdelsalam Aref Obeid, Abhishek Hazra, S Bose, A Chakraborty, Shaiesta Qasemi, Elham Behruz. The BIM-based automated cost computation and visualization of cost data. *System technologies*. 2023;1(46):12-27. (In Russ.).
27. Erofeeva N.V. Automated formation of a bill of quantities using BIM models: main advantages. In: *Energetika, upravlenie i avtomatizatsiya: innovatsionnye resheniya problem: materialy II Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii obuchayushchikhsya i prepodavatelei = Energy, control and automation: innovative solutions to problems: Proceedings of the II All-Russian scientific and practical conference of students and teachers*. 22 December 2022 Saint-Peterburg. Saint-Peterburg: Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design; 2023. p. 162-168. (In Russ.).

28. Gudž S.V. Problems of integration of estimated pricing in information modeling technologies. *Stolypinskii vestnik*. 2023;4:1714-1719. (In Russ.).
29. Chan D.W.M., Olawumi T.O., Ho A.M.L. Perceived benefits of and barriers to Building Information Modeling (BIM) implementation in construction: The case of Hong Kong. *Journal of Building Engineering*. 2019;25:100764. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100764>.
30. Leśniak A., Górka M., Skrzypczak I. Barriers to BIM implementation in architecture, construction, and engineering projects — the polish study. *Energies*. 2021;14(8):2090. <https://doi.org/10.3390/en14082090>.

Информация об авторах

Головина Наталия Викторовна,
аспирант,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия
e-mail: golovina_natalia_3@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2905-9113>

Матвеева Мария Витальевна,
д.э.н., профессор,
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>

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.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 01.06.2023.
Одобрена после рецензирования 26.06.2023.
Принята к публикации 27.06.2023.

Information about the authors

Nataliia V. Golovina,
Postgraduate Student,
Irkutsk National Research
Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russia,
e-mail: golovina_natalia_3@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2905-9113>

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

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.

Information about the article

The article was submitted 01.06.2023.
Approved after reviewing 26.06.2023.
Accepted for publication 27.06.2023.



Оценка готовности города к внедрению концепции «Умный город»

П.А. Петров^{1✉}, Н.С. Хохлова²

¹Иркутский национальный технический университет, г. Иркутск, Россия

²Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Россия

Аннотация. Целью данной работы является исследование механизмов оценки готовности городских территорий к внедрению концепции «Умный город». Актуальность данной темы подтверждается запросом на эффективную реализацию концепции в существующей социально-экономической ситуации. Государство уделяет особое внимание вопросам реализации государственных программ и достижению целевых показателей. Вопрос развития городов с использованием современных цифровых технологий является важным, и профильные министерства уделяют его решению особое внимание. В работе исследованы существующие подходы к оценке процессов цифровизации городских территорий, определена взаимосвязь между документами стратегического планирования и планами реализации государственных программ. На основе системного подхода классифицированы и сформулированы основные направления оценки эффективности мероприятий по внедрению концепции «Умный город» на территории Российской Федерации. Сделаны выводы о необходимости корректировки существующей системы оценки. Разработаны варианты оптимизации и совершенствования методики выбора показателей для оценки эффективности цифровизации городов. В итоге предложенная методика оценки готовности города к внедрению концепции «Умный город» позволит повысить показатели проекта по цифровизации городов.

Ключевые слова: инвестиции, развитие городов, умный город, управление сложными системами, качество жизни, государственные услуги

Для цитирования: Петров П.А., Хохлова Н.С. Оценка готовности города к внедрению концепции «Умный город» // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 3. С. 423–432. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-423-432>. EDN: FXDYPA.

Original article

Assessment of city readiness for implementation of the smart city concept

Pavel A. Petrov^{1✉}, Natalia S. Khokhlova²

¹Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

²Baikal State University, Irkutsk, Russia

Abstract. Mechanisms for assessing the readiness of urban areas for implementation of the smart city concept are investigated. The relevance of this topic is supported by the request for effective implementation of the concept in the current socio-economic situation. The state attracts much attention to the implementation of state programs and achievement of target indicators. The issue of urban development using modern digital technologies appears to be important, with the relevant ministries paying particular attention to its solution. The paper investigates the existing approaches to the assessment of urban digitalization processes, determines the relationship between the documents of strategic planning and plans for the implementation of state programs. Based on the systems approach, the main directions in assessing the effectiveness of measures on the implementation of the smart city concept in the Russian Federation are classified and formulated. Conclusions on the necessity of adjusting the existing assessment system are made. Options for optimizing and improving the methodology for selecting indicators to assess the effectiveness of city digitalization were developed. As a result, the proposed methodology for assessing the readiness of cities to implement the smart city concept will improve the

indicators of the city digitalization project.

Keywords: investment, urban development, smart city, management of complex systems, quality of life, public services

For citation: Petrov P.A., Khokhlova N.S. Assessment of city readiness for implementation of the smart city concept. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2023;13(3):423-432. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-423-432>. EDN: FXDYPA.

ВВЕДЕНИЕ

Проект «Умный город» реализуется с 2018 г. в рамках национального проекта «Жилье и городская среда» и национальной программы «Цифровая экономика в РФ». Фактически основным куратором программы является Минстрой РФ. В рамках проекта выделены два основных направления развития:

1. Повышение уровня вовлеченности граждан в процессы управления муниципальными образованиями.

2. Рост IQ-индекса городов. Согласно приказу Минстроя РФ от 31.12.2019 № 924/пр¹, «Индекс IQ города является интегральным индексом, расчет которого осуществляется на основании значений субиндексов, представляющих собой оценку развития 10 направлений цифровой трансформации городского хозяйства, включая:

- а) городское управление;
- б) инновации для городской среды;
- в) интеллектуальные системы общественной безопасности;
- г) инфраструктура сетей связи;
- д) «умное» жилищно-коммунальное хозяйство;
- е) «умный» городской транспорт;
- ж) интеллектуальные системы экологической безопасности;
- з) туризм и сервис;
- и) интеллектуальные системы социальных услуг;
- к) экономическое состояние и инвестиционный климат» (рисунок).

Из этих 10 показателей можно выделить группу таких, которые пересекаются с показателями Федерального проекта «Формирование комфортной городской среды (ФКГС)» (б, в, д, е, и + работа над вовлеченностью граждан). Фактически при грамотном позиционировании изменений возможно получение хороших результатов как в одном проекте, так и в

другом [1]. На примере г. Иркутска прослеживается активная работа по проекту ФКГС. Однако системная работа по цифровизации городского хозяйства не ведется. Последние упоминания о мероприятиях датируются 2019 г.

По г. Иркутску за 2021 г. показатель IQ-индекса² равен 47,23 при среднем значении равном 54 для городов с населением от 250 тыс. до 1 млн чел. На сайте проекта представлена диаграмма по распределению показателей по г. Иркутску. При анализе категорий стоит обратить внимание на три лучших значения: экономическое состояние и инвестиционный климат [2], интеллектуальные системы социальных услуг и инфраструктура сетей связи. Это как раз те показатели, которые выполняются «сами по себе», так как мало зависят от работы администрации города конкретно в направлении цифровизации. К примеру, показатель по развитию сетей связи содержит одно значение – зона охвата 4g-сетей. Работа города заканчивается в момент выдачи разрешения на установку базовой станции, которую будет проводить компания-оператор мобильной связи уже своими силами и за счет своих ресурсов. В интеллектуальных системах социальных услуг можно найти показатели по цифровизации в сфере медицины – еще одна сфера деятельности, на которую муниципалитет оказывает лишь косвенное влияние, а ввиду ограниченности ресурсов это влияние остается минимальным.

Критический взгляд на показатели позволяет сделать вывод, что текущее значение рейтинга, которое даже ниже среднего по стране – это не заслуга городской администрации. И можно сделать предположение, что если убрать из методики расчета индекса эти три категории, то разница между активно вовлеченными в проект городами и всеми остальными станет еще более очевидной.

¹Об утверждении методики оценки хода и эффективности цифровой трансформации городского хозяйства в Российской Федерации (IQ городов): приказ Минстроя России от 31 декабря 2019 года № 924/пр // Минстрой России [Электронный ресурс]. URL: https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/c3a/prikaz-924pr.docx_03.03.2023.

²IQ-индекс // Официальный сайт «IQ городов» [Электронный ресурс]. URL: <https://russiasmartcity.ru/iq> (03.03.2023).



город Иркутск

Крупные города (250 тыс. – 1 млн чел.)

47.23

Уровень технологичности города



Диаграмма показателей цифровизации г. Иркутска
Diagram of indicators of digitalization of the city of Irkutsk

С точки зрения корректности оценки ситуации такую методику можно назвать недоработанной. Пожалуй, да, потому что организация, которой установлены определенные цели – должна иметь возможность непосредственного влияния на их достижение, что в данном случае почти невозможно.

Вместе с тем остаются категории, показатели которых возможно улучшить, но для этого нужна системная работа на уровне администрации муниципальных образований [3]. Согласно независимым рейтингам в сфере оказания услуг ЖКХ г. Иркутск имеет неплохие показатели (domofond.ru, опросы общественного мнения и т.п.), хотя по индексу по данному направлению значение равно 0 [4]. Подобные аномалии в оценке деятельности необходимо детально проанализировать, чтобы по-

нять природу таких расхождений в оценке одной и той же предметной области. С другой стороны, подавляющее большинство данных для оценки согласно методике формирования индекса Минстрой берет из своих источников³. Если базовые формулы для расчета приведены и понятны, то источники данных – необходимо уточнять.

В целом структура составления рейтинга и методика расчета понятны. Подобная оценка показывает готовность города к цифровой трансформации, а, соответственно, и к повышению качества жизни горожан [5, 6]. Возможно повысить оценку городу, если грамотно подготовить отчетные данные, но это техническая, а скорее бюрократическая работа, которая выполняется при системном централизованном подходе. Результативность таких

³Паспорт ведомственного проекта Цифровизации городского хозяйства «Умный город» (утв. Приказом Минстроя России от 31.10.2018 № 695/пр) // Минстрой России [Электронный ресурс]. URL: https://www.minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/9fe/pasport-proekta-31.10.2018_695_pr_Yakushev_V.V._Chibis_A.V.pdf (03.03.2023).

действий будет, но будет ограниченной.

Основным методом повышения уровня цифровизации города является внедрение решений, способствующих повышению комфорта проживания людей в этом городе [7]. Принципиально можно разбить критерии оценки на две категории: административные и технические. Под административными приемем показатели, достижение которых возможно путем повышения эффективности существующего городского хозяйства. Технические критерии для реализации требуют внедрения определенных решений, повышающих комфортность проживания горожанина или отдельных категорий граждан [8]. Сферы применения технических инноваций обширны и разнообразны – от умных светофоров и датчиков загрязнений до общегородского голосования по выбору объектов благоустройства. Есть ли какие-то сверхсложные и невыполнимые для города Иркутска задачи? Пожалуй, нет, технические решения и инструментарий известны, механизмы внедрения тоже. Возникает вопрос с масштабированием решений, которые, возможно, применяются в отдельных дворах или предприятиях на уровень города. С учетом хороших компетенций местных высших образовательных учреждений и наличием сформировавшегося сегмента ИТ-компаний в городе данный вопрос уже не кажется нерешаемым [9]. Поиск финансирования подобных проектов, путей решения, разработки нормативно-правовых актов и т.п. – эти вопросы уже лежат в плоскости принятия волевых решений администрацией города и принципиальной позиции о необходимости реализации.

Выше было упомянуто о совещании, организованном администрацией г. Иркутска в июне 2019 г.⁴ Был создан Центр компетенций по реализации проекта «Умный город», но дальнейшая судьба этого Центра в открытых источниках не прослеживается. С учетом того, что тема Умных городов достаточно привлекательна для формирования информационного новостного фона, то пресс-релизы были бы сформированы в случае проведения каких-либо мероприятий. При анализе результатов поисковых запросов в сети Интернет по рассматриваемой тематике нет никаких новостей

с 2019 г. Можно ли сделать вывод, что эта тема стала неактуальной?

Для администрации муниципального образования в краткосрочной перспективе участие в проекте «Умный город» неинтересно в силу ряда причин. Во-первых, это отсутствие прямого финансирования. Во-вторых, недостаток собственных компетенций по совмещению административного управления и внедрения ИТ-инфраструктуры [10–12]. Хотя, стоит отметить, что определенные механизмы финансирования у администрации есть, например, конкурс «Народные инициативы». Можно сделать вывод, что инициатива по разработке решений в данной предметной области «снизу» вряд ли появится ввиду сложности коммерциализации. А если посмотреть со стороны стратегического планирования? В стратегии развития Иркутской области⁵ про умные города нет упоминания, даже косвенного. В стратегии социально-экономического развития г. Иркутска до 2030 г. тоже нет упоминания умных городов. Более того, в тексте документа нет ни единого слова с корнем «цифр-». Можно сделать поправку на то, что Стратегия была утверждена в феврале 2018 г., а проект «Умный город» – 31 октября 2018 г. В любом случае, в документах стратегического планирования отсутствует развитие тезисов, предлагаемых федеральным проектом. Эффективность коммунального хозяйства, безопасность граждан, степень вовлеченности граждан в процессы административного управления, комфортная городская среда – в других частях стратегий [13] и при реализации других программ, проектов и мероприятий данные показатели стремятся выполнять, но скорее классическими путями и с использованием традиционных решений. Концепция умных городов подразумевает работу с получением результата в среднесрочной и долгосрочной перспективах, причем этот результат может выражаться в прямом экономическом эффекте для муниципальных образований (ряд практик, полученных в ходе реализации Федерального проекта это подтверждают).

Реализация Федерального проекта «Умный город» рассчитана на период до 2024 г. и на данном этапе подразумевает создание

⁴В Иркутске состоялось первое совещание Центра компетенций по реализации проекта «Умный город» // Официальный портал Администрации города Иркутска. URL: <https://admirk.ru/news/VIrkutskesostoyalospervoesoveshchanieCentrakompetencijporealizaciiiproektaUmnyjgorod2752/> (03.03.2023)

⁵Об утверждении стратегии социально-экономического развития Иркутской области на период до 2036 года: закон Иркутской области от 10.01.2022 № 15-ОЗ // Официальный интернет-портал правовой информации [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/3800202201110007?index=0&rangeSize=1> (03.03.2023).

скорее институциональных предпосылок для массового тиражирования концепции на территории Российской Федерации. Логичным будет продление данного проекта после 2024 г., но уже с целевым и адресным финансированием муниципалитетов. Возможно, за основу будут взяты механизмы реализации проекта «Формирование комфортной городской среды». Механизм конкурсного отбора на получение субсидий на реализацию проектов цифровизации городского хозяйства на основании представленных проектов решений характерен для первых этапов реализации стратегических проектов.

В дальнейшем со стороны федерального центра появляются требования к опыту и компетенциям, необходимым для развития того или иного направления. Возникает вопрос, каким образом возможно оценить готовность муниципального образования к реализации решений, входящих в концепцию «Умного города». Концепция «Умный город» подразумевает ее использование в городах с разным населением, структурой экономики и территориально-климатическими особенностями [14, 15]. Нет четких критериев того, что город может считаться «умным» только лишь при достижении определенного порога, например, по численности населения. Согласно сайту Федерального проекта «Умный город» в расчете индекса IQ-городов учитываются города с населением от 100 тыс. чел. Если обратиться к своду правил «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» (СП 42.13330.2016) от Минстроя РФ⁶, то в нем нет конкретного указания нижнего предела города по численности проживающих. Данные переписи 2021 г. определяют самым маленьким городом – Верхоянск в Якутии. Его население составляет 828 чел. Всего в России насчитывается 1117 городов по состоянию на 1 октября 2021 г.

Так как внедрение инструментов цифровизации [16] – это достаточно сложная и комплексная задача, то логичным путем является масштабирование практик от городов с большим населением к малым городам. Апробация новых инструментов и методик на городах, обладающих большим количеством ресурсов, позволит в будущем в малых городах снизить риски и количество неудачных сценариев использования цифровых технологий

в городском хозяйстве [17, 18].

Для определения готовности города к реализации механизмов концепции «Умный город» необходимо разработать методику оценки территории по определенному набору показателей [19, 20]. Условно их можно разбить на следующие группы:

- административно-управленческие;
- инфраструктурные;
- экономические;
- социальные.

Административно-управленческие

Для эффективного применения концепции «Умный город» необходимо понимание роли данного процесса в развитии города [21–24]. Уровнем декларативных заявлений руководителей это не должно ограничиваться. Пример Иркутска показывает, что и создание совещательных органов не позволяет запустить реализацию на практике нововведений.

Программно-целевой метод планирования стратегического развития города подразумевает проектирование развития территории с уровня стратегии до уровня конкретных мероприятий по реализации, но не наоборот. Фактически на сегодняшний день мы наблюдаем реализацию индикативного планирования развития территорий. Т.е. будущие изменения рассчитываются исходя из текущей ситуации, а не из видения того, каким должен быть город, например, через 10 лет. Да, разработаны стратегии социально-экономического развития территорий, но они носят декларативный характер. Обозначение конкретных целей в них очень размыто и не позволяет отталкиваться от них в планировании хозяйственной деятельности. Есть и другие примеры плановых документов, где образ территории сформулирован достаточно подробно, но дальнейшей поддержки на уровне документов реализации он не получает – они все равно составляются, исходя из текущей ситуации и существующих показателей.

В большинстве случаев документы разного уровня планирования не согласованы между собой. Концепция «Умный город» не может существовать и развиваться из текущего положения дел, хотя бы потому, что в большинстве случаев ее инструментарий не используется в настоящее время, а, соответственно, и нет понимания того, по каким показателям оценивать эффективность данной работы⁷ [25].

⁶СП 42.13330.2016 «СНиП 2.07.01-89* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений: приказ Минстроя России от 30 декабря 2016 года № 1034/пр «// [Электронный ресурс]. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/165/sp-42.pdf> (03.03.2023).

⁷Савельев И.И., Нефедова К.А., Дмитриев Ю.А., Мамедов С.Н. Оценка эффективности управления муниципальным образованием: учеб. пособие. М.: КноРус, 2021. 208 с.

Можно сделать вывод, что индикатором готовности территории к внедрению концепции «Умного города» будет являться ее проработка на уровне стратегических документов как с позиции подробного описания видения города в определенной перспективе, так и с точки зрения четкого и грамотного описания целей, которые необходимо выполнить, с обязательным указанием количественных показателей оценки эффективности и результативности выполнения, а также с подробной методикой их расчета. Хорошей поддержкой для городских властей стала бы разработка репозитория по подобным методикам на уровне Минстроя и Минцифры РФ.

Инфраструктурные. Данная категория показателей не должна показывать уровень развития инфраструктуры. В принципе, для «Умного города» с точки зрения технологичности и уровня технической оснащенности подходит любой современный город, особенно с учетом уровня цифровизации в России. Понятно, что реализовать отдельные нововведения невозможно в каждом городе, но в целом запустить реализацию концепции и получить положительный эффект от этого возможно везде. С другой стороны, важно, чтобы администрация города понимала и знала, что у нее есть в распоряжении, чем она может управлять и в каких пределах. И в данном случае вопрос переходит из технической плоскости на уровень правовой. Нормативно-правовая база, на основе которой ведется городское управление в современной России, достаточно развита, но и в ней остаются слабые места, которые необходимо будет достаточно оперативно исправлять при внедрении тех или иных решений. Безусловно, соответствие города базовым требованиям по информационной инфраструктуре обязательно.

Экономические. Для оценки уровня готовности города к использованию цифровизации необходимо определить источники финансирования, на основе которых будут внедряться инновации. Существующая схема бюджетирования и распределения ресурсов в российских городах в подавляющем большинстве случаев затрудняет выделение ресурсов на долгосрочные проекты с трудноопределимым итоговым эффектом, а тем более без директивных актов со стороны федерального центра. Традиционная социальная направленность в развитии и поддержании городского хозяйства позволяет с большими трудностями закрывать текущие проблемы, а думать о среднесрочном и долгосрочном развитии и конкретно реализовывать подобные планы у го-

родских властей в России получается в крайне малом количестве случаев и в основном это можно отметить в крупных городах. Инвестирование в развитие концепции возможно в том числе и на условиях механизмов государственно-частного партнерства [26]. Подобные практики в сфере цифровизации достаточно редки на сегодняшний день, но правовые основы и административные инструменты для этого существуют. Фактически оценкой экономической готовности города к цифровизации должна быть готовность работать совместно с инвесторами, предоставляя им благоприятные условия для ведения их бизнеса на условиях совместного развития городской инфраструктуры. Директивный метод планирования в виде закладывания определенного объема финансирования на развитие «Умного города» в его бюджете имеет право на жизнь, но в условиях сильной ограниченности ресурсов и большого количества обязательств перед горожанами скорее всего будет приводить к трансферу выделенных на «Умный город» объемов финансирования на другие статьи расходов. А при подобных действиях у бизнес-структур возникнут сомнения в возможности взаимовыгодного сотрудничества с администрацией города.

Социальные. Социальный аспект концепция рассматривает через призму вовлеченности граждан в вопросы принятия решений и управление городом [27]. Высокая степень индивидуализации требований современного жителя существенно образом повышает нагрузку на органы власти, а в отдельных случаях следование запросам населения вкупе с требованиями нормативно-правовых актов парализует работу администраций. Но еще хуже то, что подобное положение дел фактически ставит крест на реализации стратегических целей развития. У городских властей не остается ресурсов для этого ввиду большого количества решаемых оперативных задач и вопросов. Перераспределение нагрузки по подготовке и разработке решений в сторону населения позволит разгрузить органы власти, а также повысить уровень ответственности самих горожан. В масштабах города, в котором проживают десятки и сотни тыс. чел., формируется очень большое информационное поле, управлять которым и получать эффективные данные возможно только с применением передовых информационных технологий. Мировой опыт показывает (Барселона, Сингапур, Мельбурн, Москва), что моментально запустить механизмы вовлеченности горожан в развитие своей территории

невозможно [28, 29]. Это должна быть стратегически выверенная работа, для которой характерен высокий уровень риска неправильного решения. Минстрой РФ декларирует в качестве цели достижение значения в 60% по участию жителей в процессах управления городом. В методике расчета показателей, разработанной министерством есть отдельный раздел, посвященный городскому управлению. Фактически в нем всего лишь два показателя, которые характеризуют уровень вовлеченности населения в решение вопросов городского развития – наличие цифровой платформы вовлечения граждан в решение вопросов городского развития и количество уникальных пользователей этой платформой. Это сугубо инфраструктурные показатели, которые не отражают конкретных результатов от вовлечения населения. Да, есть положительный пример общенародного голосования за проекты по благоустройству городов. Хорошая информационная, административная и ресурсная поддержка позволили вовлечь немалую долю горожан. Но пока на этом все и ограничилось, и перейти к решению индивидуальных потребностей отдельного жителя это не позволяет, как и получить структурную выгоды для механизмов управления городским хозяйством.

Если город готов масштабировать данную идею на уровень отдельного человека, то он безусловно получит дополнительный эффект от концепции «Умный город», но методической, а тем более стратегической основы для развития данного направления пока не существует. Стоит отметить, что помимо масштабирования встанет еще вопрос фактического делегирования части полномочий от органов власти к населению. Возможно, что это звучит достаточно странно, но есть хорошая практика цифровизации государственных услуг, когда органы власти и учреждения смогли в итоге оптимизировать свои процессы, а население стало своего рода индикатором качества работы государства в отдельных направлениях. И сами же граждане, их идеи, а в большей части обоснованные требования привели к трансформации устоявшихся схем деятельности, а в итоге и к росту эффективности государственного аппарата. Разработка методики готовности города к внедрению концепции «Умный город» позволит не только сократить риски при реализации мероприятий в данном направлении, но и поспособствует разработке сценариев подготовки городов, их администрацией и населения к процессам цифровизации территорий, на которых они существуют.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Bahalul Haque A.K.M., Bhushan B., Dhiman G. Conceptualizing smart city applications: Requirements, architecture, security issues, and emerging trends // *Expert Systems*. 2022. Vol. 39. No. 5. P. e12753. <https://doi.org/10.1111/exsy.12753>.
2. Петров П.А., Хохлова Н.С. Влияние концепции «Умный город» на инвестиционную привлекательность города // *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2022. Т. 12. № 4 (43). С. 512–520. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-4-512-520>. EDN: NUCTVY.
3. Ермак С. Новая городская утопия // *Эксперт-Урал* [Электронный ресурс]. URL: <https://expert.ru/ural/2012/33/novaya-gorodskaya-utopiya/> (20.10.2020).
4. Иванова С.А., Карагулян Е.А. «Умный город» через призму рейтингов // *Вопросы инновационной экономики*. 2021. Т. 11. № 2. С. 641–656. <https://doi.org/10.18334/vinec.11.2.112080>. EDN: UDTEQR.
5. Ismagilova E., Hughes L., Rana N.P., Dwivedi Yo.P. Security, privacy and risks within Smart cities: literature review and development of a smart city interaction framework // *Information Systems Frontiers*. 2020. Vol. 24. P. 393–414. <https://doi.org/10.1007/s10796-020-10044-1>.
6. Bjørner Th. The advantages of and barriers to being smart in a smart city: The perceptions of project managers within a smart city cluster project in Greater Copenhagen // *Cities*. 2021. Vol. 114. P. 103187. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103187>.
7. Zhu Huiying, Shen Liyin, Ren Yitian. How can smart city shape a happier life? The mechanism for developing a happiness Driven Smart City // *Sustainable Cities and Society*. 2022. Vol. 80. P. 103791. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103791>.
8. Макаренко К.В., Логиновская В.О. «Умный город»: стандарты, проблемы, перспективы развития // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника*. 2019. № 3. С. 165–171. <https://doi.org/10.14529/ctcr190316>. EDN: NTCZRT.
9. Конюхов В.Ю., Чиган К.Н., Лещенко Е.А., Шилова О.С. Воспроизводство человеческого капитала в целях эффективного развития цифровых технологий («умный город») // *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2021. Т. 11. № 1. С. 20–27. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-1-20-27>. EDN: DRJPPQ.
10. Vodák J., Šuljová D., Kubina M. Advanced technologies and their use in smart city management // *Sus-*

- tainability. 2021. Vol. 13. No. 10. P. 5746. <https://doi.org/10.3390/su13105746>.
11. Lim Yi., Edelenbos Ju., Gianoli A. Dynamics in the governance of smart cities: insights from South Korean smart cities // *International Journal of Urban Sciences*. 2022. Vol. 27. Iss. 1. P. 183–205. <https://doi.org/10.1080/12265934.2022.2063158>.
12. Nguyen Quoc Toan, Dao Thi Nhu. Smart urban governance in smart city // *Materials Science and Engineering: IOP Conference Series*. 2020. Vol. 869. P. 022021. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/869/2/022021>.
13. Batmetan J., Kainde Q.C. Understanding smart city strategy in developing countries' cities // *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*. 2022. Vol. 17. No. 3. P. 71–88.
14. Таунсенд Э.М. Умные города: большие данные, гражданские хакеры и поиски новой утопии / пер. с англ. А. Шоломицкой. М.: Изд-во Института Гайдара, 2019. 398 с.
15. Duygan M., Fischer M., Pärli R., Ingold K. Where do Smart Cities grow? The spatial and socio-economic configurations of smart city development // *Sustainable Cities and Society*. 2022. Vol. 77. P. 103578. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103578>.
16. Поваров Г.Н. Об уровнях сложности систем // *Методологические проблемы кибернетики: материалы к Всесоюзной конференции*. Т. 2. М.: Институт философии, 1970. 389 с.
17. Двинских Д.Ю., Дмитриева Н.Е., Жулин А.Б., и др. Цифровая трансформация государственного управления: мифы и реальность // XX Апрельская Междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества / под общ. ред. Н.Е. Дмитриевой. М.: Высш. шк. экон., 2019. 44 с.
18. Al Sharif R., Pokharel Sh. Smart City Dimensions and Associated Risks: Review of literature // *Sustainable cities and society*. 2022. Vol. 77. P. 103542. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103542>.
19. Pira M. A novel taxonomy of smart sustainable city indicators // *Humanities and Social Sciences Communications*. 2021. Vol. 8. P. 197. <https://doi.org/10.1057/s41599-021-00879-7>.
20. Акимова О.Е., Волков С.К., Симонов А.Б. Переход к концепции «умный город» в регионах ЮФО: корреляционная матрица показателей умного и устойчивого города // *Журнал Сибирского федерального университета. Гуманитарные науки*. 2021. Т. 14. № 12. С. 1885–1897. <https://doi.org/10.17516/1997-13700867>. EDN: LMZFAA.
21. Yakubu Yu.Yu., Kayode Yu.S., Mohammed A.S., Muhammad A., Magaga A.M. Smart cities: the cities of the future // *8th International Congress on Humanities and Social Sciences in a Changing World Proceedings Book (07–09 January 2023)*. Turkey, Germany: BZT Academy PH, 2023. P. 301–311.
22. Rozman A., Azmi N.A., Sukereman A.S. A Review of Smart City Elements and Smart City Performances // *Earth and Environmental Science: IOP Conference Series*. 2022. Vol. 1067. P. 012027. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1067/1/012027>.
23. Samarakkody A., Amaratunga D., Haigh R. Characterising Smartness to Make Smart Cities Resilient // *Sustainability*. 2022. Vol. 14. No. 19. P. 12716. <https://doi.org/10.3390/su141912716>.
24. Казанцева О.Л. «Умные города» России // *Российско-азиатский правовой журнал*. 2022. № 2. С. 9–13. [https://doi.org/10.14258/ralj\(2022\)2.2](https://doi.org/10.14258/ralj(2022)2.2). EDN: ZZ0ZOS.
25. Байсаева М.У., Ахмедов С.А., Дараева Х.Б., Газгериев Ш.Ш. Системы показателей оценки эффективности государственного и муниципального управления // *Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral»*. 2019. № 4-1. С. 49. <https://doi.org/10.24411/2658-3569-2019-14023>. EDN: IPGMBQ.
26. Трофимов С. Е. Теоретические вопросы и модели государственного регулирования экономики // *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2021. Т. 11. № 4. С. 588–601. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-588-601>. EDN: VSWUIC.
27. Вагин В.В., Сафронова В.Д. «Умный город» и гражданское участие // *Городские исследования и практики*. 2021. Vol. 6. № 3. P. 87–99. <https://doi.org/10.17323/usp63202187-99>. EDN: XQYVST.
28. Yang J., Kwon Y., Kim D. Regional Smart city development focus: The South Korean national strategic Smart city program // *IEEE Access*. 2021. Vol. 9. P. 7193–7210. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3047139>.
29. Iqbal M. Smart city in practice: learn from Taipei city // *Journal of Governance and Public Policy*. 2021. Vol. 8. No. 1. P. 50–59. <https://doi.org/10.18196/jgpp.811342>.

REFERENCES

1. Bahalul Haque A.K.M., Bhushan B., Dhiman G. Conceptualizing smart city applications: Requirements, architecture, security issues, and emerging trends. *Expert Systems*. 2022;39(5):e12753. <https://doi.org/10.1111/exsy.12753>.
2. Petrov P.A., Khokhlova N.S. Impact of "Smart City" concept on the investment potential of a city. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2022;12(4):512-520. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-4-512-520>. EDN: NUCTVY.

3. Ermak S.A. New urban utopia. *Expert-Ural*. Available from: <https://expert.ru/ural/2012/33/novaya-gorodskaya-utopiya/> [Accessed 20 October 2023]. (In Russ.).
4. Ivanova S.A., Karagulyan E.A. Smart city through the prism of ratings. *Voprosy innovatsionnoy ekonomiki = Russian Journal of Innovation Economics*. 2021;11(2):641-656. <https://doi.org/10.18334/vinec.1.1.2.1.12080>. EDN: UDTEQR.
5. Ismagilova E., Hughes L., Rana N.P., Dwivedi Yo.P. Security, privacy and risks within Smart cities: literature review and development of a smart city interaction framework. *Information Systems Frontiers*. 2020;24:393-414. <https://doi.org/10.1007/s10796-020-10044-1>.
6. Bjørner Th. The advantages of and barriers to being smart in a smart city: The perceptions of project managers within a smart city cluster project in Greater Copenhagen. *Cities*. 2021;114:103187. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103187>.
7. Zhu Huiying, Shen Liyin, Ren Yitian. How can smart city shape a happier life? The mechanism for developing a happiness Driven Smart City. *Sustainable Cities and Society*. 2022;80:103791. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103791>.
8. Makarenko K.V., Loginovskaya V.O. "Smart City": standards, problems, development prospects. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Komp'yuternye tekhnologii, upravlenie, radioelektronika = Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer technologies, automatic control, radio electronics*. 2019;19(3):165-171. (In Russ.). <https://doi.org/10.14529/ctcr190316>. EDN: NTCZRT.
9. Konyukhov V.Yu., Chigan K.N., Leshchenko E.A., Shilova O.S. Reproduction of human capital for efficient digital development ("smart city"). *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(1):20-27. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-1-20-27>. EDN: DRJPPQ.
10. Vodák J., Šulyová D., Kubina M. Advanced technologies and their use in smart city management. *Sustainability*. 2021;13(10):5746. <https://doi.org/10.3390/su13105746>.
11. Lim Yi., Edelenbos Ju., Gianoli A. Dynamics in the governance of smart cities: insights from South Korean smart cities. *International Journal of Urban Sciences*. 2022;27(1):183-205. <https://doi.org/10.1080/12265934.2022.2063158>.
12. Nguyen Quoc Toan, Dao Thi Nhu. Smart urban governance in smart city. *Materials Science and Engineering: IOP Conference Series*. 2020;869:022021. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/869/2/022021>.
13. Batmetan J., Kainde Q.C. Understanding smart city strategy in developing countries' cities. *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*. 2022;17(3):71-88.
14. Townsend A.M. Smart cities: big data, civic hackers, and the quest for a New Utopia. W.W. Norton & Company, Inc.; 2013. 320 p. In Russ.: Taunsend E.M. Umnye goroda: bol'shie dannye, grazhdanskie khakery i poiski novoi utopii / per. s angl. A. Sholomitskoi. M.: Izd-vo Instituta Gaidara, 2019. 398 s.
15. Duygan M., Fischer M., Pärli R., Ingold K. Where do Smart Cities grow? The spatial and socio-economic configurations of smart city development. *Sustainable Cities and Society*. 2022;77:103578. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103578>.
16. Povarov G.N. About levels of system complexity. *Metodologicheskie problemy kibernetiki: materialy k Vsesoyuznoj konferencii = Methodological problems of cybernetics: materials for the All-Union Conference*. Moscow: Institute of Philosophy; 1970. Vol. 2. 389 p. (In Russ.).
17. Dvinskikh D.Yu., Dmitrieva N.E., Zhulin A.B., et al. Digital transformation of public administration: myths and reality. *XX Aprel'skaya Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya po probleme razvitiya ekonomiki i obshchestva = XX April International Scientific Conference on Problems of Economic and Social Development*. Moscow: Higher School of Economics; 2019. 44 p.
18. Al Sharif R., Pokharel Sh. Smart city dimensions and associated risks: review of literature. *Sustainable cities and society*. 2022;77:103542. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103542>.
19. Pira M. A novel taxonomy of smart sustainable city indicators. *Humanities and Social Sciences Communications*. 2021;8:197. <https://doi.org/10.1057/s41599-021-00879-7>.
20. Akimova O.E., Volkov S.K., Simonov A.V. Transition to the concept of «Smart City» in the regions of the Southern Federal District: a correlation matrix of indicators of a smart and sustainable city. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Gumanitarnye nauki = Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences*. 2021;14(12):1885-1897. <https://doi.org/10.17516/1997-13700867>. EDN: LMZFAA.
21. Yakubu Yu.Yu., Kayode Yu.S., Mohammed A.S., Muhammad A., Magaga A.M. Smart cities: the cities of the future. *8th International Congress on Humanities and Social Sciences in a Changing World Proceedings Book*. 07–09 January 2023. Turkey, Germany: BZT Academy PH; 2023. p. 301-311.
22. Rozman A., Azmi N.A., Sukereman A.S. A review of Smart city elements and Smart city performances. *Earth and Environmental Science: IOP Conference Series*. 2022;1067:012027. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1067/1/012027>.
23. Samarakkody A., Amaratunga D., Haigh R. Characterising Smartness to Make Smart Cities Resilient // *Sustainability*. 2022. Vol. 14. No. 19. P. 12716. <https://doi.org/10.3390/su141912716>.
24. Kazantseva O. "Smart cities" of Russia. *Rossiisko-aziatskii pravovoi zhurnal*. 2022;2:9-13. (In Russ.).

[https://doi.org/10.14258/ralj\(2022\)2.2](https://doi.org/10.14258/ralj(2022)2.2). EDN: ZZ0ZOS.

25. Baysaeva M.U., Akhmedov S.A., Dagaeva Kh.B., Gazgeriev Sh.Sh. Systems of indicators for evaluating the effectiveness of state and municipal government. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh nauk i tekhnologii «Integral» = International Journal of Applied Sciences and Technologies "Integral"*. (In Russ.). 2019;4-1:49. <https://doi.org/10.24411/2658-3569-2019-14023>. EDN: IPGMBQ.

26. Trofimov S.E. Theoretical issues and models of the state regulation of economy. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(4):588-601. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-588-601>. EDN: VSWUIC.

27. Vagin V.V., Safronova V.D. The Smart city and civic engagement. *Gorodskie issledovatel'skie praktiki = Urban Studies and Practices*. 2021;6(3):87-99. (In Russ.). <https://doi.org/10.17323/usp63202187-99>. EDN: XQYVST.

28. Yang J., Kwon Y., Kim D. Regional Smart city development focus: The South Korean national strategic Smart city program. *IEEE Access*. 2021;9:7193-7210. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3047139>.

29. Iqbal M. Smart city in practice: learn from Taipei city. *Journal of Governance and Public Policy*. 2021;8(1):50-59. <https://doi.org/10.18196/jgpp.811342>.

Информация об авторах

Петров Павел Александрович,

к.э.н., доцент института информационных технологий и анализа данных, Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия, e-mail: urzairk@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-3490-959X>

Хохлова Наталья Сергеевна,

к.э.н., доцент, доцент кафедры государственного управления и управления человеческими ресурсами, Байкальский государственный университет, 664003, г. Иркутск, ул. Ленина, 11, Россия, e-mail: nshohlova@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-4117-8783>

Information about the authors

Pavel A. Petrov,

Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor of the Institute of Information Technology and Data Analysis, Irkutsk National Research Technical University, 83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia, e-mail: urzairk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3490-959X>

Natalia S. Khokhlova,

Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Public Administration and Human Resources Management, Baikal State University, 11 Lenin St., Irkutsk 664003, Russia, e-mail: nshohlova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4117-8783>

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

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.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 27.04.2023.
Одобрена после рецензирования 25.05.2023.
Принята к публикации 29.05.2023.

Information about the article

The article was submitted 27.04.2023.
Approved after reviewing 25.05.2023.
Accepted for publication 29.05.2023.



Оценка стартапов с помощью интернет-площадок

А.С. Соболев¹, В.Ю. Конюхов²✉,
Т.Я. Дружинина³, В.Н. Таракановская⁴

¹Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

^{2,3,4}Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Аннотация. Ситуация на рынке венчурного финансирования постоянно меняется, о чем свидетельствует статистика использования венчурного инвестиционного пула. Опытные инвесторы, снижая свои риски, отдают предпочтение «окрепшим» стартапам на средних и поздних стадиях развития, а также в сфере IT-разработок и высоких технологий. Этот факт приводит к тому, что на ранних и посевных стадиях инвестор не замечает массу интересных, ярких и перспективных проектов. В связи с этим актуально рассмотреть некоторые методы, направленные на оценку стартапов на разных этапах их развития. Традиционные методы оценки проектов, не имеющих операционной истории, не подходят. Инструменты подготовки бизнес-планов стартапов, инструменты дисконтирования и компаундирования актуальны до отправной точки поиска финансовых ресурсов. В реальной ситуации перспективный инновационный стартап рискует быть поглощенным в результате единственного доступного способа привлечения ресурсов – через инструмент введения инвесторов в состав собственников (акционеров) стартапа. Прочие традиционные источники – собственные средства и банковские кредиты – ограничивают стартап, чаще всего, на посевной стадии, своей ограниченностью и высокой стоимостью заемного капитала. Как правило, заемный капитал в виде банковского кредита в принципе недоступен для инициации стартапа в связи с отсутствием способов обеспечения гарантий возврата, а возможность использования бизнес-плана стартапа в процессе привлечения банковских средств является расхожим заблуждением. В последние годы ощутимо влияние развития специфических интернет-ресурсов на структуру инвестиций в экономике. Помимо инновационных идей в предпринимательстве реализуются инструменты новых процессов в инвестировании. Бизнес-ангелы, акселераторы, стартап-ориентированные интернет-ресурсы переходят на механизмы удаленной оценки потенциала стартапа и последующего его финансирования.

Ключевые слова: стартап, венчурный капитал, бизнес-ангел, краудфандинг, краудлендинг, интернет-площадка

Для цитирования: Соболев А.С., Конюхов В.Ю., Дружинина Т.Я., Таракановская В.Н. Оценка стартапов с помощью интернет-площадок // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 3. С. 433–441. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-433-441>. EDN: GVRXTI.

Original article

Evaluation of startups through Internet platforms

Alexander S. Sobolev¹, Vladimir Yu. Konyukhov²✉,
Tatiana Ya. Druzhinina³, Victoria N. Tarakanovskaya⁴

¹Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

^{2,3,4}Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Abstract. The situation in the venture capital market is continually changing, as evidenced by the statistics on the use of venture investment pools. Experienced investors, reducing their risks, give preference to firmly established startups that are at intermediate and late stages of development, as well as those in the sphere of IT development and high technologies. This approach leads to a situation

© Соболев А.С., Конюхов В.Ю., Дружинина Т.Я., Таракановская В.Н., 2023

when investors do not notice quite a number of interesting, impressive and promising projects at their early and seed stages. In this regard, it is relevant to consider some methods aimed at the evaluation of startups at different stages of their development. The traditional methods of evaluating projects with no operational history are not suitable. The instruments for preparing startup business plans as well as discounting and compounding tools are relevant up to the entry point of the search for financial resources. In a real situation, a perspective innovative startup risks to be taken over as a result of the only available way of mobilising resources – through the inclusion of investors in the startup owners (shareholders) pool. Other traditional sources – internal funds and bank loans – limit a startup's resource, most often at the seed stage, due to their limited scope and high cost of borrowed capital. As a rule, the borrowed capital in the form of bank loan is basically unavailable for startup initiation due to no ways to ensure repayment guarantees, while the possibility of relying on a business plan for a startup in the process of raising bank funds is a common misconception. In recent years, the impact of the development of specific Internet resources on the structure of investment in economy has been tangible. In addition to innovative ideas in entrepreneurship, a number of instruments specific of new processes in investing are being realised. Business angels, accelerators, startup-oriented Internet resources are shifting to the mechanisms of remote assessment of startup potential and its subsequent funding.

Keywords: startup, venture capital, business angel, crowdfunding, crowdfunding, internet platform

For citation: Sobolev A.S., Konyukhov V.Yu., Druzhinina T.Ya., Tarakanovskaya V.N. Evaluation of startups through Internet platforms. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2023;13(3):433-441. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-433-441>. EDN: GVRXTI.

ВВЕДЕНИЕ

Современные инвестиционные проекты, имеющие узкую инновационную специфику, логично не могут следовать традиционным бизнес-моделям и формам финансирования. Инновационные компании (стартапы) вынуждены искать нестандартные решения, позволяющими им выйти на перспективные рынки или сегменты. Такие решения позволяют стартапам расти и развиваться, минимизируя затраты времени, требования к стартовому капиталу и финансовые расчеты [1].

В реальности возникают большие сложности в принятии инвестиционных решений по финансированию стартапов, связанных со сложностью оценки финансовых перспектив таких проектов [2]. В момент, когда стартапу требуются первые финансовые вливания, у инициаторов нет ничего, кроме идеи и, зачастую, отсутствует даже перспективная модель, прототип или иная форма, которую может принимать идея стартапа.

МЕТОДЫ

Традиционные способы финансирования чаще всего недоступны стартапам в связи с жесткими условиями, в результате чего молодые компании работают с краудлендинговыми площадками, венчурными фондами и «бизнес-ангелами» [3].

Однако и тут есть определенные сложности: еще 10–15 лет назад венчурные инвесторы и фонды были готовы финансировать на ранних и даже начальных стадиях запуска стартапа [4]. Теперь, несмотря на то, что у первых поколений технических инвесторов стало больше «свободных» денег, они с меньшей вероятностью вкладывают его в молодые стартапы, которые требуют времени и ресурсов для роста [5].

Этот подход к инвестированию, которое осуществляется на более позднем этапе жизненного цикла стартапа, создал некоторые сложности для предпринимателей, которые ищут инвестиции для своего стартапа.

Инвестирование в стартапы ранних стадий развития соответствует стратегии «выжидания», несмотря на серьезный рост пула венчурного капитала; финансирование стартапов начальной стадии сократилось с 10% от общего пула финансирования до 5% за последние несколько лет, по данным *Upfront Ventures*¹. Венчурные инвесторы теперь предпочитают инвестировать большие суммы в меньшее количество более устойчивых проектов вместо широкого финансирования «посевных» стартапов [6].

Тем не менее, деньги находятся для стартапов, связанные с инвесторами-ангелами,

¹Обзор рынка прямых и венчурных инвестиций. 2021 г. // Rvca.ru [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rvca.ru/upload/files/lib/RVCA-yearbook-2021-Russian-PE-and-VC-market-review-ru.pdf> (26.06.2023).

акселераторами и инкубаторами.

Гарвардская школа бизнеса сообщает, что три четверти венчурных проектов терпят неудачу. Это связано со слабым пониманием следующих вопросов [7]:

1. Готовность рынка для предложенной идеи.

Главная причина, по которой стартапы терпят неудачу, – это неправильное понимание рыночного спроса, встречающееся в 42% случаев [8].

Поэтому даже для технологического стартапа, где, кроме идеи, нет никакой расчетной финансовой базы, необходимо составлять бизнес-план. Этот вид внешней перспективы имеет решающее значение, чтобы помочь увидеть потенциальные слепые пятна в рыночной стратегии и бизнес-модели.

2. Необходимость обращаться за консультативной помощью [9].

Консультационное сопровождение приводит к тому, что «сопровождаемые» стартапы растут в три с половиной раза быстрее и собирают в семь раз больше денег, чем те, которые реализуются инициаторами этих проектов без посторонней помощи [10]. Поддержание такого рода отношений является одной из самых важных вещей, служащих для успешного привлечения капитала [11].

3. Планирование стартапа с учетом воз-

можности масштабирования.

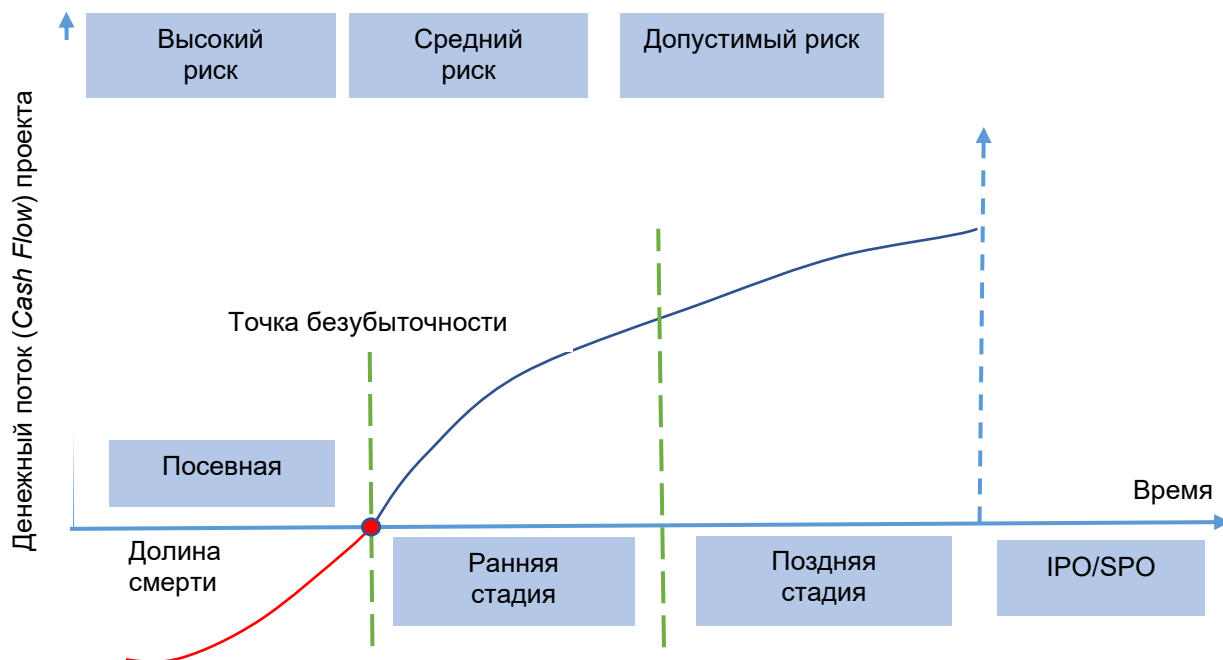
Стартапы с двумя соучредителями и более обычно получают на 30% больше инвестиций и демонстрируют более высокие темпы роста [11].

Рекомендуется после определения состава участников стартапа построить график целей. Принято считать, что различными отраслевыми рамками сроки жизненного цикла определяются в районе 5 лет, но в итоге окупаемость стартапа будет зависеть от привлекательности идеи [12].

Жизненный цикл типичного стартапа представляет собой кривую «Джей» – J (рисунок), которая проходит через несколько стадий: посевную, старт, ранний рост, расширение, позднюю стадию, стадию IPO (Initial Public Offering), стадию SPO (Second Public Offering) [13].

Стадия посева длится до момента достижения компанией точки безубыточности, находясь в т.н. «долине смерти», для которой характерна высокая степень риска проекта. Достижение точки безубыточности характерно для наступления ранней стадии стартапа со средней степенью риска, поздняя – низкая степень риска².

На ранней стадии компании формируют рынок для своих продуктов и услуг и начинают получать первую прибыль от своей деятельности.



Жизненный цикл типичного стартапа
The life cycle of a typical startup

²Оценка индекса стоимости стартапа и основные характеристики стартапов. М.: Эксперт РА, АО «РВК», 2019. 238 с.

На поздней стадии стартап способен удовлетворить потребности в финансировании за счет внутреннего денежного потока от операционной деятельности, банковских кредитов, фондов прямых инвестиций. На этом этапе компания может начать подготовку к публичной продаже своих акций [14].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Принято считать, что достижение стадии первичного публичного предложения акций (IPO) и стадии вторичного размещения акций (SPO) неограниченному кругу инвесторов на организованных торгах владельцами, учредителями компании не подвержено риску, связанному с финансированием стартапа. Однако следует помнить, что внешняя экономическая среда вполне способна заставить устойчивый стартап вернуться в зону риска [15].

Структура и объемы инвестирования зависят от стадии жизненного цикла, на которой находится стартап, а также от источников финансирования [16]. Рост объема инвестиций в венчурный рынок постоянно колеблется, а средний чек в сделках со зрелыми проектами вырос за последние два года в 1,6 раза до 78,2 млн долл. [17]. Наиболее популярными по числу и вторыми по объему инвестиций стали вложения в программное обеспечение для бизнеса. Почти половина всех сделок являются непубличными, поскольку венчурный рынок традиционно непрозрачен, многие фонды не раскрывают размер инвестиций, объясняют авторы исследования. В целом венчурные инвесторы предпочитают афишировать не покупки, а успешные выходы из активов [17].

Исследование специфики финансирования стартапов в России определяет сформировавшиеся на рынке следующие источники финансирования:

1. Венчурные фонды. Традиционно отдают предпочтение стартапам рынка ИТ-технологий.
2. Корпоративные акселераторы, корпорации, госкомпании. Например, акселератор Сбербанка, оператора связи МТС и др.
3. Бизнес-ангелы. Данный сегмент финансирования характеризуется отсутствием публичности.
4. Краудфинансирование, представленное различными краудинвестиционными или краудлендинговыми платформами [18].

На принципе работы таких площадок остановимся поподробнее.

Суть краудфандинга заключается в сборе средств на финансирование стартапа из добровольных пожертвований инвесторов

[19]. Инициаторы проектов, которые называются реципиентами, представляют свою идею на специальных интернет-площадках с целью привлечения инвесторов – от физических лиц с мизерными вложениями до крупных корпоративных инвесторов – все зависит от вида и возможностей площадки, а также целей и масштабов стартапа. В свою очередь, доноры-инвесторы рассчитывают на определенный процент от прибыли или часть своего предприятия пропорционально размеру вложений [20]. Проблема работы таких площадок заключается в том, что инициаторы стартапа могут получать деньги на заведомо нежизнеспособные проекты или вовсе не планируют развивать их, а владельцы площадки просто вычитают из собранной суммы свои комиссионные [21]. С одной стороны, такие действия снижают привлекательность краудфандинга в целом, с другой – снижают лояльность инвесторов к конкретной площадке.

Способом повышения эффективности деятельности таких площадок является, прежде всего, улучшение качества проектов стартапов, а также увеличение числа успешных проектов. В связи с этим, в деятельность площадки, помимо реципиентов и доноров-инвесторов, необходимо включать экспертов. В этом случае, эффективность будет повышаться за счет отбора и оценки лучших проектов [22].

Процесс предполагает следующую последовательность действий:

1. Стартап предоставляет информацию о себе, на основе специальных форм, выработанных в соответствии с методологией экспертной оценки.
2. Эксперты – реальные лица, подтвердившие свою квалификацию, проверяют аналитическую часть проекта и оценивают возможности коммерциализации идеи стартапа. Владельцы интернет-площадки совместно с инвесторами могут разработать критерийные требования к экспертам, получить от них различные подтверждения квалификации, резюме, портфолио и т.д. [23]
3. Инвесторы, на основе полученного от экспертного сообщества заключения, принимают решение об инвестировании, определяют размер доли финансирования путем голосования. В этом случае необходимо не забывать о вознаграждении экспертов.

Владельцы платформы заключают с экспертами смарт-контракт, в котором можно согласовать условия вознаграждения, например, для ускорения процесса, с помощью использования токенов – единиц учета цифрового

баланса активов каждого эксперта. Оплата работы экспертов тесно связана с криптовалютой, принципы использования которой для многих остаются чем-то эфемерным и ненадежным – это еще одна задача, которую необходимо будет решать в процессе совместной работы инвесторов, стартаперов и экспертов [24].

Большим плюсом данной схемы является практически полное исключение ответственности владельцев площадки перед инвесторами за финансирование заведомо «ложных» и нежизнеспособных проектов; кроме того, эксперты будут максимально мотивированы на качественную оценку проектов, результаты которой будут влиять на их рейтинг. В данной области довольно часто встречаются проекты, инициаторы которых пришли на интернет-площадку с одной целью – собрать денег и исчезнуть в неизвестном направлении [25].

Вторым плюсом данной схемы можно считать случай, когда эксперты единогласно положительно оценивают какой-либо проект, который, однако, не был первоначально замечен инвестором в связи с личными нефинансовыми предпочтениями. Таким образом, формируя рейтинг проектов исключительно по предполагаемому финансовому результату, эксперты, с одной стороны, помогают заметить проект, а с другой – помочь инвестору принять решение в соответствии с его главным назначением – разместить средства с максимальной эффективностью и объективностью. Помимо инициаторов-реципиентов и экспертов на данные площадки можно привлекать все виды инвесторов, в том числе,

«бизнес-ангелов», долю участия которых в процессе венчурного финансирования подсчитать порою бывает сложно [26].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на сложную финансовую ситуацию в мире, считается, что посевное финансирование стартапов скорее живет, чем нет. Узкоспециализированные области, такие как ИТ-разработки для бизнеса, тестирование программного обеспечения, стремительно развиваются, и многочисленные стартапы имеют весьма ощутимые перспективы. Например, начавшаяся, как стартап, молодая компания Headspin, которая позволяет разработчикам тестировать и отлаживать свои приложения в режиме реального времени, на сегодняшний день оценена в 1,16 миллиарда долларов и признается участниками рынка как «единорог» [27].

Для улучшения процесса финансирования стартапов необходимо решить вопрос эффективности самопозиционирования стартапов. При сохранении тенденции сокращения финансирования молодых компаний на ранней стадии (посевной стадии), на рынке достаточно альтернативных источников – инвесторов-ангелов, акселераторов и венчурных капиталистов, которые могут помочь перспективным проектам выжить и процветать [28].

Сегодня экосистема стартапа стала сложнее, чем десять лет назад, но возможности для предпринимателей, которые готовы учиться у экспертов в условиях нестабильной внешней среды, и творческие альтернативы финансирования все еще существуют.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Usmanova Z.I., Alimov A.K. Modern Features of Development of Tourist and Recreational Services in Uzbekistan // *European journal of life safety and stability* (2660–9630). 2022. Т. 15. С. 148–153.
2. Usmanova Z.I. Prospects for the development of the tourist and recreation complex as an effective lever for the restoration of the tourist industry in Uzbekistan after the pandemic // *Academicia globe*. 2021. Т. 2. № 5. С. 408–421.
3. Белецкая М.Ю. Развитие сектора краудфандинга в США // *Россия и Америка в 21 веке*. 2019. № 4. С. 6. <https://10.18254/S207054760006884-9>. EDN: WYOVTA.
4. Usmanova Z.I. Peculiarities and trends of tourist and recreational services development in Uzbekistan. Samarkand, 2018.
5. Зубков И., Швабауэр Н. Объем рынка краудфандинга превысил 7 млрд рублей // *Российская газета* [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2021/02/18/obem-rynka-kraudfandinga-v-rossii-v-2020-godu-prevysil-sem-mlrd-rublej.html> (26.06.2023).
6. Гамбеева Ю.Н., Кожухова Н.Н. Краудфандинг как инновационный финансовый инструмент цифровой экономики: национальные модели // *Государственное управление. Электронный вестник*. 2019. № 77. С. 6–32. <https://doi.org/10.24411/2070-1381-2019-10016>. EDN: INQUIR.
7. Boyjigitov S. Opportunities to increase the effectiveness of marketing activities in the enterprise // *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*. 2022. P. 10–13.
8. Мурадова Н.У. Специфика рынка лизинговых услуг и используемых в них маркетинговых инструментов // *Глобальные проблемы модернизации национальной экономики: материалы VIII Международной научно-практической конференции* (г. Тамбов, 17–18 апреля 2019 г.). Тамбов: Изд-во Тамбов-

- ского государственного университета имени Г.П. Державина, 2019. С. 493–499. EDN: YZGGZS.
9. Гурунян Т.В. Инвестиционно-инновационный лифт для малого и среднего бизнеса: вопросы финансирования стартапов // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2013. № 3. С. 120–124. EDN: RFUPDJ.
10. Фияксель И.А., Бутрюмова Н.М. Инновационный лифт как средство коммерциализации высокотехнологичных проектов // Менеджмент в России и за рубежом. 2019. № 5. С. 42–47.
11. Иншаков М.О., Орлова А.А. Инновационные стартапы в России: проблемы создания и маркетингового продвижения // Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 3: Экономика. Экология. 2014. № 1 (24). С. 66–76. EDN: SDYXVP.
12. Григорович Д.В., Кожанова А.В. Финансово-экономический анализ стартапов на стадии раннего роста // Финансы и кредит. 2019. Т. 25. № 9 (789). С. 1987–2005. <https://doi.org/10.24891/fc.25.9.1987>. EDN: HBQDZM.
13. Ferrati F., Muffatto M. A systematic literature review of the assessment criteria applied by equity investors // Proceedings 14th European Conference on Innovation and Entrepreneurship. 2019. Vol. 1. P. 304–312. <https://doi.org/10.34190/ECIE.19.155>.
14. Мухаметшина Г.Р., Казанцева Р.С. Методика скоринговой оценки эффективности стартапов сферы услуг // Экономические науки. 2019. № 4 (173). С. 73–75. <https://doi.org/10.14451/1.173.73>. EDN: TNYCIS.
15. Мухаметшина Г.Р., Казанцева Р.С. Оценка эффективности стартапов // Социально гуманитарные инновации: стратегии фундаментальных и прикладных научных исследований: материалы Всероссийской научно-практической конференции (г. Оренбург, 29–30 мая 2019 г.). Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2019. С. 400–403. EDN: OSEHYZ.
16. Сергиенко С.К., Другова А.В., Корешкова Е.А. Сравнительный анализ способов выполнения маркетинговых исследований в контексте создания стартап-проекта // Молодой ученый. 2020. № 23 (313). С. 445–448.
17. Сплендер В.А., Орлов А.В. Комплексная оценка уровня инвестиционной привлекательности стартапа // Отходы и ресурсы. 2019. Т. 6. № 3. С. 10. EDN: ZTRNXQ.
18. Ryjov A.P. Hybrid intelligence framework for augmented analytics. In: Intelligent analytics with advanced multiindustry applications. Zhaohao Sun (Ed.). IGI Global, 2022. p. 22–45. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-4963-6.ch002>.
19. Панова Е.А. Краудфандинг как альтернативный инструмент финансирования малого и среднего бизнеса // Финансы и кредит. 2018. Т. 24. № 1 (769). С. 238–250. <https://doi.org/10.24891/fc.24.1.238>. EDN: YMTJQB.
20. Мотовилов О.В. Феномен краудфандинга: исследование особенностей // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2018. Т. 34. № 2. С. 298–316. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu05.2018.205>. EDN: XRMBML.
21. Попова И.В., Безвесельная А.С. Использование краудфандинговых платформ в России и за рубежом // Молодой исследователь Дона. 2017. № 6 (9). С. 182–189. EDN: YNOPXX.
22. Ryjov A.P., Mikhalevich I.F. Hybrid intelligence framework for improvement of information security of critical infrastructures // Handbook of research on Cyber Crime and information privacy. M. Cruz-Cunha, N.R. MateusCoelho (Eds.). IGI Global, 2021. P. 310–337. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-5728-0.ch016>.
23. Рыжов А.П. Оценка и мониторинг процессов в социотехнических системах и связанные с ними задачи // Интеллектуальные системы. Теория и приложения. 2018. Т. 22. № 2. С. 129–140. EDN: XVIMSD.
24. Лебедев В.А., Авдеева А.И., Мамедов Т.Н. Венчурные инвестиции как фактор развития экономики России в условиях пандемии // Финансы и управление. 2022. № 1. С. 47–57. <https://doi.org/10.25136/2409-7802.2022.1.37318>. EDN: INOFSD.
25. Antipin D.A., Bagaynikov M.L. Identification of investment areas for innovation enterprise activities as regional development factor // International conference on research paradigms transformation in social sciences. 2018. P. 25–32. <https://doi.org/10.15405/epsbs.2018.12.4>.
26. Visconti R.M. The Valuation of Technological Startups // The Valuation of Digital Intangibles. Palgrave Macmillan. Cham. 2020. P. 155–192. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-36918-7>.
27. Subroto C.G., Sukarno S. Start-Up valuation for internal corporate venture of pt telekomunikasi indonesia Tbk (Case Study: Venture B) // European Journal of Business and Management Research. 2019. Vol. 4. No. 5. P. 98. <https://doi.org/10.24018/ejbmr.2019.4.5.98>.
28. Бланк С., Дорф Б. Стартап: настольная книга основателя / Пер. с англ. 5-е изд. М.: Альпина Паблишер, 2022. 616 с.

REFERENCES

1. Usmanova Z.I., Alimov A.K. Modern Features of Development of Tourist and Recreational Services in Uzbekistan. *European Journal of Life Safety and Stability* (2660–9630). 2022;15:148-153.
2. Usmanova Z.I. Prospects for the development of the tourist and recreation complex as an effective lever for the restoration of the tourist industry in Uzbekistan after the pandemic. *Academicia Globe*. 2021;2(5):408-421.
3. Beletskaya M.Yu. USA crowdfunding sector development. *Rossiia i Amerika v 21 veke = Russia and America in the XXI century*. 2019;4:6. (In Russ.). <https://doi.org/10.18254/S207054760006884-9>. EDN: WYOVTA.
4. Usmanova Z.I. Peculiarities and trends of tourist and recreational services development in Uzbekistan. Samarkand, 2018.
5. Zubkov I., Shvabauer N. The volume of the crowdfunding market exceeded 7 billion rubles // *Rossiyskaya Gazeta*. Available from: <https://rg.ru/2021/02/18/obem-rynka-kraudfandinga-v-rossii-v-2020-godu-prevysil-sem-mlrd-rublej.html> [Accessed 26th Juny 2023]. (In Russ.).
6. Gambeeva Yu.N., Kozhukhova N.N. Rowdfunding as an innovative financial instrument of the digital economy: national models. *Gosudarstvennoe upravlenie. Elektronnyi Vestnik = E-journal public administration*. 2019;77:6-32. <https://doi.org/10.24411/2070-1381-2019-10016>. (In Russ.). EDN: INQUIUR.
7. Boyjigitov S. Opportunities to increase the effectiveness of marketing activities in the enterprise. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*. 2022:10-13.
8. Muradova N.U. Specifics of the leasing services market and marketing tools used in them. In: *Global'nye problemy modernizatsii natsional'noi ekonomiki: materialy VIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii = Global problems of modernization of the national economy: materials of the VIII International Scientific and Practical Conference*. 17-18 April 2019, Tambov. Tambov: Derzhavin Tambov state university; 2019. p. 493-499. (In Russ.). EDN: YZGGZS.
9. Gurunyan T.V. Investment-innovation lift for small and medium-sized entrepreneurship: questions of financing start-ups. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika = Tomsk state university journal of economics*. 2013;3:120-124. (In Russ.). EDN: RFUPDJ.
10. Fiyaksel' I.A., Butryumova N.M. Innovative elevator as a means of commercialization of high-tech projects. *Menedzhment v Rossii i za rubezhom*. 2019;5:42-47. (In Russ.).
11. Inshakov M.O., Orlova A.A. Innovative start-ups in Russia: creation and market promotion problems. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. 3: Ekonomika. Ekologiya = Science journal of Volgograd state university. Global economic system*. 2014;1:66-76. (In Russ.). EDN: SDYXVP.
12. Grigorovich D.V., Kozhanova A.V. Financial and economic analysis of startups at the early growth stage. *Finansy i kredit = Finance and Credit*. 2019;25(9):1987-2005. (In Russ.). <https://doi.org/10.24891/fc.25.9.1987>. EDN: HBQDZM.
13. Ferrati F., Muffatto M. A systematic literature review of the assessment criteria applied by equity investors. *Proceedings 14th European Conference on Innovation and Entrepreneurship*. 2019;1:304-312. <https://doi.org/10.34190/ECIE.19.155>.
14. Mukhametshina G.R., Kazantseva R.S. The method of scoring evaluation of the effectiveness of startups in the sphere of services. *Ekonomicheskie nauki = Scientific Journal Economic Sciences*. 2019;4:73-75. (In Russ.). <https://doi.org/10.14451/1.173.73>. EDN: TNYCIS.
15. Mukhametshina G.R., Kazantseva R.S. Evaluation of the effectiveness of startups. In: *Sotsial'no gumanitarnye innovatsii: strategii fundamental'nykh i prikladnykh nauchnykh issledovaniy: materialy Vseros-siiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii = Socio-humanitarian innovations: strategies of fundamental and applied scientific research: materials of the All-Russian scientific and practical conference*. 29–30 May 2019, Orenburg. Orenburg: Orenburg State University; 2019. p. 400-403. (In Russ.). EDN: OSEHYZ.
16. Sergienko S.K., Drugova A.V., Koreshkova E.A. Comparative analysis of ways to perform marketing research in the context of creating a startup project. *Molodoi uchenyi = Young Scientist*. 2020;23:445-448. (In Russ.). EDN: VVUIAU.
17. Splender V.A.E., Orlov A.V. A comprehensive assessment of the investment attractiveness of a startup. *Otkhody i resursy = Waste and Resources*. 2019;6(3):10. (In Russ.). EDN: ZTRNXQ.
18. Ryjov A.P. Hybrid intelligence framework for augmented analytics. In: *Intelligent analytics with advanced multiindustry applications*. Zhaohao Sun (Ed.). IGI Global; 2022. p. 22–45. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-4963-6.ch002>.
19. Panova E.A. Crowdfunding as an alternative tool for financing small and medium-sized businesses. *Finansy i kredit = Finance and Credit*. 2018;24(1):238-250. (In Russ.). <https://doi.org/10.24891/fc.24.1.238>. EDN: YMTJQB.
20. Motovilov O.V. Crowdfunding phenomenon: investigation of features. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ekonomika = Saint Petersburg university journal of economic studies*. 2018;34(2):298-316.

(In Russ.). <https://doi.org/10.21638/11701/spbu05.2018.205>. EDN: XRM BML.

21. Popova I.V., Bezveselnaya A.S. The use of crowdfunding platforms in Russia and abroad. *Molodoi issledovatel' Dona = Young Don researcher*. 2017;6:182-189. (In Russ.). EDN: YNOPXX.

22. Ryjov A.P., Mikhalevich I.F. Hybrid intelligence framework for improvement of information security of critical infrastructures. In: Handbook of research on Cyber Crime and information privacy. Cruz-Cunha M., MateusCoelho N.R. (Eds.). IGI Global; 2021. p. 310-337. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-5728-0.ch016>.

23. Ryjov A.P. Evaluation and monitoring of processes in sociotechnical systems and related tasks. *Intel'lektual'nye sistemy. Teoriya i prilozheniya = Intelligent systems. Theory and applications*. 2018;22(2):129-140. (In Russ.). EDN: XVIMSD.

24. Lebedev V.A., Avdeeva A.I., Mammadov T.N. Venture investments as a factor in the development of the Russian economy in a pandemic. *Finansy i upravlenie = Finance and management*. 2022;1:47-57. (In Russ.). <https://doi.org/10.25136/2409-7802.2022.1.37318>. EDN: INOFSD.

25. Antipin D.A., Bagaynikov M.L. Identification of investment areas for innovation enterprise activities as regional development factor. *International conference on research paradigms transformation in social sciences*. 2018;25-32. <https://doi.org/10.15405/epsbs.2018.12.4>.

26. Visconti R.M. The Valuation of Technological Startups. In: *The Valuation of Digital Intangibles*. Palgrave Macmillan, Cham. 2020. p. 155-192. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-36918-7>.

27. Subroto C.G., Sukarno S. Start-Up valuation for internal corporate venture of pt telekomunikasi indonesia Tbk (Case Study: Venture B). *European Journal of Business and Management Research*. 2019;4(5):98. <https://doi.org/10.24018/ejbmr.2019.4.5.98>.

28. Blank S., Dorf B. The Startup owner's manual: The Step-by-step guide for building a great company. Translated from English. 5th ed. Moscow: Alpina Publisher; 2022. 616 p. (In Russ.).

Информация об авторах

Соболев Александр Сергеевич,

старший преподаватель кафедры
предпринимательства и управления
в сфере услуг и рекламы,
Иркутский государственный университет,
664003, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, 1, Россия,
e-mail: siblegist@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0006-9399-763X>

Конюхов Владимир Юрьевич,

к.т.н., доцент, доцент кафедры
автоматизации и управления,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: konyuhovvy@ex.istu.edu
<https://orcid.org/0000-0001-9137-9404>

Дружинина Татьяна Яковлевна,

к.т.н., доцент, доцент кафедры
механики и сопротивления материалов,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: tmsm@istu.edu
<https://orcid.org/0009-0002-3003-9988>

Таракановская Виктория Николаевна,

помощник директора АО «Метрополия»,
664043, г. Иркутск, ул. Доржи Банзарова, 23в,
e-mail: c12@ex.istu.edu
<https://orcid.org/0009-0001-1854-524X>

Information about the authors

Alexander S. Sobolev,

Senior Lecturer of the Department
of Entrepreneurship and Management
in the Field of Services and Advertising,
Irkutsk State University,
1 Karl Marx St., Irkutsk 664003, Russia,
e-mail: chupinvr@istu.edu
<https://orcid.org/0009-0006-9399-763X>

Vladimir Yu. Konyukhov,

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor,
Associate Professor of the Department
of Automation and Control,
Irkutsk National Research
Technical University
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: konyuhovvy@ex.istu.edu
<https://orcid.org/0000-0001-9137-9404>

Tatiana Ya. Druzhinina,

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor,
Associate Professor of the Department
of Mechanics and Resistance of Materials,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: tmsm@istu.edu
<https://orcid.org/0009-0002-3003-9988>

Victoria N. Tarakanovskaya,

Assistant Director of JSC "Metropolis"
23v Dorzhi Banzarova St., Irkutsk 664043, Russia,
e-mail: c12@ex.istu.edu
<https://orcid.org/0009-0001-1854-524X>

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

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.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 28.04.2023.
Одобрена после рецензирования 18.05.2023.
Принята к публикации 19.05.2023.

Information about the article

The article was submitted 28.04.2023.
Approved after reviewing 18.05.2023.
Accepted for publication 19.05.2023.



Разработка предложений по совершенствованию формирования цены строительной продукции

И.В. Ямщикова^{1✉}, Е.В. Абраменко²

¹Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

²ООО «СПМК-7», г. Иркутск, Россия

Аннотация. Цель данной работы – исследование текущей ситуации в реформе ценообразования по состоянию на 2 квартал 2023 г. на примере учета стоимости по эксплуатации машин и механизмов в расчете сметной стоимости ресурсно-индексным методом. Методологическую основу исследования составляют методы экономико-статистического анализа, системный метод, систематизация теоретического и практического материала. Произведен анализ сметных цен на эксплуатацию машин и механизмов, размещенных в Федеральной государственной информационной системе ценообразования в строительстве по состоянию на 2 квартал 2023 г. и рассчитанных в текущих ценах и с использованием индексов изменения сметной стоимости к группе однородных ресурсов. В большинстве из рассмотренных примеров по основным машинам и механизмам, используемым при строительстве, наблюдается отклонение в отрицательную сторону при расчете с использованием индекса изменения сметной стоимости. Использование цен на эксплуатацию машин и механизмов, полученных с использованием индекса изменения сметной стоимости, может привести к занижению затрат, необходимых при строительстве и, как следствие, возникновению препятствий для успешной реализации объекта строительства. По результатам произведенного анализа, даны предложения по совершенствованию формирования цены строительной продукции на основании учета затрат на эксплуатацию машин и механизмов. Необходимо предусмотреть ряд мероприятий, направленных на успешную реализацию инвестиционно-строительных проектов и развитие строительного комплекса в целом.

Ключевые слова: ресурсно-индексный метод, сметная стоимость строительства, эксплуатация машин и механизмов, реформа ценообразования, Федеральная государственная информационная система ценообразования в строительстве

Для цитирования: Ямщикова И.В., Абраменко Е.В. Разработка предложений по совершенствованию формирования цены строительной продукции // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 3. С. 442–451. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-442-451>. EDN: QIKGQT.

Original article

Development of proposals for improving the pricing of construction products

Irina V. Yamshchikova^{1✉}, E.V. Abramenko²

¹Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

²SPMK-7 LLC, Irkutsk, Russia

Abstract. The purpose of the article is to explore the current situation in the pricing reform as of the 2nd quarter of 2023 using the example of costing for operating machines and mechanisms in calculating the estimated cost on the basis of the resource-and-index method. The methodological basis of the study is represented by economic and statistical analysis, systemic approach, systematisation of theoretical and practical material. The analysis of estimated prices for operation of machines and mechanisms is made on the basis of the ones posted in the Federal State Information System of Construction Pricing as of the 2nd quarter of 2023 and calculated in current prices with the use of estimated cost change indices relative to a group of homogeneous resources. Most of the reviewed examples for basic machinery and

© Ямщикова И.В., Абраменко Е.В., 2023

mechanisms used in construction show a negative deviation when calculated using the estimated cost change index. The use of prices for the operation of machinery and mechanisms, obtained using the estimated cost change index, can lead to underestimation of costs required for construction and, as a consequence, emergence of obstacles to successful realisation of a construction project. Based on the results of the analysis, proposals have been made to improve the construction products pricing on the basis of due costing for operation of machinery and mechanisms. It is necessary to envisage a number of measures aimed at successful realisation of investment and construction projects and due development of the construction sector as a whole.

Keywords: resource-index method, estimated cost of construction, operation of machines and mechanisms, pricing reform, Federal state information system of pricing in construction

For citation: Yamshcikova I.V., Abramenko E.V. Development of proposals for improving the pricing of construction products. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2023;13(3):442-451. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-442-451>. EDN: QIKGQT.

ВВЕДЕНИЕ

Начиная с 1 квартала 2023 г., субъекты Российской Федерации поэтапно осуществляют переход к единому для всех субъектов страны ресурсно-индексному методу расчета сметной стоимости строительства в рамках реформы ценообразования, проводимой на всей территории Российской Федерации [1–8]. В целях обеспечения возможности применения ресурсно-индексного метода определения сметной стоимости строительства Приказом Минстроя России от 30 декабря 2021 г. № 1046/пр¹ утверждена сметно-нормативная база ФСНБ-2022, вступающая в действие с 25 февраля 2023 г., включающая в себя сборники сметных норм на строительные, ремонтно-строительные, пусконаладочные работы, монтаж и капитальный ремонт оборудования, а также сборники сметных цен на материалы, изделия, конструкции и оборудование, применяемые в строительстве, и эксплуатацию машин и механизмов на базисном уровне цен по состоянию на 1 января 2022 г.

С 1 квартала 2023 на РИМ перешли 7 регионов: Приморский край, Новосибирская, Ивановская, Нижегородская, Ростовская, Курская и Оренбургская области. Во 2 квартале 2023 количество регионов, перешедших на новый способ расчета, увеличилось до 20. Иркутская область оказалась в их числе.

Ресурсно-индексный метод предусматривает определение сметной стоимости строительства с использованием сметных норм и сметных цен строительных ресурсов в

базисном уровне цен (1 января 2022 г.) и одновременно применением информации о сметных ценах, размещенной в Федеральной государственной информационной системе ценообразования в строительстве (ФГИС ЦС), а также индексов изменения сметной стоимости к группам однородных строительных ресурсов [9–13].

Одной из важных составляющих в структуре сметной стоимости строительной продукции является стоимость эксплуатации машин и механизмов, которая определяется с учетом времени работы техники и стоимости машино-часа (маш.-час) каждого механизма.

В соответствии с приказом Минстроя России от 4 августа 2020 г. № 421/пр² сметная стоимость эксплуатации машин и механизмов ($ЭМ_{тек}$) определяется на текущий уровень цен на основании данных, размещенных в ФГИС ЦС о сметных ценах на эксплуатацию машин и механизмов [14–16]. В случае отсутствия данных по отдельным строительным машинам и механизмам в ФГИС ЦС сметная цена их эксплуатации в текущем уровне рассчитывается по сметной цене таких машин и механизмов в базисном уровне цен 2022 года с учетом индексов к группам аналогичных машин и механизмов.

По данным ФАУ «Главгосэкспертиза России» проведена актуализация сборников сметных цен на машины и механизмы (ФСЭМ-2022) [17–18]:

– по 172 позициям произошла замена машин в ФСЭМ на инновационные аналоги;

¹Об утверждении сметных нормативов: приказ Минстроя России от 30 декабря 2021 г. №1046/пр // Минстрой России [Электронный ресурс]. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/137978/> (03.07.2023).

²Об утверждении Методики определения сметной стоимости строительства, реконструкции капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства, работ по сохранению объектов культурного наследия ... : приказ Минстроя России №421/пр от 4 августа 2020 г. // Минстрой России [Электронный ресурс]. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/74851/> (03.07.2023).

– по 10 498 позициям в 7 480 сметных нормах ГЭСН – 2022 были заменены машины на более актуальные и уточнены нормы времени; – исключены из ГЭСН-2022 машины снятые с производства, не выпускающиеся и не применяемые в современном строительстве.

Использование ресурсно-индексного метода при расчете стоимости строительной продукции должно повысить достоверность определения сметной стоимости за счет минимизации неточностей в расчетах, обеспечить соответствие сметной стоимости рыночным показателям [19, 20]. Но без достаточного пополнения ФГИС ЦС невозможно достигнуть хороших результатов, необходимо, чтобы все участники строительства были активно вовлечены в процесс наполнения ФГИС ЦС [21, 22].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Информационную базу научного исследования составляют справочные материалы и законодательная база (федеральные законы, методические указания, другие нормативные акты в ценообразовании и капитального строительства), научные исследования и статьи по рассматриваемой тематике.

Методологическую основу исследования составляют методы экономико-статистического анализа, системный метод, систематизация теоретического и практического материала.

Анализ и предложения по совершенствованию системы формирования цены строительной продукции на основании учета затрат на эксплуатацию машин и механизмов базируются на методике определения сметной стоимости строительства, применяемой на территории Российской Федерации в период проведения исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2021 г. № 916/пр утверждена «Методика³ определения сметных цен на эксплуатацию машин и механизмов».

Сметные цены и цены на эксплуатацию машин и механизмов ($C_{\text{маш}}$) в базисном и текущем уровнях цен определяются по формуле (1) и представляют из себя сумму затрат:

$$C_{\text{маш}} = A_{\text{см}} + P + Э + С + Г + П, \quad (1)$$

где $A_{\text{см}}$ – затраты на амортизационные отчисления на полное восстановление машин и механизмов за время их эксплуатации, руб./маш.-ч; P – стоимость текущего и капитального ремонта, технического обслуживания,

диагностирования машин и механизмов, на замену быстроизнашивающихся частей, руб./маш.-ч; $Э$ – стоимость энергоносителей, руб./маш.-ч; $С$ – затраты на смазочные материалы, руб./маш.-ч; $Г$ – затраты на гидравлическую жидкость, руб./маш.-ч; $П$ – стоимость перебазировки машин и механизмов, в том числе затраты на монтаж, демонтаж и выполнение погрузочно-разгрузочных операций (при наличии), руб./маш.-ч.

Амортизационные отчисления ($A_{\text{см}}$) на полное восстановление машин и механизмов определяются по формуле (2):

$$A_{\text{см}} = \frac{B_c}{H_c}, \quad (2)$$

где B_c – восстановительная стоимость машины и механизма, определенная для данной типоразмерной группы, руб.; H_c – нормативный срок службы или нормативный срок полезного использования машины и механизма, маш.-ч.

Восстановительная стоимость машин и механизмов определяется на основании данных об отпускных ценах, а именно:

а) отпускных цен машин и механизмов, размещенных в ФГИС ЦС произведенных на территории Российской Федерации, либо ввезенных на территорию Российской Федерации, указанных в договорах купли-продажи (поставки) (далее – отпускная цена по договорам купли-продажи);

б) отпускных цен машин и механизмов, устанавливаемых юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, осуществляющими на территории Российской Федерации деятельность по оптовой торговле такими машинами и механизмами (далее – отпускная цена предложения);

в) отпускных цен, определенных по результатам конъюнктурного анализа отпускных цен новых (ранее не эксплуатируемых) машин и механизмов, выполняемого в соответствии с требованиями сметных нормативов, сведения о которых включены в ФРСН (далее – отпускная цена исполнителя).

Имея информацию о необходимых отпускных ценах, влияющих на размер восстановительной стоимости машин и механизмов (B_c), данную стоимость определяют по формуле (3)

$$B_c = \frac{O_{\text{цсв}} + O_{\text{цп}} + O_{\text{ци}}}{N_{\text{ист}}}, \quad (3)$$

где $O_{\text{цсв}}$ – средневзвешенная отпускная цена по договорам купли-продажи машины и механизма, руб., которая определяется по формуле (4)

³Об утверждении Методики определения сметных цен на эксплуатацию машин и механизмов: приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2021 года № 916/пр // Kodeks.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/727784231> (03.07.2023).

$$ОЦ_{св} = \frac{\sum x_i v_i}{\sum v_i}, \quad (4)$$

где $\sum x_i v_i$ – сумма произведений текущих отпускных цен по договорам купли-продажи машин и механизмов и объемов их реализации; $\sum v_i$ – сумма объемов реализации рассматриваемых машин и механизмов; $ОЦ_{п}$ – средняя отпускная цена предложения, определенная как средняя арифметическая по ценам предложений, руб.; $ОЦ_{и}$ – средняя отпускная цена исполнителя, рассчитанная как средняя арифметическая по текущим отпускным ценам,

включенным в конъюнктурный анализ, выполненный в соответствии с требованиями сметных нормативов, сведения о которых включены в ФРСН, руб.; $N_{ист}$ – количество источников отпускной цены соответственно задействованным показателям $ОЦ_{св}$, $ОЦ_{п}$, $ОЦ_{и}$. Сметные цены на эксплуатацию машин и механизмов в текущем уровне цен, предназначенные для размещения в ФГИС ЦС, рассчитываются в том случае, если в ФГИС ЦС содержится необходимая информация об отпускных ценах по договорам купли-продажи и (или) отпускных ценах предложений в текущем уровне цен.

Таблица 1. Сметные цены на эксплуатацию машин и механизмов

Table 1. Prices for the operation of machines and mechanisms

Текущий уровень цен, 2 кв. 2023		Базисный уровень цен (01.01.2022 г.) с использованием индексов изменения сметной стоимости к группе однородных ресурсов				Откло- не- ние, %
Машины и механизмы	Сметная цена, руб./маш.- ч. (2 кв.2023)	Машины и механизмы	Сметная цена в уровне цен по состоя- нию на 01.01.22	Индекс измене- ния сметной стоимости к группе однород- ных строитель- ных ресурсов	Сметная цена, руб./маш.-ч. (2 кв. 2023)	
91.01.01-035 Бульдозеры, мощ- ность 79 кВт (108 л.с.)	1 114,10	91.01.01-036 Бульдозеры, мощность 96 кВт (130 л.с.)	1 061,99	1,44	1 529,26	+37%
91.01.05-089 Одноковшовые экскаваторы ди- зельные на гусе- ничном ходу, объем ковша 1,25 м ³	1 788,76	91.01.05-088 Одноковшовые экскаваторы ди- зельные на гусе- ничном ходу, объем ковша 1,6 м ³	1 877,02	1,17	2 196,11	+23%
91.05.05-015 Краны на автомо- бильном ходу, гру- зоподъемность 16 т	1 479,08	91.05.05-504 Краны на авто- мобильном ходу, грузоподъ- емность 20 т	1 231,10	1,33	1 637,36	+10%
91.14.02-004 Автомобили бор- товые, грузоподъ- емность до 15 т	1 166,41	91.14.02-005 Автомобили бортовые, гру- зоподъемность до 12 т	760,28	1,21	919,94	-21%
91.01.02-005 Автогрейдеры особо тяжелого типа, мощность 173 кВт (235 л.с.)	2 810,51	91.01.02-001 Автогрейдеры тяжелого типа, мощность 135 кВт (184 л.с.)	1 765,56	1,21	2 136,33	-24%
91.06.05-056 Погрузчики одно- ковшовые универ- сальные фронталь- ные пневмо- колесные, номи- нальная вместим- ость основного ковша 1,1 м ³ , гру- зоподъемность 2 т	915,53	91.06.05-053 Погрузчики од- ноковшовые универсальные фронтальные гусеничные, вместимость ковша 0,6 м ³ , грузоподъем- ность 2 т	1 049,77	1,17	1 228,23	+34%

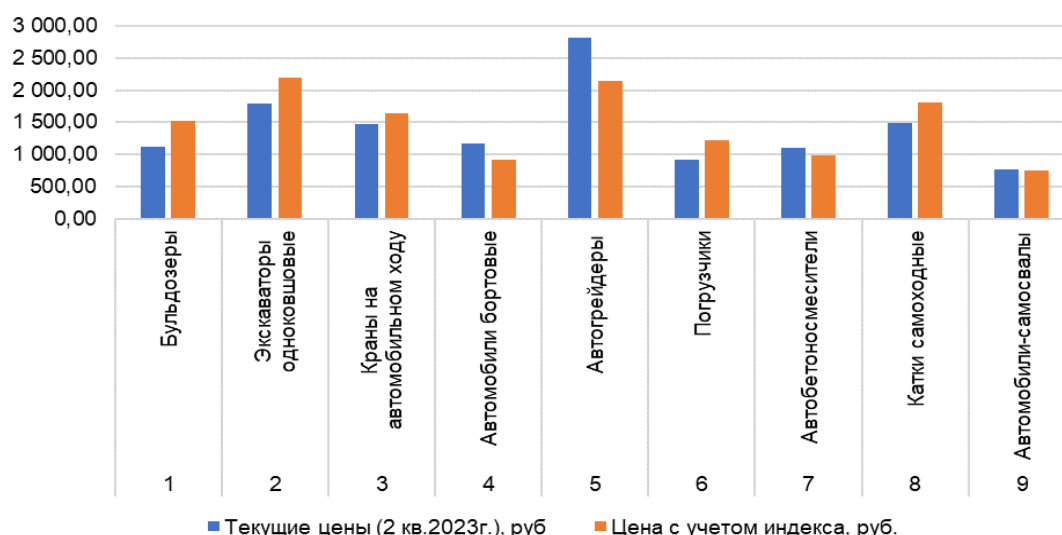
Окончание табл. 1

91.14.01-004 Автобетоносмесители, объем барабана 7 м ³	1 109,81	91.14.01-003 Автобетоносмесители, объем барабана 6 м ³	788,55	1,25	985,69	-11%
91.08.03-013 Катки самоходные гладкие вибрационные, масса 9 т	1 485,04	91.08.03-017 Катки самоходные гладкие вибрационные, масса 10 т	1 398,20	1,29	1 803,68	+21%
91.14.03-506 Автомобили-самосвалы, грузоподъемность до 8 т	770,67	91.14.03-001 Автомобили-самосвалы, грузоподъемность до 7 т	610,92	1,22	745,32	-3%

В случае отсутствия в ФГИС ЦС необходимой информации о текущих отпускных ценах по договорам купли-продажи и (или) текущих отпускных ценах предложений сметные цены на эксплуатацию таких машин и механизмов не определяются, а при формировании сметной документации для пересчета цен их эксплуатации в текущий уровень цен используются соответствующие индексы пересчета для данных машин и механизмов.

На примере основных машин и механизмов, применяемых при строительстве, нами определены отклонения в стоимости маш.-часа в зависимости от способа расчета⁴.

Наглядно расхождение в цене с использованием разных методов расчета, можно увидеть на графике (рисунок). Как видно из данных таблицы и рисунка, отклонение при расчете в текущих ценах и с применением индекса пересчета зависит от вида машины.



Анализ сметной стоимости маш-час по видам машин
Analysis of the estimated cost of a machine hour by type of machine

В рассмотренных примерах по основным машинам и механизмам, используемым при строительстве, наблюдается отклонение как в меньшую, так и в большую сторону. Использование цен на эксплуатацию машин и механизмов, отличное от фактической стоимости, сложившейся на рынке строительно-монтажных услуг, может привести к занижению затрат, необходимых при строительстве.

ВЫВОДЫ

Оптимизация нормативной базы ценообразования в строительстве редакции 2022 г. направлена на максимально точное определение объемов инвестирования на строительство объектов [23, 24].

В целях совершенствования формирования цены строительной продукции необходимо очень внимательно относиться к учету затрат

⁴Сметные цены и индексы изменения сметной стоимости строительства // Федеральная государственная информационная система ценообразования в строительстве [Электронный ресурс]. URL: <https://fgiscs.minstroyrf.ru/#/prices> (03.07.2023).

на эксплуатацию машин и механизмов в составе стоимости строительства.

На основании данных, размещенных в ФГИС ЦС на дату исследования, был произведен анализ стоимости маш.-часа основных видов машин и механизмов, используемых в строительстве, путем сравнения стоимости рассчитанной в текущем уровне цен и с использованием индекса изменения сметной стоимости к группе однородных строительных ресурсов на уровень 2 кв. 2023 г.

В результате проведенного анализа выявлены значительные отклонения показателей стоимости маш.-часа в зависимости от метода расчета, что приводит к некорректному определению стоимости эксплуатации машин. Из чего следует вывод, что не все значения стоимости маш.-часа соответствуют реальным затратам, возникающим в процессе строительства.

Для достаточно точного расчета, отображающего реальные затраты на эксплуатацию машин и механизмов, по нашему мнению необходимо выполнять ряд условий:

1. Расчет должен производиться в

соответствии с «Методикой определения сметных цен на эксплуатацию машин и механизмов», утвержденной Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2021 г. № 916/пр³.

2. В ФГИС ЦС должна содержаться точная и актуальная информация о всех ресурсах, необходимом для расчета стоимости эксплуатации машин и механизмов с учетом требований Постановления Правительства РФ от 23.12.2016 N 1452⁵.

3. Необходимо предусмотреть возможность более гибкой корректировки стоимости, в зависимости от внедряемых технологий и процессов в строительстве, применимо к конкретному объекту [25–27].

4. Должна быть проведена серьезная работа, по достоверному определению затрат во всех сферах экономики, которые так или иначе влияют на цену строительной продукции. Так, например, требуется доработка методики определения средств на оплату труда в строительстве [28, 29].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дедюхина Е.С. Проблемы использования инновационных методов определения сметной стоимости строительных работ // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 4 (43). С. 484–491. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-4-484-491>. EDN: SSPZER.
2. Петров В.Т. Оптимизация системы ценообразования в переходном периоде в строительном секторе // Сметно-договорная работа в строительстве. 2020. № 6. С. 3–14. EDN: DAOORD.
3. Горелова О.А. Процесс обновления сметно-нормативной базы в строительстве // Вестник университета. 2019. № 8. С. 76–82. <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2019-8-76-82>.
4. Горелова О.А. Итоги и планы реформы сметного ценообразования // Вестник Московского гуманитарно-экономического института. 2021. № 4. С. 84–89. <https://doi.org/10.37691/2311-5351-2022-0-4-84-89>. EDN: WXYUG.
5. Гендлина Ю.Б., Горбунов И.В., Казенкин С.Н. Достоинства и недостатки методов ценообразования в строительстве // Менеджмент в социальных и экономических системах: материалы XI Международной научно-практической конференции (г. Пенза, 16–17 декабря 2019 г.). Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2019. С. 211–215. EDN: YTMCEW.
6. Чугунов А.В., Агафонова М.С., Макарова Е.Е. Состояние, проблемы и перспективы развития ценообразования в строительстве // Цифровая и отраслевая экономика. 2021. № 4 (25). С. 36–41. EDN: DLXITD.
7. Ошанин В.А. Ценообразование в строительстве – в фокусе внимания // Сметно-договорная работа в строительстве. 2020. № 7. С. 12–19. EDN: XJCWVI.
8. Гришина Н.А. Проблемы системы ценообразования в строительстве // Финансовая экономика. 2022. № 2. С. 11–17. EDN: EPBLCG.
9. Поляков С. Специфика ценообразования в строительстве // Сметно-договорная работа в строительстве. 2020. № 9. С. 28–31. EDN: OJAAVZ.
10. Рахманов П., Атайева М. Особенности ценообразования в строительстве // Интернаука. 2023. № 13-4 (283). С. 54–55. EDN: YHHVGD.
11. Ефремова А.О. Реформа ценообразования в строительстве: переход на ресурсно-индексный метод // Студенческий вестник. 2022. № 30-2 (222). С. 52–54. EDN: JFOVUY.
12. Васильева Е.Ю. К вопросу о реформировании Российской системы ценообразования в строительстве // Сметно-договорная работа в строительстве. 2022. № 1. С. 4–10. <https://doi.org/10.33920/str-01->

⁵О мониторинге цен строительных ресурсов: постановления Правительства РФ от 23.12.2016 N 1452 (ред. от 15.04.2022).

- ISSN 2227-2917

REFERENCES

1. Dediukhina E.S. Challenges of using innovative methods for determining the estimated cost of construction works. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2022;12(4):484-491. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-4-484-491>. EDN: SSPZER.
2. Petrov V.T. Optimization of the pricing system in the transition period in the construction sector. *Smetno-dogovornaya rabota v stroitel'stve = Estimate and contractual work in construction*. 2020;6:3-14. (In Russ.). EDN: DAOORD.
3. Gorelova O.A. Process of updating of the regulatory base in construction. *Vestnik Universiteta*. 2019;8:76-82. (In Russ.). <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2019-8-76-82>.
4. Gorelova O.A. Results and plans of the estimated pricing reform. *Vestnik Moskovskogo humanitarno-ekonomicheskogo instituta*. 2021;4:84-89. <https://doi.org/10.37691/2311-5351-2022-0-4-84-89>. EDN: WXYUG.
5. Gendlina Yu.B., Gorbunov I.V., Kazenkin S.N. Advantages and disadvantages of pricing methods in construction. In: *Menedzhment v sotsial'nykh i ekonomicheskikh sistemakh: materialy XI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii = Management in social and economic systems. collection of articles of the XI International Scientific and Practical Conference*. 16-17 December 2019, Penza. Penza: Penza State Agrarian University; 2019. p. 211-215. (In Russ.). EDN: YTMCEW.
6. Chugunov A.V., Agafonova M.S., Makarova E.E. The state, problems and prospects of development of pricing in construction. *Tsifrovaya i otraslevaya ekonomika*. 2021;4(25):36-41. EDN: DLXITD.
7. Oshanin V.A. Pricing in construction – in the focus of attention. *Smetno-dogovornaya rabota v stroitel'stve = Estimate and Contractual Work in Construction*. 2020;7:12-19. (In Russ.). EDN: XJCVWI.
8. Grishina N.A. Problems of the pricing system in construction. *Finansovaya ekonomika = Financial Economy*. 2022;2:11-17. (In Russ.). EDN: EPBLCG.
9. Polyakov S. Specifics of pricing in construction. *Smetno-dogovornaya rabota v stroitel'stve = Estimate and contractual work in construction*. 2020;9:28-31. EDN: OJAAVZ.
10. Rakhmanov P., Ataieva M. Features of pricing in construction. *Internauka*. 2023;13-4:54-55. (In Russ.). EDN: YHHVGD.
11. Efremova A.O. Pricing reform in construction: transition to the resource-index method. *Studencheskii vestnik*. 2022;30-2:52-54. (In Russ.). EDN: JFOVUY.
12. Vasilyeva E.Yu. The issue of reforming of the Russian system of pricing in construction. *Smetno-dogovornaya rabota v stroitel'stve = Estimate and contractual work in construction*. 2022;1:4-10. (In Russ.). <https://doi.org/10.33920/str-01-2201-01>. EDN: RHELHY.
13. Gimadieva L.Sh. Construction pricing: situation analysis and future prospects. *Vestnik evraziiskoi nauki = The Eurasian scientific journal*. 2020;12(2):32. (In Russ.). EDN: KAERVP.
14. Eremenko R.B. A new model for calculating the estimated cost of construction and improving pricing. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika = Economy and business: theory and practice*. 2022;1-1:92-94. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2022-1-183-92-94>. EDN: WHWMUZ.
15. Bobrova K.Yu., Fatyanova N.M., Dobysheva T.V. Problems of pricing in construction and prospects for their solution. *Molodezhnyi vestnik IRGTU = ISTU bulletin of youth*. 2022;12(3):482-486. (In Russ.). EDN: TZYKZG.
16. Makartsova T.N., Kravchenko A.I., Shipilova M.A. Credible cost formation of a construction investment project at the stage of design documentation development. *Modern trends in construction, urban and territorial planning*. 2022;1(1):34-44. (In Russ.). <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-1-34-44>. EDN: ZUHSZV.
17. Fedorova A.V., Kurilo A.E., Kuzmenkov A.A. Digital transformation of the construction industry in the field of monitoring. *Ekonomika stroitel'stva = Construction Economy*. 2021;5:27-47. (In Russ.). EDN: NLHCHI.
18. Karpov R.A. Overview of key changes in the new budget and regulatory framework (FSNB-2022). *World Build / State Contract*. Available from: https://www.npsch.ru/system/files/news/3._2023-03-16_karpov_r.a._fsnb-2022_krasnoyarsk.pdf [03th July 2023]. (In Russ.).
19. Zhirnova M.V., Esin E.Yu. Perekhod na resursno-indeksnyy model' opredeleniya smetnoi stoimosti stroitel'stva. *Sovremennye tendentsii innovatsionnogo razvitiya Rossii: teoriya i praktika: materialy Natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii = Modern trends of Innovative development of Russia: Theory and practice: materials of the National Scientific and Practical Conference*. 30 November 2022, Nizhny Novgorod. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod state university of architecture and civil engineering; 2022. p. 50-54. EDN: FBZPZW.
20. Shevchenko O.Yu. Pricing problems in construction. In: *Ekonomika, menedzhment, servis: sovremennye problemy i perspektivy: materialy IV Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii = Economics, Management, service: modern problems and prospects: materials of the IV All-Russian Scientific and Practical*

Conference. 14-15 November 2022, Omsk. Omsk: Omsk state technical university; 2022. p. 379-382. EDN: CYSVOH.

21. Ablitarov E.R. Improving pricing in the construction industry. In: *Sbornik izbrannykh statei po materialam nauchnykh konferentsii GNII «Natsrazvitie» = Collection of selected articles based on the materials of scientific conferences of the State Research Institute "National Development"*. Saint Petersburg: Humanitarian national research institute "National Development"; 2021. p. 50-52. (In Russ.). EDN: BMKXUX.

22. Zadorozhnaya P.O., Shershova L.V. Features of pricing in construction at the present stage. *Sovremennye perspektivy stroitel'stva. sbornik nauchnykh statei po materialam Molodezhnoi nauchnoi shkoly = Modern prospects of construction: collection of scientific articles based on the materials of the Youth scientific school*. Kaliningrad: Immanuel Kant Baltic federal university; 2023. p. 128-137. (In Russ.). EDN: IFMABP.

23. Shershova L.V., Ryabova R.K. Features of determining the estimated cost of construction at the modern stage. In: *Sovremennye stroitel'nye materialy i tekhnologii: materialy III Mezhdunarodnoi konferentsii = Modern construction materials and technologies: materials of the III International Conference*. 26-29 May 2020, Kaliningrad. Kaliningrad: Immanuel Kant Baltic federal university; 2021. Iss. 3. p. 275-284. (In Russ.). EDN: PFSSYY.

24. Bokachev R.A., Stupnikova E.A., Olenina O.A. Risks and advantages of the resource pricing method in construction. *Gosudarstvennoe i munitsipal'noe upravlenie. Uchenye zapiski = State and municipal management. Scholar notes*. 2020;4:72-76. (In Russ.). <https://doi.org/10.22394/2079-1690-2020-1-4-72-76>. EDN: PDTLKE.

25. Bokachev R.A., Olenina O.A., Stupnikova E.A. Comparative analysis of the advantages and risks of basic index and resource methods of estimated pricing. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya = Economics and management: problems, solutions*. 2020;3(10):67-72. (In Russ.). EDN: RALTLX.

26. Konovalova M.A., Kozin P.A. Calculation of individual indices of change in the estimated cost of construction in current regulatory and methodological field. In: *Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture. Stroitel'stvo i stroitel'nye tekhnologii: materialy 79-oi Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii = Traditions and innovations in construction and architecture. Construction and Construction technologies: materials of the 79th All-Russian scientific and technical conference*. 18-22 April 2022, Samara. Samara: Samara state technical university; 2022. p. 966-975. (In Russ.). EDN: PZITEU.

27. Yamshchikova I.V. Optimization of payroll funds in construction industry. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2023;13(1):10-19. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-1-10-19>. EDN: TKIHMN.

28. Yamshchikova I.V., Sitnikova E.Y. Analysis of changes in the federal regulatory framework for pricing in construction. *Molodezhnyi vestnik IrGTU = ISTU bulletin of youth*. 2022;12(4):794-802. (In Russ.). EDN: BLFKSU.

29. Dyachkova P.A., Lobanov A.A., Narkevskaya T.V. Risks and advantages of the resource pricing method in construction. In: *Upravlenie riskami: problemy i resheniya (RISK'E-2022): materialy VIII nauchno-prakticheskoi konferentsii s zarubezhnym uchastiem = Risk Management: Problems and Solutions (RISK-E-2022): proceedings of the VIII Scientific and Practical conference with foreign participation*. 10-11 November 2022, Saint Petersburg. Saint Petersburg: Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University; 2022. p. 286-291. <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/id22-254>. EDN: MWKCWI.

Информация об авторах

Ямщикова Ирина Валентиновна,

к.э.н., доцент, доцент кафедры
экспертизы и управления
недвижимостью,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: yamsirina@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6183-3255>

Абраменко Елена Владимировна,

руководитель сметно-договорного отдела,
ООО «СПМК-7»,
664075, г. Иркутск, ул. Байкальская, 244/3, Россия,
e-mail: seavl_irk@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0003-1949-3247>

Information about the authors

Irina V. Yamshchikova,

Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor,
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
<https://orcid.org/0000-0002-6183-3255>

Elena V. Abramenko,

Head of the Budget and Contract Department,
LLC "SPMK-7",
244/3 Baykalskaya St., Irkutsk 664075, Russia,
e-mail: seavl_irk@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0003-1949-3247>

Вклад авторов

Автор имеют авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 26.05.2023.
Одобрена после рецензирования 19.06.2023.
Принята к публикации 20.06.2023.

Contribution of the authors

The author have author's rights and bear the responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

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

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

Information about the article

The article was submitted 26.05.2023.
Approved after reviewing 19.06.2023.
Accepted for publication 20.06.2023.



Повышение сдвигоустойчивости грунтовых технологических карьерных автодорог на слабосвязанных основаниях

В.В. Алексеенко^{1✉}, И.И. Волокитин², А.Д. Синюшкин³

¹Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

²ООО «Компания «Востсибуголь», г. Иркутск, Россия

³ООО «Институт территориального развития», г. Иркутск, Россия

Аннотация. Работа посвящена решению актуальной проблемы укрепления оснований автомобильных дорог, по которым передвигаются автомобили большой грузоподъемности. Если такая автодорога имеет ограниченный срок эксплуатации, то экономически нецелесообразно предусматривать прочное цементобетонное основание. В этом случае требуется такое решение, которое в максимальной степени использует местные материалы, а также отходы производства, доступные в районе производства работ. Для выполнения расчетов напряжений, возникающих на большой глубине в основании технологической автодороги под воздействием колеса большегрузного автомобиля, необходимо использовать адекватные математические модели. В нашей работе расчеты проведены с помощью компьютерной программы, реализующей метод дискретных элементов. Этот метод позволяет из первых принципов рассчитывать напряжения в сильно неоднородных гранулированных средах. Конструкция дорожной одежды предполагает использование в основании дороги геоконтейнеров из использованных полипропиленовых биг-бэгов, которые ввиду большого размера придают большую сдвигоустойчивость при заполнении их любой грунтовой смесью. Долговечность полипропиленовой ткани в земляном полотне может достигать несколько десятков лет. Основная задача работы заключалась в расчете защитного слоя, состоящего из слоев щебня, глинистого грунта и полипропиленовой ткани. Толщина слоев подбиралась таким образом, чтобы растягивающие напряжения при проезде автотранспорта на поверхности геоконтейнера не превышали прочности материала оболочки контейнера.

Ключевые слова: технологические автомобильные дороги, сдвигоустойчивость грунтов, метод дискретных элементов, геоконтейнер

Для цитирования: Алексеенко В.В., Волокитин И.И., Синюшкин А.Д. Повышение сдвигоустойчивости грунтовых технологических карьерных автодорог на слабосвязанных основаниях // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 3. С. 452–460. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-452-460>. EDN: BVKPLZ.

Original article

Improving the shear resistance of ground technological quarry roads on loosely-bound subgrades

Viktor V. Alekseenko^{1✉}, Ivan I. Volokitin², Artem D. Sinyushkin³

¹Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

²"Vostsibugol Company" LLC, Irkutsk, Russia

³"Institute of Territorial Development" LLC, Irkutsk, Russia

Abstract. The study aims to solve the urgent problem of strengthening the subgrade of roads for heavy-duty vehicles. In the case of a limited road service life, it appears economically unfeasible to provide a strong cement-concrete subgrade. This case requires a solution maximizing the use of both local materials and production wastes, available in the work area. In order to perform calculations of stresses, arising at a great depth in the subgrade of the technological road under the influence of heavy-duty vehicle wheels, it is necessary to use appropriate mathematical models. In the present study, the calcu-

lations were carried out using a software application that implements the method of discrete elements. Using this method, stresses in highly inhomogeneous granular media can be calculated using the first-principle approach. The design of road structural layers suggests the use of geocontainers, made of used polypropylene big bags at the subgrade, which, due to their large size, have a greater shear resistance when filled with any soil mixture. The durability of the polypropylene fabric in the roadbed can reach several decades. The main task of the study was to calculate the protective layer of alternated crushed stone, clay soil, and polypropylene fabric. The thickness of layers was selected such that the tensile stresses during the passage of vehicles on the surface of a geocontainer remain within the strength limits of the container shell material.

Keywords: technological roads, soil shear stability, discrete element method, geocontainer

For citation: Aleksenko V.V., Volokitin I.I., Sinyushkin A.D. Improving the shear resistance of ground technological quarry roads on loosely-bound subgrades. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'* = *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2023;13(3):452-460. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-452-460>. EDN: BBKPLZ.

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение массы и осевых нагрузок современной карьерной техники предъявляет новые требования к конструкциям дорожных одежд и технологии строительства технологических дорог. В настоящее время уровень научного сопровождения проектных решений отстал от реальных потребностей организаций, эксплуатирующих тяжелую технику. Решения по конструкции дорожных одежд и технологии дорожного строительства основаны на рекомендациях устаревших СНиП. Исследователями отмечено, что основным показателем несущей способности и долговечности автодорог является сдвигоустойчивость грун-

тов, лежащих в основании дороги. Обзор научно-технической литературы свидетельствует об отсутствии научно обоснованных и экономически целесообразных решений для конструкций дорожных одежд на современных карьерах¹ [1–4]. Установлено, что при увлажнении основания грунтовых автодорог происходит более быстрое и глубокое образование колеи (рис. 1). Слабая сдвигоустойчивость оснований связана с наличием большого количества глинистых частиц, поэтому в настоящее время самой актуальной является задача увеличения несущей способности оснований технологических автомобильных дорог с минимальными экономическими затратами.



Рис. 1. Образование провалов дорог на переувлажненных грунтах
Fig. 1. Pattern of the formation of road failures on waterlogged soils

Основная цель исследования – проверка возможности использования геоконтейнеров из полипропиленовых биг-бэгов (прочных мешков) в основании дорожной одежды для карьерных автодорог.

Дело в том, что биг-бэги, имеющие линейный размер, равный примерно одному метру, обеспечивают намного лучшую сдвигоустойчивость основания по сравнению с любой засыпкой щебнем. Для карьерных автодорог, где

¹Пособие по проектированию земляного полотна и водоотвода железных и автомобильных дорог промышленных предприятий. М.: Стройиздат, 1988. 245 с.

используется тяжелый автотранспорт, сдвигоустойчивость основания является главнейшим показателем, обеспечивающим возможность проезда.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Колесо автомобиля оказывает самые различные воздействия на дорожную одежду: сжимающие, сдвиговые и растягивающие. В разные периоды года для различных дорожных конструкций превалируют те или иные воздействия. Но для грунтовых дорог, по нашему мнению, сдвиговые нагрузки приводят к самым разрушительным последствиям. Основным недостаток грунтов, содержащих большое количество глинистых частиц – это слабая прочность на сдвиг, особенно при избыточном увлажнении. Сдвиговая прочность не связанных (гранулированных) материалов почти полностью определяется размером частиц. Поэтому глинистые породы, состоящие из частиц, размер которых менее микрометра, обладают наименьшей сдвигоустойчивостью среди других природных материалов.

Первым (простейшим) способом повышения сдвиговой прочности глинистых грунтов является смешение глины с материалом, содержащим более крупные частицы, например, песком. Кроме того, песок резко понижает количество адсорбированной грунтом воды. Но основным фактором, повышающим несущую способность смеси глины и песка, является то, что частицы песка в тысячу раз крупнее частиц глины. Еще больший эффект дало бы смешение глины с частицами щебня. Но в равнинных районах использование щебня затруднено из-за высокой стоимости доставки.

Вторым способом укрупнения частиц глины является использование неорганических и органических связующих. Органические связующие типа водорастворимых полимеров могут использоваться для чисто глинистых грунтов. Стоимость обработки и смешения несущего слоя глины (примерно 20–30 см) с полимерным связующим будет составлять не менее 1000 руб/м², что очень дорого для дорог с малой интенсивностью движения. Использование неорганических связующих (цемент, известь, зола ТЭЦ) требует добавление твердых частиц (песок, отсев от дробления, золошлаковые отходы) не менее 30% от массы глины² [5]. При этом несущая способность и водостойкость таких грунтов не высока

и требует щебеночного или асфальтобетонного покрытия.

Третьим способом повышения сдвигоустойчивости грунтов является создание армирующей матрицы (ячейки грунта, окруженной прочным материалом) в теле грунта, которое предотвращает боковое смещение материала. Главным преимуществом данного метода является отсутствие в большинстве случаев каких-либо укрепляющих добавок. Армирующие матрицы для укрепления грунтов представлены геотканями, георешетками, геоматрицами, геоконтейнерами и т.п.³ [6, 7].

Наиболее часто для укрепления оснований автомобильных дорог применяют георешетки (из-за хорошей технологичности процесса укладки) с размером ячейки порядка 10 см. Размер ячейки определяет и глубину, на которой увеличивается сдвигоустойчивость: глубина примерно равна размеру ячейки. Если на проезжей части имеются провалы шириной около метра, значит и укреплять грунт надо на глубину не менее метра. Для таких работ созданы геоматрицы называемые геоконтейнерами. Геоконтейнеры для дорожного строительства представляют собой оболочку из полимерного материала, имеющего высокую прочность и умеренную эластичность. Полимерные материалы характеризуются очень большой долговечностью (100 и более лет) при работе в земле в отсутствии солнечного света. По своей форме они напоминают мешки, использующиеся в фасовке сыпучих веществ (биг-бэги), размер от мешка для картошки до нескольких кубометров. Заполненная грунтом или другим сыпучим материалом оболочка может использоваться для стабилизации оснований автомобильных дорог и других строительных объектов.

Основными проблемами при использовании геоконтейнеров являются цена материала и технологичность процесса засыпки грунта и укладки контейнеров в основание дороги, т.е. фактически конечная стоимость устройства дорожного полотна. При цене 400–500 руб. за контейнер объемом один м³ плюс затраты на процесс заполнения и укладки – это уже сравнимо с ценой замены глинистого грунта щебнем. Но на севере Иркутской области имеется возможность бесплатного использования тысяч, а то и десятков тысяч биг-бэгов. Нулевая цена геоконтейнера позволяет

²Маковецкий О.А. Расчет и конструирование искусственного основания: структурный геотехнический массив: дисс. ... д-ра техн. наук. М.: Российский университет транспорта, 2021.

³ОДМ 218.5.003–2010 Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонту автомобильных дорог. М.: Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), 2010;

ОДМ 218.3.032–2013 Методические рекомендации по усилению конструктивных элементов автомобильных дорог пространственными георешетками (геосотами). М.: Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), 2015.

делать многослойные контейнеры, что многократно увеличивает их прочность на разрыв. В свою очередь прочность на разрыв будет определять расчетную толщину и вид материала, который будет располагаться поверх геоконтейнеров и защищать их от воздействия колес автотранспорта. Преимуществом геоконтейнеров является их размер, а значит и большая сдвигоустойчивость дорожной одежды. В случае больших провалов, осадка дороги на 1 м и более, заполнение их щебнем не спасает ситуацию. В настоящее время накоплен многолетний положительный мировой опыт использования геоконтейнеров для строительства искусственных островов, дамб, дорог и других объектов, а также разработаны методы испытаний [8–10]. В этом случае применяются геоконтейнеры из специально разработанных прочных материалов. Наша задача заключается в расчете, с помощью инновационной компьютерной программы, напряжений, возникающих в дорожной одежде и разработке такой конструкции дороги, которая позволяет использовать геоконтейнеры из полипропиленовых биг-бэгов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время для расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) геосред в большинстве случаев используются

пакеты программ *PLAXIS* и *ANSYS*, основанные на методе конечных элементов (МКЭ). Но метод МКЭ некорректно использовать для процессов, в которых происходят большие деформации и разрывы, возникающие, например, при потере устойчивости грунтового основания или разрыве оболочки геоконтейнера. Связано это с тем, что МКЭ основан на уравнениях теории упругости и представлении исследуемой среды как сплошной. В нашей работе использовалась компьютерная программа реализующая метод дискретных элементов (МДЭ), которая позволяет исследовать большие деформации, течение и разрывы в материалах состоящих твердых частиц между которыми действуют связи различной прочности. В настоящее время этот метод является наиболее перспективным в решении реальных задач механики сыпучих сред, грунтов и горных пород [11–14]. Нами была смоделирована конструкция автодороги, содержащая слой щебня, слой глинистого грунта с двойным армированием полипропиленовой тканью из биг-бэгов с прочностью на разрыв 0,5 МПа, основание из полипропиленовых биг-бэгов с учетом состава заполнителей и особенностями взаимодействия структурных элементов предложенной конструкции автодороги на их контактах с колесами автосамосвала БелАЗ-7555 (рис. 2).

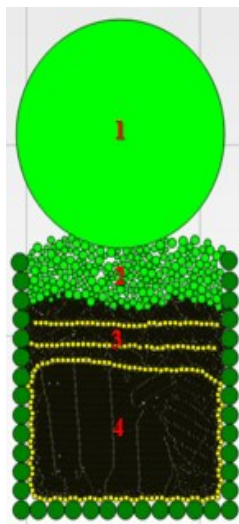


Рис. 2. Математическая модель конструкции автодороги. Неподвижные борта моделируют наличие соседних участков рядом с нагружаемым участком:

- 1 – индентор с теоретически заданной массой автосамосвала БелАЗ-7555;**
2 – дорожная щебеночная одежда; 3 – послойная отсыпка грунтом с армированием геотекстильным материалом; 4 – скальный грунт крепких вскрышных пород, уложенный в геотекстильную ячейку

Fig. 2. Mathematical model of the road construction. Fixed boards simulate the presence of adjacent sections near the loaded section: 1 – indenter with a theoretically specified mass of a BelAZ-7555 dump truck; 2 – road crushed stone clothing; 3 – layer-by-layer filling with soil with reinforcement geotextile material; 4 – rock soil of strong overburden rocks, stacked in a geotextile cell

Далее был произведен анализ возникающих напряжений в основании конструкции автодороги путем ввода синусоидальной нагрузки, возникающей от полной массы автосамосвала. Амплитуда нагрузки на колесо составляла 120 килоньютонов (кН) (12 т) с частотой колебаний 0,25 сек. Модуль упругости колеса был выбран равным около 100 МПа, что соответствует литературным данным [15].

При оценке напряжений, возникающих в дорожной одежде, учитывались результаты расчетов, выполненные с использованием метода конечных элементов и натурных испытаний [16–26]. Результаты этих работ дают общее представление о том, как нагрузки от колеса автомобиля распределяются в дорожной одежде и показывают зависимость напряжений от толщины слоев, от их физико-

механических характеристик. По нашему мнению, более реальные значения напряжений можно получить только при использовании метода дискретных элементов. Для анализа результатов и возможности формирования выводов в нашей работе было рассчитано несколько вариантов конструкции дорожной одежды:

1. Слой щебня толщиной 40 см, слой грунта 10 см, слой армирующей ткани прочностью на разрыв 0,5 МПа, слой грунта 10 см, слой армирующей ткани прочностью на разрыв 0,5 МПа, слой грунта 10 см (рис. 3).

2. Слой щебня толщиной 40 см, слой грунта 10 см, слой армирующей ткани прочностью на разрыв 0,5 МПа, слой грунта 10 см (рис. 4).

3. Слой щебня толщиной 40 см, слой грунта 20 см (рис. 5).

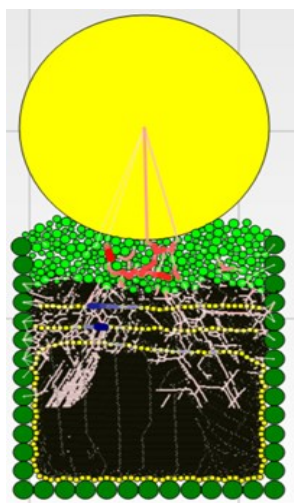


Рис. 3. Возникающие напряжения при двойном слое армирования. Красным цветом обозначаются сжимающие нагрузки, синим – растягивающие
Fig. 3. Arising stresses with a double layer of reinforcement. Red indicates compressive loads, blue indicates tensile loads

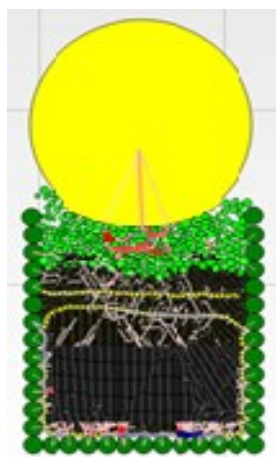


Рис. 4. Возникающие усилия и напряжения при одном слое армирования. Красным цветом обозначаются сжимающие нагрузки, синим – растягивающие
Fig. 4. Arising stresses with a one layer of reinforcement. Red indicates compressive loads, blue indicates tensile loads

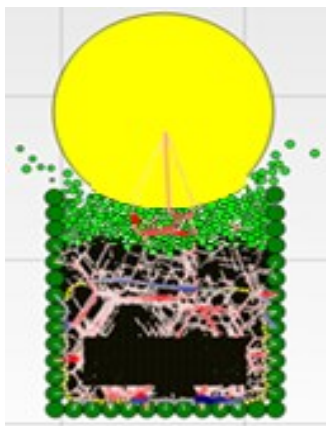


Рис. 5. Возникающие усилия и напряжения при отсутствии армирующей ткани. Красным цветом обозначаются сжимающие нагрузки, синим – растягивающие
Fig. 5. Arising stresses in the absence of reinforcing layers. Red indicates compressive loads, blue indicates tensile loads

На рис. 3–5 изображены напряжения и состояние дорожной одежды и геоконтейнера в момент максимальной нагрузки. Как следует из рис. 3–5, при двойном и одинарном слое армирования полипропиленовой тканью из биг-бэгов с прочностью на разрыв 0,5 МПа, обеспечивается защита геоконтейнера при задании полной нагрузки на колесо автомобиля, равной 120 кН, а вот при отсутствии армирующего слоя ткани (см. рис. 5) нагрузка от колеса карьерного самосвала приводит к разрыву ткани геоконтейнера.

ВЫВОДЫ

Полученные результаты позволяют сделать заключение о том, что растягивающие напряжения на поверхности геоконтейнера из биг-бэгов не превышают прочности материала, из которого сделан контейнер, при наличии защитных слоев над поверхностью геоконтейнера. Метод дискретных элементов позволяет рассчитать реальные растягивающие напряжения на поверхности геокон-

тейнера при любой конструкции защитных слоев и любой нагрузке на колесо автомобиля. Тем самым, с помощью математического моделирования МДЭ появляется возможность подобрать требуемые характеристики материалов, используемых в дорожном строительстве и проектировать реальные конструкции автодорог для тяжелых условий эксплуатации. Дальнейшие исследования в этой области могут расширить использование геоконтейнеров на дорогах общего пользования, что позволит значительно повысить качество и экономичность строительства.

После проведения расчетов предполагается реальный эксперимент по обустройству технологической автодороги с серьезными дефектами в виде провалов на одном из угольных карьеров Иркутской области.

Также авторы данного исследования акцентируют внимание на положительном влиянии на экологию и охрану окружающей среды за счет вторичного использования биг-бэгов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Васильев М.В., Смирнов В.П., Кудрявцев А.А. Строительство, ремонт и обслуживание автомобильных дорог на карьерах цветной металлургии. М.: Цветметинформация, 1971. 82 с.
2. Арефьев С.А. Повышение эксплуатационных свойств карьерных автодорог путем их уплотнения с использованием технологических автосамосвалов // Естественные и технические науки. 2015. № 1 (79). С. 40–42. EDN: TKS BVZ.
3. Афиногенов О.П. Обеспечение эффективности жестких одежд карьерных автомобильных дорог. Кемерово: Кузбассвуиздат, 1998. 120 с.
4. Мельников Н.В., Реентович Э.И., Симкин Б.А. Теория и практика открытых разработок. М.: Недра, 1979. 636 с.
5. Слободчикова Н.А. Научные основы подбора состава грунтов, укрепленных известью // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2017. Т. 3. № 4. С. 62–68. EDN: YLVHPO.
6. Устьян Н.А. Геоконтейнеры в дорожном и гидротехническом строительстве // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 4. С. 22–25. EDN: NVYNAD.
7. Федоренко Е.В. Геотехника и геосинтетика в вопросах и ответах. Саарбрюккен: Lambert AP, 2016. 198 с.
8. Пшеничникова Е.С. Геооболочки в дорожном строительстве. Геосинтетические материалы // Доро-

- ги. Инновации в строительстве. 2020. № 83. С. 43–47.
9. Liu S.H., Liao J., Bong T.T., Fan Fan K.W. Repeated loading of soilbag-reinforced road subgrade // *Geosynthetics International*. 2021. 28. No. 2. P. 113–124. <https://doi.org/10.1680/jgein.20.00030>.
10. Chu J., Varaksin S., Klotz U., Mengé P. Construction Processes // *Proceedings of the 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. 2009. P. 3006–3135. <https://doi.org/10.3233/978-1-60750-031-5-3006>.
11. Хан Г.Н. Моделирование методом дискретных элементов динамического разрушения горной породы // *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. 2012. № 1. С. 110–117. EDN: OXQBLT.
12. Martínez Morillo G.C., Bandeira A.A. Discrete Element Method applied to the simulation of the stress state in granular materials // *Soil Research*. 2018. Vol. 57. № 1. P. 85–110. <https://doi.org/10.1071/SR18043>.
13. Shoko Ono, Roy Lichtenheldt and Kazuya Yoshida. Stress Analysis of soil beneath wheel for planetary rover by using discrete element method // *VII International Conference on Particle-Based Methods. PARTICLES 2021*.
14. Potyondy D.O. The bonded-particle model as a tool for rock mechanics research and application: current trends and future directions // *Geosystem Engineering*. 2015. Vol. 18. Iss. 1. P. 1–28. <https://doi.org/10.1080/12269328.2014.998346>.
15. Krmela J., Krmelová V. The material parameters for computational modeling of long-fibre composites with textile // *Machine Modelling and Simulations 2017 (MMS 2017): MATEC Web of Conferences 2018*. Vol. 157. P. 01011. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815701011>.
16. Tuan Anh Nguyen, Thang Ngoc Nguyen. Study on Stress Distribution in Soft Ground Consolidated with Deep Cement Mixing Columns under Road Embankment // *Civil Engineering and Architecture*. 2020. Vol. 8. № 6. P. 1251–1265. <https://doi.org/10.13189/cea.2020.080609>.
17. Grawira Ganjur Giwangkara, Azman Mohamed, Hasan Md. Nor, Nur Hafizah A. Khalid. The analysis of stress distribution on the physical model of road base layer // *International journal of integrated engineering*. 2020. Vol. 12. No. 8. P. 348–355. <https://doi.org/10.30880/ijie.2020.12.08.033>.
18. Джамбулатов Р.Е., Жакулин А.С. Закономерности распределения напряжений в грунтовых основаниях внутрихозяйственных автомобильных дорог // *Мировая наука*. 2023. № 1. С. 42–51.
19. Лунёв А.А., Сиротюк В.В. Распределение напряжений в массиве из золошлаковой смеси // *Инженерно-строительный журнал*. 2019. № 2 (86). С. 72–82. <https://doi.org/10.18720/MCE.86.7>. EDN: THWSAW.
20. Selsal Z., Karakas A.S., Sayin B. Effect of pavement thickness on stress distribution in asphalt pavements under traffic loads // *Case Studies in Construction Materials*. 2022. Vol. 16. P. e01107. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01107>.
21. Serin S., Oğuzhanoglu M.A., Kayadelen C. Comparative analysis of stress distributions and displacements in rigid and flexible pavements via finite element method // *Revista de la construccion*. 2021. Vol. 20. No. 2. P. 321–331. <https://doi.org/10.7764/RDLC.20.2.321>.
22. Пронь В.В., Вострокнутов С.М., Самохин А.Ю., Малыгина Е.А. Инновационные разработки по укреплению земляного полотна в дорожном строительстве // *Строительные материалы*. 2012. № 4. С. 50–55. EDN: PATBDV.
23. Elias T., Shirlal K.G. Preliminary investigation on stability and hydraulic performance of geotextile sand container breakwaters filled with sand and cement // *Scientific reports*. 2022. No. 12. P. 15244. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19673-9>.
24. Димаки А.В., Шилько Е.В., Астафуров С.В., Коростелев С.Ю., Псахье С.Г. Связанная модель флюидонасыщенных пористых материалов, основанная на совмещении дискретного и континуального подходов // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика*. 2014. № 4. С. 68–101. <https://doi.org/10.15593/perm.mech/2014.4.03>. EDN: TEQPSH.
25. Ревуженко А.Ф., Клишин С.В., Бегляков В.Ю. Использование метода дискретных элементов при исследовании дилатансионных характеристик сыпучей среды // *Актуальные проблемы современного машиностроения: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. (г. Юрга, 11–12 декабря 2014 г.)*. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2014. С. 90–93. EDN: TJJMYB.
26. Клишин С.В., Ревуженко А.Ф. Исследование задачи Янсена методом дискретных элементов в трехмерной постановке // *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. 2014. № 3. С. 10–16.

REFERENCES

1. Vasiliev M.V., Smirnov V.P., Kudryavtsev A.A. Construction, repair and maintenance of roads in the quarries of non-ferrous metallurgy. Moscow: Tsvetmetinformatsiya; 1971. 82 p. (In Russ.).
2. Arefiev S.A. Improving the operational properties of quarry roads by compacting them using technological dump trucks. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki = Natural and technical sciences*. 2015;1:40–42. (In Russ.).

EDN: TKSBVZ.

3. Afinogenov O.P. Ensuring the effectiveness of hard clothes for career roads. Kemerovo: Kuzbassvuzizdat; 1998. 120 p. (In Russ.).
4. Melnikov N.V., Reentovich E.I., Simkin B.A. Theory and practice of open pit mining. Moscow: Nedra; 1979. 636 p. (In Russ.).
5. Slobodchikova N.A. Scientific basis for the selection of the composition of soils, fortified with lime. *Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-Zapada Rossii = Journal of Science and Education of North-West Russia*. 2017;3(4):62-68. (In Russ.). EDN: YLVHPO.
6. Ustyan N.A. Geocontainers in road and hydraulic engineering construction. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal = Magazine of Civil Engineering*. 2011;4:22-25. (In Russ.). EDN: NVYNAD.
7. Fedorenko E.V. Geotechnics and geosynthetics in questions and answers. Saarbrücken: Lambert AP; 2016. 198 p. (In Russ.).
8. Pshenichnikova E.S. Geo-synthetics in road construction. Geo-synthetic materials. *Dorogi. Innovatsii v stroitel'stve*. 2020;83:43-47. (In Russ.).
9. Liu S.H., Liao J., Bong T.T., Fan Fan K.W. Repeated loading of soilbag-reinforced road subgrade. *Geosyn-thetics International*. 2021;28(2):113-124. <https://doi.org/10.1680/jgein.20.00030>.
10. Chu J., Varaksin S., Klotz U., Mengé P. Construction Processes. In: *Proceedings of the 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. 2009. p. 3006-3135. <https://doi.org/10.3233/978-1-60750-031-5-3006>.
11. Khan G.N. Modeling by the method of discrete elements of dynamic destruction of rock. *Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*. 2012;1:110-117. (In Russ.). EDN: OXQBLT.
12. Martínez Morillo G.C., Bandeira A.A. Discrete Element Method applied to the simulation of the stress state in granular materials. *Soil Research*. 2018;57(1):85-110. <https://doi.org/10.1071/SR18043>.
13. Ono Sh., Lichtenheldt R., Yoshida K. Stress Analysis of soil beneath wheel for planetary rover by using discrete element method. In: *Proceedings of the VII International Conference on Particle-Based Methods (Particles-2021)*. <https://doi.org/10.23967/particles.2021.027>.
14. Potyondy D.O. The bonded-particle model as a tool for rock mechanics research and application: current trends and future directions. *Geosystem Engineering*. 2015;18(1):1-28. <https://doi.org/10.1080/12269328.2014.998346>.
15. Krmela J., Krmelová V. The material parameters for computational modeling of long-fibre composites with textile. In: *Machine Modelling and Simulations 2017 (MMS 2017): MATEC Web of Conferences*. 2018.;157:01011. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815701011>.
16. Tuan Anh Nguyen, Thang Ngoc Nguyen. Study on stress distribution in soft ground consolidated with deep cement mixing columns under road embankment. *Civil Engineering and Architecture*. 2020;8(6):1251-1265. <https://doi.org/10.13189/cea.2020.080609>.
17. Grawira Ganjur Giwangkara, Azman Mohamed, Hasan Md. Nor, Nur Hafizah A. Khalid. The analysis of stress distribution on the physical model of road base layer. *International journal of integrated engineering*. 2020;12(8):348-355. <https://doi.org/10.30880/ijie.2020.12.08.033>.
18. Jambulatov R.E., Zhakulin A.S. Regularities of tension distribution in the intraeconomic highways soil base. *Mirovaya nauka*. 2023;1:42-51. (In Russ.).
19. Lunev A.A., Sirotuk V.V. Stress distribution in ash and slag mixtures. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal = Magazine of Civil Engineering*. 2019;86(2):72-82. (In Russ.). <https://doi.org/10.18720/MCE.86.7>. EDN: THWSAW.
20. Selsal Z., Karakas A.S., Sayin B. Effect of pavement thickness on stress distribution in asphalt pavements under traffic loads. *Case Studies in Construction Materials*. 2022;16:e01107. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01107>.
21. Serin S., Oğuzhanoglu M.A., Kayadelen C. Comparative analysis of stress distributions and displacements in rigid and flexible pavements via finite element method. *Revista de la construccion*. 2021;20(2):321-331. <https://doi.org/10.7764/RDLC.20.2.321>.
22. Pron V.V., Vostroknutov S.M., Samokhin A.Yu., Malykhina E.A. Innovative developments to strengthen the subgrade in road construction. *Stroitel'nye materialy = Construction materials*. 2012;4:50-55. (In Russ.). EDN: PATBDV.
23. Elias T., Shirlal K.G. Preliminary investigation on stability and hydraulic performance of geotextile sand container breakwaters filled with sand and cement. *Scientific reports*. 2022;12:15244. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19673-9>.
24. Dimaki A.V., Shilko E.V., Astafurov S.V., Korostelev S.Yu., Psakhie S.G. A coupled model of fluid-saturated porous materials based on the combination of discrete and continuum approaches. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhni-cheskogo universiteta. Mekhanika = Perm National Research Polytechnic University Mechanics Bulletin*. 2014;4:68-101. (In Russ.). <https://doi.org/10.15593/perm.mech/2014.4.03>. EDN: TEQPSH.

25. Revuzhenko A.F., Klishin S.V., Beglyakov V.Yu. Using the method of discrete elements in the study of dilatancy characteristics of a loose medium. *Aktual'nye problemy sovremennogo mashinostroeniya: sbornik trudov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii = Actual problems of modern engineering: proceedings of the International scientific-practical conference*. 11-12 December 2014, Yurga. Tomsk: Tomsk Polytechnic University, 2014. (In Russ.). EDN: TJJMYB.

26. Klishin S.V., Revuzhenko A.F. Investigation of the Jansen problem by the discrete element method in a three-dimensional formulation. *Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*. 2014;3:10-16. (In Russ.).

Информация об авторах

Алексеев Виктор Викторович,

к.х.н., доцент кафедры
строительного производства,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: alavic59@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9867-0496>

Волокитин Иван Игоревич,

инженер по строительству,
ООО «Компания «Востсибуголь»,
664025, г. Иркутск, ул. Сухэ-Батора, 4, Россия,
e-mail: volokitinii@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0007-8039-1265>

Синюшкин Артем Дмитриевич,

инженер-конструктор,
ООО «Институт территориального развития»,
664075, г. Иркутск, ул. Верхняя Набережная,
167/4, оф. 13а, Россия,
e-mail: artemsinyushkin@bk.ru
<https://orcid.org/0009-0001-1275-5756>

Information about the authors

Viktor V. Alekseyenko,

Cand. of Sci. (Chem.), Associate Professor,
Department of Construction Production,
Irkutsk National Research
Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: alavic59@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9867-0496>

Ivan I. Volokitin,

Construction Engineer,
"Vostsibugol Company" LLC,
4 Sukhe-Bator St., Irkutsk 664025, Russia,
e-mail: volokitinii@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0007-8039-1265>

Artem D. Sinyushkin,

Design Engineer,
"Institute of Territorial Development" LLC,
167/4 Verkhnyaya Naberezhnaya St., office 13a,
Irkutsk 664075, Russia,
e-mail: artemsinyushkin@bk.ru
<https://orcid.org/0009-0001-1275-5756>

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад
в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта ин-
тересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regard-
ing the publication of this article.

Все авторы прочитали и одобрили окончатель-
ный вариант рукописи.

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

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 28.04.2023.
Одобрена после рецензирования 19.05.2023.
Принята к публикации 22.05.2023.

Information about the article

The article was submitted 28.04.2023.
Approved after reviewing 19.05.2023.
Accepted for publication 22.05.2023.



Проблемы предупреждения неблагоприятных техносферных ситуаций на территориях муниципальных образований в условиях изменения климата

И.В. Влад^{1✉}, В.Н. Безносков²

Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (Федеральный центр науки и высоких технологий), г. Москва, Россия

Аннотация. Цель настоящей работы заключается в системной оценке и выработке путей решения проблем предупреждения неблагоприятных техносферных ситуаций на территориях муниципальных образований в условиях изменения климата. Акцент делается на поиск системы методов, организационно-технических мероприятий, наилучших доступных технологий предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их социально-экономических, природно-ресурсных, экологических и иных неблагоприятных последствий для жизнедеятельности. В статье рассмотрены вопросы оценки, динамика, а также прогнозирования изменений климата в экологически уязвимых зонах с учетом фактора увеличения температуры окружающей среды на планете в результате негативного воздействия техносферных факторов человеческой жизнедеятельности в городском хозяйстве (объекты теплоэнергетики, жилищно-коммунального хозяйства, транспорта, обращения с опасными твердыми коммунальными и иными отходами). Анализируется влияние климатических изменений на природную среду с позиций предупреждения неблагоприятных событий и чрезвычайных ситуаций. По результатам обобщения и систематизации материалов в настоящей работе предложены направления и пути предупреждения экологической опасности на основе снижения техносферной нагрузки на компоненты природной среды в условиях изменения климата.

Ключевые слова: экологическая безопасность, коммунальное хозяйство, прогнозирование, мониторинг, выбросы загрязняющих веществ, «парниковые» газы, адаптация, жизнеобеспечение

Для цитирования: Влад И.В., Безносков В.Н. Проблемы предупреждения неблагоприятных техносферных ситуаций на территориях муниципальных образований в условиях изменения климата // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 3. С. 461–472. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-461-472>. EDN: HNVBPA.

Original article

Preventing technosphere-associated emergencies in the territories of municipalities in the context of climate change

Igor V. Vlad^{1✉}, Victor N. Beznosov²

All-Russian Scientific Research Institute for Civil Defence and Emergencies of the EMERCOM of Russia (Federal Science and High Technology Center), Moscow, Russia

Abstract. The present study is aimed at providing systematic assessment and developing preventive measures for adverse technosphere effects emerging in the territories of municipalities in the context of climate change. The study emphasizes the search for methods, organizational-technical measures, and the best available technologies for preventing natural and anthropogenic emergencies, as well as their socio-economic, natural-resource, environmental and other adverse consequences. The paper considers assessing the dynamics, as well as forecasting climate change in environmentally-sensitive areas, taking into account the increasing global temperature associated with technosphere factors of human activity in the urban economy (heat and power engineering, housing and utilities infrastructure,

© Влад И.В., Безносков В.Н., 2023

Том 13 № 3 2023

с. 461–472

Vol. 13 No. 3 2023

pp. 461–472

Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость
Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate

ISSN 2227-2917

(print)

ISSN 2500-154X

(online)

461

transport, handling of hazardous solid municipal and other wastes). The impact of climate change on the natural environment is analyzed in terms of preventing adverse events and emergencies. Based on the generalization and systematization of materials, the present paper identifies directions and ways of preventing environmental hazards by reducing the technosphere load on the natural environment under the conditions of climate change.

Keywords: environmental safety, utilities, forecasting, monitoring, emissions of pollutants, greenhouse gases, adaptation, life support

For citation: Vlad I.V., Beznosov V.N. Preventing technosphere-associated emergencies in the territories of municipalities in the context of climate change. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'* = *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2023;13(3):461-472. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-461-472>. EDN: HNVBPA.

ВВЕДЕНИЕ

Первостепенное значение в плане возникновения и развития экологической опасности играют техносферные факторы загрязнения окружающей среды. К основным техносферным (антропогенным) факторам, негативно влияющим на климат Земли, относятся: сжигание органического топлива, виды экономической деятельности в промышленности, энергетике, транспорте, АПК, ЛПК, ЖКХ, в гидростроительстве и мелиорации, разложение и горение мусора на полигонах и свалках, горение лесов, выхлопы автотранспортных средств, сжигание отходов на мусоросжигательных заводах [1–5].

В настоящей статье рассмотрены отдельные факторы антропогенного влияния на климат. Первое, на что обращается внимание в работе, заключено в следующем. Современное человечество давно отошло от экстенсивного пути развития экономики, когда увеличение объемов продукции было прямо пропорционально расходу сырья, энергии и вредному воздействию. Во вторых, рост населения планеты, потребительский характер современного общества, освоение новых территорий предопределяет постоянный рост негативного воздействия на окружающую среду. В третьих, неуклонно развиваются виды деятельности, где сокращение объемов техносферного воздействия требует от хозяйствующих субъектов серьезной мобилизации различного рода сил и средств. К таким видам деятельности, в первую очередь, следует отнести теплоэнергетику, самым существенным образом влияющую на выбросы парниковых газов и формирование «парникового» эффекта в атмосфере Земли. Такая же тенденция просматривается в вопросах ликвидации чрезвычайных ситуаций с экологическими последствиями: своевременное прогнозирование и предупреждение техносферной и, в первую очередь, экологической опасности,

представляется фундаментом состояния защищенности окружающей среды, населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [6–10].

Исходя из изложенного выше, задачей исследовательской работы послужила выработка подходов к решению проблем предупреждения неблагоприятных техносферных ситуаций в условиях всевозрастающего загрязнения окружающей среды, изменения климата, которые при определенных условиях могут перерасти в чрезвычайную ситуацию.

МЕТОДЫ

Материалами для проведения исследования послужили результаты проведенных научных исследований отечественных и зарубежных авторов в области климатологии, достижения углеродной нейтральности [11–15], экологической безопасности, рационального использования природных ресурсов [16–20], техногенного влияния опасных отходов [21–25], предупреждения негативного техносферного воздействия на жизнедеятельность населения [26–30].

В качестве методов и инструментов проведения настоящего исследования выступили: обобщение, систематизация, их композиция, сопоставительный и сравнительный анализ собранных материалов и данных. Материалами для проведения исследования послужили опубликованные результаты научных исследований отечественных и зарубежных авторов, информационные данные, материалы собственных исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследования проведено обобщение и систематизация материалов в области состава метеорологических и климатических условий, негативного воздействия на окружающую среду техногенных факторов, влияющих на изменение климата.

Проведенное исследование показало, что метеорологические и климатические факторы

на территории нашей страны характеризуются пространственной неоднородностью и имеют выраженный региональный характер, обусловленный наличием нескольких климатических зон и разнообразием местных условий. При этом под климатом понимается усредненное значение состояния погоды за продолжительный (многолетний) период системного непрерывного наблюдения. Для выявления изменений климата проводятся статистические выборки характеристик за тридцатилетний и более длительный период времени.

Наблюдение за погодой осуществляется, в первую очередь, по следующим характеристикам: атмосферное давление и осадки, скорость и направление ветра, температура и влажность воздуха, продолжительность и суммарность солнечной радиации, радиационный баланс, температура верхних слоев почвы и водоемов, высота снежного покрова. Одновременно ведется наблюдение за другими атмосферными явлениями: росы, гололед, метели, грозы, туманы и т.д. Многолетние данные наблюдений, их статистическая обработка носят название климатических норм, по которым определяют соответствующие нормы для дней, декад, месяцев и т.д. Немаловажными факторами являются причины и условия увлажнения, разность «осадки–испаряемость», гидротермический коэффициент местности. Под климатическими ресурсами в данном контексте подразумевается уровень и значимость воздействия вышеупомянутых факторов состояния погоды и явлений атмосферы, почвы, воды на природную среду и жизнедеятельность человека, с учетом этого, в междисциплинарных прикладных отраслях климатологии возникли дисциплины, изучающие эти воздействия (например, воздействие климата на растениеводство – агроклиматология). В соответствии с климатологическими прогнозами, в средних широтах и в Рос-

сии в частности, режим осадков будет меняться в неблагоприятную сторону. Количество осадков будет увеличиваться и это неплохо, но они будут выпадать концентрированно и редко, т.е. мы получим эффект быстрого сброса, а не накопления и медленного расходования. Это будет проявляться независимо от хозяйственной деятельности на водосборе, просто в силу климатических изменений, которые инициированы в значительной степени человеком. А проблемы с водосбором только усугубят ситуацию. По мнению экспертов, к 2015 г. на большей части территории России ожидается дальнейшее повышение температуры воздуха зимой примерно на 1,0 °С при наличии определенных вариаций в различных регионах страны. Летом в целом ожидается потепление будет сильнее, чем зимой. В среднем оно составит порядка 1,4 °С. Прогнозируется дальнейший рост среднегодового количества осадков, преимущественно за счет их увеличения в холодный период. На преобладающей части России зимой возможно выпадение осадков на 4–6% больше, чем в настоящее время. Самое существенное увеличение количества осадков зимой прогнозируется на севере Восточной Сибири (по разным оценкам, прирост до 7–9%). Принято во внимание, что Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) избрала темой ежегодного «Дня здоровья» изменение климата, чтобы обратить внимание всего мира на влияние этих необратимых перемен на здоровье человека. ВОЗ определила пять основных факторов, влияющих на здоровье человека вследствие изменения климата – проблемы в сельском хозяйстве, рост количества потенциальных смертей и повреждений, недостаток или избыток воды, периоды сильной жары, перепад температур. Четко определен состав газообразных соединений, относящихся к так называемым «парниковым» газам (рис. 1).

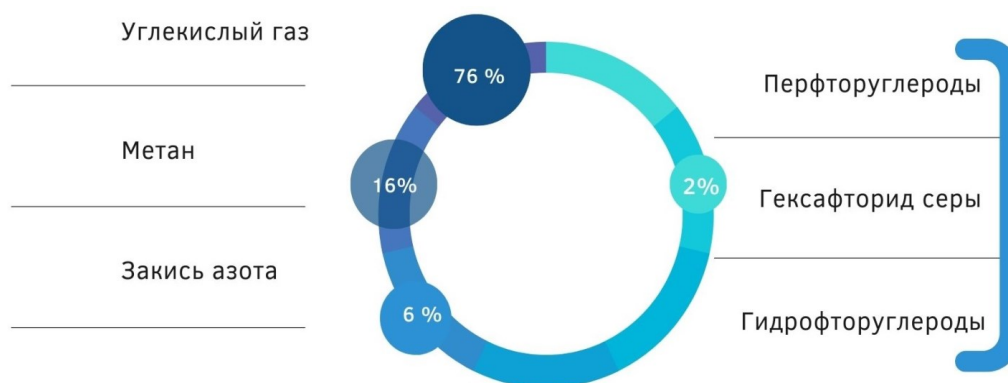


Рис. 1. Состав парниковых газов
Fig. 1. Composition of greenhouse gases

Заключения ученых и специалистов-экспертов свидетельствуют о следующем. В случае если выбросы двуокиси углерода в атмосферу на планете будут продолжаться в нынешнем объеме, то тогда на каком-то этапе неуклонно продолжающееся количественное загрязнение окружающей среды перейдет в качественное и катастрофические изменения примут скачкообразный и необратимый характер. Они будут выражаться в проявлении глобальных чрезвычайных ситуаций техногенного и природного плана с катастрофическими социально-экономическими и экологическими последствиями. Эксперты предсказывают, что через 50 лет превышение средней температуры на Земле ожидается от 1,1 до 6,5 °С, что приведет к полному таянию арктических льдов и уменьшению площади других ледников, повышению уровня Мирового океана на 28–43 см, более частым засухам и тропическим штормам и исчезновению некоторых видов растений и животных.

Для России вопрос теплообеспечения в зимний период – это вопрос жизни и смерти ее жителей, а стоимость этого вопроса несопоставима с другими затратами коммунального хозяйства. Основными видами вредного воздействия от объектов теплоэнергетики является эмиссия в атмосферный воздух твердых и газообразных загрязняющих веществ.

По экспертным данным, объем выбросов загрязняющих веществ по ЦФО от предприятий электро- и теплоэнергетики составляет 25,75% выбросов в атмосферу от всех стационарных источников загрязнения и уступает по объему выбросов только предприятиям черной металлургии (513,045 тыс. т в год). Для примера, 3 и 4 место по ЦФО среди отраслей по объемам выбросов занимают предприятия по переработке нефтепродуктов (120,94 тыс. т в год) и производству стройматериалов (97,46 тыс. т в год).

Следует отметить, что при сборе этих данных не учитывались выбросы от местных отопительных приборов частного сектора, мини-котельных предприятий малого бизнеса, котельных предприятий-банкротов, а также выбросов бытового оборудования на газе. Это позволяет сделать предположение, что фактический объем выбросов на 25–30% выше. В то же время, низкие удельные значения выбросов объясняются газификацией объектов теплоэнергетики, т.е. эффект достигнут за счет использования экологически «чистого» топлива.

В то же время, говоря об объемах выбросов отрасли, надо помнить, что выбросы авто-

транспорта составил в 2003 г. 78,3% от объемов выбросов стационарных источников. В России не полностью учитывают выбросы, возникающие при добыче полезных ископаемых, проведение ряда строительных, транспортных и сельскохозяйственных работ.

Выбросы от предприятий электро- и теплоэнергетики по ЦФО от общероссийских составляют 7,62%, в то время когда суммарные выбросы от всех стационарных источников ЦФО составляют 8,78% от общероссийских. Основными веществами, загрязняющими атмосферу при сжигании природного газа, являются оксиды азота и оксид углерода. Основным используемым резервным топливом является мазут. Основное топливо, в выбросах которых дополнительно присутствует сажа, углеводороды и сернистый ангидрид. Доля использования твердого топлива невелика, например в Подмоскovie, они представлены Шатурской ГРЭС, работающей на местном торфе. Выброс дымовых газов этой станции происходит через ступенчатую систему золоулавливания.

Переходя к рассмотрению возможных перспектив экологизации промышленности можно отметить, что политические и экономические коллизии 1990-х гг. привели к невиданному падению производства в России и, следовательно, к уменьшению выбросов загрязняющих веществ. Например, выброс от стационарных источников за 1991–2002 гг. по ЦФО снизился в 2,3 раза. Однако, начиная с 2002 года, увеличение объемов производства несколько повысило объем выбрасываемых веществ. В целом по Российской Федерации в 2003 г. выбросы от стационарных источников составили 19,8 млн т, что на 348,2 тыс. т больше, чем в 2002 г. В 2005 г. эта цифра составила 20425,3 тыс. т против 20580, 1 тыс. т в 2006 г.

Аналогичный рост зафиксирован по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу от предприятий тепло- и электроэнергетики. Валовой выброс вредных веществ от них в атмосферу в 2003 г. по России (38) вырос по сравнению с 2002 г. на 2,8%, составив 3446,6 тыс. т. Практически по всем основным загрязняющим веществам объемы выбросов выросли по сравнению с показателями 2002 г., за исключением выбросов углеводородов, которые снизились почти на 9%. Увеличение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу произошло в связи с изменением структуры топливного баланса и увеличением количества сожженного топлива. Дополнительным источником тепловых выбросов становятся

мусоросжигающие заводы. К основным недостаткам теплоэнергетической отрасли следует отнести высокий износ и моральное старение большей части котлоагрегатов, высокие потери при транспортировке тепла потребителям, высокая теплопроводность ограждающих конструкций большинства зданий и сооружений, практика обязательного выбора лимитов на природный газ. Дополнительно повышение теплопотребления в стране связано с повышением комфортности части жилых зданий (в первую очередь, за счет увеличения в них площади на одного проживающего) и резкое увеличение объектов социально-культурной сферы.

Значительным по объемам источником сжигания органического топлива в России является транспорт. Диаграммы динамики объемов выбросов загрязняющих веществ показывают, что к 2003 г. доля выбросов от транспорта составила 78,3%, против 51,1% в 1995 г. Тенденция к увеличению выбросов от транспорта сохраняется и сегодня, так как автопарк страны ежегодно увеличивается на 8–10%. Необходимо отметить, что при рассмотрении выбросов от автотранспорта мы учитываем, согласно существующим методикам (94), только 4–7 веществ, в то время как авторы, работающие в этой области, насчитывают несколько десятков. Также у нас не учитывается объем мелкодисперсной пыли от трения автотранспортных средств.

Транспортные средства на планете в год потребляют около 25% всего ископаемого топлива, при этом доля автотранспорта в данном объеме потребления составляет 80%. Роль транспорта по оказанию воздействия на погодные условия в мегаполисах настолько высока, что вместе с высокими тепловыми потерями зданий они создают «тепловые шапки городов», когда температура внутри их стабильно превышает температуру окружающей местности, вместе с объектами энергетики становятся источником образования смога, в первую очередь, при наличии неблагоприятных метеорологических условий в атмосфере.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух как от авиационного, так и от судоходного сектора экономики были исключены из Киотского протокола, поскольку довольно сложно непрерывно оценивать объем таких выбросов. ООН передала всю ответственность за контроль выбросов от этого транспортного сектора на Международную морскую организацию и Международную организацию гражданской авиации. Данное решение было поддержано Советом Европы и Европейским парламентом. Дело в том, что

уровень выбросов загрязняющих веществ международным авиационным транспортом в ЕС растет быстрее, чем в других секторах. Говоря об авиации, нельзя не вспомнить о том, что, наблюдая за летящим высоко в безоблачном небе самолетом, каждый из нас видел оставляемый им шлейф, который состоит из конденсационных следов. Этот шлейф может сохраняться часами в окрестностях крупных аэропортов с оживленным движением, и когда конденсационные следы накапливаются, они переходят в перистые облака – это еще один механизм воздействия выхлопных авиационных газов на климат Земли, который повышает облачность.

Согласно данным доклада ООН 2008 г., опубликованном в британской газете «The Guardian», на судоходный транспорт приходится выбросов 1,12 млрд т углекислого газа, что в два раза больше выбросов от авиационного сектора. Таким образом, транспорт оказывает влияние на важные элементы климата: качество (загрязнение) атмосферного воздуха, его температуру и ряд других. Важно отметить, что этот вид антропогенного воздействия динамично увеличивает свое воздействие, ставя перед нами задачу снижения его влияния по объему удельного воздействия на климат как первоочередную. Пример математического моделирования г. Нижнекамска наглядно показал, что мы значительно отстаем в этой области от Западной Европы. В то же время самый значительный ущерб атмосфере на местном уровне транспорт оказывает в мегаполисах, где его последствия превышают санитарно-гигиенические нормативы качества воздуха.

Для России важнейшим антропогенным видом воздействия, влияющим на эмиссию загрязняющих веществ в атмосферный воздух, является металлургия. Объем выбросов загрязняющих веществ от предприятий черной металлургии составляет 10% от суммарных значений по России, а по наиболее густонаселенному Центральному Федеральному округу – около 30%. Объем выбросов загрязняющих веществ от цветной металлургии составляет почти 20%, при этом на долю этой отрасли приходится только 8% валового национального продукта.

Внутренний рынок России потребляет четвертую часть продукции цветной металлургии и 60% черной. К этому надо добавить, что городов, имеющих металлургическое производство, больше всего в списке городов РФ с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха. Металлургические комбинаты являются крупнейшими загрязнителями в ме-

стах их расположения. В нулевых годах этого века на ОАО «Северсталь» приходилось 72% валовых выбросов вредных веществ в Вологодской области; на ОАО «Тулачермет» – 40% в Тульской области; на ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» – 29% в Челябинской области. На ОАО «Старооскольский электрометаллургический комбинат» – 35% в Белгородской области. При этом в ходе экологического обследования зоны расположения последнего из упомянутых предприятий определено, что от жилого массива г. Старый Оскол комбинат отделен изначально многокилометровой санитарно-защитной зоной.

Результативность реализуемых в отрасли экологических программ отмечена не только средствами массовой информации, но и Государственным докладом о состоянии окружающей среды. Из доклада следует, что лидер цветной металлургии вкладывает сотни миллионов рублей в экологизацию своего производства. Так, ОАО «ГМК «Норильский никель» информирует общественность об успехах, о сокращении выбросов сернистого ангидрида. Правда, необходимость проведения эффективных мероприятий по сокращению выбросов этого вещества для концерна predetermined и увеличенным содержанием серы в добываемой руде. При этом шлейф сернистого ангидрида в атмосфере на территории нашей страны распространяется практически до Байкала.

Многие вопросы экологии металлургической отрасли остаются за границей видения гражданского общества. Сюда следует отнести месторождения: в зоне действия рудников, обогатительных фабрик и металлургических заводов только по официальным отчетам накоплено 5 млрд т вскрышных и вмещающих пород, около 1 млрд т хвостов обогащения и почти 1 500 млн т металлургических шлаков и шламов. Сегодня это мощнейшие источники запыления атмосферного воздуха, воздействие от которых по площади и объему сопоставимы с пустыней, площадью в несколько тысяч квадратных километров. Много проблем со старыми месторождениями, где сегодня вырабатывают руду со все более возрастающим содержанием вредных примесей.

Предприятия металлургического комплекса оказывают влияние на климат через загрязнение атмосферы, в два раза больший, чем предприятия тепло- и электроэнергетики, в то время когда потребительский интерес общества к ним меньше чем в 2 раза, так как большая часть продукции этих компаний уходит за рубеж и неизвестна российским потре-

бителям.

Из менее значимых отраслей производства для загрязнения атмосферы и, как следствие этого, изменения климатических ресурсов, следует назвать топливную промышленность, производство строительных материалов, машиностроение и химическую промышленность. Суммарный вклад этих отраслей составляет около 25% от количества выбросов в атмосферу от стационарных источников.

Одними из самых опасных техносферных факторов, крайне негативно влияющих на загрязнение атмосферы «парниковыми» газами, служат чрезвычайные ситуации техногенного характера: пожары и открытое горение на значительных площадях. В первую очередь, это касается различного рода складов продукции (особенно полимерной: полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида, полистирола, полиамида, полиэтилентерефталата, пенополистирола и других видов, а также органо-полимерной: древесно-стружечных, древесно-полимерной, древесноволокнистой, фанеры и пр.). Во-вторых, это относится к горению мусорных полигонов и свалок, на которых захораниваются все те же полимерные отходы. В обоих случаях, кроме «парниковых» газов в атмосферный воздух выбрасываются значительные количества чрезвычайно опасных соединений: диоксинов и диоксиноподобных токсикантов, фенола, формальдегида, цианидов.

При анализе взаимосвязи климатических гипотез с более важной глобальной проблемой безопасного проживания человека, речь обязательно пойдет об актуальных проблемах захоронения, сжигания и переработки твердых коммунальных и подобных им отходов. Обращение отходов, и не только бытовых, можно смело отнести к системе жизнеобеспечения человека, поскольку при ее отсутствии человек теряет возможность жизнедеятельности. При недостаточности контроля за состоянием полигонов они превращаются в опасные для человека и окружающей среды объекты.

Если оценивать состояние большинства отечественных мусорных полигонов с точки зрения промышленной санитарии, то серьезную опасность представляет отсутствие или слабый уровень мониторинга за состоянием тела полигона, большая вероятность возникновения эпидемий в районе полигона, практически постоянное горение полигонов с выделением токсинов, а также серьезное загрязнение различными опасными веществами подземных и поверхностных вод. С другой стороны, при условии соблюдения технологии за-

грузки тела полигона, грамотном решении задачи стока жидкой фазы, при постоянном мониторинге за отсутствием задымления, такие объекты размещения отходов выполняли свои функции и были в большей мере безопасны до начала 90-х гг. прошлого века. Проблемы возникли сразу после потери контроля за их деятельностью, а затем в результате передачи в частные руки права их владения, распоряжения и использования. Для систем жизнеобеспечения такое «смелое» решение крайне стало опасно в плане последствий, поскольку в частных руках «бизнес на мусоре», за редким исключением, превращается в неконтролируемую структуру, которая создает очень опасные условия для окружающей среды и для людей, живущих рядом с полигоном или свалкой.

Задача по исключению выбросов CO_2 в атмосферу при необходимости может быть решена в нескольких вариантах переработки бытовых и промышленных отходов, выработке комплекса мер по предупреждению чрезвычайных ситуаций, связанных с возгоранием в промышленности, на транспорте, в сельском и, в первую очередь, в лесном хозяйстве.

Россия обладает самыми большими в мире запасами леса и лесными площадями. Площадь покрытых лесной растительностью земель составляла 64,8% площади лесного фонда.

Общий запас древесины – 82,1 млрд м^3 , что составляет соответственно 26% мировых запасов. Наша страна располагает более зрелыми и более продуктивными лесами, чем остальные страны мира. Ресурсные функции лесов России чрезвычайно важны для экономического развития. Лесной фонд нашей страны содержит свыше 50% мировых запасов ценной древесины хвойных пород. Расчетная лесосека (размер неистощительной рубки спелых лесов) превышает 500 млн м^3 ликвидной древесины в год. На одного жителя РФ приходится около 600 м^3 древесины на корню, что значительно больше, чем в любой другой стране мира.

Позитивная роль леса в создании благоприятного водного режима местности определена его разносторонним влиянием на водный режим: это имеет большое водоохранное и воднорегулирующее значение. Лес регулирует поступление воды в реки, снижая весенний поверхностный сток талых снеговых и ливневых вод, растягивает его во времени, переводит во внутрипочвенный, подпитывает реки в сухой период. Лес как объект природной среды снижает паводки на реках и предупреждает наводнение. В лесу, вследствие

меньшего промерзания почвы, вода почти полностью поступает в почву и питает грунтовые воды.

Российские леса – один из стабилизаторов изменения климата, однако присутствуют в наличии районы, крайне бедные лесом и даже совершенно безлесные – степи, полупустыни, пустыни, в которых необходимо проводить лесомелиоративные работы. Объектами лесомелиорации должны стать отработанные карьеры и другие нарушенные земли. Лесоразведение представляет собой значимый резерв сокращения выбросов парниковых газов посредством их поглощения растительностью.

Таким образом, по результатам исследования в работе представлен обзор ситуации, обобщены и систематизированы информационно-аналитические данные по источникам и объемам техногенного воздействия, приводящего к ухудшению климата на планете, возникновению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера с опасными социально-экономическими и экологическими последствиями.

На основе системного анализа негативного техногенного воздействия, ведущего к неблагоприятным изменениям климата, предлагается комплекс маркерных показателей, характеризующих процессы жизнедеятельности в конкретных территориальных образованиях в условиях предупреждения негативных климатических изменений и адаптации экономики, в первую очередь, объектов жизнеобеспечения техносферных территорий к изменениям климата. Состав означенных количественных и качественных параметров приведен на схеме рис. 2.

Разработанные и представленные выше показатели критериальной оценки проходят в настоящее время апробацию при формировании системы маркерных индикаторов деятельности объектов жизнеобеспечения муниципальных образований, городского хозяйства по предупреждению аварийных и чрезвычайных ситуаций техногенного характера, а также смягчению последствий экологически опасных видов экономической деятельности, приводящих к негативному техносферному воздействию и неблагоприятным климатическим изменениям.

Приведенные в настоящем исследовании информационные данные, разработанные критерии и показатели должны способствовать пониманию читателем актуальности и необходимости активизации и ускорения решения эколого-климатических проблем, затрагивающих все человечество.



Рис. 2. Состав означенных количественных и качественных параметров
Fig. 2. Composition of the indicated quantitative and qualitative parameters

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный в исследовательской работе системный анализ влияния техногенных факторов на состояние климата предоставляет возможность прогнозировать следующие тенденции и перспективы изменения климата с учетом воздействия наиболее загрязняющих атмосферный воздух объектов теплоэнергетики, ЖКХ, транспорта и промышленности:

- основное воздействие проявляется через эмиссию загрязняющих веществ в атмосферный воздух, следовательно, представляются актуальными комплексные меры по снижению выбросов на самих предприятиях путем внедрения наилучших доступных и экологически чистых технологий;

- фактический вклад стационарных объектов загрязнения в эмиссию загрязняющих веществ не превышает 15% в целом по России и 18% по северным регионам, отсюда следует, что первостепенное значение следует уделять снижению выбросов от передвижных источников, особенно в городах, от несанкционированных источников загрязнения, становящихся, в большинстве своем, источниками возникновения чрезвычайных ситуаций: горя-

щих лесов, мусорных полигонов и свалок, аварий на промышленных и транспортных объектах с выбросом опасных загрязняющих веществ;

- объемы выбросов от стационарных источников загрязнения являются следствием нерационального использования органического топлива и могут быть уменьшены в результате организационно-технических мероприятий;

- огромное социально-экологическое значение имеет развитие лесного хозяйства – как фактора предотвращения «парникового» эффекта на Земле, негативного изменения климата в результате парниковых газов и токсичных выбросов загрязняющих веществ;

- в нашей стране могут и должны быть приняты в кратко-, средне- и долгосрочной перспективе меры по поэтапному снижению расхода природного топлива посредством перехода на альтернативные источники энергии, а также путем повышения объемов утилизации тепловой энергии промышленных предприятий, задействуя при этом энергосбережение как один из основных принципов перехода на устойчивое развитие.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Цховребов Э.С. Правовые аспекты обеспечения экологической безопасности // ЭКОС. 2006. № 3. С. 13–19.
2. Цховребов Э.С. Охрана окружающей среды на железнодорожном транспорте: монография. М.: Космосинформ, 1994. 354 с.

3. Акимов В.А., Лесных В.В., Рязанов Н.Н. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах. М.: Деловой экспресс, 2004. 352 с.
4. Цховребов Э.С., Садова С.В. Экономические и правовые вопросы оценки экологического ущерба (вреда) // Вестник РАЕН. 2014. Т. 14. № 2. С. 57–59.
5. Гаврилов Е.В., Исаков В.М., Цховребов Э.С. Проблемы обеспечения экологической безопасности на территории муниципального образования // ЭКОСинформ. 2005. № 1. С. 17.
6. Арефьева Е.В., Крапухин В.В., Олтян И.Ю., Котосонина М.Н., Артюхин В.В. Устойчивость муниципальных образований Российской Федерации в условиях изменения климата. М.: ВНИИ ГОЧС, 2022. 324 с.
7. Арефьева Е.В., Олтян И.Ю. Роль международного сотрудничества в области совершенствования прогнозирования рисков бедствий с учетом глобальных климатических изменений // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2017. № 2 (33). С. 7–9.
8. Акимов В.А., Олтян И.Ю., Иванова Е.О. Методика ранжирования чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера по степени их катастрофичности // Технологии гражданской безопасности. 2021. Т. 18. № 1 (67). С. 4–7.
9. Oltyan I.Y., Arefyeva E.V., Kotosonov A.S. Remote assessment of an integrated emergency risk index // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS – 2020). Sochi, 2020. p. 042053.
10. Фалеев М.И., Олтян И.Ю., Арефьева Е.В., Болгов М.В. Методология и технология дистанционной оценки риска // Проблемы анализа риска. 2018. Т. 15. № 4. С. 6–19.
11. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы и ее окружения. М.: Наука, 1987. 645 с.
12. Израэль Ю.А. Гидрометеорология и контроль состояния природной среды. Проблемы современной гидрометеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 1997. 366 с.
13. Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера. М.: Молодая гвардия, 1990. 529 с.
14. Hertwich E., Lifset R., Pauliuk S., Heeren N. Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future. A Report of the Int. Resource Panel. United Nations Environment Programme, Kenya // Unep.org [Электронный ресурс] URL: <https://www.unep.org/resources/report/resource-efficiency-and-climate-change-material-efficiency-strategies-low-carbon> (03.10.2023).
15. Climate change agreements: operations manual // Environment Agency. UK Government [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gov.uk/government/publications/climate-change-agreements-operations-manual-2> (03.10.2023).
16. Цховребов Э.С. Формирование региональных стратегий управления обращением с вторичными ресурсами // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. № 4 (127). С. 450–463.
17. Суздалева А.Л. Экологическая глобалистика и устойчивое развитие на этапе техногенной трансформации биосферы // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. 2020. № 1. С. 6–11.
18. Domenech T., Bahn-Walkowiak B. Transition Towards a Resource Efficient Circular Economy in Europe: Policy Lessons from the EU and the Member States // Ecological Economics. 2019. Vol. 155. P. 7–19.
19. Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions // Resources, Conservation & Recycling. 2017. No. 127. P. 9.
20. Hart J., Adams K., Giesekam J., Densley Tingley D., Pomponi F. Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment // Procedia CIRP. 2019. No. 80. P. 619–624. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.12.015>.
21. Tshovrebov E., Velichko E., Shevchenko A. Methodological approaches to a substantiation resource - and energetically effective economic model of object of placing of a waste // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018. Vol. 692. P. 1296–1305.
22. Цховребов Э.С. Эколого-экономические аспекты планирования размещения и проектирования промышленных объектов по обработке, утилизации, обезвреживанию отходов // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. № 11 (122). С. 1326–1340.
23. Кожуховский И.С., Величко Е.Г., Цыльковский Ю.К., Цховребов Э.С. организационно-экономические и правовые аспекты создания и развития производственно-технических комплексов по переработке золошлаковых отходов в строительную и иную продукцию // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. № 6 (129). С. 756–773.
24. Velichko E., Tshovrebov E., Niyazgulov U. Organizational, technical and economic fundamentals of waste management and monitoring // E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering (TPACEE – 2019). 2020, p. 08031.
25. Tskhovrebov E., Velichko E., Niyazgulov U. Planning measures for environmentally safe handling with extremely and highly hazardous wastes in industrial, building and transport complex // Materials Science Forum. 2019. Vol. 945. P. 988–994.

26. Goldstein B., Rasmussen F. LCA of Buildings and the Built Environment // Life Cycle Assessment. Theory and Practice. 2018. Ch. 28. P. 695–720.
27. Chernykhivska A. Modern perspectives of development of «green» economy // Economic processes management. 2015. Iss. 1. P. 108–115.
28. Цховребов Э.С., Костарев С.Н. Прогнозирование экологических угроз, возникающих при эксплуатации объектов строительства и городского хозяйства // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2023. № 1 (769). С. 95–108.
29. Tshovrebov E.S., Velichko E.G., Kostarev S.N., Niyazgulov U.D. Mathematical model of environmentally friendly management of construction waste and waste of urban economy // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. "Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East, AFE 2021. 2021. P. 042062.
30. Oltyan I.Y., Arefyeva E.V., Kotosonov A.S. Remote assessment of an integrated emergency risk index // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS-2020). Sochi, 2020. P. 042053.

REFERENCES

1. Tshovrebov E.S. Legal aspects of ensuring environmental safety. *EKOS*. 2006;3:13-19. (In Russ).
2. Tshovrebov E.S. Environmental protection in railway transport. Moscow: Kosmosinform; 1994. 354 p. (In Russ).
3. Akimov V.A., Lesnyh V.V., Ryzaev N.N. Basis of analysis and management of risks in a nature and technogenic spheres. Moscow: Business express; 2004. 352 p. (In Russ.).
4. Tshovrebov E.S., Sadova S.V. Economic and legal issues of environmental damage assessment. *Byulleteny Rossiyskoy akademii estestvennyh nauk = Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. 2014;14(2):57-59. (In Russ).
5. Gavrillov E.V., Isakov V.M., Tshovrebov E.S. Problems of ensuring environmental safety in the territory of the municipality. *EKOSinform = ECOSinform*. 2005;1:17. (In Russ).
6. Arefyeva E.V., Krapukhin V.V., Oltyan I.Yu., Kotosonova M.N., Artyukhin V.V. Sustainability of municipalities of the Russian Federation in the conditions of climate change. Moscow: VNII GOCHS Publ., 2022. 324 p. (In Russ).
7. Arefyeva E.V., Oltyan I.Yu. The role of international cooperation in improving disaster risk forecasting taking into account global climate change. *Nauchnye i obrazovatelnye problemy grazhdanskoy zashity = Scientific and educational problems of civil protection*. 2017;2(33):7-9. (In Russ).
8. Akimov V.A., Oltyan I.Yu., Ivanova E.O. Methodology for ranking emergency situations of natural, man-made and biological-social nature according to the degree of their catastrophism. *Tehnologii grazhdanskoi bezopasnosti = Technologies of civil security*. 2021;18(1):4-7. (In Russ.).
9. Oltyan I.Y., Arefyeva E.V., Kotosonov A.S. Remote assessment of an integrated emergency risk index. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS-2020)*. Sochi; 2020. p. 042053.
10. Faleev M.I., Oltyan I.Yu., Arefyeva E.V., Bolgov M.V. Methodology and technology of remote risk assessment. *Problemy analiza riska = Problems of risk analysis*. 2018;15(4):6-19. (In Russ).
11. Vernadsky V.I. Chemical structure of the biosphere and its environment. Moscow: Nauka; 1987. 645 p. (In Russ).
12. Israel Yu.A. Hydrometeorology and control of the state of the natural environment. Problems of modern hydrometeorology. Leningrad: Hydrometeoizdat; 1997. 366 p. (In Russ).
13. Moiseev N.N. Man and the noosphere. Moscow: Molodaya gvardiya; 1990. 529 p. (In Russ).
14. Hertwich E., Lifset R., Pauliuk S., Heeren N. Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future. A Report of the Int. Resource Panel. United Nations Environment Programme, Kenya. *Unep.org*. Available from: <https://www.unep.org/resources/report/resource-efficiency-and-climate-change-material-efficiency-strategies-low-carbon> [03th October 2023].
15. Climate change agreements: operations manual. *Environment Agency. UK Government*. Available from: <https://www.gov.uk/government/publications/climate-change-agreements-operations-manual-2> [03th October 2023].
16. Tshovrebov E.S. Formation of regional strategies for managing the management of secondary resources. *Vestnik MGSU = Bulletin of MGSU*. 2019;14(4):450-463. (In Russ).
17. Suzdaleva A.L. Ecological globalistics and sustainable development at the stage of technogenic transformation of the biosphere. *Geoekologiya, inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya. Geokryologiya = Geocology. engineering geology. hydrogeology. Geocryology*. 2020;1:6-11. (In Russ).
18. Domenech T., Bahn-Walkowiak B. Transition Towards a Resource Efficient Circular Economy in Europe: Policy Lessons from the EU and the Member States. *Ecological Economics*. 2019;155:7-19.

19. Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation & Recycling*. 2017;127:9.
20. Hart J., Adams K., Giesekam J., Densley Tingley D., Pomponi F. Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment. *Procedia CIRP*. 2019;80:619-624. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.12.015>.
21. Tshovrebov E., Velichko E., Shevchenko A. Methodological approaches to a substantiation resource - and energetically effective economic model of object of placing of a waste. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2018;692:1296-1305.
22. Tshovrebov E.S. Ecological and economic aspects of planning the placement and design of industrial facilities for the processing, disposal, disposal of waste. *Vestnik MGSU = Bulletin of MGSU*. 2018;13(11):1326-1340. (In Russ).
23. Kozhukhovskiy I.S., Velichko E.G., Tselykovskiy Yu.K., Tshovrebov E.S. Organizational, economic and legal aspects of the creation and development of industrial and technical complexes for the processing of ash and slag waste into construction and other products. *Vestnik MGSU = Bulletin of MGSU*. 2019;14(6):756-773. (In Russ).
24. Velichko E., Tshovrebov E., Niyazgulov U. Organizational, technical and economic fundamentals of waste management and monitoring. *E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering (TPACEE- 2019)*. 2020. p. 08031.
25. Tskhovrebov E., Velichko E., Niyazgulov U. Planning measures for environmentally safe handling with extremely and highly hazardous wastes in industrial, building and transport complex. *Materials Science Forum*. 2019;945:988-994.
26. Goldstein B., Rasmussen F. LCA of Buildings and the Built Environment. Life Cycle Assessment. *Theory and Practice*, 2018, chapter 28, pp. 695–720.
27. Chernykhivska A. Modern perspectives of development of «green» economy. *Economic Processes Management*. 2015;1:108-115.
28. Tshovrebov E.S., Kostarev S.N. Forecasting of environmental threats arising during the operation of construction and urban facilities. *Izvestiya vyshih uchebnykh zavedeniy. Stroitelystvo = News of higher educational institutions. Construction*. 2023;1:95-108. (In Russ).
29. Tshovrebov E.S., Velichko E.G., Kostarev S.N., Niyazgulov U.D. Mathematical model of environmentally friendly management of construction waste and waste of urban economy. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. "Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East, AFE 2021"*. 2021, p. 042062.
30. Oltyan I.Y., Arefyeva E.V., Kotosonov A.S. Remote assessment of an integrated emergency risk index. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety, ICCATS 2020. Sochi; 2020*. p. 042053.

Информация об авторах

Влад Игорь Викторович,
научный сотрудник,
Всероссийский научно-исследовательский
институт по проблемам гражданской обороны
и чрезвычайных ситуаций МЧС России
(Федеральный центр науки и высоких
технологий),
121352, г. Москва, ул. Давыдовская, 7, Россия,
e-mail: viv23121963@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0000-2818-1171>

Безносков Виктор Николаевич,
д.б.н., старший научный сотрудник,
Всероссийский научно-исследовательский
институт по проблемам гражданской обороны
и чрезвычайных ситуаций МЧС России
(Федеральный центр науки и высоких
технологий),
121352, г. Москва, ул. Давыдовская, 7, Россия,
e-mail: BeznosovVN@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5878-0252>

Information about the authors

Eduard S. Tshovrebov,
Research Associate,
All-Russian Scientific Research Institute
for Civil Defence and Emergencies
of the EMERCOM of Russia
(Federal Science and High Technology
Center),
7 Daviyskovskaya St., Moscow 121352, Russia,
e-mail: viv23121963@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0000-2818-1171>

Victor N. Beznosov,
Doctor of Biology Sciences, Senior Researcher,
All-Russian Scientific Research Institute
for Civil Defence and Emergencies
of the EMERCOM of Russia
(Federal Science and High Technology
Center),
7 Daviyskovskaya St., Moscow 121352, Russia,
e-mail: BeznosovVN@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5878-0252>

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.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 15.05.2023.
Одобрена после рецензирования 31.05.2023.
Принята к публикации 05.06.2023.

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.

Information about the article

The article was submitted 15.05.2023.
Approved after reviewing 31.05.2023.
Accepted for publication 05.06.2023.



Автоматизированное составление сметных расчётов объектов дорожного хозяйства в рамках парадигмы 5D-моделирования

Т.Л. Дмитриева¹, А.Б. Черняго²✉

^{1,2}Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Аннотация. Целью данной работы является возможность автоматизированного составления сметных расчетов объектов дорожного хозяйства на основе полученных на этапах проектирования или строительства данных из ведомости объемов работ. Инструментом для извлечения фактов и параметров из ведомости объемов работ авторами работы принят Томита-парсер. Дальнейшее сопоставление объемов работ с федеральными сборниками ФЕР/ГЭСН происходит разработанной авторами программой по расчету и составлению смет. Для создания базы данных сопоставленных позиций ведомости объемов работ и сборников ФЕР/ГЭСН, представленный в данной работе способ является ручным, и, может быть более надежным, но для работы с большими массивами данных лучше воспользоваться технологиями машинного обучения. Алгоритмом программы учитываются множество настроек сметы, в том числе назначение индекса к строительно-монтажным работам, общего коэффициента к позициям по видам работ (например, учитывающего выполнение работ по одной половине проезжей части) и т.д. Формирование готовой сметы происходит в расширение *.xml, возможна ее дальнейшая интеграция в информационную модель дороги и перевод в формат *.ggs для работы в Главгосэкспертизе. Результаты показали, что все ключевые параметры из ведомости объемов работ были учтены алгоритмом программы, и сформированная смета максимально точно (с учетом всех коэффициентов и расценок) отразила стоимость описанных в этой ведомости работ.

Ключевые слова: трехмерная информационная модель, 5D-моделирование, система автоматизированного проектирования, информационная модель автомобильной дороги, Томита-парсер, XML-схемы, среда общих данных

Для цитирования: Дмитриева Т.Л., Черняго А.Б. Автоматизированное составление сметных расчетов объектов дорожного хозяйства в рамках парадигмы 5D-моделирования // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 3. С. 473–482. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-473-482>. EDN: IXMZDK.

Original article

Automated estimation of road facilities within 5D modeling paradigm

Tatiana L. Dmitrieva¹, Andrey B. Chernyago²✉

^{1,2}Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Abstract. The paper is aimed at considering the possibility of automated estimation of road facilities on the basis of data obtained from the bill of quantities at the design or construction stages. The authors accepted Tomita Parser as a for extracting facts and parameters from the bill of quantities. Further comparison of quantities of work with Federal Unit Rates and State Itemized Cost Estimate Standards is carried out by the program algorithm developed by the authors for calculating and estimating costs. The presented manual method for creating a database compiled on the basis of comparing the bill of quantities with the above federal regulations may be considered reliable. However, large data sets require machine learning technologies to be applied. The program algorithm considers many estimation settings, in particular, assigning the index to construction and installation works, the total coefficient to the positions by types of work (for example, performance of work on one half of the roadway), etc. The

finished estimate is generated in a *.xml file and can be further integrated into the road information model and converted into *.gge format for using by the Federal autonomous institution "Main Department of State Expertise". The results showed that all key parameters from the bill of quantities were taken into account by the program algorithm. The generated estimate considered all coefficients and prices to accurately reflect the cost of the works described in this bill.

Keywords: TIM, 5D modeling, CAD, RIM, Tomita-parser, XML schemas, SDE

For citation: Dmitrieva T.L., Chernyago A.B. Automated estimation of road facilities within 5D modeling paradigm. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2023;13(3):473-482. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-473-482>. EDN: IXMZDK.

ВВЕДЕНИЕ

Информационные технологии в строительной отрасли развиваются достаточно активно [1–4]. Согласно Постановлению Правительства РФ от 5.03.2021 г. № 331¹, применение технологий информационного моделирования уже с 2022 г. стало обязательным для федеральных и муниципальных строительных объектов госзаказа.

В данной статье рассмотрены некоторые возможности, связанные с технологиями 5D моделирования при создании информационной модели (ИМ) автомобильной дороги. Отметим, что многомерность информационной модели автомобильной дороги (ИМД) определяется тем, насколько эта ИМ проработана: «2D – Чертежи и карты» (плоские ГИС-модели, кадастр недвижимости), «3D – Модели» (план трассы и профиля автомобильной дороги и др. модели объектов), «4D – Время», «5D – Смета» (ведомости потребности трудовых ресурсов, механизмов, материалов, сметы, логистика поставок), «6D – Устойчивость», «7D – Эксплуатация» [5–8].

Применение ТИМ подразумевает создание ИМ дороги в среде общих данных (СОД), куда должны быть включены и сметы, которые являются важным элементом ИМД² [9, 11, 12]. Если проектировщики или инженер ПТО вно-

сят поправки в проект, то все изменения должны фиксироваться, а сметы, входящие в данную ИМ, должны соответственно пересчитываться с учетом требований ТИМ (привязка к позициям сметы кодов конструкций из систем проектирования и соответствующих объемов)³. Интеграция расчета и составления смет в САПР является одной из ключевых задач для дальнейшего развития BIM и CALS технологий в целом⁴ [14]. Немаловажную роль здесь играет скорость и прозрачность передачи данных. Формат обмена данными (как в проекте, так и в сметах) необходим общий, читаемый большинством программ, удобный для коммуникации между всеми специалистами⁵ [16, 18, 19]. Таким форматом является, например, «расширяемый язык разметки» – XML, как стандарт на структурированное описание данных, ориентированный, в частности, на обмен информацией между независимыми участниками.

Последние несколько лет активно формируется нормативная база, связанная со стандартизацией форматов передачи данных в электронном документообороте. В качестве примера можно назвать ГОСТ Р 10.0.02-2019 Отраслевые базовые классы (IFC) для обмена и управления данными об объектах строительства⁶, семейство ГОСТ Р ИСО 10303⁷

¹Об установлении случаев, при которых застройщиком, техническим заказчиком...: постановление Правительства РФ от 5.03.2021 г. № 331 // Кодекс.ру [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573842519> (09.07.2023).

²<https://blogs.autodesk.com/inthefold/rib-software-and-autodesk-collaborate-to-deliver-an-integrated-5d-bim-solution-for-construction/> RIB Software and Autodesk Collaborate to Deliver an Integrated 5D BIM Solution for Construction // Autodesk // October 24, 2016 (link 02.02.2023);

³Singh H. Advantages of 5D BIM to Cost Managers (12 May 2021). 2021.

⁴How LOD450 and 5D BIM services are interconnected with one another for pre-construction and early design stages for the construction project? // [Электронный ресурс]. URL: <https://siliconvalleyinfomedia.blogspot.com/2021/05/how-lod450-and-5d-bim-services-are.html>. May 19, 2021 (02.02.2023).

⁵Kubba S. LEED AP Chapter Five – Building Information Modeling (BIM) // Handbook of Green Building Design and Construction (Second Edition) Version of Record. 21 October 2016.

⁶ГОСТ Р 10.0.02-2019 Отраслевые базовые классы (IFC) для обмена и управления данными об объектах строительства // Кодекс.ру [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200164870> (09.07.2023).

⁷ГОСТ Р ИСО 10303-1-2022 Системы автоматизации производства и их интеграция // Кодекс.ру [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200194345> (09.07.2022).

и т.д. Приказом Минстроя РФ от 12.05.2017 г. N 783/ПР (п. 2)⁸ утверждено требование предоставления проектной документации (локальных сметных расчетов) в XML-формате (с расширением файла .gge), в соответствии с принятой XML-схемой (XSD) Минстроя РФ, для прохождения государственной экспертизы.

Очевидно, что постепенный переход на 5D-моделирование возможен только с использованием инструментов гибкой работы с универсальными форматами ИМД, такими как XML, GGE, IFC, и полной интеграции проектно-сметной документации со всевозможными федеральными регламентами в области проектирования и строительства автомобильных дорог [20].

Таким образом, единый формат данных в ИМ является важным инструментом для автоматизации передачи данных, приведенных в сметах. Он позволяет связать показатели стоимости с расчетами потребности в рабочей силе, механизмах, объемах материалов и др.⁹ [22, 23, 24].

Актуальность предлагаемой программной разработки связана с тем, что существующее отечественное специализированное программное обеспечение, задействованное в проектировании автомобильных дорог, включая различные САПР, не позволяют форми-

ровать сметную документацию одновременно с проектной таким образом, чтобы формат, состав и содержание смет соответствовали требованиям, установленным действующим законодательством. Сегодня на этапах проектирования и строительства автомобильной дороги для создания смет на основе рассчитанных объемов нужно выполнить много дополнительных действий, требующих больших затрат времени и ресурсов. Эта и многие другие проблемы в настоящее время не позволяют перейти отечественным САПР на технологии 4D- и 5D-моделирования.

МЕТОДЫ

Для функционирования подобного комплекса автоматизированного расчета, реализующего составления ведомости объемов работ и составления смет [25], необходим работающий механизм взаимодействия данных ведомости объемов работ (ВОР) и федеральных сборников ФЕР/ГЭСН [26].

Инструментом для извлечения фактов и параметров из ВОР авторами работы принят Томита-парсер (инструмент извлечения структурированных данных из текста на естественном языке).

В табл. 1 представлен вариант фрагмента ВОР по разделу «земляное полотно», включающего в себя столбцы наименования работ, единиц измерения и количество.

Таблица 1. Вариант фрагмента ВОР по разделу «земляное полотно»

Table 1. A variant of the fragment of the statement of volumes of work under the section "roadbed"

Наименование работ	Ед. изм.	Кол-во
Экскаваторные работы из выемки на площадку складирования		
Разработка грунта 1 группы экскаватором емк. ковша 1,25 м ³ с автовозкой до 1 км на площадку складирования	м ³	2371,51
Разработка грунта 2 группы экскаватором емк. ковша 1,25 м ³ с автовозкой до 1 км на площадку складирования	м ³	409,76
Разработка грунта 3 группы экскаватором емк. ковша 1,25 м ³ с автовозкой до 1 км на площадку складирования	м ³	1119,08
Экскаваторные работы из карьера в насыпь		
Разработка грунта 1 группы экскаватором емк.ковша 1,25м ³ с автовозкой до 1 км на площадку складирования	м ³	3594,78
Уплотнение дренирующего грунта катками на пневмошинах весом 25 т за 8 проходов по одному следу толщиной слоя 0,30 м.	м ³	3046,42
Планировочные работы		
Планировка откосов насыпи земляного полотна в грунтах 2 группы экскаватором-планировщиком	м ²	1496,83
Планировка откосов кюветов земляного полотна в грунтах 2 группы экскаватором-планировщиком	м ²	466,11

⁸Об утверждении требований к формату электронных документов...: приказ Минстроя РФ от 12.05.2017 N 783/пр (п. 2) // КонтурНорматив.ру [Электронный ресурс]. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=299303> (09.07.2023).

⁹Новые версии форматов XML сметной документации – как работать сейчас // [Электронный ресурс]. URL: <https://www.all-smety.ru/company/news/novye-versii-formatov-xml-smetnoy-dokumentatsii-kak-rabotat/> (02.02.2023):

Для составления сметы необходимо знать вид и объемы работ, а также условия, при которых выполняются данные работы (регион, зону, объект строительства, стесненность и т.д.). Из столбцов единиц измерения и количества выше представленной ВОР, программно можно явно выделить значения, а из столбца наименования работ придется выделять факты, чтобы отыскать в базе ФЕР/ГЭСН наиболее подходящую расценку.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Приведем фрагмент текста из ВОР, описывающий объемы работ при возведении земляного полотна автомобильной дороги, который будет рассмотрен в качестве примера:

- разработка экскаватором емкостью ковша 1,25 м³ (1 группа грунта) с автовозкой до 1 км на площадку складирования;
- разработка грунта 2 группы экскаватором емк.ковша 1,25 м³ с автовозкой до 1 км на площадку складирования;
- разработка грунта 3 группы экскаватором емк.ковша 1,25 м³ с автовозкой до 1 км на площадку складирования;
- разработка грунта 1 гр. экскаватором емк.ковша 1,25 м³ с автовозкой до 1 км на площадку складирования;
- уплотнение дренирующего грунта катками на пневмошинах весом 25 т за 8 проходов по одному следу толщиной слоя 0,30 м;
- планировка откосов насыпи земляного полотна в грунтах 2 группы экскаватором-планировщиком;
- планировка откосов кюветов земляного полотна в грунтах 2 группы экскаватором-планировщиком.

Из данного текста (преобразованного из табличных данных) по каждой строке необходимо выделить один ключевой параметр (КП), который характеризует специфику работы, и далее совокупность вторичных параметров (ВП), если такие имеются в тексте. ВП являются необязательными для поиска и являются лишь уточняющими для КП. КП будет являться либо слово, либо словосочетание, сменяющееся функцией lemma на шифр соответствующей описанной в объемах работы из сборника ФЕР/ГЭСН.

Например, для поиска расценок из первой строки текста (разработка экскаватором емкостью ковша 1,25 м³ (1 группа грунта) с автовозкой до 1 км на площадку складирования) ключевыми будут два слова или словосочетания, так как в данном предложении содержатся две отдельные расценки (на разработку грунта и его перевозку). Ключевыми выберем

слова «экскаватор» и «перевозка» и заполним каждому КП поле lemma, задав для работы номер таблицы подраздела из сборника ФЕР, откуда будет происходить дальнейшее уточнение и сужение круга поиска за счет уточняющих ВП, а для перевозки – шифр сборника ФССЦпг. Для КП «экскаватор» в тексте можно выделить еще два уточняющих параметра, это группа грунта и емкость ковша экскаватора, а для КП «перевозка» нужен всего один ВП – дальность перевозки.

Нумерацией каждой строки зафиксируем положение размерности и величины соответствующей описанию работы.

Пример грамматики для составления таблицы фактов с двумя параметрами:

```
Fer -> Word<kwtype=fer>
interp(FerFact.FERVal);
PI -> AnyWord<kwtype=p2>
interp(FerFact.Parl);
PII -> AnyWord<wff=/[0-9][.][0-9]{1,2}/>
interp(FerFact.ParII);
S -> Fer AnyWord* PI AnyWord* PII;
S -> Fer AnyWord* PII AnyWord* PI;
S -> PI Fer AnyWord* PII;
S -> PII Fer AnyWord* PI;
S -> Fer Word* PI;
S -> Fer Word* PII;
S -> Fer AnyWord.
```

Здесь FERVal, Parl и ParII – факты, которые будут являться результатом работы парсера (табл. 2). Каждому факту заданы правила, по которым парсер будет выводить искомое слово или значение. Для FERVal будет

Таблица 2. Результат работы парсера – таблица выделенных фактов

Table 2. The result of the parser – table of highlighted facts

FerFact		
FERVal	Parl	ParII
<u>ФЕР01-01-012-13</u>	1	1,25
<u>ФССЦпг-03-21-01-001</u>	1 км	
<u>ФЕР01-01-012-13</u>	2	1,25
<u>ФССЦпг-03-21-01-001</u>	1 км	
<u>ФЕР01-01-012-13</u>	3	1,25
<u>ФССЦпг-03-21-01-001</u>	1 км	
<u>ФЕР01-01-012-13</u>	1	1,25
<u>ФССЦпг-03-21-01-001</u>	1 км	
<u>ФЕР01-02-001-02</u>	25	0.30
<u>ФЕР01-02-027-12</u>	2	
<u>ФЕР01-02-027-09</u>	2	

определено любое слово, состоящее из букв русского или латинского алфавита (под это определение не попадают цепочки, которые содержат знаки пунктуации (кроме дефиса), специальные ASCII символы и цепочки цифр). Факты ParI и ParII – это вторичные параметры, которые будут фиксировать различные значения в наименовании работ, например, группу грунта, дальность при перевозке грузов и т.д. ParII принят как дополнительный, и он производит поиск в тексте по регулярному выражению числа с двумя знаками после запятой.

Правил в грамматике будет столько, сколько может быть вариаций расположения всех фактов с возможным отсутствием одного или обоих из вторичных параметров и с учетом, что факт FERVal не может быть последним. В случае с двумя параметрами, количество правил будет: $3! - 2 + 2! + 1! = 7$.

С целью создания некоторой базы данных сопоставленных позиций ВОР и базы ФЕР/ГЭСН, этот способ является ручным, и, может быть, более надежным, но для работы с большими массивами данных лучше воспользоваться технологиями машинного обучения [27, 28, 29, 30, 31].

На рис. 1, а красными линиями подчеркнуты разделители (табуляции и символ конца абзаца), которые воспринимаются алгоритмом программы для выделения параметров ВОР и смет. В инструментах программы (рис. 1, а) можно выбрать множество настроек сметы, в

том числе назначить индекс к СМР (рис. 1, б), общий коэффициент к позициям по видам работ (например, учитывающий выполнение работ по одной половине проезжей части) и т.д.

Далее производится работа в полученном файле формата *.xml средствами стандартных программных алгоритмов (рис. 2).

На примере позиции 10 рассмотрим ввод значений в параметры xml файла. В атрибуте «Position Caption» задаются номер позиции, наименования и размерности (согласно шифру ФЕР/ГЭСН), а также, уровни цен (если это база ФЕР), формула расчета объема, учитывающая размерность расценки и код индекса перевода в текущие цены, который был задан ранее в программу.

Атрибут «Quantity Fx» ключевой, в который задается объем вычисляемой позиции (записывается со знаком «=» в начале для учета размерности расценки). В атрибут «Coefficients» записывается значение третьего параметра парсера. Например, из данной работы: «Уплотнение дренирующего грунта катками на пневмошинах весом 25 т за 8 проходов по одному следу толщиной слоя 0,30 м» этим параметром можно зафиксировать количество проходов катка. Также, управляя атрибутом «Options» можно назначить применение дополнительного коэффициента исключительно для трудозатрат (например, чтобы задать работу на демонтаж).

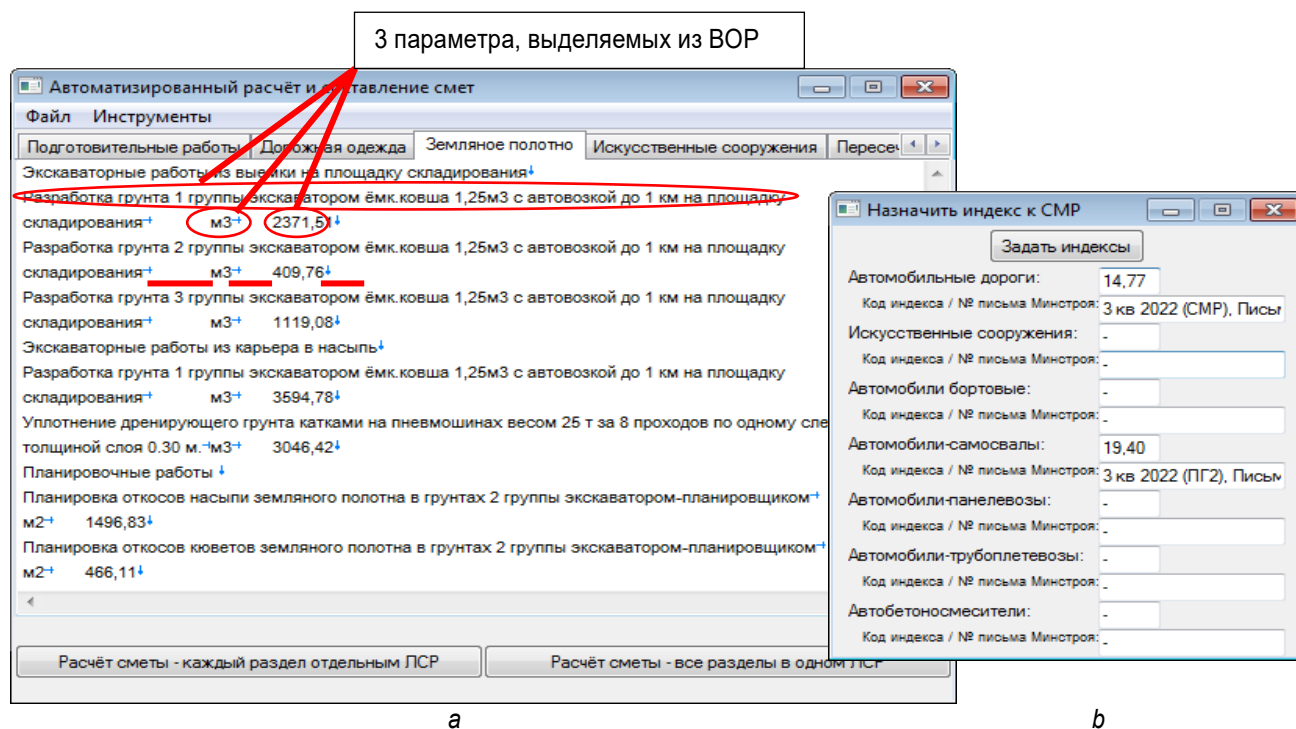


Рис. 1. Интерфейс программы по расчету и составлению смет
Fig. 1. Interface of the program for calculation and preparation of estimates

Позиция	Комментарий	Доп. информация	Найти в норм. базе	Способ расчета	Разделы	Параметры				
Вставка строки		Работа с позицией		Представление информации		Документ				
10						Поиск				
База	Объекты	Пользователи\ЛСР Земляное полотно.xml								
№ п.п	Обоснование	Наименование	Ед. изм.	Количество		Стоимость единицы				
				На единицу	Всего	Всего	В том числе			
							основ. з.п.	эксп. маш.	з.п. мех.	мат.
3	ФЕР01-01-012-14 Приказ Минстроя России от 26.12.2019 №876/пр	Разработка грунта с погрузкой на автомобили-самосвалы экскаваторами с ковшом вместимостью: 1,25 (1,25-1,5) м3, группа грунтов 2	1000 м3		0,40976 409,76 / 1000	2 080,67	42,04	2 034,29	352,76	
4	ФССЦнг-03 21-01-001 Приказ Минстроя России от 26.12.2019 №876/пр	Перевозка грузов автомобилями-самосвалами грузоподъемностью 10 т работающих вне карьера на расстояние: I класс груза до 1 км	1 т груза		655,616 409,76*1.6	2,91		2,91		
5	ФЕР01-01-012-15 Приказ Минстроя России от 26.12.2019 №876/пр	Разработка грунта с погрузкой на автомобили-самосвалы экскаваторами с ковшом вместимостью: 1,25 (1,25-1,5) м3, группа грунтов 3	1000 м3		1,11908 1119,08 / 1000	2 508,49	50,70	2 452,37	425,25	
6	ФССЦнг-03 21-01-001 Приказ Минстроя России от 26.12.2019 №876/пр	Перевозка грузов автомобилями-самосвалами грузоподъемностью 10 т работающих вне карьера на расстояние: I класс груза до 1 км	1 т груза		1790,528 1119,08*1.6	2,91		2,91		
7	ФЕР01-01-012-13 Приказ Минстроя России от 26.12.2019 №876/пр	Разработка грунта с погрузкой на автомобили-самосвалы экскаваторами с ковшом вместимостью: 1,25 (1,25-1,5) м3, группа грунтов 1	1000 м3		3,59478 3594,78 / 1000	1 649,67	33,31	1 613,11	279,72	
8	ФССЦнг-03 21-01-001 Приказ Минстроя России от 26.12.2019 №876/пр	Перевозка грузов автомобилями-самосвалами грузоподъемностью 10 т работающих вне карьера на расстояние: I класс груза до 1 км	1 т груза		5751,3594,78					
9	ФЕР01-02-001-02 Приказ Минстроя России от 01.06.2020 №294/пр	Уплотнение грунта прицепными катками на пневмоколесном ходу 25 т на первый проход по одному следу при толщине слоя: 30 см	1000 м3		3,04642 3046,42 / 1000	1 160,98		1 160,98	189,99	
10	ФЕР01-02-001-08 Приказ Минстроя России от 01.06.2020 №294/пр К поз.	На каждый последующий проход по одному следу добавлять: к расценке 01-02-001-02	1000 м3		3,04642 3046,42 / 1000	153,63		153,63	18,00	
На единицу в базисных ценах						153,63		153,63	18,00	
Коэффициенты к позиции:						7	7	7	7	
до 8						7	7	7	7	
Итого на единицу с учетом коэффициентов к позиции						153,63		153,63	18,00	
ВСЕГО на физобъем (3,04642)						3 276,15		3 276,15	383,85	
Накладные расходы 93% ФОТ (от 383,85)						356,98				
Сметная прибыль 46% ФОТ (от 383,85)						176,57				
Итого с накладными и см. прибылью						3 809,70				
11	ФЕР01-02-027-12 Приказ Минстроя России от 26.12.2019 №876/пр	Планировка откосов и полотна: насыпей механизированным способом, группа грунтов 2	1000 м2		1,49683 1496,83 / 1000	500,55	214,27	286,28	33,75	
12	ФЕР01-02-027-09 Приказ Минстроя России от 26.12.2019 №876/пр	Планировка откосов и полотна: выемок механизированным способом, группа грунтов 2	1000 м2		0,46611 466,11 / 1000	846,08	556,03	290,05	35,51	

Значения, полученные из ВОР (табл.1)

Итого: 1 078 835,00р.

БМ БИМ РМ

Рис. 2. Фрагмент автоматически сформированной сметы, открытой в программе «Гранд-Смета». В позиции 10 программой по составлению смет был учтен добавочный коэффициент

Fig. 2. Fragment of an automatically generated estimate opened in the "Grand-Smeta" program. In position 10, an additional coefficient was taken into account by the program for making estimates

Остальные параметры расценки задаются автоматически, согласно базе ФЕР, если речь идет о базовых стоимостях, или базе ГЭСН, если расчет выполняется ресурсным методом через оплату труда по тарифной ставке.

Фрагмент кода ЛСР формата xml:

- <Position Caption="На каждый последующий проход по одному следу добавлять: к расценке 01-02-001-02" Number="10" Code="ФЕР01-02-001-08" Units="1000 м3" SysID="10" PriceLevel="2001" DBComment="Приказ Мин-

строая России от 01.06.2020 №294/пр"
Quantity="3046,42 / 1000" IndexCode="3 кв
2022 (СМР), Письмо Минстроя России от
20.10.2022 г. 54535-ИФ/09 прил.4"
PzSync="Yes" Vr2001="10001">
<Quantity Fx="3046,42" KUnit="1000" Re-
sult="3,04642" />

...
<Koefficients>

<K Caption="до 8" Options="Base Curr PzAll
EmAll MatQty EmQty OzpTz ZpmTz" Val-
ue_PZ="7" Level="2" />

</Koefficients>

...
</Position>

Результаты (см. рис. 2) показали, что все ключевые параметры из ведомости объемов работ были учтены алгоритмом программы, и сформированная смета максимально точно (с учетом всех коэффициентов и расценок) отразила стоимость описанных в этой ведомости работ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты продемонстриро-

вали возможности программы, с помощью которой можно автоматически составить сметный расчет из имеющейся ведомости объемов работ объектов дорожного хозяйства. Программа учитывает множество настроек сметы, работает с индексами к строительно-монтажным работам, по статьям затрат, учитывает регион, зону, объект строительства, стесненность и т.д.

Важно, что готовая смета формируется с расширением *.xml, возможна ее дальнейшая интеграция в информационную модель дороги и перевод в формат *.ggs для работы в Главгосэкспертизе.

Программа может быть использована дорожными проектными организациями на этапе проектирования и подрядными организациями на этапе строительства при составлении исполнительной документации. Благодаря данной программе и комплексу автоматизированного расчета, реализующего составления ведомости объемов работ и смет любой дорожной организации, работающей с ИМД, можно эффективно реализовать технологии 5D-моделирования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дмитриева Т.Л., Яценко В.П., Курышов И.А. BIM как средство сквозного проектирования, технологии возведения и эксплуатации // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 2. С. 252–261. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-2-252-261>. EDN: JVVJYQ.
2. Andreani M., Bertagni S., Biagini C., Mallo F. 7th BIM for sustainability assessment in design processes: a case study of design of alternatives in severe climate and heavy use conditions // Architecture and Engineering. 2019. P. 3–12. <https://doi.org/10.23968/2500-0055-2019-4-2-3-12>.
3. Hardin B., McCool D. BIM and construction management: proven tools, methods and workflows. Indiana: John Wiley and Sons, 2015. 416 p.
4. Подольский К. Время, деньги, ОБИВК. 4D и 5D в BIM-модели и экспертиза сметной стоимости // С.О.К. 2022. № 3. С. 26–29.
5. Kjartansdóttir I.B., Mordue S., Nowak P., Philp D., Snæbjörnsson J.Th. Building Information Modelling – BIM // Construction Managers' Library. Erasmus+ 2015-1-PL01-KA202-016454. Iceland – Great Britain, 2017. 114 p.
6. Imming T. How 5D Macro BIM Saves Time, Money in Pre-construction and Early Design // The Korte Company [Электронный ресурс]. URL: <https://www.forconstructionpros.com/construction-technology/article/12286825/the-korte-company-how-5d-macro-bim-saves-time-money-in-preconstruction-and-early-design> (05.07.2023).
7. Lee X.Sh., Tsong Ch.W., Khamidi M.F. 5D building information modelling – a practicability review. MATEC Web of Conferences. The 4th International Building Control Conference (IBCC 2016): MATEC Web Conf. 2016. Vol. 66. P. 00026. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20166600026>.
8. Forgues D., Iordanova I., Valdivesio F., Staub-French S. Rethinking the cost estimating process through 5D BIM: a case study // Construction challenges in a flat world: Construction research congress-2012: proceedings. 2012. Vol. 778. <https://doi.org/10.1061/9780784412329.079>.
9. Scorgie J., Whyte J. Using laser scans to visualize and make decisions about built infrastructure // DIRC Working. 2013. No. 7. P. 1.0.
10. Shi A., Shirowzhan S., Sepasgozar S., Kaboli A. 5D BIM Applications in Quantity Surveying: Dynamo and 3D Printing Technologies // Smart Cities and Construction Technologies [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/346657425_5D_BIM_Applications_in_Quantity_Surveying_Dynamo_and_3D_Printing_Technologies (05.07.2023). <http://doi.org/10.5772/intechopen.91221>.
11. Доробин Д., Сухачев К. Применение 3D/4D/5D-моделирования в строительстве. «BIM-система НЛМК» // Isicad.ru [Электронный ресурс]. URL: https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=20781 (05.07.2023).

12. Ghazaryan M. Peculiarities of BIM adoption in Armenia // Construction the formation of living environment: 22nd International scientific conference. E3S Web of Conferences (29 May 2019). 2019. Vol. 97. P. 01025. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199701025>.
13. Kymmell W. Building information modeling: planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations. Series: Construction. McGraw-Hill, 2008.
14. Придвижкин С.В., Баженов О.В., Шевелева А.Е. Bim-Lean-синергия. Инструменты технологического обеспечения бережливого строительства // Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. Т. 2. № 6. С. 98–104. EDN: YSZGYH.
15. Purnus A., Bodea C.-N. Financial management of the construction projects: a proposed cash flow analysis model at project portfolio level // Organization, technology and management in construction. 2015. Vol. 7. No. 1. P. 1217-1227. <https://doi.org/10.5592/otmcj.2015.1.6>.
16. Priyankara N. The significance of Building Information Modelling to the Quantity Surveying practices in the UAE Construction Industry // 6th International Conference on Structural Engineering and Construction Management. Kandy. Sri Lanka, 2015.
17. Plebankiewicz E., Zima K., Skibniewski M. Analysis of the first polish bim- based cost estimation application // Proceedia Engineering. 2015. Vol. 123. P. 405–414. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.064>.
18. Дмитриева Т.Л., Черняго А.Б. Взаимодействие цифровой модели и пространственных данных на всех этапах жизненного цикла в информационном моделировании дорожной отрасли // Актуальные вопросы строительства: взгляд в будущее: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 40-летию создания Инженерно-строительного института. Красноярск, 2022. С. 314–319. EDN: ZGEUOB.
19. Воронин И.А., Изатов В.А. О возможности определения сметной стоимости строительных объектов с использованием BIM проектирования // Экономические и организационно-управленческие проблемы развития строительного комплекса России: материалы Всероссийской конференции (г. Новосибирск, 15-17 апреля 2014 г.). Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 2014. С. 11. EDN: SYMQGD.
20. Dmitrieva T.L., Shaburov S.S., Chernyago A.B. Artificial neural networks as a tool for creating a road information mode // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Baikal Investment and Construction Forum "Spatial Restructuring of Territories" 2021. P. 012109.
21. Jackson Ph. Infrastructure Asset Managers BIM Requirements // buildingSMART International Infrastructure Asset Managers BIM Requirements Technical Report. 2018. 171 p.
22. Messner J.I., Anumba Ch.J., Dubler C.R., Goodman Sh., Kasprzak C., Kreider R., et al. BIM project execution planning guide // Computer Integrated Construction Research Program. The Pennsylvania state university. 2011.
23. Day M. Bentley on digital twins // AEC Magazine [Электронный ресурс]. URL: <https://aecmag.com/features/bentley-on-digital-twins/> (05.07.2023).

REFERENCES

1. Dmitrieva T.L., Yashchenko V.P., Kuryshov I.A. BIM as a means of end-to-end design, construction, and operation. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2023;13(2):252-261. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-2-252-261>. EDN: JVVJYQ.
2. Andreani M., Bertagni S., Biagini C., Mallo F. 7d BIM for sustainability assessment in design processes: a case study of design of alternatives in severe climate and heavy use conditions. *Architecture and Engineering*. 2019;3-12. <https://doi.org/10.23968/2500-0055-2019-4-2-3-12>.
3. Hardin B., McCool D. BIM and construction management: proven tools, methods and workflows. Indiana: John Wiley and Sons; 2015. 416 p.
4. Podolyanskii K. Time, money, OViVK. 4D and 5D in the BIM model and examination of the estimated cost. *S.O.K.* 2022;3:26-29. (In Russ.).
5. Kjartansdóttir I.B., Mordue S., Nowak P., Philp D., Snæbjörnsson J.Th. Building Information Modelling – BIM. In: Construction Managers' Library. Erasmus+ 2015-1-PL01-KA202-016454. Iceland – Great Britain; 2017. 114 p.
6. Imming T. How 5D Macro BIM Saves Time, Money in Pre-construction and Early Design. *The Korte Company*. Available from: <https://www.forconstructionpros.com/construction-technology/article/12286825/the-korte-company-how-5d-macro-bim-saves-time-money-in-preconstruction-and-early-design> [Accessed 05th July 2023].
7. Lee X.Sh., Tsong Ch.W., Khamidi M.F. 5D building information modelling – a practicability review. *The 4th International Building Control Conference (IBCC 2016): MATEC Web Conf.* 2016. Vol. 66. p. 00026. <https://doi.org/10.1051/matecconf/20166600026>.
8. Forgues D., Iordanova I., Valdivieso F., Staub-French S. Rethinking the cost estimating process through 5D BIM: a case study. In: *Construction challenges in a flat world: proceedings Construction research congress-*

2012. 2012. Vol. 778. <https://doi.org/10.1061/9780784412329.079>.
9. Scorgie J., Whyte J. Using laser scans to visualize and make decisions about built infrastructure. *DIRC Working*. 2013;7:1.0.
10. Shi A., Shirowzhan S., Sepasgozar S., Kaboli A. 5D BIM Applications in Quantity Surveying: Dynamo and 3D Printing Technologies. *Smart Cities and Construction Technologies*. Available from: https://www.researchgate.net/publication/346657425_5D_BIM_Applications_in_Quantity_Surveying_Dynamo_and_3D_Printing_Technologies [Accessed 05th July 2023]. <http://doi.org/10.5772/intechopen.91221>.
11. Dorobin D., Sukhachev K. Application of 3D/4D/5D modeling in construction. NLMK BIM System. *Isicad.ru*. Available from: https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=20781 [Accessed 05th July 2023]. (In Russ.).
12. Ghazaryan M. Peculiarities of BIM adoption in Armenia. *Construction the formation of living environment: 22nd International scientific conference. E3S Web of Conferences*. 29 May. 2019. Vol. 97. p. 01025. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199701025>.
13. Kymmell W. Building information modeling: planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations. Series: Construction. McGraw-Hill; 2008.
14. Pridvishkin S.V., Bazhenov O.V., Sheveleva A.E. Bim-lean-synergy. Tools of technological support for lean construction. *Ekonomika i upravlenie: problemi, resheniya = Economics and management: problems, solutions*. 2017;2(6):98-104. (In Russ.). EDN: YSZGYH.
15. Purnus A., Bodea C.-N. Financial management of the construction projects: a proposed cash flow analysis model at project portfolio level. *Organization, technology and management in construction*. 2015;7(1):1217-1227. <https://doi.org/10.5592/otmcj.2015.1.6>.
16. Priyankara N. The significance of Building Information Modelling to the Quantity Surveying practices in the UAE Construction Industry. *6th International Conference on Structural Engineering and Construction Management*. Kandy. Sri Lanka, 2015.
17. Plebankiewicz E., Zima K., Skibniewski M. Analysis of the first polish bim- based cost estimation application. *Procedia Engineering*. 2015;123:405-414. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.064>.
18. Dmitrieva T.L., Chernyago A.B. Interaction of the digital model and spatial data at all stages of the life cycle in the information modeling of the road industry. *Aktual'nye voprosy stroitel'stva: vzglyad v budushchee: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 40-letiyu sozdaniya Inzhenerno-stroitel'nogo instituta = Actual issues of construction: a look into the future: materials of the All-Russian Scientific and practical conference dedicated to the 40th anniversary of the establishment of the civil engineering institute*. Krasnoyarsk, 2022. p. 314-319. (In Russ.). EDN: ZGEUOB.
19. Voronin I.A., Izatov V.A. About the possibility of determining the estimated cost of construction projects using BIM design. *Ekonomicheskie i organizatsionno-upravlencheskie problemy razvitiya stroitel'nogo kompleksa Rossii: materialy Vserossiiskoi konferentsii = Economic, organizational and managerial problems of the development of the Russian construction complex: materials of the All-Russian conference (15-17 April 2014, Novosibirsk)*. Novosibirsk: Novosibirsk state university of architecture and civil engineering (Sibstrin); 2014. p. 11. (In Russ.). EDN: SYMQGD.
20. Dmitrieva T.L., Shaburov S.S., Chernyago A.B. Artificial neural networks as a tool for creating a road information mode. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Baikal Investment and Construction Forum "Spatial Restructuring of Territories"*. 2021. p. 012109.
21. Jackson Ph. Infrastructure Asset Managers BIM Requirements. *BuildingSMART International Infrastructure Asset Managers BIM Requirements Technical Report*. 2018. 171 p.
22. Messner J.I., Anumba Ch.J., Dubler C.R., Goodman Sh., Kasprzak C., Kreider R., et al. BIM project execution planning guide. *Computer Integrated Construction Research Program*. The Pennsylvania state university. 2011.
23. Day M. Bentley on digital twins. *AEC Magazine*. Available from: <https://aecmag.com/features/bentley-on-digital-twins/> [Accessed 05 July 2023].

Информация об авторах

Дмитриева Татьяна Львовна,
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
механики и сопротивления материалов,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: dmitrievat@list.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-4622-9025>

Information about the authors

Tatiana L. Dmitrieva,
Dr. Sci. (Eng.), Professor,
Head of the Department
of Mechanics and Resistance of Materials,
Irkutsk National Research
Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: dmitrievat@list.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-4622-9025>

Черняго Андрей Борисович,
аспирант,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: abs706080@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0142-2630>

Andrey B. Chernyago,
Postgraduate Student,
Irkutsk National Research
Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: abs706080@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0142-2630>

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

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.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 11.05.2023.
Одобрена после рецензирования 26.05.2023.
Принята к публикации 30.05.2023.

Information about the article

The article was submitted 11.05.2023.
Approved after reviewing 26.05.2023.
Accepted for publication 30.05.2023.



Надежность многоэтажных зданий с несущими конструкциями из монолитного железобетона в период строительства

А.К. Комаров

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Аннотация. Железобетон – один из самых надежных конструктивных материалов, поэтому ему в России и за рубежом отдается предпочтение для массового строительства зданий и сооружений. В частности при строительстве многоэтажных зданий любых конструктивных решений и возводимых во всех регионах страны в любое время года используется преимущественно железобетон. При этом за счет совершенствования технологии, организации управления строительством, модернизации средств механизации производства работ происходит повышение индустриализации строительства. И хотя в целом этот факт оценивается исключительно положительно, но при этом сокращаются сроки, отведенные для набора бетоном требуемых прочностных характеристик. И возникают ситуации, когда на «свежий» бетон, не обладающий достаточной прочностью, прикладываются нагрузки от вышерасположенных конструкций зданий. Очевидно, что необходимо предпринимать технические решения по интенсификации процесса твердения бетона и создания благоприятных температурно-влажностных условий его выдерживания. Отечественная наука и практика располагают большим арсеналом технических эффективных решений для решения этих проблем. Беда лишь том, что применять их на практике строительства особенно не стремятся, поскольку это влечет за собой хоть и незначительное, но удорожание строительства. И создается ситуация, когда на нижерасположенные этажи здания прикладываются недопустимые нагрузки от расположенных выше этажей. Если статические нагрузки воспринимаются конструкциями, то о динамических (в том числе сейсмических), инерционная масса которых может составлять десятки тонн, речи не идет, и на объекте возникает рискованная ситуация. Происходит это в массовом порядке. Еще более сложная проблема имеется в зимнее время – в период оттаивания бетона весной весь объект можно классифицировать как находящийся в метостабильном состоянии. В работе рассматриваются производственные обстоятельства, реально приводящие к возникновению приведенных выше ситуаций, и рекомендации по их предотвращению.

Ключевые слова: монолитный железобетон, выдерживание, температурно-влажностной режим, статические и динамические нагрузки, прочность бетона, комплексный строительный режим

Для цитирования: Комаров А.К. Надежность многоэтажных зданий с несущими конструкциями из монолитного железобетона в период строительства // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 3. С. 483–491. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-483-491>. EDN: QEXQHR.

Original article

Reliability of multi-story buildings with load-bearing structures of cast reinforced concrete during the construction period

Andrei K. Komarov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Аннотация. Reinforced concrete is considered to be one of the most reliable structural materials. For this reason, it is widely used for mass construction of buildings and structures in Russia and other countries. In particular, reinforced concrete is predominantly used in the construction of multi-story buildings of any design in all Russian regions at any time of the year. Improvements in technologies, construction

© Комаров А.К., 2023

Том 13 № 3 2023

с. 483–491

Vol. 13 No. 3 2023

pp. 483–491

Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость
Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate

ISSN 2227-2917

(print)

ISSN 2500-154X

(online)

management and mechanical aids increase the industrialization of construction. Although this fact is generally regarded as extremely positive, it reduces the time allowed for concrete to gain the required strength characteristics. Sometimes, loads from upper structures of buildings are applied to fresh, immature concrete. Obviously, specific technical decisions are required to intensify the concrete hardening process and create favorable temperature and humidity conditions for its curing. Russian science and practical experience have a large arsenal of effective technical means for solving these problems. However, these means are reluctantly applied in practice, since this entails a rise in construction costs, even though slight. This creates a situation when unacceptable loads from the higher floors are applied to the lower floors of the building. The structures perceive static loads rather than dynamic ones, including seismic loads, with an inertial mass of tens of tons, thereby causing a risky situation at the site. This happens en masse. The problem is even more complicated in winter time. During the period of concrete thawing in spring, the entire facility can be classified as being in a metastable state. The paper considers the production circumstances associated with the above situations and proposes recommendations for their prevention.

Keywords: monolithic reinforced concrete, endurance, temperature and humidity regime, static and dynamic loads, concrete strength, complex construction regime

Для цитирования: Komarov A.K. Reliability of multi-story buildings with load-bearing structures of cast reinforced concrete during the construction period. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'* = *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2023;13(3):483-491. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-483-491>. EDN: QEXQHR.

ВВЕДЕНИЕ

Здания и сооружения с несущими конструкциями из монолитного железобетона получили широкое распространение как в Российской Федерации, так и за рубежом. Это относится как к традиционным, так и к уникальным зданиям.

Здания, возведенные с использованием монолитного железобетона, надежны, но только в том случае, если при производстве работ соблюдены технологические регламенты, учитывающие природно-климатические условия твердения, и правильно организован процесс бетонирования¹ [1–8].

Проектирование процесса строительства зданий из монолитного железобетона – задача весьма непростая, хотя отдельные составляющие этой задачи хорошо изучены. Технология производства бетонных работ зависит от оснащенности строительной организации машинами, средствами механизации, оборудованием, оснасткой, производственными и трудовыми ресурсами, наличием надежных коммерческих партнеров. К ним предъявляются требования обязательного обеспечения высокопроизводительной работы ведущего предприятия – строительно-монтажной организации, которая обеспечивает заданные сроки и интенсивность производства работ. В роли коммерческих (деловых) партнеров могут выступать предприятия по производству бе-

тонной смеси и конструкций, цеха по изготовлению металлоконструкций и изделий, базы комплектаций, поставщики производственных ресурсов и т.д.

Сама строительная организация для обеспечения высокопроизводительной работы должна обладать высоким уровнем технологичности производства. Это касается всех без исключения операций.

Опалубочные работы. Только унифицированные, многократно оборачиваемые опалубочные системы (например, мелко- и крупнощитовая, скользящая, вертикально-извлекаемая, объемно-переставная, тоннельная, опалубка-механизм и др.).

Арматурные работы. Укрепленные самодеталирующие каркасы. Эффективные сварочные аппараты и установки для устройства антикоррозионных покрытий.

Все эти вышеперечисленные условия и факторы существенно влияют на производительность и качество строительного производства.

В составе комплексного процесса устройства монолитных железобетонных конструкций одними из основных операций являются операции по укладке, уплотнению смеси и выдерживанию твердеющего бетона. Цели этих операций разные. И если при укладке и уплотнении смеси цель и порядок действия ясны и очевидны, то при выдерживании твер-

¹Ершов М.Н., Лапидус А.А., Теличенко В.И. Технологические процессы в строительстве. Кн. 5. Технологии монолитного бетона и железобетона: учебник. М.: Изд-во АСВ, 2016. С. 128.

деющего бетона все очень непросто.

Но только при решении вопроса о технологии выдерживания твердеющего бетона (методов производства работ и сроках) может быть запланирован комплексный процесс возведения монолитных железобетонных конструкций и разработаны технологические карты и проект производства работ с делением фронта работ на участки, захватки, ярусы и составления оптимального графика процесса.

Создание оптимальных условий твердения бетона с целью обеспечения требуемых температурно-влажностных условий его выдерживания и достижения прочностных характеристик материала достаточных для приложения на конструкции расчетных нагрузок – задача сложная.

Главный фактор при решении этой задачи – учет именно температурно-влажностных условий среды [9–18].

Анализ процесса производства работ. Факторы влияния. Методы выдерживания твердеющего бетона всесторонне изучены. В период с преимущественно положительной температурой задача достижения бетоном требуемой прочности достигается при использовании методов «термоса» или с предварительным разогревом смеси обязательной тепловой защитой конструкций и подбором соответствующего состава смеси. В иных условиях (осенне-зимне-весенний периоды) задача усложняется. Методы зимнего бетонирования многообразны. Обязательна теплозащита конструкции. Но этого недостаточно. Используются активные методы термовоздействия для создания благоприятных условий твердения бетона. Это греющая опалубка, электрообогрев и электропрогрев бетона (электродный метод, греющие провода и кабели), паропрогрев, греющие маты, тепляки и многие другие методы [15–19]. И, наконец, есть химические добавки разного назначения и эффективности действия [20, 21]. Каждый из этих методов требует соответствующей технологической оснастки и применения соответствующего технического регламента производства работ. Эти работы, естественно, требуют и дополнительных экономических затрат, но главное – принятые технические решения сопряжены с определенными временными характеристиками процесса производства работ. Поэтому перед авторами проекта и, главным образом, перед разработчиками технологических карт, ППР, ПОС (в частности для составления графиков производства работ) стоит главная задача оптимизировать все процессы, операции с учетом времени набора бетоном конструкций требуемой прочности в любое

время года. Это не простая, технологически сложная задача.

Для грамотного планирования и увязки опалубочных, арматурных, бетонных работ, затрат производственных и трудовых ресурсов необходимо в первую очередь решить вопрос о сроках приложения нагрузки на возведенные ранее конструкции [22–24].

При этом прочность бетона нижележащих этажей на момент приложения нагрузки может быть ниже расчетной, т.е. проектной. А как правило, так оно и есть в практике строительства. Например, при приложении нагрузки от второго этажа на конструкции первого этажа, прочность бетона может составлять лишь долю от проектной (ведь прикладывается только часть нагрузки), а этажей может быть 5, 10, 20 и т. д., т.е. на стадии проектирования и строительства одной из основных задач является оптимизация технических решений с целью достижения материалом основных несущих конструктивных элементов зданий или сооружений – бетоном необходимых показателей прочности до приложения на них постоянно увеличивающихся в процессе строительства нагрузок.

Если принять в расчет только статические нагрузки, то все достаточно просто. При типовых этажах и при организации работ ритмичным потоком нагрузка на несущие конструкции расположенных ниже этажей увеличивается равномерно и ступенчато. Эта идеальная картина отражена на рис. 1.

На графике (рис. 1) приведена оптимальная схема производства работ – минимальные сроки, единая технология выдерживания твердеющего бетона и сбалансированная организация всех процессов и операций и связанная с этим минимизация расходования производственных и трудовых ресурсов. При этом сезонность производства работ, конечно, целесообразно предусмотреть единой, чтобы не менять технологию выдерживания бетона. Однако это фактически невыполнимо. Хотя в арсенале строителей имеются различные методы выполнения «мокрых процессов» и «зимнего бетонирования», и это не влияет на общую организационную схему. Но при изменении сезонности происходит нарушение условий, приведенных на рис. 1, график «ломается», и приходится принимать управленческие решения оперативно в процессе строительства.

На эффективность производства влияют и факторы, характеризующие стабильность строительной организации, связанные с финансовым состоянием, надежностью материально-технического обеспечения и трудовой

дисциплиной. Проявление этих факторов приводит к различным нарушениям: простоям, нарушению сроков производства работ, технологическим ошибкам. И планировать формирование оптимального организационно-технологического процесса очень сложно.

Таким образом, проанализировав графики на рис. 1 и 2, можно констатировать – прочность бетона каждого ранее возведенного этажа теоретически может быть достаточной для восприятия статических нагрузок от расположенного выше этажа. Объясняется это

тем, что продолжительность работ при возведении типового этажа, как свидетельствует практика строительства, составляет 1–3 недели (конечно, при разумном определении размеров участков, захваток, ярусов). А этого времени достаточно, чтобы при использовании любых методов выдерживания твердеющего бетона даже в зимних условиях добиваться необходимых прочностных характеристик бетоном расположенных ниже несущих конструкций для восприятия статических нагрузок.

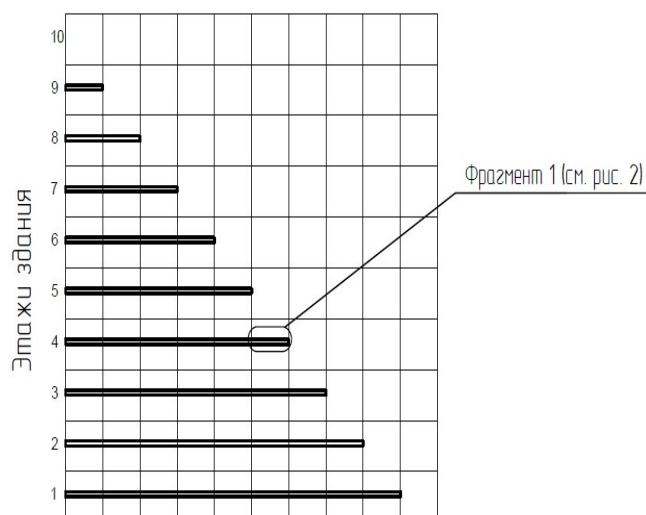


Рис. 1. График роста прочности бетона нижерасположенных этажей многоэтажного 10-этажного здания перед приложением нагрузки от последующего этажа при ритмичном строительном потоке и постоянных природно-климатических условиях
Fig. 1. Graph of the concrete strength growth of the lower floors of a multi-storey 10-storey building before applying the load from the next floor with a rhythmic construction flow and constant climatic conditions

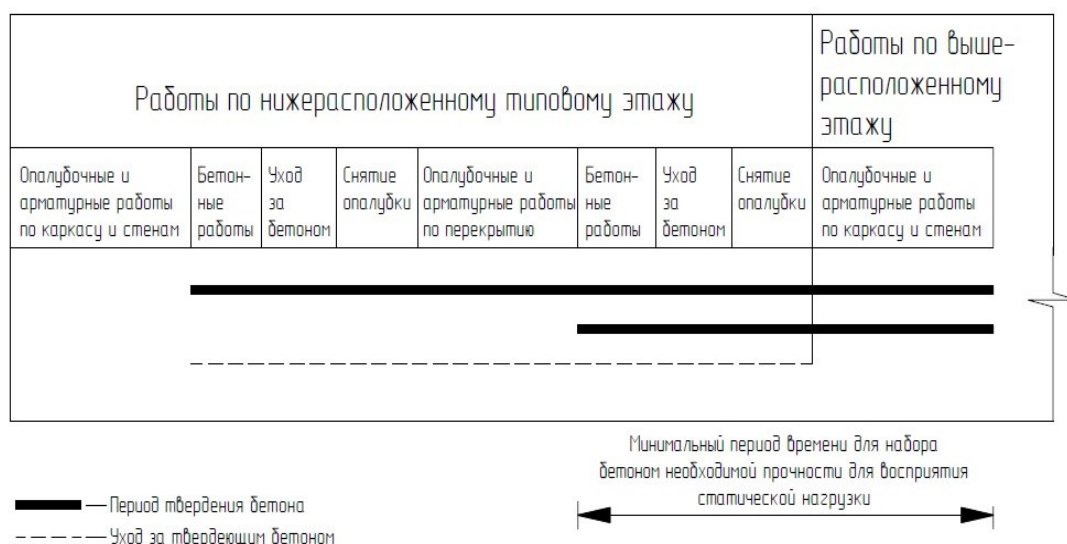


Рис. 2. Принципиальная схема организации работ на типовом этаже здания и периоды набора прочности бетона перед началом работ на вышера-сположенном этаже
Fig. 2. Schematic diagram of the organization of work on a typical floor of the building and the periods of concrete strength gain before starting work on the above floor

Причем то, что нагрузки прикладываются на конструкции, материал которых не достиг еще своих расчетных проектных характеристик, следует оценивать как допустимое технически обоснованное решение при условии, что бетон достиг минимальной прочности по трещинообразованию. В данном случае при нагружении проявляются первичные деформации, которые стабилизируются за счет упрочнения структуры бетона, и в дальнейшем при последующем нагружении (вышележащие этажи) напряженно-деформированное состояние конструкций становится стабильным.

Организационный регламент проектных работ. Единственным обязательным требо-

ванием для реализации приведенных на рис. 1 и 2 схем, является расчетная проверка достаточности достигнутой прочности бетона несущих конструкций конкретного этажа при приложении нагрузки от нескольких вышерасположенных. На примере проверяется прочность бетона первого этажа при нагружении его 2–5 этажами или прочность бетона третьего этажа при нагружении его 4–10 этажами и т.д.

Для успешной реализации организационно-технологической схемы производства работ по возведению объекта необходимо соблюдать регламент выполнения проектных работ. Логическая модель (блок-схема) приведена на рис. 3.



Рис. 3. Регламент (порядок) выполнения проектных работ с целью обеспечения оптимальной организации работ при возведении многоэтажного здания с несущими конструкциями из железобетона

Fig. 3. Regulations (procedure) for carrying out design work in order to ensure optimal organization of work during the construction of a multi-storey building with load-bearing structures made of reinforced concrete

Даже в теплый период года (весна-лето-ранняя осень) при индустриальном строительстве, т.е. при ритмичном, характеризую-

щимся высокими темпами строительства производственным потоке, для небольшого объема работ (монтажный участок, захватка, не-

большая блок-секция) вопрос о прочности бетона возведенного этажа непростой. На производстве никто не в силах создать «нормальные условия твердения», и срок расплубливания 1–3 недели после укладки и уплотнения бетонной смеси явно недостаточен для получения материала требуемых физико-механических показателей. Т.е. на несущие конструкции возведенного этажа, бетон которого не приобрел требуемых прочностных характеристик, прикладываются нагрузки от вышерасположенных этажей [5, 19, 21, 22, 25–27]. А нагрузка в расчете на один этаж может быть около 400 т, а на два – 800 т и т.д. И нагрузка прикладывается на конструкции из бетона, обладающего не более 50–60% марочной прочности. А в весенний и осенний периоды с низкими ночными температурами эта прочность растет медленно. Для районов, характеризующихся высокой сейсмической активностью, этот фактор очень опасен. Создается ситуация, когда свежееуложенный и недостаточно «зрелый» бетон, не способный воспринимать динамические (в том числе сейсмические) нагрузки, но в то же время становится фактором воздействия на нижерасположенных конструкции (этажи) за счет увеличения инерционной массы [25]. И причина здесь не в индустриализации строительства, т.е. в темпах производства работ, а в неэффективности организационно-технологических решений выдерживания бетона, наблюдаемых повсеместно. Ситуация усугубляется в весенний и осенний периоды. Производители работ не учитывают знакопеременные суточные температуры. При производстве бетонных работ в зимнее время даже при использовании методов выдерживания твердеющего бетона в условиях отрицательных температур в практике строительства далеко не всегда соблюдаются необходимые технические регламенты. Причины разные: низкое качество проектной (преимущественно организационно-технологической) документации; ошибки в управлении производством; слабая квалификация и трудовая дисциплина исполнителей. В результате бетон может не достичь требуемой расплубливаемой прочности. И такая ситуация наблюдается нередко. Поскольку работы осуществляются в холодное время года, бетон, не достигший критической прочности, замерзает, и его несущая способность, конечно же, становится достаточной для прикладываемых нагрузок в виде расположенных выше этажей.

При положительных температурах бетон оттаивает, и система превращается из ста-

бильной в метастабильную. Расположенные ниже конструкции способны воспринимать лишь статически нагрузки и только при поверочном расчетном обосновании.

ВЫВОД

Таким образом, ошибки при производстве работ, в частности при выдерживании твердеющего бетона, при положительных и особенно при отрицательных температурах и при сохранении высоких проектных темпов строительства приводит к возникновению рисков, связанных с несущей способностью нижерасположенных конструктивных элементов. Вес конструкций вышерасположенных этажей может составлять от 400 кг до 2–3-х тыс. т. И при возникновении сейсмических (или иных динамических) нагрузок работоспособность несущего остова здания не гарантирована. Для обеспечения уверенности в несущей способности конструкций на различных этапах производственного процесса необходимо следующее:

1. Тщательно контролировать процесс разработки проектной организационно-технологической документации – реально оценивать природно-климатические условия, конструктивное и архитектурно-планировочное решение объекта строительства, оснащенность строительной организации инженерным оборудованием, оснасткой, приборами контроля, производственными ресурсами, реально оценивать сроки, поставленные цели проектирования и уровень профессиональной подготовки инженерно-технических работников. Особое внимание – регламенту и контролю качества работ.

2. Осуществлять контроль качества строительного-монтажных работ, применяемых материалов, изделий и конструкций. Организовать на строительной площадке службу контроля качества бетонных работ, начиная с контроля качества бетонной смеси технологии укладки и уплотнения смеси, контролировать температурный режим твердеющего бетона, осуществлять испытания контрольных образцов бетона, твердеющих в аналогичных температурно-влажностных условиях, контролировать прочность бетона конструкций неразрушающими методами, проводить поверочные расчеты прочности бетона конструкций.

Следовательно, подрядная организация должна иметь в своей структуре аккредитованную строительную (бетонную) лабораторию или заключать на период производства работ договор о научно-техническое сопровождение работ с организацией, имеющей право на подобную деятельность.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Блажнов А.А., Рукавишников А.М. Монолитный железобетон в современном строительстве // Вестник строительства и архитектуры: сб. науч. тр. 2017. Вып. 6. С. 49–53. EDN: ZOJAIX.
2. Рахимов М.А., Рахимова Г.М., Тоимбаева Б.М., Жаутикова С.А., Иманов Е.К. Прочность бетона при твердении в различных климатических условиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 6. С. 38–42. EDN: XUQUPB.
3. Хамхоева З.М., Дзангиева А.Р. Зависимость качества бетона от способа укладки бетонной смеси // Успехи современной науки и образования. 2016. Т. 2. № 3. С. 48–52. EDN: VSEPTR.
4. Крылов Б.А. Монолитное строительство, его состояние и перспективы совершенствования // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2012. № 4 (159). С. 35–38. EDN: RCXKRF.
5. Miller M.R., Miller R., Leger E. Audel complete building construction. Canada: Wiley, 2005. 720 p.
6. Snell C. The Good House Book. A Common-sense Guide to Alternative Homebuilding. New York: Lark Books, 2004. 239 p.
7. Elpel T.J. Living homes. HOPS Press, 2005. 258 p.
8. Trubiano F. Design and construction of high-performance homes. London–New York: Taylor & Francis Group, 2013. 298 p.
9. Бойченко М.Б., Абакумов Р.Г. Современные методы устройства монолитных бетонных конструкций при отрицательной температуре среды // Международный научный журнал «Инновационная наука». 2017. Т. 3. № 4. С. 32–33. EDN: YLZMBV.
10. Рязанова Г.Н., Попова Д.М. Анализ существующих методов возведения конструкций из монолитного бетона и железобетона в зимних условиях // Градостроительство и архитектура. 2018. Т. 8. № 1 (30). С. 16–23. <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2018.01.3>. EDN: XUATPV.
11. Гнам П.А., Кивихарью Р.К. Технологии зимнего бетонирования в России // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 9 (48). С. 7–25. EDN: WTFQQV.
12. Леонтьев С.В., Авдеев П.П., Грибков Г.В. Проблемы зимнего бетонирования и пути их решения // Инженерный вестник Дона. 2022. № 1 (85). С. 431–440. EDN: LCFBPT.
13. Головнев С.Г. Зимнее бетонирование: этапы становления и развития // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013. № 31-2 (50). С. 529–534. EDN: RBVBBD.
14. Золотухин С.Н., Горюшкин А.Н. Бетонирование при отрицательных температурах // Высокие технологии в экологии: материалы 15-ой межрегиональной науч.-практ. конф. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. 2012. № 1. С. 81–85. EDN: PXTMVT.
15. Корытов Ю.А. Зимнее бетонирование с применением нагревательных проводов // Механизация строительства. 2010. № 3 (789). С. 14–20. EDN: NAVAFP.
16. Красновский Б.М. Инженерно-физические основы методов зимнего бетонирования. М.: Изд-во ГАСИС, 2007. 512 с.
17. Zhu Bofang. Temperature Control of Concrete Dam in Cold Region // Thermal stresses and temperature control of mass concrete. 2014. P. 431–438. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407723-2.00021-X>.
18. Paulik P. The effect of curing conditions (In Situ vs. Laboratory) on compressive strength development of high strength concrete // Procedia Engineering. 2013. Vol. 65. P. 113–119. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.09.020>.
19. Пикус Г.А., Мозгалёв К.М. Контроль параметров бетона, выдерживаемого в зимних условиях // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Т. 15. № 1. С. 6–9. EDN: THLDPT.
20. Мостовой В.С., Ковтуненко М.Г. Использование добавок при возведении конструкций из монолитного железобетона // Девелопмент и инновации в строительстве: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конгресса (г. Краснодар, 18–19 апреля 2018 г.). Уфа: Омега сайнс, 2018. С. 157–162.
21. Зиневич Л.В. Применение численного моделирования при проектировании технологии обогрева и выдерживания бетона монолитных конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 2 (20). С. 24–28. EDN: NEEKXF.
22. Пикус Г.А. Назначение требуемой прочности бетона в зимнее время // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Т. 19. № 3. С. 5–9. <https://doi.org/10.14529/build190301>. EDN: NXNWEA.
23. Куц Е.В., Кадокова С.Ю., Андреев А.А. Оптимизационное моделирование энергосберегающего проекта // Инженерный вестник Дона. 2021. № 12. С. 516–528. EDN: XEEUJX.
24. Алексанин А.В. Влияние информационных технологий на возможности ресурсосбережения в строительстве // Инженерный вестник Дона. 2021. № 2 (74). С. 11–19. EDN: BHDDSI.

25. Мкртычев О.В., Решетов А.А. Сейсмические нагрузки при расчете зданий и сооружений: монография. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2017. С. 138.
26. Журов Н.Н., Комиссаров С.В. Система температурно-прочностного контроля бетона в раннем возрасте // Вестник Московского государственного строительного университета. 2010. № 4-5. С. 296–300. EDN: RTUKBR.
27. Куракова О.А., Галаев М.У. Применение новых технологий зимнего бетонирования в современном строительстве // Экономика и предпринимательство. 2012. № 6 (95). С. 1073–1075. EDN: XPUGQP.

REFERENCES

1. Blazhnov A.A., Rukavishnikov A.M. Monolithic reinforced concrete in modern construction. *Vestnik stroitel'stva i arkhitektury: sbornik nauchnykh trudov*. 2017;6:49-53. (In Russ.). EDN: ZOJAIX.
2. Rakhimov M.A., Rakhimova G.M., Toimbaeva B.M., Zhautikova S.A., Imanov E.K. Strength of concrete in hardness in various climatic conditions. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy = International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2018;6:38-42. (In Russ.). EDN: XUQUPB.
3. Khamkhoeva Z.M., Dzangieva A.R. Dependence of concrete quality from the way of concrete mix laying. *Uspekhi sovremennoi nauki i obrazovaniya*. 2016;2(3):48-52. (In Russ.). EDN: VSEPTR.
4. Krylov B.A. High-rise building improvement what are condition and prospects. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka*. 2012;4:35-38. (In Russ.). EDN: RCXKRF.
5. Miller M.R., Miller R., Leger E. Audel complete building construction. Canada: Wiley; 2005. 720 p.
6. Snell C. The Good house book: a common-sense guide to alternative homebuilding. New York: Lark Books; 2004. 239 p.
7. Elpel T.J. Living homes. HOPS Press; 2005. 258 p.
8. Trubiano F. Design and construction of high-performance homes. London–New York: Taylor & Francis Group; 2013. 298 p.
9. Boichenko M.B., Abakumov R.G. Modern methods of construction of monolithic concrete structures at negative ambient temperature. *Mezhdunarodnyi nauchnyi zhurnal «Innovatsionnaya nauka» = International scientific journal «Innovation science»*. 2017;3(4):32-33. EDN: YLZMBV.
10. Ryazanova G.N., Popova D.M. Analysis of existing methods of construction from monolithic concrete and reinforced concrete in winter conditions. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura = Urban construction and architecture*. 2018;8(1):16-23. (In Russ.). <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2018.01.3>. EDN: XUATPV.
11. Gnam P.A., Kiviharju R.K. Technologies of winter concreting in Russia. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy = Construction of unique buildings and structures*. 2016;9(48):7-25. (In Russ.). EDN: WTFQQV.
12. Leont'ev S.V., Avdeev P.P., Gribkov G.V. The problems of winter concreting and ways of dealing. *Inzhenernyi vestnik Dona = Engineering journal of Don*. 2022;1:431-440. (In Russ.). EDN: LCFBPT.
13. Golovnev S.G. Winter concreting: stages of development. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2013;31-2:529–534. (In Russ.). EDN: RBVBBD.
14. Zolotukhin S.N., Goryushkin A.N. Concreting at negative temperatures. In: *Vysokie tekhnologii v ekologii: materialy mezhregional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Nauchnyi vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta = High technologies in ecology: materials of the 15th inter-regional scientific and practical conference. Scientific Bulletin of the Voronezh state university of architecture and civil engineering*. 2012. № 1. С. 81–85. EDN: PXTMVT.
15. Korytov Yu.A. Winter concreting with the use of heating wires. *Mekhanizatsiya stroitel'stva*. 2010;3:14-20. (In Russ.). EDN: NAVAFP.
16. Krasnovskii B.M. Engineering and physical foundations of winter concreting methods. Moscow: GASIS; 2007. 512 p. (In Russ.). EDN: QNKRIF.
17. Zhu Bofang. Temperature Control of Concrete Dam in Cold Region. In: *Thermal stresses and temperature control of mass concrete*. Elsevier; 2014. p. 431-438. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407723-2.00021-X>.
18. Paulik P. The effect of curing conditions (In Situ vs. Laboratory) on compressive strength development of high strength concrete. *Procedia Engineering*. 2013;65:113-119. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.09.020>.
19. Pikous G.A., Mozgalev K.M. Control for concrete characteristics under winter conditions. *Vestnik Yu-zhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura = Bulletin of the South Ural state university. Series "Construction Engineering and Architecture"*. 2015;15(1):6-9. (In Russ.). EDN: THLDPT.
20. Mostovoi V.S., Kovtunenkov M.G. Use of additives in the restoration of constructions from monolithic reinforced concrete. In: *Development i innovatsii v stroitel'stve: sbornik statei Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo kongressa = Development and innovations in construction: collection of articles of the international scientific and practical congress*. 18-19 April 2018, Krasnodar. Ufa: Omega science; 2018. p. 157-162.

21. Zinevich L.V. Application of numerical modeling in the design of heating technology and concrete retention of monolithic structures. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal = Magazine of civil engineering*. 2011;2:24-28. (In Russ.). EDN: NEEKXF.
22. Pikous G.A. Determining the required concrete strength in winter time. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura = Bulletin of the South Ural state university. Series "Construction Engineering and Architecture"*. 2019;19(3):5-9. (In Russ.). EDN: NXNWEA.
23. Kuts E.V., Kadokova S.Yu., Andreenko A.A. Optimization modeling of an energy-saving project. *Inzhenernyi vestnik Dona = Engineering journal of Don*. 2021;12:516-528. (In Russ.). EDN: XEEUJX.
24. Aleksanin A.V. Influence of information technologies on the possibilities of resource saving in construction. *Inzhenernyi vestnik Dona = Engineering journal of Don*. 2021;2:11-19. (In Russ.). EDN: BHDDSI.
25. Mkrtychev O.V., Reshetov A.A. Seismic loads in the calculation of buildings and structures. Moscow: PH of the Association of Construction Universities; 2017. p. 138. (In Russ.).
26. Zhurov N.N., Komissarov S.V. System temperature-strength concrete control at early age. *Vestnik MGSU*. 2010;4-5:296-300. (In Russ.). EDN: RTUKBR.
27. Kurakova O.A., Galaev M.U. Application of new technologies of winter concreting in modern construction. *Ekonomika i predprinimatel'stvo = Journal of Economy and entrepreneurship*. 2012;6:1073-1075. (In Russ.). EDN: XPUGQP.

Информация об авторе

Комаров Андрей Константинович,
к.т.н., доцент, заведующий кафедрой
строительного производства,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: komarov@istu.edu
<https://orcid.org/0000-0002-4514-9939>

Information about the author

Andrei K. Komarov,
Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor,
Head of the Department
of Construction Production,
Irkutsk National Research
Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: komarov@istu.edu
<https://orcid.org/0000-0002-4514-9939>

Вклад автора

Автор сделал эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the author

The author made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The author declares that there is no conflict of interest.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

The author read and approved the final manuscript.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 02.05.2023.
Одобрена после рецензирования 26.05.2023.
Принята к публикации 29.05.2023.

Information about the article

The article was submitted 02.05.2023.
Approved after reviewing 26.05.2023.
Accepted for publication 29.05.2023.



Повышение показателей качества бетонов для транспортного строительства

О.И. Королёва^{1✉}, В.С. Орлов², П.А. Шустов³

^{1,2}Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

³Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

³Ангарский государственный технический университет, г. Ангарск, Россия

Аннотация. Актуальной задачей дорожного строительства является создание транспортной сети с высокими эксплуатационными характеристиками дорожного полотна. Зарубежный опыт строительства и эксплуатации подобных объектов свидетельствует о необходимости проведения исследований, связанных с получением оптимальной структуры бетонного камня путем оптимизации состава бетона (регулирование свойств бетонной смеси на микроуровне) и применения комплексных добавок нового поколения. Исследования технологических свойств бетонной смеси и бетона проводились в соответствии с требованиями действующей нормативной документации с применением поверенного оборудования. Прочность бетона при сжатии определена при помощи испытательной машины МС2000 (диапазон измерения до 2000 кН, погрешность при нагружении – не более 1%). Истираемость оценивалась по потере массы образцов в ходе работы прибора ЛКИ-3 (круг истирания). Водопоглощение по массе определено по изменению массы образцов при водонасыщении. В статье приведены данные исследований физико-механических характеристик тяжелого бетона (прочность, истираемость, водопоглощение), изготовленного с применением добавок ТехниФлоу-61, ТехниФлоу-178 ПРО и ПауэрФлоу-3100. Результаты исследования свидетельствуют о положительном влиянии представленных добавок, что позволяет снижать водоцементное отношение при получении бетонных смесей заданной подвижности, получить бетоны более плотной структуры и снизить количество открытых пор. Представленные результаты позволяют сделать вывод об эффективности добавок нового поколения пластифицирующего и водоредуцирующего действия на технологические свойства бетонной смеси и физико-механические характеристики получаемых бетонов.

Ключевые слова: бетон, истираемость, транспортное строительство, пластифицирующие добавки, водоредуцирующие добавки

Для цитирования: Королёва О.И., Орлов В.С., Шустов П.А. Повышение показателей качества бетонов для транспортного строительства // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 3. С. 492–500. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-492-500>. EDN: FIESPX.

Original article

Improving concrete quality for transport construction

Olga I. Koroleva^{1✉}, Victor S. Orlov², Pavel A. Shustov³

^{1,2}Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

³Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

³Angarsk State Technical University, Angarsk, Russia

Abstract. The creation of a transport network with high performance characteristics of the roadbed is an urgent task in the field of road construction. Foreign practice in the construction and operation of such facilities indicates the need for research studies aimed at obtaining an optimal concrete stone structure by optimizing the concrete composition (controlling the concrete mixture properties at the microlevel) and using state-of-the-art complex additives. The technological properties of concrete mixtures

© Королёва О.И., Орлов В.С., Шустов П.А., 2023

and concrete were studied in accordance with the requirements of the current regulatory documentation using verified equipment. The compressive strength of concrete was determined using an MS2000 testing machine (with a measuring range of up to 2000 kN and a loading error of no more than 1%). The abrasion level was estimated by the loss of the sample mass during operation of an LKI-3 device (abrasion disc). The mass water absorption was determined by variations in the sample mass during water saturation. The article presents the physical and mechanical characteristics of heavy concrete (strength, abrasion, water absorption) obtained using TechniFlow-61, TechniFlow-178 PRO, and PowerFlow-3100 additives. The results indicate the positive effect of the above additives, which can be used to decrease the water-cement ratio for obtaining concrete mixtures of a given mobility, produce concretes of a denser structure, and reduce the number of open pores. The conclusion is made about the effectiveness of new-generation additives with plasticizing and water-reducing agents for improving the technological properties of concrete mixtures, as well as the physical and mechanical characteristics of the resultant concretes.

Keywords: concrete, abrasion resistance, concrete road surface, plasticizers, water reducing admixtures

For citation: Koroleva O.I., Orlov V.S., Shustov P.A. Improving concrete quality for transport construction. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2023;13(3):492-500. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-492-500>. EDN: FIESPX.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире асфальтобетонное покрытие не может удовлетворять растущие потребности населения. Выходом из этой ситуации должна быть постепенная замена традиционного покрытия на цементобетонное¹ [1].

Несмотря на то, что себестоимость асфальтобетона значительно ниже, при долгосрочной перспективе цементобетонное покрытие экономически эффективнее. Это связано с большой долговечностью и, как следствие, более редким частичным и полным ремонтом. Поэтому Правительством РФ утверждена «Стратегия развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года». В данном документе указан курс на увеличение доли дорог с цементобетонным покрытием² [2, 3].

Исходя из этого, актуальным является разработка составов дорожного бетона с возможностью получать заданные основные показатели качества. Немаловажным аспектом должно быть получение проектируемых реологических характеристик, регулирование состава и свойств на микроуровне [4–13].

МЕТОДЫ

Для изучения качественных характеристик бетонной смеси и бетона были изготовлены

базовый состав без добавок и составы с применением исследуемых добавок. Оптимальный состав бетона определялся на вариативной основе с применением передовых химических добавок производства компании *MC-Bauchemie*. Применяемые добавки представлены в таблице. Данные добавки разрабатывались в том числе для транспортного строительства.

На основании оптимального содержания добавки изготавливались контрольные составы. Затем формовались образцы-кубы с размерами ребра 100x100x100 мм, 70,7x70,7x70,7 мм и образцы-балки с размерами 100x100x400 мм, твердеющие в нормальных условиях (температура 20±2 °C, давление – атмосферное, влажность – 95%) до достижения им классового возраста. В 28 сут. определялись плотность, водопоглощение, истираемость, прочность при сжатии, прочность на растяжение при изгибе бетона.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследуемые добавки применялись в оптимальных соотношениях и для каждой индивидуально назначалось процентное содержание: ТехниФлоу-61 – 0,9% (1 состав), ТехниФлоу-178 ПРО – 1,1% (2 состав), ПауэрФлоу-3100 – 2,5% (3 состав).

¹Стратегии развития промышленности строительных материалов // Static.government.ru [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/RnBfAw072e3tmmykU2lrh1LI1HaHeG0q.pdf> (07.02.2023).

²Байкалов Н.С. Исторический опыт формирования и развития населенных пунктов в зоне байкало-амурской железнодорожной магистрали (1970–1990-е гг.): дисс. ... д-ра ист. наук. Улан-Удэ: Бурятский государственный университет им. Доржи Банзарова, 2022. 555 с. EDN: KDAOSB.

Химические добавки
Chemical additives

Добавка	Положительный эффект
ТехниФлоу 61	Снижение тепловыделения в процессе гидратации, отсутствие влияния на прочность в ранние сроки твердения, повышение сохраняемости подвижности.
ТехниФлоу 178 ПРО (эфир поликарбоксилатов)	Снижение расхода воды (эффект суперводоредукции и суперпластификации), повышение сохраняемости подвижности и стабилизация бетонной смеси.
ПауэрФлоу 3100 (эфир поликарбоксилатов)	Повышение динамики набора прочности в ранние сроки твердения, повышение сохраняемости подвижности, снижение В/Ц отношения (суперпластифицирующая способность).



**Рис. 1. Определение осадки конуса
Fig. 1. Concrete slump test**

В ходе лабораторных испытаний были изучены основные реологические, физико-механические и эксплуатационные характеристики, необходимые для транспортного бетона [14–16]. Оценка показателей удобоукладываемости представлена на рис. 1.

Доказано, что увеличить прочностные характеристики тяжелого цементного бетона для транспортного строительства возможно с помощью применения фибры. В данном способе открытым остается вопрос равномерности распределения данного армирующего элемента в общем объеме

[17–19]. Но это не является единственным методом – актуально воздействие на цементную матрицу химическими добавками³ [20–27]. Анализируя данные, можно сделать вывод, что применение добавок нового поколения дает существенный прирост прочности при сжатии – 46,9–64,7%, и прочности на растяжение при изгибе – 13,8–32,3%. Наибольшие характеристики показала добавка ПауэрФлоу-3100. Результаты проведенных исследований представлены на рис. 2. Пример характера разрушения образцов приведен на рис. 3.

³Цементная промышленность на постсоветском пространстве – сегодня: взгляд изнутри // Цемент и его применение. 2008. № 1. С. 30-91. EDN: ISDSTX.



Рис. 2. Результаты определения прочности при сжатии и растяжении при изгибе
Fig. 2. Compressive and tensile strength results



a



b

Рис. 3. Разрушение бетона при сжатии (a) и растяжении при изгибе (b)
Fig. 3. Compressive (a) and tensile strength (b) of Concrete

Для установления эффективности применяемых решений были произведены испытания по определению водопоглощения (рис. 4). По значению водопоглощения можно судить об открытой пористости. При использовании добавок водопоглощение уменьшается на 36,2%–53,2%. Это показывает, что пластифицирующая и водоредуцирующая составляющая позволяет создать более плотную структуру и уменьшает открытую пористость, что, в свою очередь, оказывает положительное влияние на характеристику водопоглощения. Наименьшее водопоглощение имеет бетон с добавкой ПауэрФлоу-3100.

Следующим этапом эксперимента являлось исследование эксплуатационных характеристик транспортного бетона. Были

произведены испытания на истираемость по ГОСТ 13087-2018 «Бетоны. Методы определения истираемости»⁴ на приборе ЛКИ-3 (рис. 5).

При использовании данной методики можно судить о способности бетона сопротивляться воздействию абразивного материала. Показатели истираемости при введении добавок нового поколения уменьшились на 39,0%–65,9%.

Можно сделать вывод, что данная модификация бетона приводит к более прочной связи между кристаллогидратными новообразованиями цементными камнями. Это приводит к увеличению твердости, прочности и, как следствие, истираемости.

Результаты исследования представлены на рис. 6.

⁴ГОСТ 13087-2018 «Бетоны. Методы определения истираемости» // Кодекс.ру [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200164027> (07.02.2023).

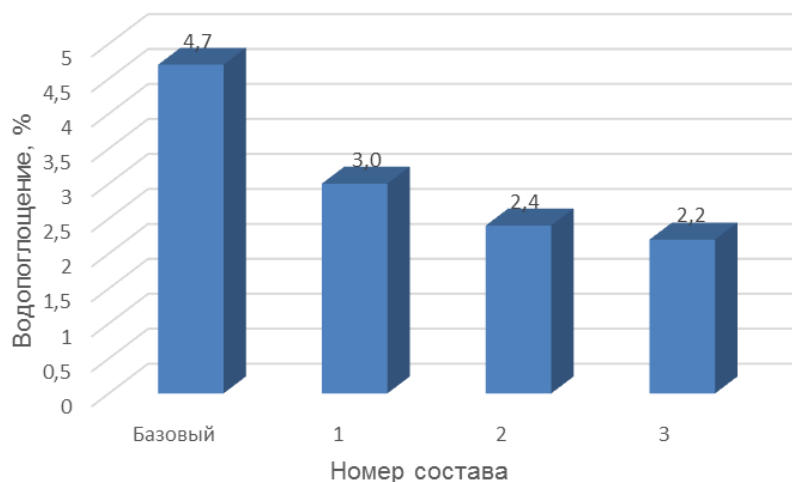


Рис. 4. Результаты определения водопоглощения бетона
Fig. 4. Results of testing of water absorption test



Рис. 5. Определение истираемости бетона на приборе ЛКИ-3
Fig. 5. Testing of abrasion resistance on the LKI-3

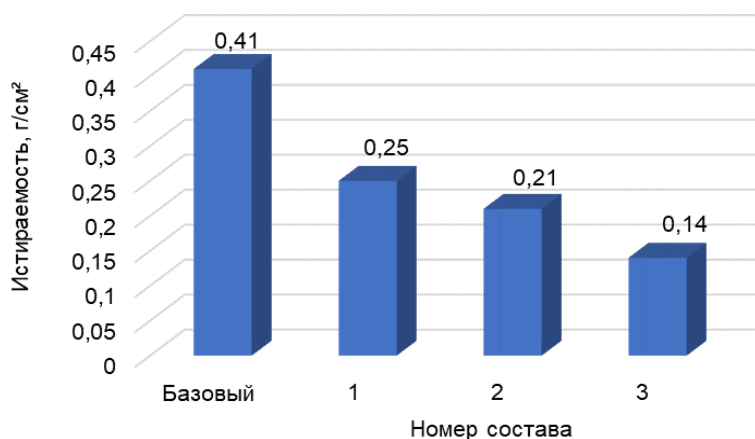


Рис. 6. Результаты определения истираемости бетона
Fig. 6. Results of testing of abrasion resistance

ВЫВОДЫ

Развитие тяжелого цементного бетона для транспортного строительства является актуальным и в долгосрочной перспективе.

По результатам исследования видно, что применение химических добавок нового поколения пластифицирующего и водоредуцирующего действия оказывают положительное

влияние на физико-механические и, как следствие, эксплуатационные показатели готовых изделий. Использование модифицированного бетона увеличивает прочность при сжатии на 46,9%–64,7%, прочность на растяжение при изгибе 13,8%–32,3%, уменьшает водопоглощение на 36,2%–53,2% и истираемость на

39,0%–65,9% по сравнению с базовым составом. Это показывает экономическую целесообразность применяемых решений. Наилучшие результаты были достигнуты с применением добавки ПауэрФлоу-3100. Получение данной модификации бетона является перспективной.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Черноусов Н.Н., Бондарев Б.А., Стурова В.А., Бондарев А.Б., Ливенцева А.А. Аналитические зависимости влияния плотности материала на прочность и деформативность конструкционного бетона при осевом сжатии // *Строительные материалы*. 2022. № 5. С. 58–67. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2022-802-5-58-67>. EDN: NDKYMY.
2. Кенесов О.А., Аймагамбетова З.Т. Результаты и технико-экономическая оценка экспериментально-аналитических исследований энергосберегающих мероприятий // *Современные проблемы лингвистики и методики преподавания русского языка в вузе и школе*. 2022. № 37. С. 1316–1334.
3. Кондращенко В.И. Интегрированный подход в бетоневедении // *Строительные материалы*. 2022. № 4. С. 54–63. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2022-801-4-54-63>. EDN: PPNJVC.
4. Явинский А.В., Чулкова И.Л., Кацарский Р.С. Исследование водонепроницаемости и морозостойкости тяжелого бетона с золой гидроудаления для дорожного покрытия // *Образование. Транспорт. Инновации. Строительство: материалы V Национальной научно-практической конференции* (г. Омск, 28 апреля–29 июня 2022 г.). Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2022. С. 514–517. EDN: DUIJJI.
5. Староверов В.Д. Состояние нормативной базы промышленности строительных материалов на примере бетона и железобетона // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 2023. № 1 (276). С. 19–25. EDN: MFDWRG.
6. Крамар Л.Я., Иванов И.М., Шулдяков К.В., Мордовцева М.В. Влияние суперпластификаторов на микроструктуру и упругие свойства бетона // *Строительные материалы*. 2022. № 10. С. 17–24. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2022-807-10-17-24>. EDN: NHOJNQ.
7. Соловьева В.Я., Абу-Хасан М.С., Ершиков Н.В., Соловьев Д.В., Кукобин Е.И. Высокоэффективный бетон для проведения дорожно-строительных работ при пониженных температурах // *Транспортное строительство*. 2018. № 2. С. 12–15. EDN: XNZTRZ.
8. Шинко Р.М. Модифицированные цементобетонные смеси для дорожного строительства // *Актуальные вопросы техники, науки, технологии: сборник научных трудов национальной конференции* (г. Брянск, 08–12 февраля 2022 г.). Брянск: Брянский государственный инженерно-технологический университет, 2022. С. 398–400. EDN: KPBZYP.
9. Пардаев О., Турсунбаев Б., Миралиева А.К. Применение базальтово-комплексной добавки для повышения коррозионной стойкости дорожного бетона // *International Bulletin of Applied Science and Technology*. 2023. Vol. 3. Iss. 2. С. 177–181.
10. Лобачев Ю.А., Баженова О.О. Устройство дорожного полотна из высококачественного бетона // *Международ. науч.-техн. конф. молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию РАН* (г. Белгород, 18–20 мая 2022 г.). Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2022. Ч. 6. С. 205–208. EDN: FXJPWU.
11. Бондарев Б.А., Стурова В.А., Ливенцева А.А. Сравнительный анализ материалов, применяемых при строительстве транспортных сооружений // *Наука и инновации в строительстве: сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства* (г. Белгород, 14 апреля 2021 г.). Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2022. Т. 2. С. 54–56. EDN: WCHMIM.
12. Степанова М.П., Белькова Н.А., Баранов Е.В. Оптимизация состава бетона для основания и покрытия дорог // *Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета*. 2023. № 1 (54). С. 83–89. <https://doi.org/10.24866/2227-6858/2023-1/83-89>. EDN: BOLUCC.
13. Яхонтова Д.В., Ляшенко А.Г., Вяльцев А.В. Вторичное использование золошлаковых отходов в дорожном строительстве // *Инженерный вестник Дона*. 2022. № 11 (95). С. 703–709. EDN: KHZMWL.
14. Пономарев А.В. Цементобетон и минеральные вяжущие. Новые возможности и перспективы для дорожного строительства // *Технологии бетонов*. 2022. № 5 (184). С. 9–11. EDN: HXUMTG.
15. Арабзода Н.С., Сайрахмонов Р.Х., Азизов У.М., Шарифов Ф.А. Улучшение физико-механических свойств асфальтовых бетонов путем пластификации и дисперсного армирования // *Политехнический вестник. Серия: инженерные исследования*. 2021. № 3 (55). С. 94–97. EDN: YSQRYB.

16. Баранов И.А., Дерли О.А. Отечественные и зарубежные инновационные технологии в дорожном строительстве // Безопасный и комфортный город: сборник научных трудов по материалам V Международной научно-практической конференции (г. Орел, 06–08 июня 2022 г.). Орел: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2022. С. 146–149. EDN: CIZLGP.
17. Агеев В.Д., Маковский Л.В. Кафедра мостов. МАДИ: вчера, сегодня, завтра // Транспортное строительство. 2022. № 2. С. 2–3.
18. Зиневич С.И., Каюмов А.К., Ковалев Д.М. Использование цементогранулята в дорожном строительстве // Наука и техника. 2022. Т. 21. № 2. С. 134–141. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2022-21-2-134-141>. EDN: WCQFXJ.
19. Чипурина М.А., Арников А.Е. Бетоны настоящего и будущего // Молодежь и научно-технический прогресс: сборник докладов XV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (г. Губкин, 07 апреля 2022 г.). Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2022. В 2-х т. Т. 1. С. 301–304. EDN: FMVIKK.
20. Balushkin A.L. The role of mutual shear deformations in ensuring the safety of prestressed reinforced concrete elements // AlfaBuild. 2022. No. 2 (22). P. 2204. <https://doi.org/10.57728/ALF.22.4>. EDN: UPUXEL.
21. Nazinyan L.G., Shevchenko S.M. Use of processed plastic products in road construction. a review // AlfaBuild. 2022. No. 2 (22). P. 2205. <https://doi.org/10.57728/ALF.22.5>. EDN: XKSTOM.
22. Копылов И.А. Building skin Russia 2022 – главное событие весны на архитектурно-строительном рынке // Технологии бетонов. 2022. № 3 (182). С. 16–17. EDN: GEJMDJ.
23. Орлов А.Д. Цементобетонные дороги // Мир дорог. 2022. № 148. С. 46–47. EDN: UXQBQL.
24. Поудел Р.С., Бессонов И.В., Жуков А.Д., Гудков П.К., Горбунова Э.А., Михайлик Е.Д. Цифровые методы оптимизации составов бетонного полотна // Строительные материалы. 2022. № 6. С. 20–24. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2022-803-6-20-24>. EDN: ZEDWCQ.
25. Лейер Д.В., Данилова В.С., Захожий К.А. Новые технологии и материалы в строительстве // Строительство и реконструкция: сб. научных статей 4-й Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров (г. Курск, 27 мая 2022 г.). Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. С. 209–214. EDN: ENVJCY.
26. Гарипов А.Р., Макаров Д.Б., Хозин В.Г., Степанов С.В. Тонкодисперсная битумная эмульсия для модификации цементного бетона дорожного назначения // Construction and Geotechnics. 2022. Т. 13. № 3. С. 85–97. <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2022.3.08>. EDN: CCMSBF.
27. Несветаев Г.В., Корчагин И.В., Лопатина Ю.Ю., Халезин С.В. О морозостойкости бетонов с суперпластификаторами // Науковедение. 2016. Т. 8. № 5 (36). С. 88. EDN: XCMQPB.

REFERENCES

1. Chernousov N.N., Bondarev B.A., Sturova V.A., Bondarev A.B., Liventseva A.A. Analytical dependences of the effect of material density on the strength and deformability of structural concrete under axial compression. *Stroitel'nye materialy = Construction materials*. 2022;5:58-67. (In Russ.). <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2022-802-5-58-67>. EDN: NDKYMY.
2. Kenesov O.A., Aimagambetova Z.T. Rezul'taty i tekhniko-ekonomicheskaya otsenka eksperimental'no-analiticheskikh issledovaniy energosberegayushchikh meropriyatii. *Sovremennyye problemy lingvistiki i metodiki prepodavaniya russkogo yazyka v vuze i shkole*. 2022;37:1316-1334. (In Russ.).
3. Kondrashchenko V.I. Integrated approach in concrete science. *Stroitel'nye materialy = Construction materials*. 2022;4:54-63. (In Russ.). <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2022-801-4-54-63>. EDN: PPNJVC.
4. Iavinskii A.V., Chulkova I.L., Katsarskii R.S. Issledovanie vodonepronitsaemosti i morozostoikosti tyazhelogo betona s zoloi gidroudaleniya dlya dorozhnogo pokrytiya. *Obrazovanie. Transport. Innovatsii. Stroitel'stvo: materialy V Natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii = Education. Transport. Innovation. Construction: materials of the V National Scientific and Practical Conference*. 28–29 April 2022, Omsk. Omsk: The Siberian State Automobile and Highway University; 2022. p. 514-517. (In Russ.). EDN: DUIJJJ.
5. Staroverov V.D. The state of the regulatory framework of the building materials industry on the example of concrete and reinforced concrete. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka*. 2023;1:19-25. (In Russ.). EDN: MFDWRG.
6. Kramar L.Ya., Ivanov I.M., Shuldyakov K.V., Mordovtseva M.V. Influence of superplasticizers on the microstructure and elastic properties of concrete. *Stroitel'nye materialy = Construction materials*. 2022;10:17-24. (In Russ.). <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2022-807-10-17-24>. EDN: NHOJNQ.
7. Solovyova V.Ya., Abu-Hasan M.S., Ershikov N.V., Solovyov D.V., Kukobin E.I. The high-efficient concrete for road-construction works with reduced positive and negative temperatures. *Transportnoe stroitel'stvo = Transport construction*. 2018;2:12-15. EDN: XNZTRZ.
8. Shinko R.M. Modified cement-concrete mixtures for road construction. *Aktual'nye voprosy tekhniki, nauki, tekhnologii: sbornik nauchnykh trudov natsional'noi konferentsii = Actual issues of engineering, science,*

- technology: collection of scientific papers of the national conference*. 08-12 February 2022, Bryansk. Bryansk: Bryansk State Technological University of Engineering; 2022. p. 398-400. (In Russ.). EDN: KPBZYP.
9. Pardaev O., Tursunbaev B., Miralieva A.K. Application of a basalt-complex additive to increase the corrosion resistance of road concrete. *International Bulletin of Applied Science and Technology*. 2023;3(2):177-181. (In Russ.).
10. Lobachev Yu.A., Bazhenova O.O. The construction of a roadbed made of high-quality concrete. *Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya molodykh uchenykh BGTU im. V.G. Shukhova, posvyashchennaya 300-letiyu RAN = International Scientific and Technical Conference of Young scientists of V.G. Shukhov BSTU, dedicated to the 300th anniversary of the RAS*. 18-20 May 2022, Belgorod. Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2022. Part 6. p. 205-208. (In Russ.). EDN: FXJPWU.
11. Bondarev B.A., Sturova V.A., Liventseva A.A. Comparative analysis of materials used in the construction of transport structures. In: *Nauka i innovatsii v stroitel'stve: sbornik dokladov VI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 50-letiyu kafedry stroitel'stva i gorodskogo khozyaistva = Science and innovations in construction: collection of reports of the VI International Scientific and Practical Conference dedicated to the 50th anniversary of the Department of Construction and Urban Economy*. 14 April 2021, Belgorod. Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov; 2022. Vol. 2. p. 54-56. (In Russ.). EDN: WCHMIM.
12. Stepanova M.P., Belkova N.A., Baranov E.V. Optimization of the composition of concrete for the base and pavement of roads. *Vestnik Inzhenernoi shkoly Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta = Far Eastern Federal University: School of Engineering Bulletin*. 2023;1:83-89. (In Russ.). <https://doi.org/10.24866/2227-6858/2023-1/83-89>. EDN: BOLUCC.
13. Yakhonova D.V., Lyashenko A.G., Vyaltsev A.V. Secondary use of ash and slag waste in road construction. *Inzhenernyi vestnik Dona = Engineering journal of Don*. 2022;11:703-709. (In Russ.). EDN: KHZMWL.
14. Ponomarev A.V. Cement concrete and mineral binders. new opportunities and prospects for road construction. *Tekhnologii betonov*. 2022;5:9-11. (In Russ.). EDN: HXUMTG.
15. Arabzoda N.S., Sairakhmonov R.Kh., Azizov U.M., Sharifov F.A. Improving the physical and mechanical properties of asphalt concrete by plastification and dispersed reinforcement. *Politekhnikeskii vestnik. Seriya: inzhenernye issledovaniya*. 2021;3:94-97. (In Russ.). EDN: YSQRYB.
16. Baranov I.A., Derli O.A. Domestic and foreign innovative technologies in road construction. In: *Bezopasnyi i komfortnyi gorod: sbornik nauchnykh trudov po materialam V Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii = Safe and comfortable city: collection of scientific papers based on the materials of the V International Scientific and Practical Conference*. 06–08 Juny 2022, Orel. Orel: I.S. Turgenev Orel State University; 2022. p. 146-149. (In Russ.). EDN: CIZLGP.
17. Ageev V.D., Makovsky L.V. MADI bridges department: yesterday, today, tomorrow. *Transportnoe stroitel'stvo = Transport construction*. 2022;2:2-3. (In Russ.). EDN: UUTRUA.
18. Zinevich S.I., Kayumov A.K., Kovalev D.M. Use of cement granulate in road construction. *Nauka i tekhnika = Science and technique*. 2022;21(2):134-141. (In Russ.). <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2022-21-2-134-141>. EDN: WCQFXJ.
19. Chipurina M.A., Arnikov A.E. Concrete of the present and future. *Molodezh' i nauchno-tekhnicheskii progress: sbornik dokladov XV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh = Youth and scientific and technological progress: a collection of reports of the XV International Scientific and Practical Conference of students, postgraduates and Young scientists*. 07 April 2022, Gubkin. Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov; 2022. In 2 vols. Vol. 1. p. 301-304. EDN: FMVIKK.
20. Balushkin A.L. The role of mutual shear deformations in ensuring the safety of prestressed reinforced concrete elements. *AlfaBuild*. 2022;2:2204. <https://doi.org/10.57728/ALF.22.4>.
21. Nazinyan L.G., Shevchenko S.M. Use of processed plastic products in road construction. a review. *AlfaBuild*. 2022;2:2205. <https://doi.org/10.57728/ALF.22.5>. EDN: XKSTOM.
22. Kopylov I.A. Building skin Russia 2022 – is the main spring event in the architectural and construction market. *Tekhnologii betonov*. 2022;3:16-17. (In Russ.). EDN: GEJMDJ.
23. Orlov A.D. Cement concrete roads. *Mir dorog*. 2022;148:46-47. (In Russ.). EDN: UXQBQL.
24. Poudel R.S., Bessonov I.V., Zhukov A.D., Gudkov P.K., Gorbunova E.A., Mikhailik E.D. Digital methods for optimizing textile concrete technology. *Stroitel'nye materialy = Construction materials*. 2022;6:20-24. (In Russ.). <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2022-803-6-20-24>. EDN: ZEDWCQ.
25. Leier D.V., Danilova V.S., Zakhochii K.A. Novye tekhnologii i materialy v stroitel'stve. In: *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya: sbornik nauchnykh statei 4-i Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov, magistrrov i bakalavrov = Construction and reconstruction: collection of scientific articles of the 4th All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Postgraduates, Masters and Bachelors*. 27 May 2022, Kursk. Kursk: Southwest State University; 2022. p. 209-214. EDN: ENVJCY.

26. Garipov A.R., Makarov D.B., Khozin V.G., Stepanov S.V. Finely dispersed bitumen emulsion for the modification of cement concrete for road use. *Construction and Geotechnics*. 2022;13(3):85-97. (In Russ.). <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2022.3.08>. EDN: CCMSBF.

27. Nesvetaev G.V., Korchagin I.V., Lopatina Yu.Yu., Khalezin S.V. O morozostoikosti betonov s superplastifikatorami. *Naukovedenie* = 2016;8(5):88. (In Russ.). EDN: XCMQPB.

Информация об авторах**Королёва Ольга Игоревна,**

к.т.н., доцент,
доцент кафедры строительных материалов,
Тюменский индустриальный университет,
625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38,
Россия,
e-mail: sel__olga@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0178-7509>

Орлов Виктор Сергеевич,

заведующий лабораторией кафедры
строительной механики,
Тюменский индустриальный университет,
625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38,
Россия,
e-mail: orlovvs1@tyuiu.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5583-6989>

Шустов Павел Александрович,

к.т.н., доцент,
доцент кафедры строительного производства,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
Ангарский государственный технический
университет,
665835, г. Ангарск, ул. Чайковского, 60, Россия,
e-mail: shustovpa@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2547-3579>

Information about the authors**Olga I. Koroleva,**

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor,
Associate Professor of the Department
of Building Materials,
Industrial University of Tyumen,
38 Volodarskogo St., Tyumen 625000, Russia,
e-mail: sel__olga@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0178-7509>

Victor S. Orlov,

Head of the Laboratory of the Department
of Structural Mechanics,
Industrial University of Tyumen,
38 Volodarskogo St., Tyumen 625000,
Russia,
e-mail: orlovvs1@tyuiu.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5583-6989>

Pavel A. Shustov,

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor,
Associate Professor of the Department
of Construction Production,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
Angarsk State Technical
University,
60 Chaikovskogo St., Angarsk, 665835, Russia,
e-mail: shustovpa@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2547-3579>

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад
в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

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.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 02.06.2023.
Одобрена после рецензирования 30.06.2023.
Принята к публикации 03.07.2023.

Information about the article

The article was submitted 02.06.2023.
Approved after reviewing 30.06.2023.
Accepted for publication 03.07.2023.



Оценка технического состояния стальных ферм покрытия большой чаши бассейна

А.М. Курицына^{1✉}, В.М. Камчаткина², М.Т. Орлов³

^{1,2}Братский государственный университет, г. Братск, Россия

³ООО «Аттестационный научно-технический центр Зевс», г. Иркутск, Россия

Аннотация. Цель работы – оценка технического состояния стальных ферм покрытия большой чаши бассейна «Дельфин» в г. Усть-Илимске и определение дальнейшей возможности эксплуатации конструкций. Оценка технического состояния предполагает установление степени повреждения и категории технического состояния строительных конструкций на основе сопоставления фактических значений количественно оцениваемых признаков со значениями этих же признаков, установленных проектом или нормативным документом. Объекты обследования – стальные фермы пролетом 15 м, расположенные в плане с шагом 6,0 м и условно разделенные на 2 группы: фермы усиления (Ф-1 и Ф-4) и фермы, существующие без усиления (Ф-2 и Ф-3). Выполнен анализ технической, исполнительной и эксплуатационной документации, визуальный и измерительный контроль, поверочный расчет наиболее нагруженных элементов фермы (в статье не приведен). Анализ полученных данных позволил сделать выводы о недопустимом и аварийном состоянии стальных ферм. Аварийное техническое состояние ферм Ф-2 и Ф-3 обусловлено тем, что несущая способность опорных раскосов ничем не обеспечена, и длина сварных швов крепления опорных раскосов является недостаточной. Недопустимое техническое состояние ферм усиления Ф-1 и Ф-4 обусловлено недостаточностью длины сварных швов крепления опорных раскосов, а также наличием отступлений от действующих норм ряда технических решений проекта усиления. Даны соответствующие рекомендации о возможности дальнейшей эксплуатации конструкций покрытия.

Ключевые слова: стальные фермы, визуальный и измерительный контроль, категория технического состояния, сварные швы, усиление

Для цитирования: Курицына А.М., Камчаткина В.М., Орлов М.Т. Оценка технического состояния стальных ферм покрытия большой чаши бассейна // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 3. С. 501–515. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-501-515>. EDN: FRZOZS.

Original article

Technical evaluation of steel roof trusses for a large pool basin

Anna M. Kuritsyna^{1✉}, Varvara M. Kamchatkina², Maksim T. Orlov³

^{1,2}Bratsk State University, Bratsk, Russia

³Arba LLC "Certification Scientific and Technical Center Zeus", Irkutsk, Russia

Abstract. In this work, we carry out a technical evaluation of steel roof trusses for a large basin of the Del'fin pool in the city of Ust-Ilimsk with the purpose of determining their further operability. This task involves establishing the damage degree of building structures and the category of their technical condition based on a comparison between the actual values of quantifiable attributes and those established by the project or regulatory documents. The studied objects are represented by steel trusses with a span of 15 m, located in plan with a spacing of 6.0 m and conditionally divided into 2 groups: reinforcement trusses (F-1 and F-4) and existing trusses without reinforcement (F-2 and F-3). We analyze the technical, as-built, and operational documentation, and carry out visual and measuring control procedures. The verification calculation of the most loaded truss elements is presented (not provided in the

article). According to the analysis of the obtained data, the condition of the studied steel trusses can be concluded as unacceptable and emergency. The emergency technical condition of the F-2 and F-3 trusses is due to the unprovided bearing capacity of support brace struts and insufficient length of welds, fastening the support brace struts. The unacceptable technical condition of the reinforcement trusses F-1 and F-4 is due to the insufficient length of the welds, fastening the support brace struts, as well as the deviations in a number of technical solutions, outlined in the reinforcement project, from the current norms. Recommendations on the further operability of roof structures are provided.

Keywords: steel trusses, visual and measuring control, connecting elements, welded seams, semi-reinforcement farms

For citation: Kuritsyna A.M., Kamchatkina V.M., Orlov M.T. Technical evaluation of steel roof trusses for a large pool basin. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate.* 2023;13(3):501-515. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-501-515>. EDN: FRZOZS.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших проблем безопасности строительных объектов является своевременная оценка технического состояния несущих конструкций. Данная проблема является актуальной в случае повышенных нагрузок на несущие конструкции, возникшие уже в ходе строительства или эксплуатации от воздействия на конструкции природных и техногенных факторов – перепадов температур, ветровых и снеговых нагрузок, вибраций, аварий, пожаров, диверсий (взрывы) и т.д. [1].

Целью данной работы является оценка технического состояния стальных ферм покрытия большой чаши бассейна «Дельфин» в г. Усть-Илимске и определение дальнейшей возможности эксплуатации данных конструкций.

Актуальность выбранной темы продиктована необходимостью проверки технического состояния стальных ферм указанного выше объекта, с целью недопущения аварии.

Авторами [2] установлено, что большая часть работ¹ [3–12 и др.] посвящена описанию обстоятельств конкретных аварий и реже выявлению их причин; чаще публикуются классификации причин аварий; нет исследований по оценке влияния на статистику аварий человеческого фактора, в частности ошибок в проектах, дефектов металлопроката, некачественного изготовления или монтажа, а также нарушений правил эксплуатации зданий и сооружений.

Необходимость проведения работ по диагностике технического состояния строительных конструкций зависит от состояния объекта и поставленных заказчиком задач [13]. Основанием для обследования могут быть сле-

дующие причины:

- наличие дефектов и повреждений конструкций, снижающих прочностные и деформативные характеристики, как отдельных конструкций, так и всего здания в целом;
- реконструкция или изменения функционального назначения здания;
- установление целесообразности сноса здания или возможности его усиления и дальнейшей эксплуатации;
- выявление отступлений от проекта, снижающих несущую способность и эксплуатационные качества конструкций;
- отсутствие проектно-технической и исполнительной документации;
- деформация или осадка оснований;
- оценка состояния строительных конструкций, подвергшихся воздействию пожара, стихийных бедствий природного характера или техногенных аварий;
- оценка состояния пригодности зданий для нормальной эксплуатации и возможности нахождения в них людей и др.

Влияние окружающей среды, увеличение нагрузок по сравнению с проектными, нарушение нормальных условий эксплуатации, в том числе недоработки на стадии проектирования и строительства приводят к изменению технического состояния конструкций зданий [14, 15].

В соответствии с техническим заданием выполнено обследование стальных ферм покрытия большой чаши бассейна «Дельфин», расположенного в г. Усть-Илимске на ул. Героя Димитрова, 10А.

Оценка технического состояния стальных ферм включала в себя анализ технической, исполнительной, проектной и эксплуатацион-

¹UFC 4-023-03. «Unified facilities criteria (UFC) Design of buildings to resist progressive Collapse». Department of Defense USA, 2016 // Pdfslide.net [Электронный ресурс]. URL: <https://pdfslide.net/documents/ufc-4-023-03-design-of-buildings-to-resist-progressive-collapse.html?page=1> (12.03.2023).

ной документации, результатов предыдущих обследований, а также визуальный и измерительный контроль конструкций, который выполнялся с применением цифрового фотоаппарата, бинокля (5х), рулетки, штангенциркуля и лазерной рулетки.

Основные характеристики площадки:

– район строительства – Иркутская обл., г. Усть-Илимск;

– расчетная сейсмичность по карте А ОСР-97 – 6 баллов по шкале MSK;

– нормативное значение веса снегового покрова (приложение К1 к СП 20.13330.2016 с изменениями) – 1,2 кПа.

Объекты обследования – стальные фермы покрытия пролетом 15 м, расположенные в плане с шагом 6,0 м. Схема расположения ферм представлена на рис. 1.

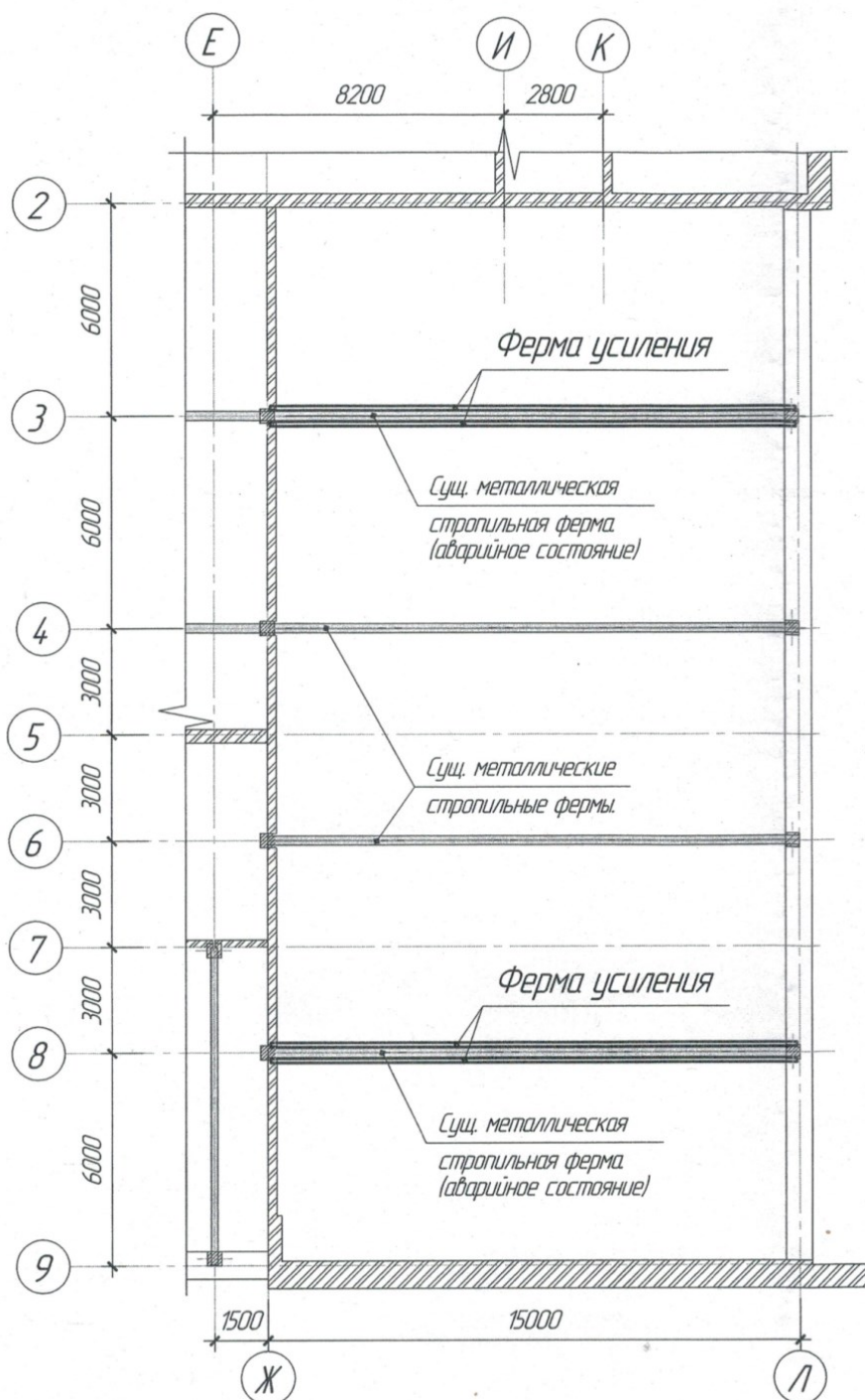


Рис. 1. Схема расположения стропильных ферм
Fig. 1. The layout of the truss trusses

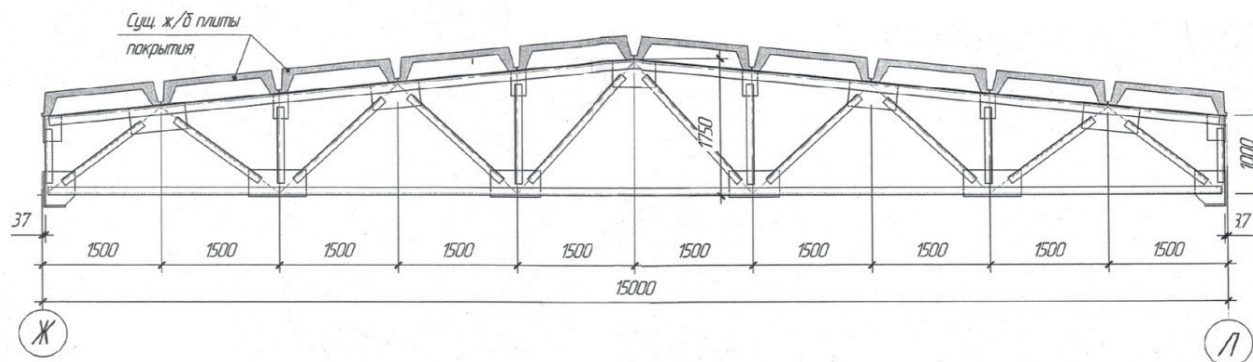


Рис. 2. Принципиальная схема ферм
Fig. 2. Schematic diagram of truss trusses

Обследуемые фермы разбиты на две группы:

Первая группа: ранее смонтированные, не усиленные в процессе эксплуатации, фермы по осям «4» и «6»;

Вторая группа: усиленные в 2016 г. фермы по проекту шифра 12734-АС, разработанному ООО «ПромПроект» (г. Новосибирск), расположенные по осям «3» и «8». Усиление выполнено в связи с коррозией элементов фермы.

Фермы первой группы представляют собой двухугольные фермы трапециевидного сечения с высотой (между осями верхнего и нижнего поясов) в коньке по результатам замеров – 1670 мм; на опорах – 940 мм. Материал ферм – сталь 15ХСНД ГОСТ 19281-2014 (по результатам химанализа, выполненного ООО «Стройизыскания», 2016 г.).

Согласно техническому паспорту БТИ, дата монтажа ферм – 1980 г.

Принципиальная схема ферм первой группы представлена на рис. 2.

Наиболее нагруженные элементы не усиленных ферм выполнены из следующих конструкций:

- нижний пояс – $\angle 100 \times 8$;
- верхний пояс – $\angle 125 \times 10$;
- опорные раскосы – $\angle 90 \times 8$.

ООО «АНТЦ Зевс» отмечает, что на момент настоящего обследования сталь 15ХСНД хотя и не входит в группу рекомендуемых сталей по ГОСТ 27772-15² согласно СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции»³, но она используется для строительства мостов и согласно СП 43.13330.2012 «Мосты и трубы»⁴ расчетное сопротивление данной стали составляет $R_y = 3000 \text{ кгс/см}^2$.

Фермы второй группы (оси «3» и «8», см. рис. 1) – усиленные путем возведения с обеих сторон от существующих ферм дополнительных аналогичных ферм по проекту ООО «ПромПроект».

Фермы усиления представляют собой зеркально расположенные одноугольные фермы, обрамляющие существующие фермы, при этом расстояние в свету между уголками этих ферм составляет 310 мм. Схема усиления на разрезе указана на рис. 3.

Полуфермы усиления выполнены из стали С345 по ГОСТ 27772-2015², что соответствует стали 09Г2С с расчетным сопротивлением 3400 кгс/см^2 – согласно СП 16.13330.2017³

Полуфермы усиления связаны между собой по верхнему и нижнему поясу поперечными уголками $\angle 100 \times 10$ с шагом 3,0 м.

Для включения в работу конструкций усиления предусмотрена установка прокладок (стальные пластины $\delta = 8 \text{ мм}$, установленные между нижним поясом существующей фермы и соединительным уголком конструкции усиления)

Сечения наиболее нагруженных элементов конструкции усиления следующие:

- нижний пояс: $\angle 125 \times 10$;
- верхний пояс: $\angle 125 \times 12$;
- опорный раскосы: $\angle 100 \times 10$.

Согласно результатам обследования, выполненных ООО «Стройизыскания» (техотчет шифра 2375-16-ИО, 2016 г.), постоянная нагрузка от кровли, стяжек, утеплителя варьируется в интервале 285 (в районе конька) ÷ 427 кгс/м² (в районе парапета). Постоянная нагрузка от материалов кровли представлена в таблице.

²ГОСТ 27772-15 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия. М.: Стандарт, 2015.

³СП 16.13330.2017 Стальные конструкции. М.: Кодекс, 2017.

⁴СП 43.13330.2012 Мосты и трубы. М.: Кодекс, 2013.

Состав кровли говорит о том, что кровля неоднократно ремонтировалась без демонтажа ранее выполненных слоев кровли, что привело к увеличению нагрузки по сравнению с проектными значениями:

- в районе конька на 127 кг/м^2 ($49+78$ – см. таблицу);
- в районе парапета на 303 кг/м^2 ($55+99+21+128$ – см. таблицу).

На погонный метр ферм, при шаге ферм $6,0 \text{ м}$ увеличение погонной нагрузки составит $127 \cdot 6 = 762 \text{ кгс}$ (в районе конька) и $303 \cdot 6 = 1818 \text{ кгс/м.п}$ – в районе парапета.

Вес 1-го квадратного метра ребристой ж/бетонной плиты покрытия $1,5 \times 6,0 \text{ м}$ со-

ставляет согласно «Каталога изделий КБЖБ» -180 кг/м^2 .

ООО «АНТЦ «Зевс» отмечает, что за период с момента проектирования здания и до момента настоящего обследования увеличилось нормативное значение веса снегового покрова для г. Усть-Илимска со 100 кгс/м^2 до 125 кгс/м^2 (см. приложение К1 к СП 20.13330.2016⁵ с изменениями 1,2). При коэффициенте надежности по нагрузке для снеговой нагрузки, увеличение расчетного значения нагрузки составит $125 \cdot 1,4 - 100 \cdot 1,4 = 35 \text{ кгс/м}^2$ на погонный метр ферм, расчетная снеговая нагрузка возрастает на $35 \cdot 6 = 210 \text{ кгс/м.п}$.

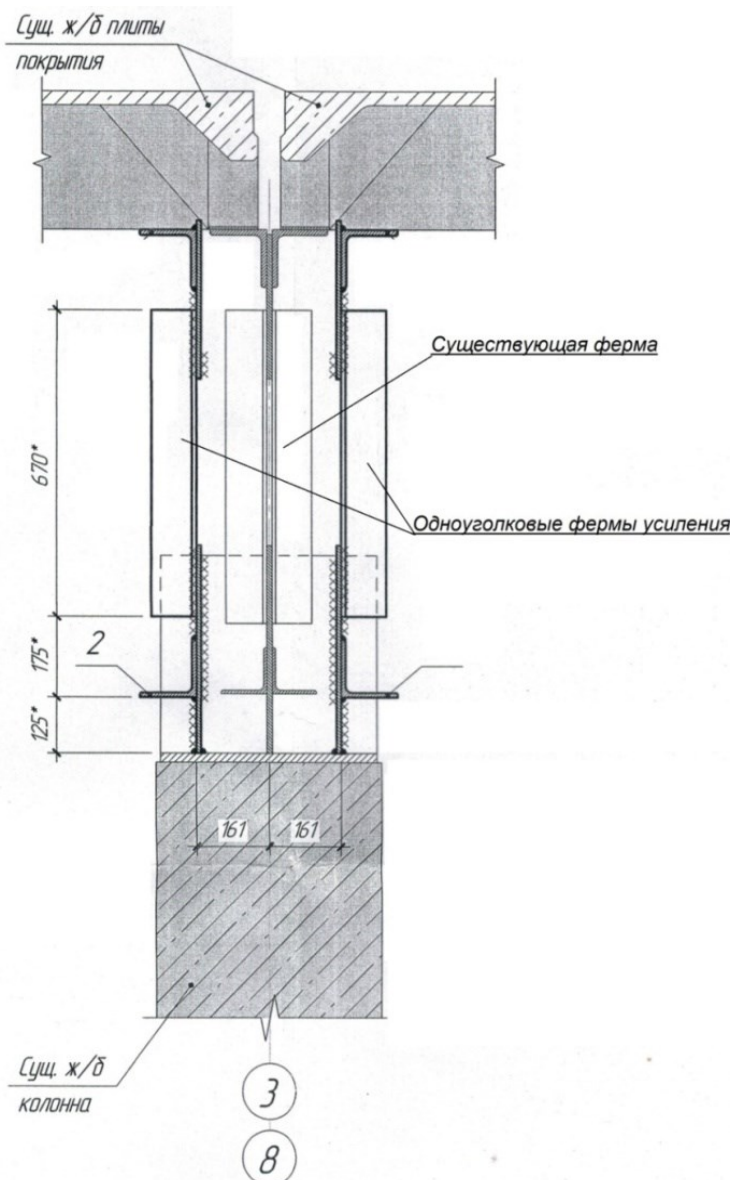


Рис. 3. Расположение ферм усиления на разрезе
Fig. 3. Location of reinforcement trusses on the section

⁵СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. М.: Кодекс, 2017.

Средняя и насыпная плотности материалов кровли здания в состоянии естественной влажности
Average and bulk density of building roof materials in a state of natural humidity

№ участка, наименование конструкции, оси	№ слоя	Наименование слоя	Плотность в состоянии естественной влажности ρ , кг/м ³		Толщина слоя t , м	Постоянная нагрузка от слоя F , кг/м ²	Общая постоянная нагрузка от покрытия ΣF , кг/м ²
			средняя	насыпная			
1	2	3	4	5	6	7	8
Участок № 1, кровля в осях И-К/З	1	Рубероид на битумной мастике (6 слоев)	1220	–	0,040	49	285
	2	Асфальт	1953	–	0,040	78	
	3	Рубероид на битумной мастике (4 слоя)	1079	–	0,020	22	
	4	Асфальт	1863	–	0,060	112	
	5	Рубероид (3 слоя)	929	–	0,020	19	
	6	Пенополистирольная плита	57	–	0,100	6	
Участок № 2, кровля в осях К-Л/З	1	Рубероид на битумной мастике (6 слоев)	1215	–	0,045	55	427
	2	Асфальт	1981	–	0,050	99	
	3	Рубероид на битумной мастике (4 слоя)	1070	–	0,020	21	
	4	Асфальт	1823	–	0,070	128	
	5	Рубероид на битумной мастике (3 слоя)	1086	–	0,020	22	
	6	Асфальт	1799	–	0,040	72	
	7	Керамзитовый гравий	–	688	0,045	31	

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ

Диагностика технического состояния стальных ферм покрытия выполнялась визуальным и измерительным методами.

Для удобства описания материалов обследования принята следующая маркировка ферм (рис. 4).

При этом двухуголковые фермы условно разбиты на одноуголковые фермы – для удобства фиксации дефектов узлов.

Полуфермам со стороны оси «2» присвоен значок *.

Маркировка узлов ферм принята для полуферм по рис. 5 и 6, при этом узлы со значком * и без значка – зеркальны относительно вертикальной плоскости. Узел 10 – стык ниж-

него пояса ферм. Обследование конструкций и рассмотрение проектной документации выявило ряд нарушений действующих норм и рекомендаций по проектированию стальных ферм:

Нарушение 1. Согласно проекту, сварку рекомендовано выполнять электродами Э-42. Однако по действующим на момент проектирования и на момент настоящего обследования нормам для сталей класса С345 (09Г2С) с нормативным сопротивлением 345 Н/мм² при расчетной температуре для г. Усть-Илимска - 52 °С (согласно п. 4.2.3 СП 16.13330.2017³ за расчетную температуру наружного воздуха принимается температура наиболее холодных суток с обеспеченностью 0,98 согласно

СП 131.13330⁶) рекомендуется выполнять сварку электродами Э50А.

Таким образом, рекомендованный проектом тип электрода не соответствует действующим нормам как по прочности сварного шва (Э42 вместо необходимого Э50), так и по хладноломкости (отсутствует индекс «А»), при этом расчетное сопротивление сварного шва R_{wf} снижается в $215/180 = 1,19$ раза.

Нарушение 2. Техническое решение стыка нижнего пояса (узел 10, рис. 5 и 6) решено с применением поперечных сварных швов (рис. 7) также для приварки соединительных элементов поз. 11 применена сварка поперек нижнего пояса. При проектировании и изготовлении ферм, применение поперечных сварных швов для растянутых элементов запрещено^{7,8} [17, 18].

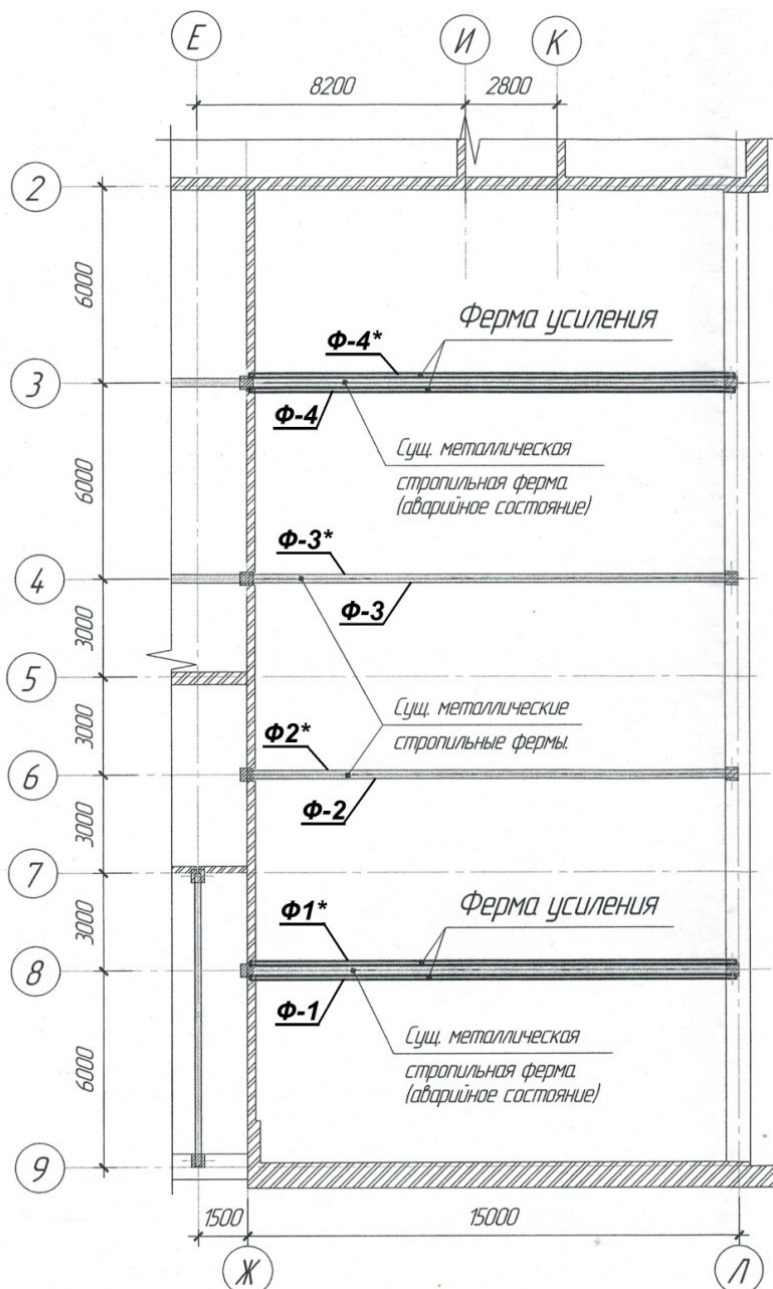


Рис. 4. Маркировка ферм (полуферм)
Fig. 4. Marking of truss trusses (semi-farms)

⁶СП 131.13330 Строительная климатология. М.: Кодекс, 2021.

⁷Стальные конструкции. Справочник конструктора. Раздел «Нормали». М.: Стройиздат, 1976.

⁸BS 5950. Structural use of steelwork in building: Part 1: Code of practice for design – Rolled and welded sections. British Standards Institute, 2000.

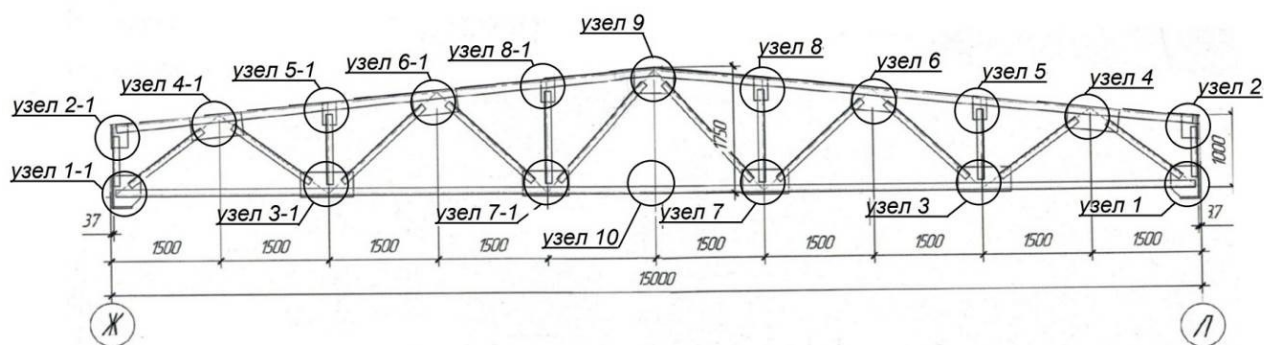


Рис. 5. Маркировка узлов полуферм, расположенных со стороны оси «9», вид со стороны оси «9»

Fig. 5. Marking of semi-farm nodes located on the side of the axis "9", view from the side of the axis "9"

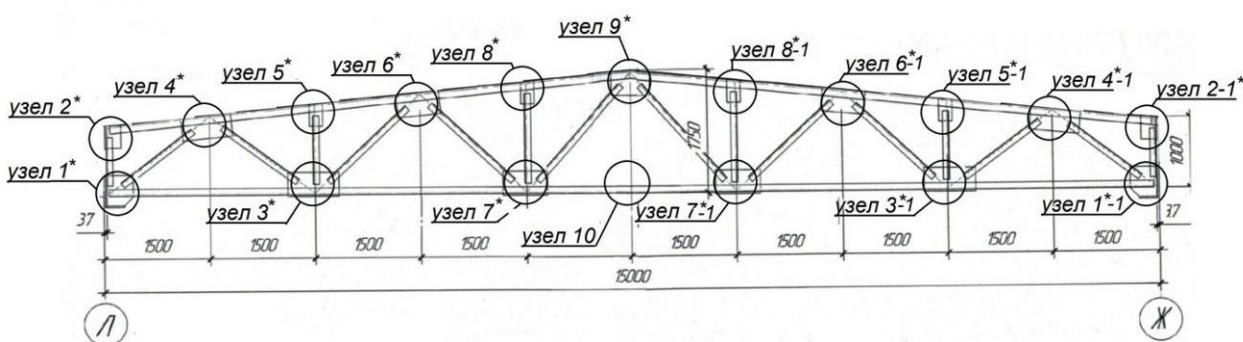


Рис. 6. Маркировка узлов полуферм, расположенных со стороны оси «2», вид со стороны оси «2»

Fig. 6. Marking of semi-farm nodes located on the side of the axis "2", view from the side of the axis "2"

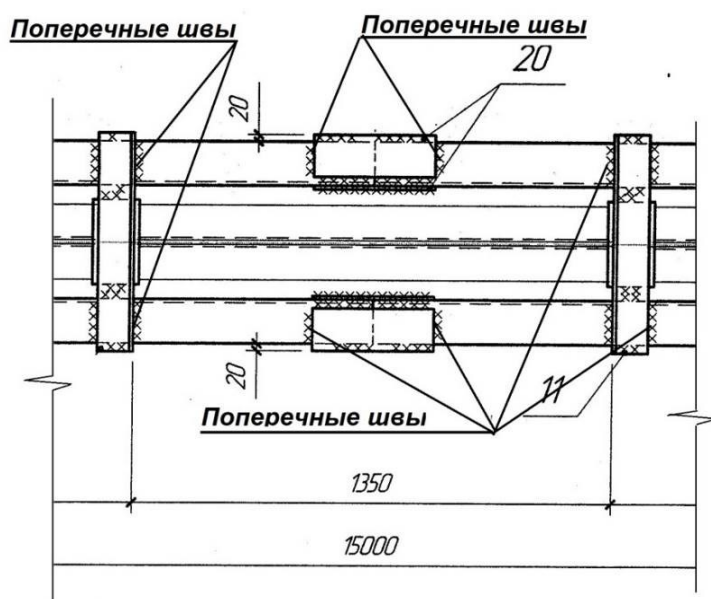


Рис. 7. Укрупнительный узел нижнего пояса фермы (узел 10, рис. 6 и 7) – проектное решение
Fig. 7. The enlarging node of the lower belt of the farm (node 10, Fig.6 and 7) is a design solution

Если поперечные сварные швы крепления соединительных элементов поз. 11 находятся на одной полке уголка фермы, то в укрупнительном стыке (узел 10) сварка «перерезает» обе полки уголка, что делает указанное отступление от действующих рекомендаций недопустимым. Фактически укрупнительный узел сделан несколько иначе, чем по проекту (сварщики отказались от выполнения потолочных швов, расположенные горизонтально соединительные пластины установлены по факту поверх горизонтальной полки), но поперечные швы остались на обеих полках уголков (рис. 8).

При этом качество сварных швов неудовлетворительное – катет сварного шва не постоянен по длине шва и фрагментами отсутствует.

Нарушение 3. В соответствии с проектом соединительные элементы, соединяющие раскосы и стойки полуферм усиления Ф-1

(Ф-1*) и Ф-4 (Ф-4*) привариваются с использованием поперечных сварных швов.

Данное техническое решение противоречит общепринятым принципам проектирования уголкового ферм: поперечные сварные швы поперек раскосов и стоек запрещены⁷ [16, 17]. В натуре соединительные элементы приварены в соответствии с проектом (рис. 9).

Нарушение 4. В проекте усиления ферм принято следующее решение о включении в работу ферм усиления совместно с ранее установленными фермами: путем подкладки дополнительных пластин толщиной 8 мм в районе нижних поясов.

Расположение указанных прокладок совпадает с местами расположения соединительных уголков (поз. 11) нижнего пояса ферм усиления (рис. 10).

Такое расположение прокладок обуславливает внеузловую передачу нагрузок на фермы усиления (рис. 11).

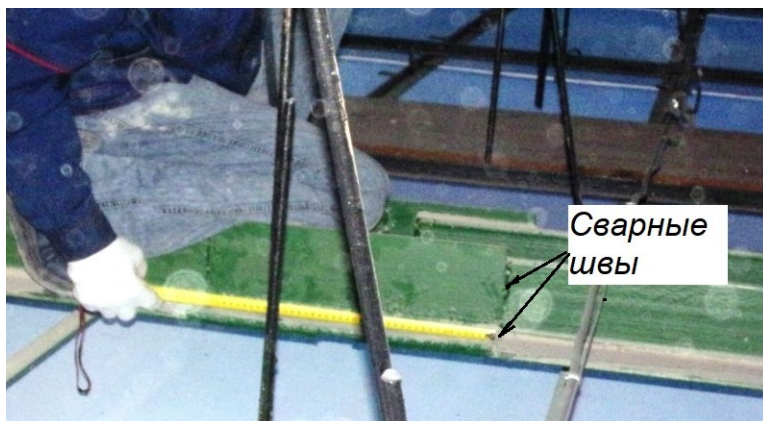


Рис. 8. Поперечные сварные швы укрупнительного узла нижнего пояса ферм Ф-1(Ф-1*) и Ф-4 (Ф-4*)

Fig. 8. Transverse welds of the enlarging unit of the lower belt of farms F-1(F-1*) and F-4 (F-4*)

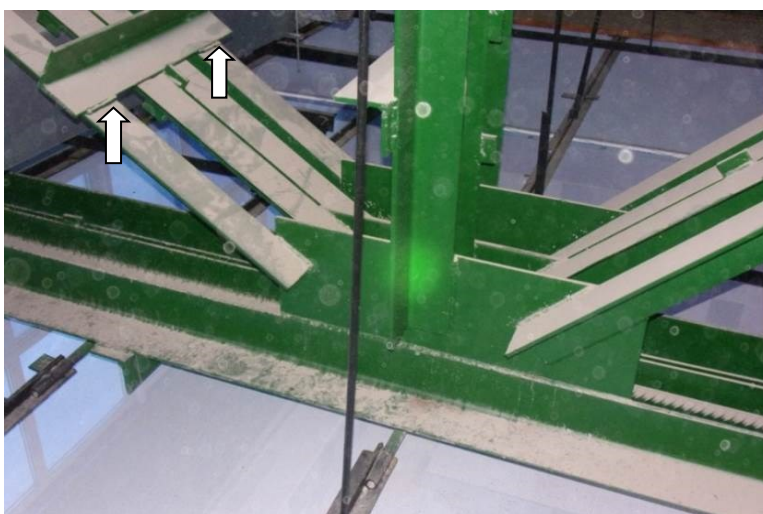


Рис. 9. Поперечные сварные швы крепления соединительных элементов раскосов и стоек, поз. 11.

Fig. 9. Transverse welds of fastening of connecting elements of braces and racks, pos. 11.

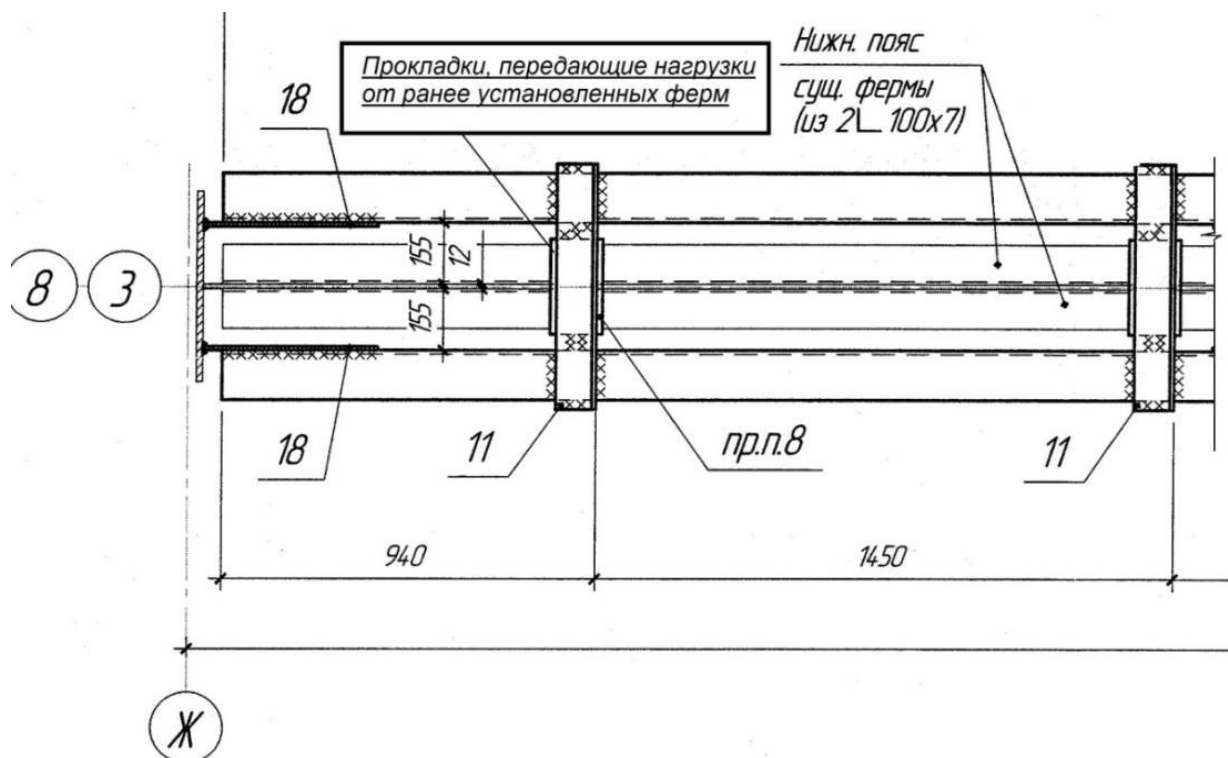


Рис. 10. Расположение стальных прокладок $\delta = 8$ мм, совпадает с расположением соединительных элементов поз. 11. Вид снизу
Fig. 10. The location of the steel gaskets $\delta = 8$ mm, coincides with the location of the connecting elements pos. 11. Bottom view

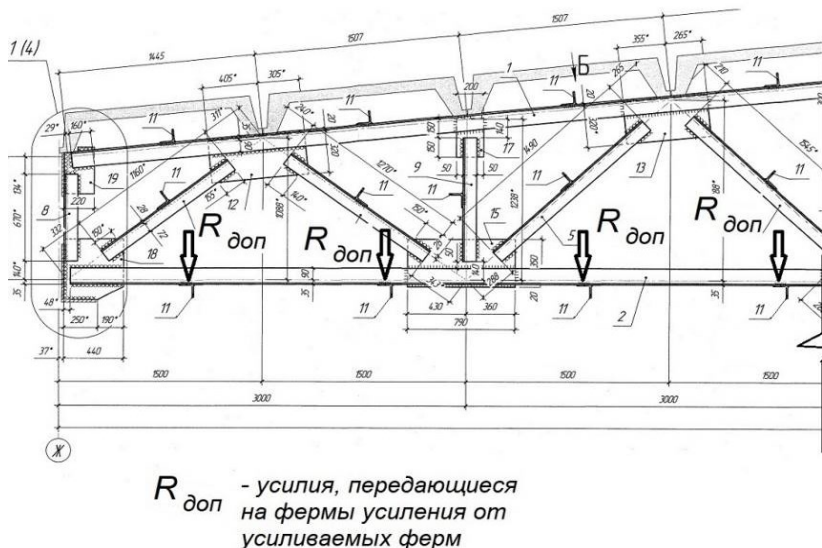


Рис.11. Внеузловая передача нагрузок от усиливаемых ферм (через прокладки $\delta = 8$ мм) на фермы усиления
Fig. 11. Off-node transfer of loads from reinforced trusses (through spacers $\delta = 8$ mm) to reinforcement trusses

Внеузловая нагрузка на фермы ухудшает работу элементов нижнего пояса ферм усиления в связи с тем, что элементы нижнего пояса будут воспринимать не только растягивающие усилия, но и изгибающий момент.

Наличие изгибающих моментов в элементах ферм не рекомендовано пособиями по проектированию ферм (стр. 237, 238 [18]). Особенно вредны подобные моменты для одноуголковых ферм (как в нашем случае – полуфер-

мы усиления являются одноуголковыми фермами). Визуальный осмотр показал, что передача нагрузки от усиливаемой фермы на фермы усиления проходят преимущественно через нижний пояс, т.к. в большинстве узлов между ребрами ребристых плит и верхним поясом ферм имеется зазор (рис. 12). Кроме

того, в связи с неузловой передачей нагрузки на фермы усиления, будут возникать изгибающие моменты и в элементах нижнего пояса усиливаемых ферм, так как реакции от ферм усиления, направленные вверх (так называемые упруго-проседающие опоры) будут расположены также не в узлах фермы.



Рис.12. Зазор между верхним поясом ферм усиления и ребрами ж/бетонных плит покрытия
Fig. 12. The gap between the upper belt of reinforcement trusses and the ribs of reinforced concrete slabs of the coating

Нарушение 5. В проекте усиления при конструировании узлов длина сварного шва по перу практически равна длине шва по перу.

Следует отметить, что данное техническое решение является ошибочным, так как ось симметрии уголков располагается не по центру. В соответствии с нормами проектирования ферм ([18], стр. 234). Если же это требование нарушено, то, согласно [16] в элементах ферм возникают изгибающие моменты.

Нарушение 6. Согласно рекомендациям по проектированию ферм, фланговые швы должны заходить на торец уголка на 20мм с обеих сторон. В проекте это требование не выполнено.

Нарушение 7. Полуфермы усиления имеют собственные косынки и разнесены друг относительно друга на расстояние = 300 мм (см. рис. 3).

Следовательно, данные фермы необходимо проектировать как одноуголковые в соответствии с требованиями «Руководства по проектированию сварных ферм из одиночных уголков»⁹. В проекте косынка приварена не встык, а с наружной стороны вертикальной полки уголка (см. рис. 3).

За счет этого в верхнем поясе фермы будет возникать крутящий момент, а в раскосах

и стойках – изгибающий момент, действующий из плоскости фермы – от эксцентриситета между вертикальными осями косынки (фасонки) и осью уголка верхнего пояса (рис. 13). Момент будет действовать и на косынку (поперек фермы) в промежутке между опорным раскосом и верхним поясом. В проекте не предусмотрены дополнительные пластины соединения горизонтальных полок опорного раскоса с фасонкой опоры и с вертикальной полкой верхнего пояса.

Нарушение 8. Во всех обследуемых фермах выявлено несоответствие суммарной длины сварных швов проектным значениям. Такого рода нарушения зачастую приводят к дефектам повреждения категории «А» и «Б» согласно одной из общепринятых классификаций категорий опасности дефектов и повреждений. Дефекты и повреждения основных несущих конструкций категории «А», представляют непосредственную опасность их разрушения. Дефекты и повреждения категории «Б» не представляют при их обнаружении непосредственную опасность разрушения их несущих конструкций, но способны в дальнейшем вызвать повреждения других элементов и узлов или при развитии повреждения перейти в категорию «А».

⁹Руководство по проектированию ферм из одиночных уголков. М.: ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, 1977.

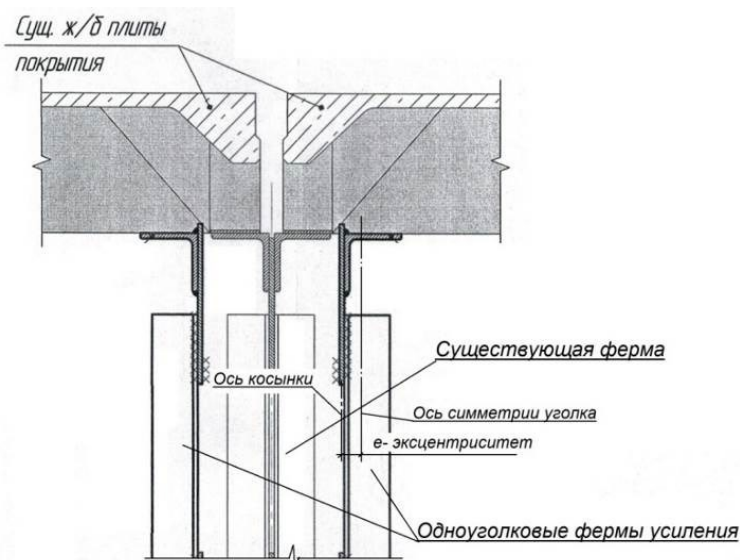


Рис. 13. Эксцентриситет между осями фасонки и осью симметрии уголка в районе узла крепления опорного раскоса к верхнему поясу фермы. Аналогично – в районе опорного узла
Fig. 13. The eccentricity between the axes of the plate made of sheet metal and the axis of symmetry of the angle in the area of the attachment point of the support brace to the upper belt of the truss. Similarly, in the area of the reference node

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ всего комплекса данных, полученных при обследовании, позволяет сделать следующие выводы о техническом состоянии стальных ферм:

1. Согласно категориям технического состояния по СП 13-102-2003¹⁰:

- усиленные фермы Ф1 и Ф4 – недопустимое состояние;
- фермы Ф2 и Ф3 – аварийное состояние.

2. Недопустимое техническое состояние ферм Ф-1 и Ф-4 обусловлено недостаточностью длины сварных швов [19] крепления опорных раскосов; наличие отступлений от действующих норм ряда технических решений проекта усиления.

3. Аварийное техническое состояние ферм Ф-2 и Ф-3 обусловлено тем, что несущая способность опорных раскосов не обеспечена (согласно выполненному поверочному расчету, в статье не приведен), а также

недостаточна длина сварных швов крепления опорных раскосов.

4. Для приведения ферм в работоспособное состояние [20, 21] необходимо выполнить соответствующие мероприятия: усиление ферм Ф-2 и Ф-3 аналогично фермам Ф-1 и Ф-4 либо снижение нагрузки на кровлю путем полной замены кровли с максимальной нагрузкой от кровельного материала, утеплителя, стяжек, пароизоляции – до первоначальных значений = 170 кгс/м² без учета веса ж/б плит.

Как показывает практика проведения обследований зданий или сооружений, только на основе комплексных исследований с оценкой прочности материалов, выявлением дефектов и повреждений, сопоставлением соответствия нормативным и проектным документам, определением существующих и прогнозируемых нагрузок можно оценить их техническое состояние.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Главинский Д.В. Методика непрерывного автоматизированного мониторинга строительных конструкций покрытия в ледовом дворце «Уральская молния» // Предотвращение аварий зданий и сооружений: электронный журнал [Электронный ресурс]. URL: <https://pamag.ru/pressa/metod-namskr> (12.03.2023).
2. Дмитриева Т.Л., Кудрин В.Г., Деордиев С.В. Пути повышения эффективности исследований по авариям сооружений из стали // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 1 (40). С. 28–39. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-1-28-39>. EDN: FJUNCR.

¹⁰СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. М.: Кодекс, 2003.

3. Беляев Б.И., Корниенко Д.С. Причины аварий стальных конструкций и способы их устранения. М.: Стройиздат, 1968. 206 с.
4. Шкинёв А.Н. Аварии на строительных объектах, их причины и способы предупреждения и ликвидации. М.: Стройиздат, 1966. 308 с.
5. Лашенко М.Н. Аварии металлических конструкций зданий и сооружений. Л.: Стройиздат, 1969. 183 с.
6. Сахновский М.М., Титов А.М. Уроки аварий стальных конструкций. К.: Будівельник, 1969. 200 с.
7. Мельников Н.П., Винклер О.Н., Махутов Н.А. Условия и причины хрупких разрушений строительных стальных конструкций // Elima.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://elima.ru/articles/?id=1025> (12.03.2023).
8. Беляев Б.Ф., Гимаев Г.А. О технических причинах аварий и повреждений строительных металлоконструкций промышленных зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2002. № 6. С. 20–21.
9. Тавкин А.А. Основные причины аварий зданий и сооружений // Предотвращение аварий зданий и сооружений [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pamag.ru/pressa/prichina-avarii> (12.03.2023).
10. Шишкина Н.А. Отношение общественности к эксплуатируемым строительным объектам // Предотвращение аварий зданий и сооружений: монография / под ред. К.И. Ерёмина. Магнитогорск, 2014. С. 7–18.
11. Четверик Н.П. Аварии и происшествия на строительных объектах – доколь? // Предотвращение аварий зданий и сооружений: монография / под ред. К.И. Ерёмина. Магнитогорск, 2014. С. 197–208.
12. Kai Qian, Bing Li, Jia-Xing Ma Load-Carrying Mechanism to Resist Progressive Collapse of RC Buildings // Journal of Structural Engineering. 2015. Vol. 141. Iss. 2. P. 1046. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0001046](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0001046).
13. Стасева Е.В., Федина Е.В. Системный подход к мониторингу технического состояния зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. 2013. № 4. С. 172. EDN: SBLIF.
14. Byfield M., Mudalige W., Morison C., Stoddart E. A review of progressive collapse research and regulations // Proceeding of the institution of civil engineers – Structures and Building. 2014. Vol. 167. Iss. 8. P. 447–456. <https://doi.org/10.1680/stbu.12.00023>.
15. Добромислов А.Н. Диагностика повреждений зданий и инженерных сооружений. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. 256 с.
16. Родионов И.К., Родионов И.И. О некоторых результатах экспериментального исследования работы сжатых стержней с общими деформациями, усиливаемых с применением сварки // Градостроительство и архитектура. 2019. Т. 9. № 1. С. 10–14. <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2019.01.2>. EDN: ICZPU.
17. Родионов И.К., Родионов И.И. О результатах исследования сжатых деформированных составных стержней таврового сечения, усиливаемых с применением сварки // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10. № 2. С. 4–9. <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2020.02.1>. EDN: FODJFV.
18. Васильев А.А. Металлические конструкции. М.: Стройиздат, 1979. 420 с.
19. Родионов И.К. Усиление сжатых стержней стальных ферм покрытия и сварочные деформации // Градостроительство и архитектура. 2017. Т. 7. № 3. С. 10–13. <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2017.03.2>. EDN: ZXOLMJ.
20. Glanville J., Neville A., Somerville G. Reconstruction of industrial buildings // Bulletin of the Bauman Moscow state technical university. 1996. P. 203–208.
21. Alanne K. Selection of renovation actions using multi-criteria "knapsack" model // Automation in Construction. 2004. Vol. 13. Iss. 3. P. 377–391. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2003.12.004>.

REFERENCES

1. Glavinsky D.V. Methodology of continuous automated monitoring of building structures of the coating in the ice palace "Ural lightning". *Predotvrashchenie avarii zdaniy i sooruzhenii: elektronnyi zhurnal*. Available from: http://pamag.ru/src/predotvrashchenieavarii_sdanii/predotvrashchenie-avarii_sdanii.pdf [Accessed 12th March 2023]. (In Russ.).
2. Dmitrieva T.L., Kudrin V.G., Deordiev S.V. Approaches to enhancing the efficiency of research into accidents of steel structures. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2022;12(1):28-39. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-1-28-39>. EDN: FJUNCR.
3. Belyaev B.I., Kornienko D.S. Causes of accidents of steel structures and ways to eliminate them. Moscow: Stroizdat; 1968. 206 p. (In Russ.).
4. Shkinev A.N. Accidents on construction objects, their causes and methods of prevention and elimination. Moscow: Stroizdat; 1966. 308 p. (In Russ.).
5. Lashenko M.N. Accidents of metal structures of buildings. Leningrad: Stroizdat; 1969. 183 p. (In Russ.).

6. Sakhnovskii M.M., Titov A.M. Lessons of the accidents of steel structures. Kiev: Budivelnik; 1969. 200 p. (In Russ.).
7. Melnikov N.P., Vinkler O.N., Makhutov N.A. Conditions and causes of brittle destruction of building steel structures // Elima.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://elima.ru/articles/?id=1025> [Accessed 12th March 2023]. (In Russ.).
8. Belyaev B.F., Gimaev G.A. On technical causes of accidents and damages to metal structures of industrial buildings. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo = Industrial and civil engineering*. 2002;6:20-21. (In Russ.).
9. Tavkin A.A. The main causes of failures of buildings and structures. *Predotvrashchenie avarii zdaniy i sooruzheniy*. Available from: <http://www.pamag.ru/prensa/prichina-avarii> [Accessed 12th March 2023]. (In Russ.).
10. Shishkina N.A. Public attitude to the operated construction objects. In: Prevention of accidents of buildings and structures. K.I. Eremin (Eds.). Magnitogorsk; 2014. p. 7-18. (In Russ.).
11. Chetverik N.P. Accidents and incidents at construction sites – how long? In: Prevention of accidents of buildings and structures. K.I. Eremin (Eds.). Magnitogorsk; 2014. p. 197-208. (In Russ.).
12. Kai Qian, Bing Li, Jia-Xing Ma. Load-Carrying Mechanism to Resist Progressive Collapse of RC Buildings. *Journal of Structural Engineering*. 2015;141(2):1046. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0001046](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0001046).
13. Staseva E.V., Fedina E.V. System approach to monitoring of a technical condition of buildings and constructions. *Inzhenernyi vestnik Dona = Engineering journal of Don*. 2013;4:172. (In Russ.). EDN: SBLLIF.
14. Byfield M., Mudalige W., Morison C., Stoddart E. A review of progressive collapse research and regulations. *Proceeding of the Institution of Civil Engineers – Structures and Building*. 2014;167(8):447-456. <https://doi.org/10.1680/stbu.12.00023>.
15. Dobromyslov A.N. Diagnostics of damage to buildings and engineering structures. Moscow: PH of the Association of Construction Universities; 2006. 256 p. (In Russ.).
16. Rodionov I.K., Rodionov I.I. Results of experimental research of the work of compressed rods with general deformations, strengthened with welding. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura = Urban construction and architecture*. 2019;9(1):10-14. (In Russ.). <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2019.01.2>. EDN: ICZPZU.
17. Rodionov I.K., Rodionov I.I. Results of research of compressed deformed composite rods of t-section reinforced with welding. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura = Urban construction and architecture*. 2020;10(2):4-9. (In Russ.). <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2020.02.1>. EDN: FODJFV.
18. Vasilieva A.A. Metal structures. Moscow: Stroiizdat; 1979. 420 p. (In Russ.).
19. Rodionov I.K. Enhancing compressed rods of steel coating farms and their welding deformations. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura = Urban construction and architecture*. 2017;7(3):10-13. (In Russ.). <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2017.03.2>. EDN: ZXOLMJ.
20. Glanville J., Neville A., Somerville G. Reconstruction of industrial buildings. *Bulletin of the Bauman Moscow state technical university*. 1996:203-208.
21. Alanne K. Selection of renovation actions using multi-criteria "knapsack" model. *Automation in Construction*. 2004;13(3):377-391. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2003.12.004>.

Информация об авторах

Курицына Анна Михайловна,

к.т.н., доцент кафедры
строительных конструкций
и технологии строительства,
Братский государственный университет,
665709, г. Братск, ул. Макаренко, 40, Россия,
e-mail: tigannet@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0003-5706-8460>

Камчаткина Варвара Михайловна,

к.пед.н., доцент кафедры
строительных конструкций
и технологии строительства,
Братский государственный университет,
665709, г. Братск, ул. Макаренко, 40, Россия,
e-mail: varvara@kamchatkina.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2687-3603>

Information about the authors

Anna M. Kuritsyna,

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor
of Departments of Building Structures
and Construction Technologies,
Bratsk State University,
40 Makarenko St., Bratsk 665709, Russia,
e-mail: tigannet@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0003-5706-8460>

Varvara M. Kamchatkina,

Cand. Sci. (Ped.), Associate Professor
of Departments of Building Structures
and Construction Technologies,
Bratsk State University,
40 Makarenko St., Bratsk 665709, Russia,
e-mail: varvara@kamchatkina.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2687-3603>

Орлов Максим Томасович,
эксперт в области промышленной
безопасности,
ООО «АНТЦ «Зевс»,
665709, г. Братск, а/я 743, Россия,
e-mail: Morlov1956@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0002-8783-3103>

Maksim T. Orlov
Expert in the field of industrial safety,
LLC "Attestation Scientific
and Technical Center Zeus",
a/a 743, Bratsk 665709, Russia,
e-mail: Morlov1956@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0002-8783-3103>

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

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.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 19.05.2023.
Одобрена после рецензирования 07.06.2023.
Принята к публикации 09.06.2023.

Information about the article

The article was submitted 19.05.2023.
Approved after reviewing 07.06.2023.
Accepted for publication 09.06.2023.



Развитие и применение нейросетевой технологии в решении задач геодинамики

О.М. Максимова

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

Аннотация. Цель этой работы состоит в поиске наиболее эффективного, удобного в использовании метода сейсморайонирования, позволяющего в режиме реального времени учитывать происходящие изменения среды. Обосновывается актуальность и необходимость решения данной проблемы. Приводятся характеристики и особенности существующих в настоящее время методик микрорайонирования. Обсуждается постановка задачи сейсмического микрорайонирования. Определяются два направления решения задачи – традиционный подход и нейросетевой. Разбираются преимущества и недостатки обоих подходов. Приводятся существенные аргументы в пользу применения нейросетевого подхода, определяется направление поиска решения. Представлен иллюстрированный пример решения промежуточной задачи геофизики с использованием нейросетевого подхода. На данном этапе исследований осуществлен поиск сетей, обеспечивающий достаточную точность для получения картин геологических срезов, проведен анализ прогнозируемых результатов для ряда нейросетей. Наиболее достоверные результаты дают нейросети на основе многослойного персептрона. Следующим этапом работ предполагается разработка алгоритма использования нейросетевой технологии для построения карты сейсмического микрорайонирования.

Ключевые слова: сейсмическое районирование, микрорайонирование, нейросетевой подход, геологический срез

Для цитирования: Максимова О.М. Развитие и применение нейросетевой технологии в решении задач геодинамики // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 3. С. 516–525. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-516-525>. EDN: MUQFOT.

Original article

Development and application of neural network technology in solving geodynamic problems

Olga M. Maximova

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Abstract. The present study is aimed at searching the most effective, easy-to-use method for seismic zoning, in order to consider the ongoing environmental change in real time. The study demonstrates the relevance and necessity of tackling this problem, provides characteristics and peculiarities of current microzonation methods, and discusses the problem of seismic microzonation. The paper highlights traditional and neural network approaches as two directions in solving the problem, and determines their advantages and disadvantages. In addition, the paper provides significant arguments for applying the neural network approach and defines the perspectives for the solution. An intermediate problem of geophysics is suggested to be solved using the neural network approach. The current study results involved searching networks able to provide sufficient accuracy for obtaining pictures of geological sections and conducting analysis of predicted results for a number of neural networks. Multilayer perceptron is considered to give the most reliable results. The future work is supposed to develop an algorithm for building a map of seismic microzonation by means of neural network technology.

Keywords: seismic zoning, micro zoning, neural network approach, geological section

For citation: Maximova O.M. Development and application of neural network technology in solving geodynamic problems. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2023;13(3):516-525. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-516-525>. EDN: MUQFOT.

ВВЕДЕНИЕ

Характеристика территории в зависимости от ее сейсмических особенностей осуществляется по результатам нескольких видов зонирования (районирования). Обычно выделяют три вида – общее, детальное и сейсмомикрорайонирование. Методы и подходы, используемые на этапе общего сейсморайонирования осуществляются в два этапа.

Первый этап – выявление районов (зон) возникновения ожидаемых землетрясений, которые различаются по величине магнитуды. Второй этап – расчет колебаний (сотрясений) с помощью существующих методик, аналитических и численных методов с целью определения тех параметров и характеристик, которые позволяют осуществлять проектирование с заданным уровнем сейсмостойкости. Сейсмическое районирование должно осуществляться на научно-методической базе. Создание ее подразумевает разработку специальных, фундаментальных и практических методов решения данной проблемы. Для этого необходимо формирование комплекса научных исследований, включающего постановку конкретных задач в области сейсморайонирования. Сейсмическое микрорайонирование – неотъемлемая часть комплексных исследовательских разработок, целью которых является определение уровней сейсмичности территорий. На этапе сейсмического микрорайонирования разрабатываются карты (масштаб 1:25 000—1:5 000) с высокой точностью и достаточной полнотой, отражающие сейсмичность зоны с учетом как региональных, так и локальных факторов техногенного и природного характера при анализе землетрясений для конкретных территорий. Такие карты необходимы при изучении сейсмических характеристик строительных площадок. Качество этих карт зависит от целого ряда факторов, а именно, от информации, полученной на этапах общего и детального районирования (региональные данные), а также комплексных исследований, осуществленных при микро-

районировании (геологических и геофизических). Наряду с региональными местные, локальные особенности геологической среды, в том числе, строение геологического разреза, свойства грунтов и многие другие, имеют существенное значение при выполнении сейсмического микрорайонирования. При этом важно учитывать не только природные факторы сейсмического воздействия, роль техногенных факторов возрастает с каждым годом. В теории и практике сейсмического микрорайонирования остается много нерешенных проблем, открытых вопросов. Сложность, а иногда отсутствие необходимых методик определения уровня сейсмической опасности конкретной территории (строительной площадки) не позволяют вносить коррективы в расчетные модели при проектировании зданий и сооружений, при выявлении необходимости усиления их сейсмостойкости, в том числе в ходе эксплуатации.

Подходы к решению задачи сейсмического микрорайонирования. Подходы, используемые при решении проблем сейсмического микрорайонирования, можно условно разбить на две группы: теоретические (научно-исследовательские) и практические (методические). И те, и другие требуют постоянно, непрерывного развития и совершенствования. К этому вынуждают многие факторы, среди которых активизация природных сейсмических процессов, учет новых требований сейсмостойкого строительства и др.¹⁻³ [1]. Решению этой сложной многоплановой проблемы может послужить только комплекс специальных научных исследований и целенаправленных инженерно-технических мероприятий, проводимых как в реальных, так и опытных условиях, в натурных экспериментах для достижения целей сейсмического микрорайонирования⁴. При осуществлении сейсмического микрорайонирования, в том числе, при создании соответствующих карт первым этапом всего комплекса работ должны быть инженерно-геологические исследования⁵.

¹Аплонов С.В. Геодинамика. Издательство: ИД Санкт-Петербургского государственного университета, 2011 г. 352 с.

²Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л.: Недра, 1977 г. 480 с.

³Бондарик Г.К., Пендин В.В., Ярг Л.А. Инженерная геодинамика. Изд-во: КДУ, 2007 г. 456 с.

⁴По материалам Всероссийского Института научной и технической информации (ВИНИТИ).

⁵РСН 60-86: Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Нормы производственных работ // Kodeks.ru. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200000686> (02.07.2023).

По пробуренным скважинам изучаются массивы грунтов и их плотность. На основании этих данных можно проводить уже сейсмические исследования и получать скорости распространения продольных и поперечных волн для грунта данной территории. Кроме того, бурение позволяет установить водоносные горизонты, что также далее будет учтено в расчетах геодинамических характеристик грунта³ [1–3].

На этом этапе можно начинать говорить о двух принципиально различных методах обработки информации – о построении математической модели (и ведении всех дальнейших расчетов на основании этой модели) и о нейросетевых вычислениях. Условимся метод работы с математической моделью называть традиционным методом, а метод, основанный на нейросетевых вычислениях, собственно, – нейросетевым.

Вне зависимости от того, какой подход был бы выбран для обработки данных, самым первым этапом является сбор информации о месте проведения исследований и на этом этапе территория исследуется геофизиками. Применительно к сейсмическому микрорайонированию, одним из ключевых параметров является значение плотности массивов, так как именно плотность определяет скорость распространения сейсмических волн через породу.

В настоящий момент карты геологических срезов строятся по результатам скважинных замеров геологами вручную, исходя из интуитивных соображений. Здесь обратим внимание, что выполнение уже этой части работы может быть возложено на нейросеть. После «восстановления» массивов грунтов изучается сейсмика: на исследуемой территории располагаются датчики, способные фиксировать и измерять скорости распространения продольных и поперечных волн; после этого на территории производятся удары кувалдой, а указанное измерительное оборудование фиксирует результаты воздействия. Измеренные скорости продольных и поперечных волн подставляются в формулы, дающие коэффициент подвижности грунта. Этот коэффициент является поправкой к балльности, которая дается таблицами общего и детального сейсмического районирования.

Как было сказано выше, скважины удастся пробурить далеко не везде: в интересующем месте зондирования может стоять здание, могут быть жестко ограничены сроки, которые даются на этап исследований, и – самое банальное – геофизики могут быть крайне ограничены в средствах. В то же время хотелось

бы иметь как можно более полную картину как по массивам грунтов на данной территории, так и по сейсмике. Очевидный путь – использование различных интерполяционных методов. Выбор может быть сделан либо в пользу каких-либо устоявшихся математических методов, либо подобную интерполяцию можно поручить нейросети.

Преимущество традиционных методов интерполяции в том, что они очень хорошо известны и изучены. Второй очевидный плюс в том, что с использованием таких методов удастся получать легковоспроизводимые результаты. Однако, в случае работы с формализованными численными методами, при интерполяции могут использоваться многопараметричные входные данные, но на выходе оказывается только один параметр, нейросетевой же подход данный недостаток обходит естественным способом: нейросеть может при многопараметричных данных на входе давать многопараметричные результаты на выходе.

Нейросетевой подход имеет много преимуществ в сравнении с разными видами интерполяции и экстраполяции. Среди них универсальность подходов к решению абсолютно разнотипных задач, быстрое действие, возможность распараллеливания вычислительных процессов обучения и функционирования сетей, эффективность обработки огромных массивов разнородных данных, устойчивость функционирования нейросетей в случае сбоев и «шума» в исходных данных [2–4].

К достоинствам нейросетевого подхода можно отнести тот факт, что использование нейросетевой технологии позволяет адаптироваться к новым, изменившимся условиям изучаемого процесса за счет «доучивания» сети при появлении новых данных, характеризующих процесс. Кроме того, с помощью нейросети решения можно уточнять на основании результатов, полученных на нескольких сетках [5].

Кроме того, нейросеть может повысить точность результатов и увеличить глубину прогноза в случае шаговой экстраполяции [2–7], т.е. позволяет производить прогнозирование на некотором доверительном интервале – то, чего стандартные численные методы лишены.

Геофизики уже оценили высокую эффективность применения интеллектуальных алгоритмов анализа данных, к примеру, для поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. Так, успешно используют аппарат искусственных нейронных сетей для распознавания нефтеносных и "пустых" зон по комплексу геофизических и геохимических пара-

метров при исследовании скважин [4].

Не вызывает сомнения польза применения искусственного интеллекта, в том числе нейросетевых алгоритмов, для решения задач математической картографии и геоинформационного моделирования [11–29].

Для решения этих задач формируются сложные пространственные математические модели. Большинство аналитических задач такого рода можно сформулировать как задачу классификации географических комплексов. При этом предварительно осуществляется классификация показателей и факторов, описывающих эти комплексы. В этих исследованиях нейросетевые алгоритмы могут быть использованы для восстановления функции по конечному набору значений и для разбиения конечного множества объектов на классы.

Нейросетевое решение задачи сейсмомикрорайонирования. В рассматриваемой здесь задаче, геофизики, получив какое-то число измеренных характеристик грунта и обработав их, для построения интерполированных значений пользуются программой построения поверхностей – сначала на основании нескольких точек выбирается метод построения сетки, а затем подбирается метод интерполяции.

Недостаток данного подхода заключается в том, что используемая программа никакого отношения к геофизике (и уж тем более – к сейсмическому микрорайонированию) не имеет. Она нигде не учитывает предметную область данных, передаваемых ей на обработку, и, как следствие, специфика задачи скрадывается, а физический смысл приходит извне уже после получения результата. В случае работы с нейросетью, информация, подаваемая на вход сети при ее обучении, может

быть многопараметричной и естественным образом привносить физический смысл задачи. Установив взаимосвязь между входными и выходными параметрами, нейросеть все дальнейшие вычисления будет выполнять автоматически в соответствии со спецификой задачи.

В связи с этим создание специализированного нейросетевого программного продукта для расчета геодинамики представляет ярко выраженный интерес.

Во-первых, такая программа будет нацелена на работу в конкретной предметной области и, являясь узкоспециализированной, позволит решать задачу более точно. А во-вторых, объединит в себе весь цикл расчетов, не рассредоточивая внимание пользователя на нескольких различных программах, не имеющих к задаче прямого отношения. В-третьих, программный комплекс даст возможность каталогизировать и систематизировать накопленные результаты.

В качестве первого этапа использования нейросетевого подхода для решения задач геодинамики было решено попробовать воспроизвести картину среза грунта, содержащего различные массивы. Используемые нейросети генерировались в программе NeuroStatistica 4.0e. В качестве исходных данных брались данные о грунте с четырех скважин. В качестве «эталонного» среза рассматривался срез, построенный геофизиками.

Набор строился на сетке с шагом в по оси OX – 20 см, по оси OY – 4 см.

На рис. 1–9 представлены этапы подбора эффективной нейросети. Для каждого этапа указан класс нейросети, ее структура с результатами обучения и функционирования (приведена ошибка функционирования).



Рис. 1. Картина среза, построенная геологом
Fig. 1. The cut picture, built by a geologist

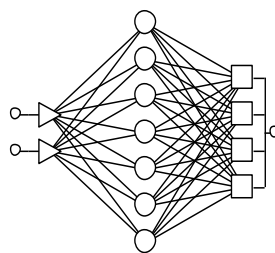


Рис. 2. Класс сети: RBF, 2:2-7-4:1, ошибка: 0.3431016
Fig. 2. Network class: RBF, 2: 2-7-4: 1, error: 0.3431016

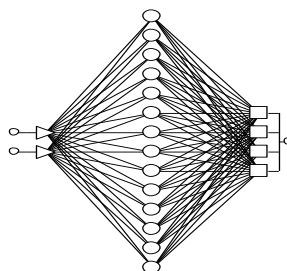


Рис. 3. Класс сети: RBF, 2:2-14-4:1, ошибка 0.3379704
Fig. 3. Network class: RBF, 2:2-14-4:1, error: 0.3379704

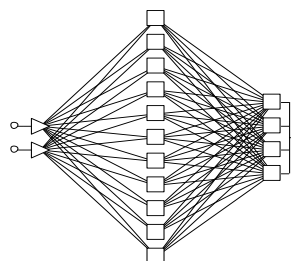


Рис. 4. Класс сети: MLP, 2:2-11-4:1, ошибка 0.1836772
Fig. 4. Network class: MLP, 2:2-11-4:1, error: 0.1836772

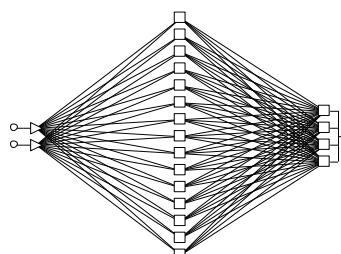


Рис. 5. Класс сети: MLP, 2:2-15-4:1, ошибка 0.1769613
Fig. 5. Network class: MLP, 2:2-15-4:1, error: 0.1769613

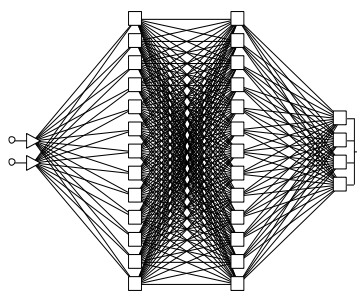


Рис. 6. Класс сети: MLP, 2:2-13-13-4:1, ошибка 0.1293035
Fig. 6. Network class: MLP, 2:2-13-13-4:1, error: 0.1293035

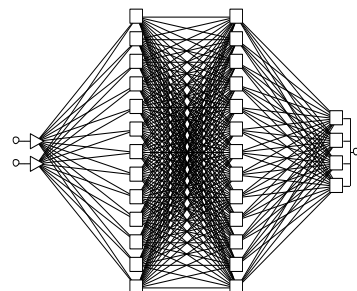


Рис. 7. Класс сети: MLP, 2:2-13-13-4:1, ошибка 0.1263289
Fig. 7. Network class: MLP, 2:2-13-13-4:1, error: 0.1263289

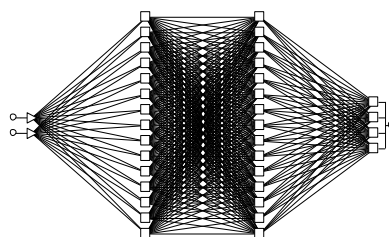


Рис. 8. Класс сети: MLP, 2:2-15-15-4:1, ошибка 0.1365224
Fig. 8. Network class: MLP, 2:2-15-15-4:1, error: 0.1365224

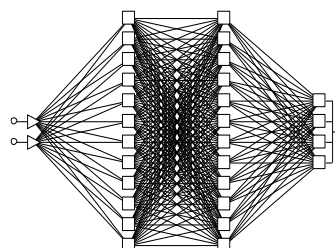


Рис. 9. Класс сети: MLP, 2:2-12-12-4:1, ошибка 0.1311398
Fig. 9. Network class: MLP, 2:2-12-12-4:1, error: 0.1311398

Из представленных результатов подбора видно, что сети с использованием радиальных базисных функций для решения данной зада-

чи не подходят, а при работе с нейросетями на основе многослойного персептрона более приемлемы персептроны с увеличенным чис-

лом скрытых слоев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На данном этапе исследований был проведен анализ прогнозируемых результатов для ряда нейросетей. Наиболее достоверные результаты дают нейросети на основе многослойного персептрона. Необходимо продол-

жить дальнейший поиск сетей, обеспечивающий достаточную точность для получения картин геологических срезом. Следующим этапом работ предполагается разработка алгоритма использования нейросетевой технологии для построения карты сейсмического микрорайонирования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гаврилова Ю.О., Куренкова С.А. Теоретические и региональные проблемы геодинамики: сб. науч. ст. М.: Наука, 1999. 279 с.
2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. 2-е изд. М.: ИД «Вильямс», 2006 г. 1104 с.
3. Люгер Д.Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. М.: Вильямс, 2003. 863 с.
4. Паклин Н. Анализ геофизических данных // Loginom Company. BaseGroup Labs [Электронный ресурс]. URL: <https://basegroup.ru/community/articles/geophysics/> (13.03.2005).
5. Абовский Н.П., Деруга А.П., Максимова О.М., Светашков П.А. Нейроуправляемые конструкции и системы. Кн. 13. Серия: Нейрокомпьютеры и их применение. М: Радиотехника, 2003. 367 с. EDN: ANCOYZ.
6. Максимова О.М. Neuro-net forecasting as evolutionary intellectual process // XVI Международная конференция по нейрокибернетике: сб. докл. (г. Ростов-на-Дону, 24–28 сентября 2012). Ростов н/Д: Изд-во Южного федерального университета, 2012. Т. 2. С. 237–240.
7. Максимова О.М. Нейросетевое прогнозирование в задачах динамики строительных конструкций // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2013. № 3 (74). С. 60–66. EDN: PYAKEL.
8. Максимова О.М. Развитие и применение нейросетевых технологий для задач механики и строительных конструкций // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2013. № 8 (79). С. 81–89. EDN: RASWYX.
9. Maximova O.M. The evolutionary modeling of neural-net forecasting // European Science and Technology: X International Research and Practice Conference (Munich 28-29 May, 2015). Waldkraiburg – Munich: Vela-Verlag; Strategic Studies Institute, 2015. Vol. 2. P. 332–336.
10. Maximova O.M. Neural-net modeling for direct and inverse problems of shell theory // XII International scientific and research conference on Topical issues in Aeronautics and Astronautics: IOP Conference Series: materials science and engineering (Krasnoyarsk, 11–15 April 2016). 2016. Vol. 155. P. 012031.
11. Песегов Д.А. Геоинформационное и картографическое обеспечение задач регионального и муниципального управления // ТОРИНС [Электронный ресурс]. URL: <http://www.torins.ru/demo/download/NeuroGIS.pdf> (10.03.2006).
12. Barrile V., Meduri G.M., Bilotta G., Monardi Trungadi U. GPS-GIS and neural networks for monitoring control, cataloging the prediction and prevention in tectonically active areas // Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2016. Vol. 223. P. 909–914. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.314>.
13. Chakraborty A., Goswami D. Prediction of slope stability using multiple linear regression (MLR) and artificial neural network (ANN) // Arabian Journal of Geosciences. 2017. Vol. 10. P. 385. <https://doi.org/10.1007/s12517-017-3167-x>.
14. Miljanović M., Ninkov T., Sušić Z., Tucikiesic S. Forecasting geodetic measurements using finite impulse response artificial neural networks // Indian journal of geo-marine sciences. 2017. Vol. 46. Iss. 9. P. 1743–1750.
15. Dramsch J.S., Christensen A.N., MacBeth C., Lüthje M. Deep unsupervised 4D seismic 3D time-shift estimation with convolutional neural networks // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2019. Vol. 60. No. 57. P. 1–16. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2021.3081516>.
16. Mosser L., Oliveira R., Steventon M. Probabilistic seismic interpretation using Bayesian neural networks // 81st conference and exhibition (Juni 2019). European Association of Geoscientists & Engineers, 2019. Vol. 2019. P. 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201901510>.
17. Xu K., Darve E.C. The neural network approach to inverse problems in differential equations // ArXiv. 2019. P. 119582714.
18. Puzyrev V. Deep learning electromagnetic inversion with convolutional neural networks // Geophysical Journal International. 2019. Vol. 218. Iss. 2. P. 817–832. <https://doi.org/10.1093/gji/ggz204>.
19. Li Shucai, Liu Bin, Ren Yuxiao, Chen Yangkang, Yang Senlin, Wang Yunhai, Jiang Peng. Deep learning Inversion of Seismic Data // IEEE Transactions On Image Processing. 2019. Vol. 58. Iss. 3. P. 2135–2149. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2019.2953473>.

20. Lei L., Yu L., Xiong Z., Han L., Wei X., Shifan Z. Convolutional recurrent neural networks based wave-form classification in seismic facies analysis // SEG Technical Program Expanded Abstracts. 2019. P. 2599–2603. <https://doi.org/10.1190/segam2019-3215237.1>.
21. Wu H., Zhang B., Lin T., Cao D., Lou Y. Semiautomated seismic horizon interpretation using the encoder-decoder convolutional neural network // Geophysics. 2019. Vol. 84 (6). P. B403–B417. <https://doi.org/10.1190/geo2018-0672.1>.
22. Zhu W., Mousavi S.M., Beroza G.C. Seismic signal denoising and decomposition using deep neural networks // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2019. Vol. 57. No. 11. P. 9476–9488. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2019.2926772>.
23. Wu X., Geng Z., Shi Y., Pham N., Fomel S., Caumon G. Building realistic structure models to train convolutional neural networks for seismic structural interpretation // Geophysics. 2020. Vol. 85. P. WA27-WA39. <https://doi.org/10.1190/geo2019-0375.1>.
24. Moseley B., Nissen-Meyer T., Markham A. Deep learning for fast simulation of seismic waves in complex media // Solid Earth. 2020. Vol. 11. No. 4. P. 1527–1549. <https://doi.org/10.5194/se-11-1527-2020>.
25. Hu Zh., Liu Sh., Hu X., Fu L., Qu J., Wang H., Chen Qiu. Inversion of magnetic data using deep neural networks // Physics of the Earth and Planetary Interiors. 2021. Vol. 311. P. 106653. <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2021.106653>.
26. Шимелевич М.И. Применение методов искусственного интеллекта (нейронных сетей) в обратных нелинейных задачах геофизики с приложением к геоэлектрике // VIII Всероссийская школа-семинар по электромагнитным зондированиям Земли имени М.Н. Бердичевского и Л.Л. Ваньяна (ЭМЗ-2021): сб. тр. (г. Москва, 04–07 октября 2021 г.). Москва: Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, 2021. С. 20–26. EDN: BVHFEE.
27. Галиев Р.Р., Абдрахимов Р.И. Построение концептуальной модели осадконакопления отложений тюменской свиты на основе данных бурения и сейсморазведочных исследований // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2022. № 4 (108). С. 39–46. https://doi.org/10.24412/1728-5283_2022_4_39_46. EDN: GALUBA.
28. Галиев Р.Р., Абдрахимов Р.И. Анализ изменения характеристик сейсмической записи и условий формирования Ачимовских отложений // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2023. Т. 46. № 1 (109). С. 40–47. https://doi.org/10.24412/1728-5283_2023_1_40_47. EDN: PFCRBI.
29. Гадыльшина К.А., Лисица В.В., Вишневский Д.М., Гадыльшин К.Г. Искусственная нейронная сеть, уменьшающая численную дисперсию, для постобработки результатов сейсмического моделирования // Геофизические технологии. 2022. № 1. С. 99–109. <https://doi.org/10.18303/2619-1563-2022-1-99>. EDN: VJDPHV.

REFERENCES

1. Gavrilova Yu.O., Kurenkova S.A. Theoretical and regional problems of geodynamics: collection of scientific articles. Moscow: Nauka; 1999. 279 p. (In Russ.).
2. Haykin S. Neural networks: a comprehensive Foundation. 2-nd Ed. New Jersey: Printice Hall, 07458.
3. Luger G.F. Artificial intelligence: structures and strategies for complex problem solving. 4nd Ed. Boston.
4. Paklin N. Analysis of geophysical data. *Loginom Company. BaseGroup Labs*. Available from: <https://basegroup.ru/community/articles/geophysics/> [Accessed 13-th March 2005]. (In Russ.).
5. Abovskii N.P., Deruga A.P., Maksimova O.M., Svetashkov P.A. Neuro-controlled constructions and systems. Book 13. Series: Neurocomputers and their application. Moscow: Radiotekhnika; 2003. 367 p. (In Russ.). EDN: AHCOYZ.
6. Maksimova O.M. Neuro-net forecasting as evolutionary intellectual process. In: *XVI Mezhdunarodnaya konferentsiya po neirokibernetike: sbornik dokladov = XVI International Conference on neurocybernetics*: collection of reports. 24-28 September 2012, Rostov-on-Don. Rostov-on-Don: Southern Federal University, 2012. Vol. 2. p. 237-240. (In Russ.).
7. Maksimova O.M. Neuronet forecasting in building structure dynamics problems. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Proceedings of Irkutsk state technical university*. 2013;3:60-66. (In Russ.). EDN: PYAKEL.
8. Maksimova O.M. Neuronet technology development and application for solving mechanical and engineering structures problems. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Proceedings of Irkutsk state technical university*. 2013;8:81-89. (In Russ.). EDN: RASWYX.
9. Maximova O.M. The evolutionary modeling of neural-net forecasting. In: *European Science and Technology: X International Research and Practice Conference*. 28-29 May 2015, Munich. Waldkraiburg – Munich: Vela-Verlag; Strategic Studies Institute; 2015. Vol. 2. p. 332-336.
10. Maximova O.M. Neural-net modeling for direct and inverse problems of shell theory. In: *XII International scientific and research conference on Topical issues in Aeronautics and Astronautics: IOP Conference Se-*

- ries: materials science and engineering. 11-15 April 2016, Krasnoyarsk. 2016. Vol. 155. p. 012031.
11. Pesegov D.A. Geoinformation and cartographic support of tasks of regional and municipal management. *TORINS*. Available from: <http://www.torins.ru/demo/download/NeuroGIS.pdf> [Accessed 10th March 2023]. (In Russ.).
12. Barrile V., Meduri G.M., Bilotta G., Monardi Trungadi U. GPS-GIS and neural networks for monitoring control, cataloging the prediction and prevention in tectonically active areas. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2016;223:909–914. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.314>.
13. Chakraborty A., Goswami D. Prediction of slope stability using multiple linear regression (MLR) and artificial neural network (ANN). *Arabian Journal of Geosciences*. 2017;10:385. <https://doi.org/10.1007/s12517-017-3167-x>.
14. Miljanović M., Ninkov T., Sušić Z., Tucikesic S. Forecasting geodetic measurements using finite impulse response artificial neural networks. *Indian journal of geo-marine sciences*. 2017;46(9):1743-1750.
15. Dramsch J.S., Christensen A.N., MacBeth C., Lüthje M. Deep unsupervised 4D seismic 3D time-shift estimation with convolutional neural networks. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 2019;60(57):1-16. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2021.3081516>.
16. Mosser L., Oliveira R., Steventon M. Probabilistic seismic interpretation using Bayesian neural networks. 81st conference and exhibition. Juny 2019. European Association of Geoscientists & Engineers; 2019. Vol. 2019. p. 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201901510>.
17. Xu K., Darve E.C. The neural network approach to inverse problems in differential equations. *ArXiv*. 2019. P. 119582714.
18. Puzyrev V. Deep learning electromagnetic inversion with convolutional neural networks. *Geophysical Journal International*. 2019;218(2):817-832. <https://doi.org/10.1093/gji/ggz204>.
19. Li Sh., Liu B., Ren Yu., Chen Ya., Yang S., Wang Yu., Jiang P. Deep learning Inversion of Seismic Data. *IEEE Transactions On Image Processing*. 2019;58(3):2135-2149. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2019.2953473>.
20. Lei L., Yu L., Xiong Z., Han L., Wei X., Shifan Z. Convolutional recurrent neural networks based wave-form classification in seismic facies analysis. *SEG Technical Program Expanded Abstracts*. 2019:2599-2603. <https://doi.org/10.1190/segam2019-3215237.1>.
21. Wu H., Zhang B., Lin T., Cao D., Lou Y. Semiautomated seismic horizon interpretation using the encoder-decoder convolutional neural network. *Geophysics*. 2019;84(6):B403-B417. <https://doi.org/10.1190/geo2018-0672.1>.
22. Zhu W., Mousavi S.M., Beroza G.C. Seismic signal denoising and decomposition using deep neural networks. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 2019;57(11):9476-9488. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2019.2926772>.
23. Wu X., Geng Z., Shi Y., Pham N., Fomel S., Caumon G. Building realistic structure models to train convolutional neural networks for seismic structural interpretation. *Geophysics*. 2020;85:WA27-WA39. <https://doi.org/10.1190/geo2019-0375.1>.
24. Moseley B., Nissen-Meyer T., Markham A. Deep learning for fast simulation of seismic waves in complex media. *Solid Earth*. 2020;11(4):1527-1549. <https://doi.org/10.5194/se-11-1527-2020>.
25. Hu Zh., Liu Sh., Hu X., Fu L., Qu J., Wang H., Chen Qiu. Inversion of magnetic data using deep neural networks. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*. 2021;311:106653. <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2021.106653>.
26. Shimelevich M.I. Application of artificial intelligence methods (neural networks) in inverse nonlinear problems of geophysics with application to geoelectrics. In: *VIII Vserossiiskaya shkola-seminar po elektromagnitnym zondirovaniyam Zemli imeni M.N. Berdichevskogo i L.L. Van'-yana (EMZ-2021): sbornik trudov = VIII All-Russian School-seminar on electromagnetic sounding of the Earth named after M.N. Berdichevsky and L.L. Vanian (EMZ-2021): collection of works*. 04–07 October 2021, Moscow. Moscow: Schmidt Institute of physics of the earth of the Russian Academy of Sciences; 2021. p. 20-26. (In Russ.). EDN: BVHFEE.
27. Galiev R.R., Abdrakhimov R.I. Construction of a conceptual model of sedimentation of deposits of the Tyumen formation based on core analysis, gis and changes in the characteristics of seismic recording. *Vestnik Akademii nauk Respubliki Bashkortostan = Herald of the academy of sciences of the Republic of Bashkortostan*. 2022;45(4):39-46. https://doi.org/10.24412/1728-5283_2022_4_39_46. (In Russ.). EDN: GALUBA.
28. Galiev R.R., Abdrakhimov R.I. Analysis of changes in the characteristics of the seismic record and formation conditions of the achimov deposits. *Vestnik Akademii nauk Respubliki Bashkortostan = Herald of the academy of sciences of the Republic of Bashkortostan*. 2023;46(1):40-47. (In Russ.). https://doi.org/10.24412/1728-5283_2023_1_40_47. EDN: PFCRBI.
29. Gadylyshina K.A., Lisitsa V.V., Vishnevsky D.M., Gadylyshin K.G. Deep neural network reducing numerical dispersion for post-processing of seismic modeling results. *Geofizicheskie tekhnologii = Russian Journal of Geophysical Technologies*. 2022;1:99-109. (In Russ.). <https://doi.org/10.18303/2619-1563-2022-1-99>. EDN: VJDPHV.

Информация об авторе

Максимова Ольга Михайловна,
к.т.н., доцент,
доцент кафедры строительных конструкций
и управляемых систем,
Сибирский федеральный университет,
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79,
Россия,
e-mail: maximom_7@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0008-7326-3326>

Вклад автора

Автор провел исследование, подготовил рукопись к печати и несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 03.04.2023.
Одобрена после рецензирования 02.05.2023.
Принята к публикации 05.05.2023.

Information about the author

Olga M. Maximova,
Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor,
Associate Professor of the Department
of the Building Structures and Control Systems,
Siberian Federal University,
79 Svobodny pr., Krasnoyarsk 660041,
Russia,
e-mail: maximom_7@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0008-7326-3326>

Contribution of the author

Autor has conducted the study, prepared the manuscript for publication and bears the responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

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

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

Information about the article

The article was submitted 03.04.2023
Approved after reviewing 02.05.2023.
Accepted for publication 05.05.2023.



Конфигурация геоинформационной системы мониторинга и прогнозирования техносферной опасности на объектах жизнеобеспечения

У.Д. Ниязгулов¹, Э.С. Цховребов²✉, В.Н. Безносков³, В.Ф. Томилин⁴

¹Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва, Россия

^{2,3}Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (Федеральный центр науки и высоких технологий), г. Москва, Россия

⁴Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, Тамбов, Россия

Аннотация. Цель настоящей работы заключается в разработке конфигурации системы ГИС-мониторинга технико-экологического состояния объектов недвижимости комплекса жизнеобеспечения для последующего прогнозирования техносферной опасности в формате предупреждения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их экологических последствий. Методы исследования включают применение системного анализа информации, полученной в результате осуществления мониторинга взаимосвязанных технических и ресурсно-экологических параметров, с учетом влияния различных условий, ограничений при функционировании комплекса жизнеобеспечения, с разработкой долгосрочных и среднесрочных прогнозов вариантов и сценариев развития опасных процессов, явлений и последствий воздействия неблагоприятных факторов. В результате системного анализа информации о развитии техносферной опасности в системе жилищно-коммунального хозяйства на базе предлагаемой ГИС-системы мониторинга определены направления совершенствования методов, алгоритмов, инструментов проведения прогнозирования экологической опасности в целях предупреждения угроз и рисков возникновения такой опасности для населения, природной среды и нормального функционирования объектов экономики. В работе предложена конфигурация системы ГИС-мониторинга технико-экологического состояния объектов жизнеобеспечения (на примере жилищно-коммунального хозяйства), которая может быть использована федеральными органами исполнительной власти системы РСЧС, региональными и местными органами в работе по прогнозированию и предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий для жизнедеятельности населения, состояния природной среды и устойчивого функционирования систем жизнеобеспечения городских округов и регионов.

Ключевые слова: экологическая безопасность, коммунальное хозяйство, мониторинг, прогнозирование, жизнеобеспечение

Для цитирования: Ниязгулов У.Д., Цховребов Э.С., Безносков В.Н., Томилин В.Ф. Конфигурация геоинформационной системы мониторинга и прогнозирования техносферной опасности на объектах жизнеобеспечения // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 3. С. 526–537. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-526-537>. EDN: NEEZZW.

Original article

Configuration of geoinformation system for monitoring and forecasting technosphere hazards on critical infrastructure

Ural D. Niyazgulov¹, Eduard S. Tshovrebov², Victor N. Beznosov³, Victor F. Tomilin⁴

¹Russian university of transport, Moscow, Russia;

^{2,3}Federal State Budgetary Establishment «All-Russian Scientific Research Institute for Civil Defence and Emergencies of the EMERCOM of Russia» (Federal Science and High Technology Center), Moscow, Russia

⁴Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russia

© Ниязгулов У.Д., Цховребов Э.С., Безносков В.Н., Томилин В.Ф., 2023

Abstract. The paper is aimed at developing a system configuration for GIS-monitoring of the technical and environmental condition of living facilities for the subsequent prediction of technosphere threat in the format of prevention of natural and anthropogenic emergencies, as well as their environmental consequences. The methodology involved the system analysis of information obtained from monitoring the interrelated technical and resource-environmental parameters. The analysis considered the impact of various conditions, as well as limitations in the functioning of the living facilities. The obtained results underlay long-term and medium-term forecasts of options and scenarios for the development of hazardous processes, phenomena and consequences of adverse factors. The system analysis of information on technosphere hazards in housing and utility sector on the basis of the proposed GIS-monitoring determined areas for improving methods, algorithms, and tools for forecasting environmental hazards in order to prevent the associated threats and risks for population, natural environment and normal functioning of economic facilities. The proposed system configuration for GIS-monitoring of the technical and environmental condition of living facilities (on the example of housing and utilities services) can be used by the Unified state system for prevention and termination of emergency situations, regional and local authorities for forecasting and preventing natural and anthropogenic emergencies and their consequences for human life, environment, and sustainable livelihood systems in municipalities and regions.

Keywords: environmental safety, construction and utilities, monitoring, forecasting, emergencies, technosphere facilities, life support

For citation: Niyazgulov U.D., Tshovrebov E.S., Beznosov V.N., Tomilin V.F. Configuration of geoinformation system for monitoring and forecasting technosphere hazards on critical infrastructure. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'* = *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2023;13(3):526-537. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-526-537>. EDN: NEEZZW.

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития экономики обуславливает повышенные требования к системе мониторинга и прогнозирования угроз, рисков, возможных чрезвычайных ситуаций (ЧС) на объектах жизнеобеспечения населенных пунктов в целях предупреждения возможных неблагоприятных влияний на здоровье население и состояние окружающей среды [1–5].

Совершенствование научных основ, методологии, достигнутых практик и методов мониторинга и прогнозирования ЧС предусматривает решение следующих научно-технических задач:

- разработка научно обоснованных методов, технологий, концептуальных, аналоговых, математических и иных моделей мониторинга, средне- и долгосрочного прогнозирования ЧС на объектах жизнеобеспечения;
- развитие междисциплинарных исследований в сфере геоинформационного и иных видов мониторинга, а также прогнозирования ЧС и их возможных последствий;
- развитие методологии прогнозирования экологической опасности на объектах ЖКХ;
- своевременное выявление, системный анализ, прогнозирование, внедрение единых комплексных критериев оценки и ранжирования техногенных опасностей, угроз, рисков,

связанных с функционированием и отрицательным влиянием источников техносферной опасности (в т.ч. отходов, выбросов, сбросов) на жизнедеятельность населения, объекты экономики, в первую очередь, жизнеобеспечения населенных пунктов.

Важнейшей задачей обеспечения комплексной безопасности объектов жизнеобеспечения служит подготовка и поэтапная реализация комплекса организационно-управленческих мероприятий и технических решений в сфере минимизации последствий техносферной опасности, угроз и рисков.

К основным видам факторов негативного воздействия техносферных объектов на системы жизнеобеспечения относятся: взрыво- и пожароопасность, высокая реакционная способность, которые могут вызывать неблагоприятные события (различные виды нагрузок, деформаций, возгорания, механические и химические воздействия), перерастающие в техногенные ЧС на объектах жизнеобеспечения: пожары, взрывы, разрушения [6–10].

К примеру, комплексное воздействие неблагоприятных параметров, приводящих к пожарам и разрушениям на объектах ЖКХ, обусловлены следующими взаимосвязанными между собой факторами [11–15]:

- различные по характеру и силе повреждения различных составляющих сооружение

материалов, конструкций, узлов, деталей (бетонных, металлических, полимерных, органо-полимерно-минеральных, древесных и иных);

– запуск и развитие внутренних процессов, ведущих к разрушениям и утрате технико-эксплуатационных свойств составляющих объекта (коррозии, дефектам, разрушению покрытия, деформации и пр.);

– усиление нагрузок, связанных с увеличением доли поврежденных деталей и конструкций, создающих более существенную вторичную нагрузку на строение, сооружение в целом;

– утрата несущей способности и функционального назначения некоторых видов конструкций, частей сооружения, приводящие к прогрессирующей угрозе обрушения;

– уменьшение минимальной температуры воспламенения и возгорания горячих материалов и изделий в составе объекта недвижимости.

В целях своевременного обнаружения и предупреждения негативных воздействий источников техносферной опасности – процессов и явлений, приводящих к авариям и ЧС, особенно актуальным представляется создание и развитие комплексной системы мониторинга таких источников на стадии их зарождения, возникновения, образования. Междисциплинарным исследованиям в означенной области и посвящена настоящая авторская работа.

МЕТОДЫ

Материалами для проведения исследования послужили: опубликованные результаты научных исследований отечественных и зарубежных авторов, информационные данные, материалы собственных исследований.

В работе используются и анализируются достигнутые результаты проведенных исследований в области охраны окружающей среды, технологий и систем переработки отходов в безопасные вторичные ресурсы [16–20], комплексной безопасности объектов предупреждения техносферной опасности и ЧС [21–25].

Исследования базируются на многолетних научных изысканиях авторов статьи в области экологической безопасности, мониторинга и прогноза состояния окружающей среды, создания геоинформационных, иных информационно-аналитических систем [26–30].

Научное исследование проведено с использованием системного анализа информации, полученной в ходе проведения мониторинга, прогнозирования экологической и технической ситуации на основе применения математического моделирования и иных мето-

дов обработки численных данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основной задачей исследования послужило формирование конфигурации ГИС-системы технико-экологического мониторинга для последующей разработки прогнозов технико-экологического состояния объектов жизнеобеспечения техносферных территорий.

В составе основных методов и технологий прогнозирования опасностей определены наиболее приемлемые в формате предмета и объекта, целей и задач настоящего исследования.

К технологиям комплексного технико-экологического мониторинга объектов жизнеобеспечения, предваряющего процесс прогнозирования, отнесены непрерывное наблюдение за состоянием природной среды, систематизации и обобщения полученных данных космических съемок, их дешифрирование, перевод в электронный формат, экспертно-аналитические, полевые наблюдения.

Для повышения эффективности оперативного прогнозирования существенной является формализация методов и моделей как прогнозирования, так и мониторинга ЧС.

Задачами предлагаемой системы определены следующие факторы:

– полноценный и объективный мониторинг состояния объектов жизнеобеспечения, источников техносферной опасности на основе сбора, учета и наглядного представления данных;

– информационное обеспечение оценки эффективности функционирования системы, а также контроля за выполнением мероприятий по ее комплексному развитию на федеральном и региональном уровнях;

– поддержка принятия эффективных управленческих решений по планированию отраслевой инфраструктуры, оптимизации системы предупреждения ЧС.

– создание и ведение информационной базы данных по предприятиям городского хозяйства, строительства и ремонта, ЖКХ, дорожно-транспортной инфраструктуры.

Выполнение поставленных задач в составе функциональной схемы системы реализовано посредством создания следующих составляющих блоков или подсистем (рисунок).

В состав электронной информационной базы Системы включаются следующие информационно-аналитические материалы:

1. Базовая картографическая основа для визуализации.

2. Комплекс объектов жизнеобеспечения и источников техносферной опасности.

3. Дорожно-транспортная инфраструктура:

- автодорожная сеть и объекты;
 - железнодорожная сеть и объекты;
 - речная сеть и объекты на ней;
 - энергетическая инфраструктура.
4. Административно-территориальное деление:
- федеральные округа;
 - субъекты Российской Федерации;
 - административные районы;
 - муниципальные образования.
5. Блок природоохранных ограничений:
- границы федеральных и региональных особо охраняемых территорий;
 - границы водоохранных, санитарно-защитных и рекреационных зон, а также санитарной охраны источников питьевого водоснабжения;
 - границы проточных водных объектов;
 - границы лесного фонда и сельскохозяйственных угодий;
 - контуры участков разработки полезных ископаемых.
6. Блок градостроительных ограничений.
7. Блок противопожарных ограничений.
8. Блок технико-технологических ограни-

чений.

9. Блок санитарно-гигиенических ограничений.

10. Блок сводных балансовых показателей (по административным, муниципальным и хозяйственным единицам за выбранный период):

- объемы и движение образующихся отходов в цикле обращения;
- характеристика объектов недвижимости (состояние, аварийность, ветхость, износ и пр.);
- объекты обработки, утилизации, размещения всех видов отходов;
- виды, состав, количество, уровень опасности выбросов загрязняющих веществ в атмосферу;
- состав, виды, количество, уровень опасности сбросов загрязняющих веществ в водоемы и на почвы.

11. Блок словарей и классификаторов:

- общие (ОКАТО, ОКВЭД)
- специализированные (используемые в сфере строительства, ремонта, транспорта, ЧС, экологии, энерго-, ресурсосбережения, обращения с отходами).



Составляющие системы мониторинга объектов жизнеобеспечения
Components of the monitoring system of life support facilities

Блок информации о состоянии объектов жизнеобеспечения населенных пунктов (подблок «ЖКХ») может включать следующий состав информации по данным мониторинга: теплоснабжение, электроснабжение, дорожно-транспортная инфраструктура, характеристика источников водоснабжения, канализационных систем. Отдельным блоком рассматривается состав, характеристики сил и средств ликвидации аварий и ЧС. Рассмотрено влияние воздействующих экологических факторов: выбросы вредных соединений в атмосферный воздух, сбросы загрязняющих веществ в под-

земные и поверхностные водные объекты, образование и размещение отходов, включая несанкционированные свалки, механическое, химическое, биологическое загрязнение почв, физическое воздействие (шум, вибрация, инфракрасное, ультрафиолетовое, электромагнитное излучение), истощение, повреждение, уничтожение земельных, водных, биоресурсов.

Информационно-аналитическая подсистема реализует выполнение задач по формированию и последующему пополнению блоков информационной базы Системы. Формирова-

ние и ведение реестров объектов жизнеобеспечения, а также источников техносферной опасности является первоочередной задачей подсистемы сбора данных и мониторинга объектов жизнеобеспечения.

В ходе подготовки картографических слоев информационной базы апробированы предлагаемые способы выполнения пространственной привязки объектов с помощью адресного геокодирования на основе открытых картографических веб-сервисов. В качестве программного обеспечения для создания электронных слоев использовались программные пакеты ArcView (ESRI), QGIS и ГИС Integro (ВНИИГеосистем). В целях полноценного формирования информационной базы выбран шейп-формат как наиболее широко распространенный сегодня универсальный, обеспечивающий корректное хранение, редактирование пространственных и атрибутивных данных.

Важным этапом явился выбор программно-технологических средств для реализации интернет-карты макета и подготовка картографической основы для визуализации слоев информационной базы

Подготовка интерактивной интернет-карты макета выполнена в среде MGS-framework (ВНИИГеосистем). Платформа предназначена для создания интернет-приложений, включает в себя удобные инструменты для разработки и настройки клиентских мест, в том числе картографические приложения с функциональностью, сопоставимой с настольными геоинформационными системами. Преимуществом является отсутствие специализированного дорогостоящего программного обеспечения на рабочем месте конечного пользователя с применением веб-браузера любой современной операционной системы.

При выборе картографической основы для реализации макета принимались во внимание следующие критерии:

- детальность (масштаб) данных должна быть достаточна для однозначной идентификации положения объекта;
- организация данных должна обеспечивать высокую скорость визуализации информации при необходимом масштабе изображения карты.

Основными источниками базовой цифровой картографической информации служат официальные картографические данные Роскартографии, Росреестра, коммерческих компаний (Яндекс, Google), некоммерческих российских и международных проектов (*OpenStreetMap*). Как правило, такие данные аккумулируются в виде упорядоченного набо-

ра тематических слоев, отображающих геометрию и атрибуты основных объектов карты территории:

административно-территориальное деление, здания, строения, сооружения, дорожно-транспортная инфраструктура, лесные массивы, земли различного назначения, гидрография и другие объекты.

В качестве форматов компьютерного представления базовой картографической информации используются специализированные форматы пространственных данных (векторные или растровые).

Использование базовой картографической информации в рамках ГИС реализовано по следующим направлениям:

а) приобретение массива информации на территорию работ, их загрузка на аппаратные средства разработчика, подготовка и оформление соответствующих тематических слоев в составе разрабатываемой системы;

б) подключение изображения готовой картографической основы напрямую с серверов производителя данных с помощью специальных веб-сервисов, публикуемых авторами (владельцами) информации.

Первый способ обеспечивает полный контроль над целостностью используемой информации, позволяет выполнить все необходимые требования по оформлению данных и настройке любых поисковых запросов к базовой информации. Однако его существенным недостатком является необходимость самостоятельной актуализации данных, дорогая закупка массива информации.

При создании предлагаемой прикладной ГИС используются возможности открытых веб-сервисов, позволяющих подключить в качестве базовой картографической основы полностью готовую к визуализации интернет-карту территории. При этом достигается существенная экономия времени, выполняется условие открытости и актуальности информации.

Основным критерием при определении состава реестровой записи является необходимый и достаточный минимум сведений по объектам учета для решения задач, стоящих перед Системой.

Формирование реестров объектов Системы должно осуществляться двумя способами:

а) для реестров, формируемых на основании интеграции с информационными ресурсами государственных учетных систем: с помощью автоматической загрузки основных сведений (метаданных) по объектам их реестров средствами веб-сервисов предоставления данных;

б) для реестров, формируемых в составе

Системы: с помощью ввода данных с рабочего места оператора, отвечающего за ведение информационной базы.

Первоначальное наполнение реестра может быть выполнено в пакетном режиме на основе уже существующих информационных ресурсов и перечней объектов жизнеобеспечения. Данный этап требует предварительно анализа и инвентаризации сведений обо всех объектах и источниках опасности, сбора полного набора сведений по функционирующим предприятиям и пакетной загрузки их в информационную базу Системы. В режиме эксплуатации системы ведение реестров может осуществляться специалистами организации, отвечающей за эксплуатацию и ведение Системы на основе административного регламента, определяющего все аспекты ее функционирования.

Для осуществления картографического представления данных реестров необходимы сведения о пространственной привязке – координатах объектов. Для их получения может быть использован метод адресного геокодирования на основе сведений о физическом адресе предприятий с последующей заверкой по базовой картографической основе.

Обязательным этапом ведения информационной базы является загрузка и последующая актуализация общесистемных и отраслевых справочников и классификаторов, а также актуализация картографических данных по административно-территориальному делению, транспортной инфраструктуре, особо охраняемым территориям и зонам ограниченного природопользования.

Точный состав реестров и других разделов информационной базы, регламент их ведения и частота актуализации определяются в ходе разработки технического задания на разработку системы.

Аналитическая подсистема должна обеспечить методико-технологическую основу и удобные инструментальные средства для оперативной оценки состояния инфраструктуры, расчета и анализа показателей и параметров функционирования объектов, а также формирование и анализ необходимых моделей, отражающих различные варианты для выбора наилучшей стратегии безопасности жизнедеятельности и жизнеобеспечения территорий населенных пунктов.

При проектировании и разработке аналитической подсистемы предусматриваются три основных информационных блока:

– блок справочных материалов, обеспечивающий информационную поддержку процес-

са аналитической деятельности состояния объектов: проектная документация, паспорта безопасности, технические регламенты, инструкции по эксплуатации, нормативно-методические документы и т.п.;

– блок анализа показателей безопасности и текущего состояния объектов;

– блок моделирования вариантов, сценариев и прогнозов развития различных неблагоприятных и опасных ситуаций в перспективе с учетом различных условий, факторов, поведения процессов на основе математического моделирования сложных технологических, управленческих, организационно-технических систем жизнеобеспечения техносферных территорий.

При этом функциональные характеристики подсистемы предоставляют следующие возможности:

– наглядное картографическое представление данных реестров, балансов и других материалов, необходимых для анализа и прогноза ситуации;

– полноценный функционал интегрального анализа данных для оперативного получения показателей мониторинга объектов жизнеобеспечения и источников техносферной опасности;

– средства автоматизированной выгрузки аналитики и отчетности (отчетов, документов, таблиц);

– формирование и анализ экспертных моделей, отражающих различные варианты (стратегии) развития инфраструктуры для выбора ее безопасного и безаварийного развития.

Геоинформационная платформа предназначена для обеспечения необходимого функционала для картографической визуализации комплекса объектов, а также сводных балансовых показателей, для решения аналитических задач, связанных с пространственным анализом. На ее основе производится интеграция данных, реализуется портал, рабочие места по ведению информационной базы системы, информационно-аналитический блок связанной с ними предметной информации, возможность печати необходимого фрагмента карты.

Платформа оснащена средствами разработчика с возможностью гибкой настройки интерфейса, необходимым инструментарием для работы с картографическими данными: загрузка, оформление, библиотеки картографических проекций, поддержка стандартных общепринятых форматов пространственных данных, возможность использования карто-

графических веб-сервисов (WMS/WFS), возможность встраивания специализированных аналитических модулей и расчетных блоков.

Для пользователя обеспечивается необходимый набор справочно-поисковых функций, простой и удобный интерфейс для работы с картографическими данными и просмотра.

Пользователями предлагаемой информационной системы мониторинга определены:

1. Руководители, специалисты, ИТР сферы управления и контролирующих органов, отвечающие за строительство, реконструкцию, капитальный и текущий ремонт, реновацию, эксплуатацию объектов недвижимости, в том числе обращения с отходами, в рамках учреждений, организаций отраслевой инфраструктуры секторов экономики на территории населенного пункта.

2. Ученые, исследователи в области предупреждения экоопасности, прогнозирования ЧС.

3. Сотрудники операторов по обращению с отходами, управляющих, строительных и иных компаний и производств, являющиеся участниками локальной, объектовой системы предупреждения ЧС.

4. Научно-исследовательские учреждения, должностные лица, заинтересованные в информации, касающейся безаварийной работы объектов жизнеобеспечения.

Хотелось бы подчеркнуть, что обоснованность принимаемых организационно-управленческих решений по результатам прогноза во многом определяется достоверностью исходных данных, которая на сегодняшний день вызывает сомнение. Связанно это с тем, что руководители предприятий и территорий муниципальных образований не всегда заинтересованы в том, чтобы предоставить достоверную информацию.

В результате, завышаются сведения о техническом состоянии объектов, одна и та же единица техники оказывается в составе средств различных аварийно-ремонтных подразделений на основе договоров подряда и пр. Есть и иные причины искажения исходной информации, такие как отсутствие проектной и исполнительной документации, недостаточная квалификация людей, ответственных за подачу информации и др.

В связи с вышеизложенным представляется перспективной интеграция создаваемой информационно-аналитической системы прогнозирования ЧС с системой поддержки принятия решений в условиях ЧС, основанной на принципиально новых подходах. К ним отнесены методы, базирующиеся на так называемом научно-методическом подходе «крауд-

сорсинг».

Вся работа по формированию карты безопасности, по функционированию системы поддержки принятия решений строится на базе успешного проекта краудсорсинга – *OpenStreetMap*,

которые в ряде случаев точнее и подробнее многих профессиональных карт.

Силами специализированных служб, с помощью программного инструментария, на карте безопасности территории выделяются зоны, отвечающие различным уровням опасности (зоны поражения в случае возникновения ЧС). При идентификации нового источника опасности, серверная часть программного обеспечения обрабатывает источники с формированием зон, отвечающих разной степени опасности (риска). Для каждой зоны формируются рекомендации по действиям в условиях тех или иных нештатных ситуаций. При этом программное обеспечение, оперативные (краткосрочные) прогнозы имеют целью получение исходных данных о возможной обстановке для принятия решений о защите населения и территорий от поражающих факторов чрезвычайных ситуаций. Оперативное прогнозирование базируется на комплексных методах и технологиях, которые включают в себя: технологии мониторинга; методы и технологии математического моделирования; геоинформационные системы и технологии.

Применяемые геоинформационные технологии включают в себя следующие этапы:

– создание и ведение банка информационных данных;

– интерпретацию первичной информации с использованием данных как космических съемок территорий и акваторий, так и материалов инструментального экологического и технического мониторинга, маршрутных полевых наблюдений, геодезических съемок;

– обработку данных для последующего использования в расчетах, моделировании и прогнозах.

Технологические возможности системы должны обеспечивать

– аккумулирование, наполнение и последующее пополнение информационной базы системы по требуемым категориям объектов, включая сведения об их пространственной (координатной) привязке

– предоставление полной и объективной информации об объектах, процессах, технологиях;

– наилучшие технические средства визуального анализа этой информации с помощью современных инструментов картографического дизайна и деловой графики,

– алгоритмическую и интерфейсную поддержку аналитической деятельности по выбору возможных стратегий развития существующей системы обращения с отходами

Предлагаемая специализированная система имеет ряд особенностей:

– картографическая основа системы обеспечивает необходимую детальность для визуализации и анализа тематической информации по основным направлениям мониторинга; данные, используемые для ее создания, должны быть открытыми и регулярно обновляемыми;

– для представления данных применяются наиболее известные «универсальные» форматы пространственных данных, имеющие хорошую спецификацию и поддерживаемые основными картографическими пакетами и системами управления базами данных;

– в процессе выбора программно-технологических средств, в рамках реализации проекта, предпочтение отдается инновационному российскому программному обеспечению;

– консолидация с современными государственными учетными системами и реестрами на базе стандартных протоколов, сервисов обмена данных, комплекса справочников, классификаторов;

– управление и регламентация доступа должна поддерживать возможность авторизации пользователя с помощью Единой системы идентификации и аутентификации (ЕСИА);

– в рамках модернизации системы предусматривается возможность доработки ее информационного и функционального наполнения.

Во ВНИИ ГОЧС проводятся работы по формированию конфигурации автоматизированных системы краткосрочного (оперативного) прогноза ЧС природного и техногенного характера, в которых реализованы упомянутые выше системы и геоинформационные технологии. Означенные комплексные системы функционируют как на федеральном, так и на региональном уровне в региональных центрах МЧС России и в системе РСЧС. Такие системы позволяют рассчитать спектр вероятностей возникновения различных чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера с детализацией до уровня территории субъектов РФ и объектов федерального значения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе авторами сделана попытка сформировать и раскрыть особенности конфигурации системы мониторинга и раннего прогнозирования техносферной

опасности на объектах жизнеобеспечения населенных пунктов посредством систематизации и обобщения действующих научных и методических подходов в исследуемой предметной области. При формировании системы учтена цель её создания – предотвращение техносферной опасности на этапах её зарождения, появления в рамках создания и развития неблагоприятных ситуаций, приводящих при непринятии соответствующих мер и действий к чрезвычайным ситуациям природного и техногенного характера с опасными экологическими и иными последствиями для равновесного состояния окружающей среды. Безопасной жизнедеятельности населения, нормального и устойчивого развития объектов экономики. Система технико-экологического мониторинга объектов жизнеобеспечения формируется в целях возможности оценки и прогноза состояния конструкций, зданий, сооружений, компонентов природной среды, зон расположения объектов, характера и объемов поражающих факторов в условиях ЧС. Это позволит более точно, в постоянном режиме, в условиях зарождающейся или возникающей неблагоприятной ситуации, фиксировать и отслеживать зарождающиеся ЧС, а также параметры, факторы, условия складывающейся обстановки, определять оптимальный вариант подготовки принятия управленческих и организационно-технических решений, методы, алгоритмы, способы и возможные пути обеспечения безопасности жизнедеятельности, технической защиты объекта, системного анализа результатов, поступающих до, во время и после возникновения техногенной ЧС.

Представляется актуальным и целесообразным оптимизация и повышение эффективности системы мониторинга за счет консолидации составляющих подсистем получения информации из различных источников по вопросам предупреждения ЧС. Положительный опыт создания рассмотренных в работе систем и технологий имеется и может быть продемонстрирован на примере формирования технологии прогнозирования паводковой обстановки, затопления и подтопления территорий населенных пунктов. Надежный контроль природных и техногенных факторов: технических параметров сооружений, зданий, строений, степени их физического и морального износа, уровня воды, снежных запасов, толщины льда, температуры воздуха и других параметров в сочетании с адекватными математическими моделями, внедренными при организации и управления системами жизнеобеспечения техносферных территорий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Суздалева А.Л. Экологическая глобалистика и устойчивое развитие на этапе техногенной трансформации биосферы // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2020. № 1. С. 6–11.
2. Великоклад Т.П. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера – методические особенности подготовки специалистов в системе МЧС России // Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Железногорск, 2022. С. 103.
3. Теличенко В.И., Бенуж А.А., Глотова Е.П. Экологическая безопасность строительства в России: реальность и перспективы // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2021 году: сборник научных трудов Российской академии архитектуры и строительных наук. М., 2022. С. 441–449.
4. Богомолова И.П., Кривенко Е.И., Стряпчих Е.С. Обеспечение экономической безопасности государства на основе управления ресурсосбережением // ФЭС: Финансы. Экономика. Статистика. 2018. № 5. С. 16–23.
5. Ильичев В.А., Емельянов С.Г., Колчунов В.И., Каримов А.М., Гордон В.А., Бакаева Н.В. Концепция биосферной совместимости как основа доктрины градоустройства и расселения // Стратегические приоритеты. 2014. № 1. С. 71–84.
6. Ломакин М.И., Докукин А.В., Мошков В.Б., Олтян И.Ю., Ниязова Ю.М. Оценка ущерба от чрезвычайной ситуации в условиях неполных данных // Технологии гражданской безопасности. 2022. Т. 19. № 3 (73). С. 32–36.
7. Фалеев М.И., Олтян И.Ю., Арефьева Е.В., Болгов М.В. Методология и технология дистанционной оценки риска // Проблемы анализа риска. 2018. Т. 15. № 4. С. 6–19.
8. Oltyan I.Y., Arefyeva E.V., Kotosonov A.S. Remote assessment of an integrated emergency risk index // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS-2020). Sochi; 2020. P. 042053.
9. Акимов В.А., Олтян И.Ю., Иванова Е.О. Методика ранжирования чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера по степени их катастрофичности // Технологии гражданской безопасности. 2021. Т. 18. № 1 (67). С. 4–7.
10. Акимов В.А., Лесных В.В., Рязанов Н.Н. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах. М.: Деловой экспресс, 2004. 352 с.
11. Теличенко В.И., Ройтман В.М., Слесарев М.Ю., Щербина Е.В. Основы комплексной безопасности строительства: монография. М.: Изд-во АСВ, 2016. 168 с.
12. Байбурин, А.Х., Стоякин И.В. Аварии зданий и сооружений (уроки строительных аварий). Челябинск: Цицеро, 2019. 124 с.
13. Пономарев В.Н., Травуш В.И., Бондаренко В.М., Еремин К.И. О необходимости системного подхода к научным исследованиям в области комплексной безопасности и предотвращения аварий зданий и сооружений // Архитектура. Строительство. Образование. 2014. № 2 (4). С. 7–15.
14. Колчунов В.И., Бушова О.Б. Деформирование железобетонных каркасов многоэтажных зданий в запредельных состояниях при особых воздействиях // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2022. Т. 18. № 4. С. 297–306.
15. Лapidус А.А., Макаров А.Н. Применение риск-ориентированного подхода при выполнении функций строительного контроля технического заказчика // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. № 2. С. 232–241.
16. Hart J., Adams K. and others. Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment // Procedia CIRP. 2019. No 80. P. 619–624.
17. Domenech T., Bahn-Walkowiak B. Transition Towards a Resource Efficient Circular Economy in Europe: Policy Lessons from the EU and the Member States // Ecological Economics. 2019. Vol. 155. P. 7–19.
18. Ehresman T., Okereke C. Environmental justice and conceptions of the green economy // International Environmental Agreements: Politics, Law & Economic. 2015. Vol. 15. Iss. 1. P. 13–27.
19. Elgizawy S., El-Haggar S., Nassar K. Slum Development Using Zero Waste Concepts: Construction Waste Case Study // Procedia Engineering. 2016. Vol. 145. P. 1306–1313.
20. Tshovrebov E.S., Velichko E.G., Kostarev S.N., Niyazgulov U.D. Mathematical model of environmentally friendly management of construction waste and waste of urban economy // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East, AFE 2021 - Papers" 2021. P. 042062.
21. Chernykhivska A. Modern perspectives of development of «green» economy // Economic Processes Management. 2015. Iss. 1. P. 108–115.

22. Goldstein B., Rasmussen F. LCA of Buildings and the Built Environment // Life Cycle Assessment. Theory and Practice. 2018. Ch. 28. P. 695–720.
23. Графкина М.В., Потапов А.Д. Оценка экологической безопасности строительных систем как природно-техногенных комплексов (теоретические основы) // Вестник МГСУ. 2008. № 1. С. 23–28.
24. Shubin I.L., Bakaeva N.V., Kalaydo A.V. Protection of the air environment of residential and public buildings from radon // Russian Journal of Building Construction and Architecture. 2022. No. 3 (55). P. 81–89.
25. Slesarev M. Environmental safety of construction as a factor of graphoanalytical modeling of product parameters / M. Slesarev, A. Makarova // Revista Inclusiones. 2020. Vol. 7. P. 477–488.
26. Ниязгулов У.Д., Цховребов Э.С. Формирование комплексной системы обращения и геоинформационных систем мониторинга отходов // Качество. Инновации. Образование. 2017. № 12 (151). С. 56–61.
27. Velichko E., Tshovrebov E., Niyazgulov U. Organizational, technical and economic fundamentals of waste management and monitoring // E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering (TPACEE-2019). 2020. P. 08031.
28. Цховребов Э.С., Костарев С.Н. Прогнозирование экологических угроз, возникающих при эксплуатации объектов строительства и городского хозяйства // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2023. № 1 (769). С. 95–108.
29. Цховребов Э.С., Гордиенко А.Н. Метод оценки экологических угроз и рисков при функционировании техносферных объектов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 1 (65). С. 114–126.
30. Ниязгулов У.Д., Ниязгулов Ф.Х., Козлова Н.С. К вопросу создания трехмерного кадастра недвижимости // Славянский форум. 2020. № 1 (27). С. 337–342.

REFERENCES

1. Suzdaleva A.L. Ecological globalistics and sustainable development at the stage of technogenic transformation of the biosphere. *Geoekologiya, inghenernaya geologiya, gidrogeologiya. Geokryologiya = Geoecology. engineering geology. hydrogeology. Geocryology*. 2020;1:6-11. (In Russ).
2. Velikoklad T.P. Prevention and liquidation of natural and man-made emergencies - methodological features of training specialists in the EMERCOM of Russia system. In: Aktual'nye problemy obespecheniya pozharnoi bezopasnosti i zashchity ot chrezvychaynykh situatsii: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii = *Actual problems of fire safety and protection from emergencies. Collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference*. Zheleznogorsk; 2022. p. 103. (In Russ).
3. Telichenko V.I., Benuzh A.A., Glotova E.P. Ecological safety of construction in Russia: reality and prospects. In: *Fundamental'nye, poiskovye i prikladnye issledovaniya RAASN po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arkhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'noi otrasli Rossiiskoi Federatsii v 2021 godu: sbornik nauchnykh trudov Rossiiskoi akademii arkhitektury i stroitel'nykh nauk = Fundamental, exploratory and applied research of the RAASN on scientific support for the development of architecture, urban planning and the construction industry of the Russian Federation in 2021*. Collection of scientific papers of the RAASN. Russian Academy of Architecture and Construction Sciences. Moscow; 2022. p. 441-449. (In Russ).
4. Bogomolova I.P., Krivenko E.I., Strjapchih E.S. Maintenance of economic safety of the state on the basis of management of savings of resources. *Finansy. Ekonomika. Statistika = Finance. Economy. Statistics*. 2018;5:16-23. (In Russ.).
5. Il'ichev V.A., Emel'yanov S.G., Kolchunov V.I., Karimov A.M., Gordon V.A., Bakaeva N.V. The concept of biosphere compatibility as the basis of the doctrine of urban planning and settlement. *Strategicheskie priority = Strategical priority*. 2014;1:71-84 (In Russ.).
6. Lomakin M.I., Dokukin A.V., Moshkov V.B., Oltyan I.Yu., Niyazova Yu.M. Assessment of damage from an emergency situation in conditions of incomplete data. *Tehnologii grazhdanskoy bezopasnosti = Technologies of civil security*. 2022;19(3):32-36. (In Russ).
7. Faleev M.I., Oltyan I.Yu., Arefyeva E.V., Bolgov M.V. Methodology and technology of remote risk assessment. *Problemy analiza riska = Problems of risk analysis*. 2018;15(4):6-19. (In Russ.).
8. Oltyan I.Y., Arefyeva E.V., Kotosonov A.S. Remote assessment of an integrated emergency risk index. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS-2020)*. Sochi; 2020. p. 042053.
9. Akimov V.A., Oltyan I.Yu., Ivanova E.O. Methodology for ranking emergency situations of natural, man-made and biological-social nature according to the degree of their catastrophism. *Tehnologii grazhdanskoy bezopasnosti = Technologies of civil security*. 2021;18(1):4-7. (In Russ.).
10. Akimov V.A., Lesnyh V.V., Ryazaev N.N. *Basis of analysis and management of risks in a nature and technogenion spheres*. Moscow: Business express; 2004. 352 p. (In Russ.).

11. Telichenko V.I., Roitman V.M., Slesarev M.Yu., Shcherbina E.V. Fundamentals of integrated construction safety: Monograph. Moscow: ASV; 2016. 168 p. (In Russ.).
12. Bayburin, A.H., Stoyakin I.V. Accidents of buildings and structures (lessons of construction accidents) Chelyabinsk: Cicero; 2019. 124 p. (In Russ.).
13. Ponomarev V.N., Travush V.I., Bondarenko V.M., Eremin K. And On the need for a systematic approach to scientific research in the field of integrated safety and prevention of accidents of buildings and structures. *Arhitektura. Stroitelystvo. Obrazovanie = Architecture. Construction. Education*. 2014;2(4):7-15. (In Russ.).
14. Kolchunov V.I., Bushova O.B. Deformation of reinforced concrete frames of multi-storey buildings in extreme conditions under special influences. *Stroitel'naya mehanika inzhenernykh konstruktiv i sooruzheniy = Construction mechanics of engineering structures and structures*. 2022;18(4):297-306. (In Russ.).
15. Lapidus A.A., Makarov A.N. Application of a risk-based approach when performing the functions of construction control of a technical customer. *Vestnik MGSU = Bulletin of MGSU*. 2022;17(2):232-241. (In Russ.).
16. Hart J., Adams K. and others. Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment. *Procedia CIRP*, 2019, no 80, pp. 619–624.
17. Domenech T., Bahn-Walkowiak B. Transition Towards a Resource Efficient Circular Economy in Europe: Policy Lessons from the EU and the Member States. *Ecological Economics*. 2019;155:7-19.
18. Ehresman T., Okereke C. Environmental justice and conceptions of the green economy. *International Environmental Agreements: Politics, Law & Economic*. 2015;15(1):13-27.
19. Elgizawy S., El-Haggar S., Nassar K. Slum Development Using Zero Waste Concepts: Construction Waste Case Study. *Procedia Engineering*. 2016;145:1306-1313.
20. Tshovrebov E.S., Velichko E.G., Kostarev S.N., Niyazgulov U.D. Mathematical model of environmentally friendly management of construction waste and waste of urban economy. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East, AFE 2021 - Papers"* 2021. C. 042062.
21. Chernykhivska A. Modern perspectives of development of «green» economy. *Economic Processes Management*. 2015;1:108-115.
22. Goldstein B., Rasmussen F. LCA of Buildings and the Built Environment. *Life Cycle Assessment. Theory and Practice*. 2018. Ch. 28. P. 695-720.
23. Grafkina M.V., Potapov A.D. The analysis of ecologic safety of building systems is a nature-technical complex (theoretical basis). *Vestnik MGSU = Bylletin of MGSU*. 2008;1:23-28 (In Russ.).
24. Shubin I.L., Bakaeva N.V., Kalaydo A.V. Protection of the air environment of residential and public buildings from radon. *Russian Journal of Building Construction and Architecture*. 2022;3(55):81-89.
25. Slesarev M., Makarova A. Environmental safety of construction as a factor of graphoanalytical modeling of product parameters. *Revista Inclusiones*. 2020;7:477-488.
26. Niyazgulov U.D., Tshovrebov E.S. Formation of a comprehensive system of waste management and geoinformation systems for waste monitoring. *Kachestvo. Innovatsii. Obrazovanie = Quality. Innovation. Education*. 2017;12(151):56-61. (In Russ.).
27. Velichko E., Tshovrebov E., Niyazgulov U. Organizational, technical and economic fundamentals of waste management and monitoring. *E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019*. 2020. p. 08031.
18. Tshovrebov E.S., Kostarev S.N. Forecasting of environmental threats arising during the operation of construction and urban facilities. *Izvestiya vyshih uchebnykh zavedeniy. Stroitelystvo = News of higher educational institutions. Construction*. 2023;1(769):95-108. (In Russ.).
29. Tskhovrebov E.S., Gordienko A.N. Method of assessing environmental threats and risks in the functioning of technosphere objects. *Problemy upravleniya riskami v tehnosfere = Problems of risk management in the technosphere*. 2023;1(65):114-126. (In Russ.).
30. Niyazgulov U.D., Niyazgulov F.H., Kozlova N.S. On the issue of creating a three-dimensional real estate cadaster. *Slavyanskiy forum = Slavic Forum*. 2020;1(27):337-342. (In Russ.).

Информация об авторах

Ниязгулов Урал Давлетшиевич,
к.т.н., профессор
кафедры геодезии, геоинформатики
и навигации,
Российский университет транспорта (МИИТ),
127994, г. Москва, ул. Образцова, 9, Россия
e-mail: transgeo@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0749-1853>

Information about the authors

Ural D. Niyazgulov,
Cand. Sci (Tech.), Professor
of the Department of Geodesy, Geoinformatics
and Navigation,
Russian University of Transport (MIIT),
9 Obrastsova St., Moscow 127994, Russia,
e-mail: transgeo@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0749-1853>

Цховребов Эдуард Станиславович,
к.э.н., доцент, старший научный сотрудник,
Всероссийский научно-исследовательский
институт по проблемам гражданской обороны
и чрезвычайных ситуаций МЧС России
(Федеральный центр науки и высоких
технологий),
121352, г. Москва, ул. Давыдовская, 7, Россия,
e-mail: rebrovstanislav@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9481-3832>

Безносков Виктор Николаевич,
д.б.н., старший научный сотрудник,
Всероссийский научно-исследовательский
институт по проблемам гражданской обороны
и чрезвычайных ситуаций МЧС России
(Федеральный центр науки и высоких
технологий),
121352, г. Москва, ул. Давыдовская, 7, Россия,
e-mail: BeznosovVN@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5878-0252>

Томилин Виктор Филиппович,
д.с.н., профессор
кафедры социологии,
Тамбовский государственный университет
им. Г.Р. Державина,
392000, г. Тамбов, ул. Советская, 6, Россия
e-mail: tomlin 39@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9481-2332>

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад
в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта ин-
тересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончатель-
ный вариант рукописи.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 01.06.2023.
Одобрена после рецензирования 22.06.2023.
Принята к публикации 26.06.2023.

Eduard S. Tshovrebov,
Cand. Sci. (Econ.),
Associate Professor,
All-Russian Scientific Research Institute
for Civil Defence and Emergencies
of the EMERCOM of Russia
(Federal Science and High Technology Center),
7 Davydkovskaya St., Moscow 121352, Russia,
e-mail: rebrovstanislav@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9481-3832>

Victor N. Beznosov,
Doctor Sci. (Biology),
All-Russian Scientific Research Institute
for Civil Defence and Emergencies
of the EMERCOM of Russia
(Federal Science and High Technology
Center),
7 Davydkovskaya St., Moscow 121352, Russia,
e-mail: BeznosovVN@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5878-0252>

Victor F. Tomilin,
Doctor Sci. (Sociological),
Professor of the Department of Sociology,
Tambov State University named
after G.R. Derzhavin,
6 Sovetskaya St., Tambov 392000, Russia
e-mail: tomlin 39@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9481-2332>

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regard-
ing the publication of this article.

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

Information about the article

The article was submitted 01.06.2023.
Approved after reviewing 22.06.2023.
Accepted for publication 26.06.2023.



Анализ вероятных последствий морозной деструкции цементных композитов

Б.И. Пинус

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Аннотация. Статья посвящена анализу изменений внутреннего сопротивления обычных и фиброармированных цементных композитов при нестационарных низкотемпературных и влажностных воздействиях. Рассмотрена в различных аспектах кинетика поведения в режиме монотонного сжатия призматических образцов: контрольных и подвергнутых циклическому замораживанию и оттаиванию уровня их нормативной морозостойкости. Опытные образцы (100 × 100 × 400 мм) изготовлены из обычного (серия «Б») и фиброармированного – «ФБ» (полипропиленовые волокна $d_f = 0,8$ мм и $l_f = 40$ мм, $\mu_f = 1,5$ % по объему) бетона с соотношением компонентов Ц:П:Щ:В = 1:1,42:3,57:0,55. Принятая база циклов Т-В соответствовала стандартной марке бетонов по морозостойкости, установленной в контрольных испытаниях (F200). Статическим испытаниям композитов предшествовали низкотемпературные воздействия по регламенту ускоренного метода оценки морозостойкости с понижением температуры до -35 °С и оттаиванием в 5%-м растворе NaCl. Нагружение (испытательный комплекс Instron-5989) велось в автоматическом режиме по специальной программе с постоянством скорости деформирования $5 \cdot 10^{-5}$ мм/с и непрерывной записью деформаций. Установлены существенные различия кинетики прочности, величины и структуры деформации, высокая чувствительность и количественная информативность значимых параметров кинетической концепции прочности твердых тел. Обоснована целесообразность дифференцированного, с учетом эксплуатационных требований подхода к выбору расчетных моделей и критериев температурно-влажностной трансформации цементно-матричных композитов.

Ключевые слова: усталостные изменения, цементные композиты, Т-В воздействия

Для цитирования: Пинус Б.И. Анализ вероятных последствий морозной деструкции цементных композитов // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 3. С. 538–544. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-538-544>. EDN: AUPTFO.

Original article

Analysis of probable consequences of cement composite frost destruction

Boris I. Pinus

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Abstract. The article presents an analysis of variations in the internal resistance of standard and fiber-reinforced cement composites under non-stationary low-temperature and humidity effects. Various aspects of the response kinetics of prismatic samples in the monotonous compression mode are considered. The sample set included control samples and those subjected to cyclic freezing and thawing according to their standard frost resistance. Test samples (100 × 100 × 400 mm) were made of conventional (B series) and fiber-reinforced (FB, polypropylene fibers $d_f = 0.8$ mm, $l_f = 40$ mm, $\mu_f = 1.5$ vol%) concrete with a component ratio of cement: sand: crushed stone: water = 1:1.42:3.57:0.55. The accepted base of T-W cycles corresponded to the standard concrete grade in terms of frost resistance, established in control tests (F200). Static tests of composites were preceded by low-temperature exposures according to an accelerated method for assessing frost resistance with a temperature decrease down to minus 35°C and thawing in a 5% NaCl solution. Samples were automatically loaded (Instron 5989 test complex) according to a special program with a constant

deformation rate of $5 \cdot 10^{-5}$ mm/s and continuous recording of deformations. Significant differences were observed in the strength kinetics, magnitude and structure of deformations, along with a high sensitivity and quantitative informativeness of the significant parameters of the strength kinetic concept for solid bodies. The expediency of a differentiated approach to the selection of calculation models and criteria for the temperature and humidity transformations of cement-matrix composites, which takes operational requirements into account, is substantiated.

Keywords: fatigue changes, cement composites, T-W impacts

For citation: Pinus B.I. Analysis of probable consequences of cement composite frost destruction. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2023;13(3):538-544. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-538-544>. EDN: AUPTFO.

ВВЕДЕНИЕ

По современным научным представлениям взаимодействие строительных конструкций и внешней среды представляет собой временной, нестационарный процесс структурной трансформации с кумулятивными изменениями отклика и вероятностью параметрического отказа [1–5]. Учет подобных последствий при проектировании, очевидно, возможен с использованием специализированных расчетных схем, моделирующих взаимосвязь (взаимозависимость!) критериальных параметров воздействия и напряженно-деформационного состояния конструкций. Несомненно, что расчетные ситуации должны отражать специфику воздействий и физические закономерности инициируемых процессов.

В частности, для суровых климатических условий эксплуатации железобетонных конструкций, характеризующихся системными нестационарными перепадами температур и влажности, она сопряжена с фазовыми переходами «вода–лед», термической и жесткостной неоднородностью структурных компонентов. При этом наличие гистерезисных эффектов в циклах «замораживания – оттаивания» свидетельствует о необратимости части сопутствующих структурных изменений и позволяет оценивать (анализировать) их последствия с позиции малоциклового усталости [6–10].

Как известно [11–15], принципиальной особенностью усталостной деградации цементно-матричных композитов является ее физическая неоднородность, состоящая в многостадийности процесса повреждаемости в виде зарождения, накопления микротрещин вплоть до формирования доминантных (критических) трещин разрушения.

При этом каждому этапу структурной трансформации соответствует неоднозначная (не тождественная!) кинетика значимых параметров внутреннего сопротивления. Это обуславливает необходимость специализации

расчетных ситуаций и ранжирования критериев усталостного сопротивления с учетом рассматриваемых требований эксплуатационной пригодности.

Ниже представлены результаты экспериментальных исследований чувствительности и информативности различных параметров внутреннего сопротивления обычных и фиброармированных цементных композитов, подвергнутых низкотемпературным воздействиям уровня их нормативной морозостойкости.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Статическим испытаниям композитов предшествовали низкотемпературные воздействия по регламенту ускоренного метода оценки морозостойкости с понижением температуры до -35 °C и оттаиванием в 5% растворе NaCl. Принятая база циклов T-W соответствовала стандартной марке бетонов по морозостойкости, установленной в контрольных испытаниях (F200). Опытные призматические образцы ($100 \times 100 \times 400$ мм) из обычного (серия «Б») и фиброармированного – «ФБ» (полипропиленовые волокна $d_f = 0,8$ мм и $l_f = 40$ мм, $\mu_f = 1,5\%$ по объему, изготовлены из бетона с соотношением компонентов Ц:П:Щ:В = 1:1,42:3,57:0,55.

Нагружение (испытательный комплекс *Instron-5989*) велось в автоматическом режиме по специальной программе с постоянством скорости деформирования $5 \cdot 10^{-5}$ мм/с и непрерывной записью деформаций в форме специализированной дискретно-структурной модели

$$\varepsilon_{ult,0,8} = \varepsilon_0 + \varepsilon_e + \varepsilon_{pl} + \varepsilon_{pl,u},$$

где ε_0 – деформации начального (по О.Я. Бергу [4]) структурного отклика; ε_e и ε_{pl} – упругие и пластические компоненты; $\varepsilon_{pl,u}$ – постпиковые деформации (до $\sigma_{ult} = 0,8R_b$). Одновременно производился контроль нагружения, затрачиваемого времени (t , с) на этапе изменения объема образцов, и приложенной и по-

глощенной энергии и других параметров сопротивления.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

«Семейства» диаграмм осевого сжатия

композиатов в исходном и постциклическом состояниях представлены на рис. 1, а численные значения параметров сопротивления – в табл. 1.

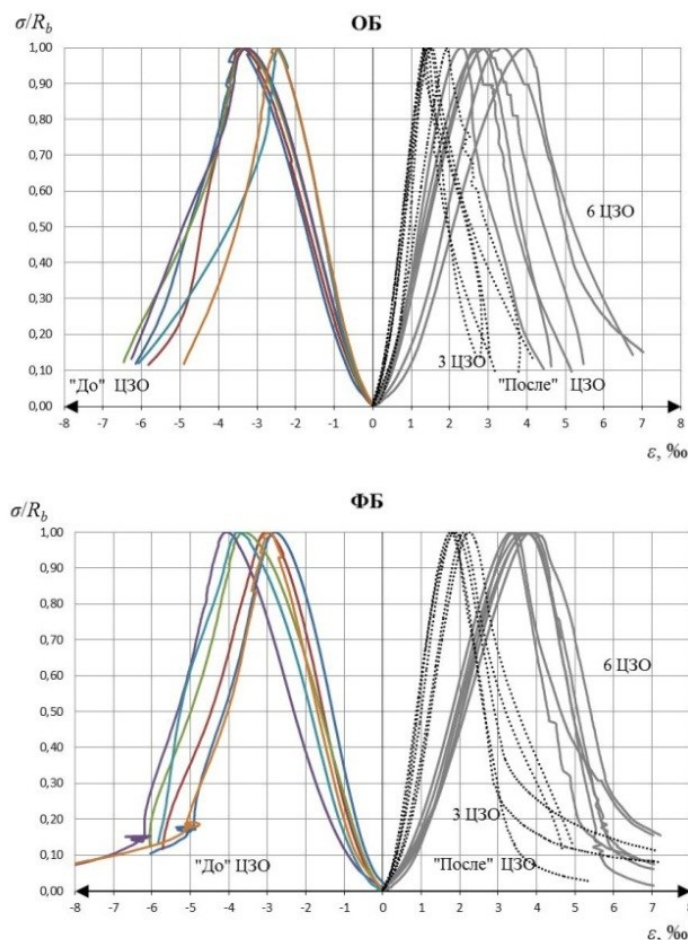


Рис. 1. Диаграммы монотонных испытаний на сжатие
Fig. 1. Diagrams of monotonous compression tests

Таблица 1. Изменение квантилей 95% обеспеченности параметров сопротивления

Table 1. Change in quantiles of 95% of the security of resistance parameters

Показатель	Размерность	Серия «Б» в состоянии			Серия «ФБ» в состоянии			Относительные значения			
		исходном	3 «ЦЗ»	6 «ЦЗ»	исходном	3 «ЦЗ»	6 «ЦЗ»	«Б»		«ФБ»	
								3 «ЦЗ»	6 «ЦЗ»	3 «ЦЗ»	6 «ЦЗ»
σ_{max}	МПа	29,4	29,2	25,9	26,5	26,6	20,4	0,99	0,88	1,0	0,77
E_b	ГПа	12,6	15,2	7,7	10,2	18,2	7,1	1,21	0,61	1,78	0,70
t	с	655	710	716	751	644	620	1,08	1,09	0,86	0,82
ε_0	‰	0,28	0,54	0,03	0,09	0,05	0,57	1,93	0,11	0,55	6,33
ε_{max}	‰	2,21	1,06	1,89	2,36	1,41	3,21	0,48	0,83	0,60	1,36
ε_{ult}	‰	2,40	1,27	2,22	2,92	1,79	3,50	0,53	0,93	0,61	1,20
ε_e	‰	1,58	0,61	1,35	1,70	1,01	2,03	0,39	0,85	0,59	1,19
ε_{pl}	‰	0,19	0,02	0,13	0,14	0,15	0,14	0,11	0,68	1,07	1,00
$\varepsilon_{pl,u}$	‰	0,22	0,18	0,14	0,38	0,28	0,27	0,82	0,64	0,74	0,71

Очевидны существенные изменения плотности распределения и разнонаправленность смещения диаграмм, обусловленные неоднозначностью и инверсионным характером влияния последствий, инициированных в процес-

се циклических колебаний температур и влажности. Рост прочности и модуля упругости на начальном этапе воздействий и их снижение в последующем свидетельствует о двойственном характере структурной транс-

формации. Подобное предположение подтверждается кратным уменьшением начальных деформаций (ϵ_0) при сравнительной (сопоставительной) динамике предельных. При этом к моменту исчерпания нормативного ресурса МРЗ оба состава характеризуются сопоставимой кинетикой усталости, что указывает на временной (преходящей) характер эффективности рассматриваемого типа дисперсного армирования. Разноплановость и неоднозначность изменения при ЦЗО всех контролируемых параметров (см. табл. 1)

ограничивает возможности их использования в качестве проектно-аналитического учета усталостной деградации при нестационарных температурно-влажностных внешних воздействиях. Представляется целесообразным дополнить анализ поведения композитов в процессе монотонного сжатия.

В частности, по изменению динамики отклика композитов на внешнее нагружение, показателями которой являются величина и время стабилизации напряжений на единицу деформации (рис. 2).

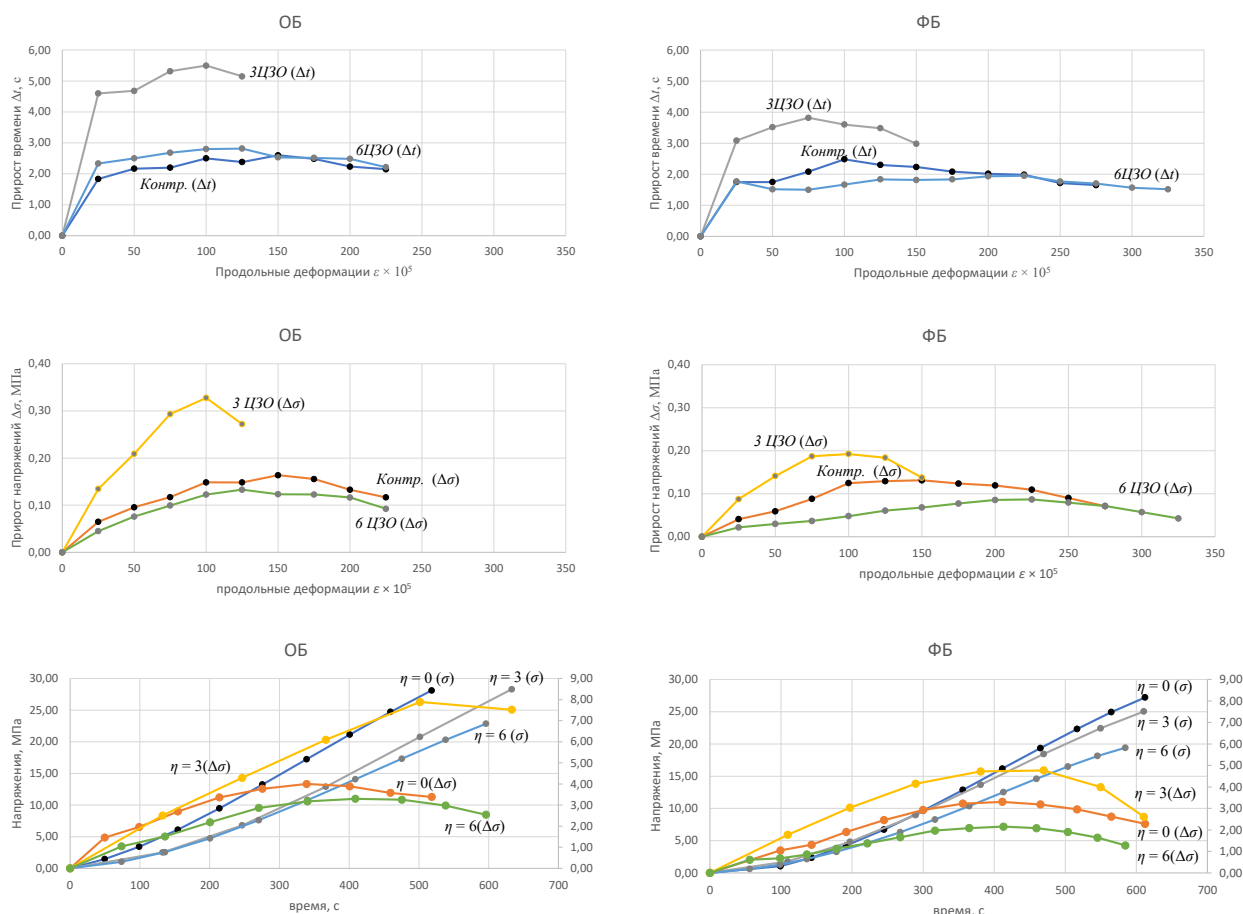


Рис. 2. Кинетика удельных изменений времени и напряжений при сжатии с постоянством скорости деформирования
Fig. 2. Kinetics of specific changes in time and stress during compression with constant deformation rate

Примечательно, что умеренное и плавное возрастание напряжений в процессе монотонного сжатия с постоянной скоростью деформирования происходит с экстремальной изменчивостью их ступенчатых (удельных) приращений.

Это свойственно обоим опытным композициям в исходном и постциклическом состоянии и подтверждает неоднозначность последствий

структурной трансформации под нагрузкой, прикладываемой со скоростью, адекватной отклику материала. При этом их кинетика в процессе ЦЗО соответствует установленным в многочисленных исследованиях закономерностям изменений сопротивления цементных композитов. Это позволяет рассматривать ее в качестве одного из критериев морозно-цикловой усталости. Наблюдается суще-

ственное увеличение динамики прироста напряжений и времени стабилизации отклика материалов по истечении первого этапа (3 ЦЗО) морозных испытаний. При этом максимум прироста смещается в область более низких продольных деформаций, что подтверждается преимущественным ростом модуля упругости у обоих композитов. Судя по результатам испытаний, указанные явления имеют преходящий характер и к моменту исчерпания ресурса нормативной морозостойкости кинетика удельных приращений стабилизируется на сопоставимом с исходным уровне. Сохраняется экстремальность удельных откликов композитов со смещением ее максимума при пониженных уровнях деформации. Отмеченная специфика морозной трансформации цементных композитов определяет целесообразность анализа сопутствующих колебаний значимых параметров нели-

нейных моделей методов расчета прочности элементов, регламентированных в СП 63.13330.2018¹. Их статистические представительные значения для 3-линейных моделей состояния бетонов при осевом сжатии представлены в табл. 2 и использованы для условной комплексной оценки кинетики при «ЦЗО» внутреннего сопротивления в форме площадей соответствующих диаграмм (S_i).

Подтверждаются отмеченные ранее закономерности структурно-усталостной трансформации, в том числе, и более высокий потенциал морозоустойчивости фиброармированных композитов. В то же время, повышенная (в сравнении с показателями) изменчивость деформаций и их структуры может привести к нарушению тождественности определения несущей способности сечений конструкций по методам предельных усилий и НДМ.

Таблица 2. 95%-е квантили параметров 3-линейных деформационных моделей

Table 2. 95% quantiles of parameters of 3 linear deformation models

Параметр	Размерность	Серия «Б» в состоянии			Серия «ФБ» в состоянии		
		исходном	3 «ЦЗ»	6 «ЦЗ»	исходном	3 «ЦЗ»	6 «ЦЗ»
σ_{b1}	МПа	15,9	16,0	12,2	17,6	17,5	15,5
σ_{b2}	МПа	26,5	26,6	20,4	29,4	29,2	25,9
E_b	ГПа	10,2	18,2	7,1	12,6	15,2	7,7
ε_{b1}	‰	1,56	0,88	1,75	1,4	1,15	2,1
ε_{b0}	‰	2,36	1,41	3,21	2,23	1,06	1,83
ε_{b2}	‰	2,92	183	3,52	2,43	1,27	2,22
S	у.е.	30,9	20,5	27,6	22,9	13,6	20,7

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Экспериментально установлена высокая чувствительность и информационная представимость значимости параметров кинетической концепции прочности твердых тел для оценки последствий структурной трансформации цементных композитов при замораживании и оттаивании.

2. Неоднозначность изменения при ЦЗО прочностных и деформативных свойств бетонов (фибробетонов) предопределяет целесообразность анализа последствий для кон-

структивных элементов с использованием методологий метода предельных условий и НДМ.

3. Фиброармирование повышает усталостное сопротивление бетонов в суровых условиях с тенденцией постепенного снижения по мере исчерпания нормативного ресурса морозостойкости.

4. Целесообразны подобные многоэтапные испытания, выполненные с соблюдением температурно-влажностного регламента основного метода ГОСТ 10060-2012².

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Журков С.Н., Томашевский Э.Н. Некоторые проблемы прочности твердого тела. М.: Науки, 1959. 68 с.
2. Ярема С.Я. Стадийность усталостного разрушения и ее следствия // Физико-химическая механика материалов. 1973. № 6. С. 66-71.
3. Зайцев Ю.В. Моделирование деформации и прочности бетона методами механики разрушений. М.:

¹СП 63.13330.2018 СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения // Минстрой России [Электронный ресурс]. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/18227/> (29.01.2023).

²ГОСТ 10060-2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости // Кодекс.ру [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200100906> (29.01.2023)

Стройиздат, 1982. 196 с.

4. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. М.: Госстройиздат, 1961. 96 с.

5. Регель В.Р., Слуцкер А.И., Томашевский Э.Е. Кинетическая теория прочности твердых тел. М.: Наука, 1974. 560 с.

6. Юдин А.П., Ткаченко Т.А. Деформации и стойкость одноосно сжатого бетона при периодических температурно-влажностных воздействиях среды // Труды Ростовского инженерно-строительного института. 1976. Вып. 15. С. 16–25.

7. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат, 1996. 416 с.

8. Sima J.F., Roca P., Molins C. Cyclic constitutive model for concrete // *Engineering Structures*. 2008. № 30. P. 695–706.

9. 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.

10. Барашиков А.Я., Шевченко Б.Н., Вальной А.И. Малоцикловая усталость бетона при сжатии // *Бетон и железобетон*. 1985. № 4. С. 27–28.

11. Korneeva I.G., Pinus B.I. Deformation fatigue fibroproliferative concrete under dynamic effects. In: *Contemporary Problems of Architecture and Construction*. 1st Ed. London: CRC Press, 2021. 484 p. DOI: 10.1201/9781003176428.

12. Korneeva I.G., Pinus B.I. Energy aspects of low-cycle fatigue of fibropolypropylene concrete // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (Sochi, 6-12 September 2020)*. United Kingdom: IOP Publishing, 2020. P. 962. DOI: 10.1088/1757-899X/962/2/022020.

13. Sorokin E.S. On the theory of internal friction during oscillations of elastic system. Moscow: House for literature on constriction, architecture and structural mechanism. M., 1960. P. 253.

14. Li C.Y., Song Y.P. Study of residual strain of concrete under fatigue loading // *Journal of Dalian University of Technology*. 2001. Vol. 41. No. 3. P. 355–358.

15. Lee M.K., Barr B.I.G. An overview of the fatigue behaviour of plain and fibre reinforced concrete // *Cement & Concrete Composites*. 2003. N 26 (2004). P. 299–305.

REFERENCES

1. Zhurkov S.N., Tomashevsky E.N. Some problems of solid body strength. Moscow: Nauka; 1959. 68 p. (In Russ.).

2. Yarema S.Ya. Stages of fatigue failure and its consequences. *Fiziko-khimicheskaya mekhanika materialov*. 1973;6:66–71. (In Russ.).

3. Zaitsev Yu.V. Modeling of deformation and strength of concrete by methods of fracture mechanics. Moscow: Stroyizdat; 1982. 196 p. (In Russ.).

4. Berg O.Ya. Physical foundations of the theory of strength of concrete and reinforced concrete. Moscow: Gosstroizdat; 1961. 96 p. (In Russ.).

5. Regel V.R., Slutsker A.I., Tomashevsky E.E. Kinetic theory the strength of solids. Moscow: Nauka; 1974. 560 p. (In Russ.).

6. Yudin A.P., Tkachenko T.A. Deformations and resistance of uniaxially compressed concrete under periodic temperature and humidity environmental influences. *Trudy Rostovskogo inzhenerno-stroitel'nogo instituta*. 1976;15:16–25. (In Russ.).

7. Karpenko N.I. General models of reinforced concrete mechanics. Moscow: Stroyizdat; 1996. 416 p. (In Russ.).

8. Sima J.F., Roca P., Molins C. Cyclic constitutive model for concrete. *Engineering Structures*. 2008;30:695–706. (In Russ.).

9. Pinus B.I., Semenov V.V., Guzeev E.A. Limiting deformations of concretes subjected to cyclic freezing and thawing. *Beton i zhelezobeton*. 1981;10:19–20. (In Russ.).

10. Barashikov A.Ya., Shevchenko B.N., Valovoy A.I. Low-cycle fatigue of concrete during compression. *Beton i zhelezobeton*. 1985;4:27–28. (In Russ.).

11. Korneeva I.G., Pinus B.I. Deformation fatigue fibroproliferative concrete under dynamic effects. In: *Contemporary Problems of Architecture and Construction*. 1st Ed. London: CRC Press; 2021. 484 p. DOI: 10.1201/9781003176428.

12. Korneeva I.G., Pinus B.I. Energy aspects of low-cycle fatigue of fibropolypropylene concrete // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (Sochi, 6-12 September 2020)*. United Kingdom: IOP Publishing; 2020. P. 962. DOI: 10.1088/1757-899X/962/2/022020.

13. Sorokin E.S. On the theory of internal friction during oscillations of elastic system. Moscow: House for literature on construction, architecture and structural mechanism. Moscow; 1960. P. 253.
14. Li C.Y., Song Y.P. Study of residual strain of concrete under fatigue loading. *Journal of Dalian University of Technology*. 2001;41(3):355-358.
15. Lee M.K., Barr B.I.G. An overview of the fatigue behaviour of plain and fibre reinforced concrete. *Cement & Concrete Composites*. 2003;26:299-305.

Информация об авторе

Пинус Борис Израилевич,
д.т.н., профессор, 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>

Information about the author

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

Вклад автора

Автор провел исследование, подготовил рукопись к печати и несет ответственность за плагиат.

Contribution of the author

Autor 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 declare 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.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 15.05.2023.
Одобрена после рецензирования 05.06.2023.
Принята к публикации 07.06.2023.

Information about the article

The article was submitted 15.05.2023.
Approved after reviewing 05.06.2023.
Accepted for publication 07.06.2023.



Метод обратной задачи динамики в оценке остаточных жесткостных свойств многоэтажных зданий

В.И. Соболев¹, И.В. Соболев², Д.А. Кармазинов³✉

^{1,2,3}Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Аннотация. В представленной работе рассмотрены методы и алгоритмы определения величин горизонтальных жесткостей многоэтажных зданий на основе экспериментальных лазерных замеров параметров собственных колебаний этих зданий. Разработки используются при определении остаточных жесткостей зданий, прошедших определенный период эксплуатации сооружений различного назначения, подвергавшихся интенсивным динамическим воздействиям. Применение таких способов определения жесткостных параметров сооружений имеет преимущества, заключающиеся в исключении необходимости детального обследования, связанного с неизбежным демонтажем ограждающих конструкций и выселением жильцов дома. Непосредственное определение горизонтальных жесткостей зданий при помощи формирования заданных перемещений и определения соответствующих сил в элементах, формирующих эти перемещения, требует крепления элементов натяжения в заданных узлах – центрах масс сооружений, что в ряде случаев реализовать невозможно. Преимущества предлагаемого подхода проявляются при обследовании большого массива жилых застроек, находящихся в разнородных условиях эксплуатации и требующих формирования последовательности мероприятий обеспечения функциональности сооружений. Однако необходимость использования динамических моделей малой размерности в оценке жесткостных параметров ставит задачу принципов формирования видов таких моделей, что также излагается в данной работе.

Ключевые слова: остаточная жесткость, обратная задача динамики, частота собственных колебаний, деформации сдвига, распределение масс, дискретные параметры

Для цитирования: Соболев В.И., Соболев И.В., Кармазинов Д.А. Метод обратной задачи динамики в оценке остаточных жесткостных свойств многоэтажных зданий // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 3. С. 545–554. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-545-554>. EDN: HCSPBI.

Original article

Inverse dynamics method in properties estimation of residual stiffness of multi-story buildings

Vladimir I. Sobolev¹, Ivan V. Sobolev², Danil A. Karmazinov³✉

^{1,2,3}Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Abstract. The present paper considers methods and algorithms for determining the values of horizontal stiffness of multi-story buildings based on experimental laser measurements of their natural vibrations. The developments findings are used in determining the residual stiffness of various structures in a certain operation period, subjected to intensive dynamic loading. No need for a close inspection of buildings associated with the inevitable dismantling of enclosures and emptying of the buildings is considered as an advantage of such methods for determining the stiffness parameters of buildings. Direct method for determining the horizontal stiffness of buildings by means of specified displacements and corresponding forces in their elements implies fixing of tension elements in specified nodes – mass centers of structures. However, in some cases, they fail to be implemented. The suggested approach demonstrates its potential in the inspection of a large residential area consistent of buildings under different operating conditions, thus requiring the development of an action plan to ensure the functionality

© Соболев В.И., Соболев И.В., Кармазинов Д.А., 2023

of the structures. In addition, the paper demonstrates that using the dynamic low-size models in the estimation of stiffness parameters implies determining the principles of forming the types of such models.

Keywords: residual stiffness, inverse dynamics problem, natural oscillation frequency, shear deformations, mass distribution, discrete parameters

For citation: Sobolev V.I., Sobolev I.V., Karmazinov D.A. Inverse dynamics method in properties estimation of residual stiffness of multi-story buildings. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2023;13(3):545-554. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-545-554>. EDN: HCSPBI.

ВВЕДЕНИЕ

При выполнении поверочных расчетов как сооружений в целом, так и отдельно взятых конструктивных элементов, проектировщики и конструкторы зачастую сталкиваются с решением обратной задачи динамики.

В частности, в качестве примера возможного варианта подобного рода задачи можно привести задачу об определении жесткостных характеристик многоэтажного здания, опираясь на известные (действительные) величины собственных частот. Последние определяют исходя из анализа записи колебательных процессов во временной развертке.

При этом, анализируя определенную выше задачу, следует отметить ее высокую устойчивость в вычислительном плане. В качестве подтверждения данного тезиса можно привести примеры задач, изложенные в [1–6], для которых проблема устойчивости вычислительного алгоритма является основополагающей. Также отметим, что задача определения жесткостных свойств не относится и к категории некорректных задач [6–8], поскольку ее решение существует, является единственным, а также непрерывно зависит от исходных данных.

Однако здесь важно отметить вклад условности расчетной схемы, поскольку ее отклонение от исходного конструктива здания определяет собой погрешности определения собственных параметров здания [7, 9]. Действительно, определяя частоты собственных колебаний посредством виброизмерительного оборудования, мы неизбежно сталкиваемся с обработкой полученных данных, подразумевающей использование достаточно приближенных математических моделей. Последнее сохраняется и при аппаратной обработке данных.

Оценка величины остаточной жесткости многоэтажных зданий является важным аспектом в обследовании, особенно в контексте оценки функциональных свойств, целостности и сохранения эксплуатационных характеристик зданий после таких событий как землетрясения или другие интенсивные нагрузки.

Под остаточной жесткостью будем понимать жесткость здания или другого сооружения, которая формируется (остается) после того, как оно подверглось некоторым интенсивным воздействиям, или зданий, прошедших продолжительный период эксплуатации.

Особенно актуальны оценки остаточной жесткости при продолжительной (зачастую превышающей проектный период) эксплуатации зданий, реконструкция или снос которых нецелесообразны по различным причинам. В этих случаях значения величин остаточной жесткости, сформированной вследствие ее частичной потери, позволяют дать некоторую оценку дефектности здания, приобретенной в процессе эксплуатации [7].

Данное обстоятельство подтверждается ростом вклада физической нелинейности, неизменно влияющей на функциональные свойства несущих конструкций [10]. В условиях массовых городских застроек типовыми зданиями, период проектной эксплуатации которых закончен, или приближается к окончанию, например зданиями серии 135, возникает проблема установления последовательности сноса зданий, а также решения вопроса о возможности или целесообразности проведения реконструктивных мероприятий. Оценка дефектности зданий, необходимость проведения которой в этом случае неизбежна, в условиях проживания жильцов домов невозможна, поскольку существующие правила обследования не позволяют проводить вскрытие конструкций при наличии жильцов.

Существование определенных корреляционных зависимостей между уровнем дефектности здания и величиной потери жесткости позволяет говорить о целесообразности использования методов оценки жесткостных параметров без детального обследования, связанного с вскрытием конструкций и последующего моделирования при наличии дефектных конструктивных элементов. Не останавливаясь на вопросах моделирования и прочностного расчета различных зданий и сооружений, со-

держат дефектные элементы и материалы, что также связано с многочисленными проблемами и неопределенностями, можно сделать вывод о практической непригодности такого подхода к оценкам дефектности.

В силу вышеизложенного можно сделать вывод о целесообразности применения неразрушающих методов интегральной (комплексной) оценки жесткостных параметров. Непосредственное определение горизонтальных жесткостей зданий статическим методом при помощи формирования заданных перемещений и определения соответствующих сил в элементах, формирующих эти перемещения, требует крепления элементов натяжения в заданных узлах – центрах масс сооружений, что в ряде случаев в реализации невозможно или также требует вскрытия ограждающих конструкций.

Детерминированные зависимости между величинами частот собственных колебаний зданий и их жесткостными параметрами позволяют избежать трудностей, связанных с проблемами вскрытия конструкций.

При этом легко реализуемое формирование процессов собственных колебаний дает возможность определения собственных частот по различным колебательным формам вне зависимости от вида (формы) воздействия – начального импульса в силу инвариантности собственных колебательных форм и соответствующих частот собственных колебаний от форм начального импульса.

Современное виброизмерительное лазерное оборудование позволяет оперативно проводить записи колебательных процессов в различных точках сооружений, не используя процедуры крепления датчиков и протяжки кабелей¹, что существенно ускоряет и удешевляет процесс обследования.

Все это особенно важно с учетом требований ГОСТ 31037-2011, регламентирующих периодическую проверку собственных динамических параметров зданий с целью выявления их изменений.

МЕТОДЫ

Потребность в определении степени точности собственных динамических параметров, получаемых в результате анализа колебательных процессов сложных сооружений, возникает не только в ходе решения обратной задачи динамики. В самом деле, на точность полученных результатов в существенной мере влияет точность самой расчетной схемы.

Для повышения точности последней, как правило, используется метод повышения уровня дискретизации, что, впрочем, не всегда может быть оправдано [9, 12, 13].

При этом, наряду с моделями, демонстрирующими высокий уровень дискретизации параметров, существуют и применяются расчетные схемы достаточно малой размерности.

Очевидно, что при дискретном, ныне широко распространенном способе формирования динамических моделей, затруднительно определить размерность модели, а значит и уровень дискретизации, обеспечивающий заданную точность [14].

Таким образом, возникает задача определения достаточной точности дискретизации динамической расчетной схемы [9, 14]. Построение изначальной избыточно подробной динамической модели с последующим упрощением ее на основе решения полной проблемы собственных значений и отсечения «излишних» колебательных форм затратно по расходу компьютерного времени и связано преобразованием плохо обусловленных матриц большой размерности [15, 16].

С целью изучения и оценки ошибок в описании конструктивных элементов «низкоразмерными» математическими моделями, в рамках данного исследования рассматривается аппроксимация сооружений динамическими моделями с распределенно-сосредоточенными инерционными параметрами.

Такие динамические модели носят название дискретно-континуальных и позволяют получать эффективные решения с использованием метода гармонических элементов (МГЭ) [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве объекта рассмотрения данной статьи выберем некоторый стеновой элемент, расчетная схема которого будет представлять собой упругий стержень длины l с распределенной массой, обозначенной ρ и сдвиговой жесткостью GF (здесь и далее G – модуль сдвига, а F – площадь поперечного сечения элемента (рис. 1)).

Выбор данного элемента обусловлен относительной легкостью аналитической формализации колебательного процесса, выполняемого данным элементом, при использовании метода гармонического элемента, основанного на принципах динамических жесткостей [17–20].

¹ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния // Garant.ru [Электронный ресурс]. URL: [https://base.garant.ru/70631848/#:~:text=Межгосударственный%20стандарт%20ГОСТ%2031937-2011%22%20Здания,января%202014%20г.%20Введен%20\(09.07.2023\).](https://base.garant.ru/70631848/#:~:text=Межгосударственный%20стандарт%20ГОСТ%2031937-2011%22%20Здания,января%202014%20г.%20Введен%20(09.07.2023).)

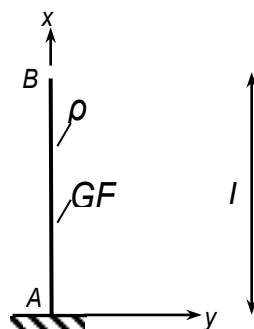


Рис.1. Расчетная схема элемента
 Fig.1. Design scheme of the element

Пусть данный элемент совершает колебательные движения, не находясь при этом под воздействием внешних сил. В таком случае для элементарного участка справедливо следующее:

$$\rho \cdot \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} + GF \cdot \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = 0, \quad (1)$$

где t – параметр времени; v – горизонтальные перемещения узлов элемента.

Пусть колебания такой системы осуществляются с частотой ω .

Используя принцип разделения переменных [21], представим $v(t, x)$ в виде

$$v(t, x) = y(x) \cdot \sin(\omega \cdot t). \quad (2)$$

При подстановке полученного выражения (2) в уравнение (1) получаем дифференциальное уравнение вида

$$-\rho \cdot \omega^2 \cdot y(x) \cdot \sin(\omega \cdot t) + GF \cdot y''(x) \cdot \sin(\omega \cdot t) = 0.$$

после приведения которого относительно старшей производной имеем уравнение (3):

$$y''(x) - \frac{\rho \cdot \omega^2}{GF} y(x) = 0, \quad (3)$$

для которого характеристическое уравнение имеет следующий вид

$$\mu^2 - \frac{\rho \cdot \omega^2}{GF} = 0.$$

Корни этого уравнения могут быть записаны следующим образом:

$$\mu_1 = \omega \sqrt{\frac{\rho}{GF}};$$

$$\mu_2 = -\omega \sqrt{\frac{\rho}{GF}},$$

или же

$$\mu_1 = \omega \cdot \mu;$$

$$\mu_2 = -\omega \cdot \mu.$$

$$\text{где } \mu = \sqrt{\frac{\rho}{GF}}.$$

Представление общего решения уравнения (3) в виде линейной комбинации двух линейно независимых функций, образующих базисную вектор-функцию

$$h(x) = [\sin(\omega \cdot \mu \cdot x), \cos(\omega \cdot \mu \cdot x)],$$

может быть сформировано в виде

$$y(x) = C_1 \cdot \sin(\omega \cdot \mu \cdot x) + C_2 \cdot \cos(\omega \cdot \mu \cdot x).$$

Коэффициенты линейной комбинации C_1, C_2 определяются краевыми условиями уравнения (3) [16].

При $x = 0$ имеем равенство

$$C_2 \cdot \cos(\omega \cdot \mu \cdot x) = 0,$$

откуда $C_2 = 0$.

Таким образом, с учетом закрепления узла в точке $x=0$, имеем решение

$$y(x) = C_1 \cdot \sin(\omega \cdot \mu \cdot x).$$

Функция колебательной формы при собственных колебаниях определяется с точностью до множителя.

Учитывая это обстоятельство можем C_1 приравнять к единице, тогда

$$y(x) = \sin(\omega \cdot \mu \cdot x).$$

Если в процессе собственных колебаний точка B переместилась на некоторую величину Δ , имеем равенство:

$$\sin(\omega \cdot \mu \cdot x) = \Delta.$$

В частности, при $\Delta = 1$ получаем равенство вида

$$C_1 \cdot \sin(\omega \cdot \mu \cdot l) = \sin(\omega \cdot \sqrt{\frac{\rho}{GF}} \cdot l) = 1.$$

Если точку B с наложенной на нее гармонической связью, обеспечивающей возникшую форму колебаний к переместить на величину $\Delta = 1$, (рис. 2), то в этой связи возникает некоторая реакция H_B , равная

$$EI \cdot \frac{\partial y(x)}{\partial x} \Big|_{x=l} = EI \cdot \omega \mu \cdot \sin(\omega \mu \cdot l). \quad (4)$$

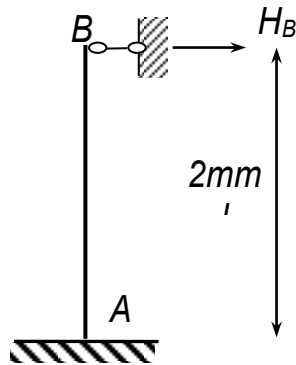


Рис. 2. Определение реакции H_B в линейной связи узла B
Fig. 2. Determination of the H_B reaction in the linear connection of the node B

Величина, обратная выражению (4)

$$y(l) = \frac{l}{\cos(\omega \cdot \mu \cdot l) \cdot EI \cdot \omega \cdot \mu} = \frac{l}{\cos(\omega \cdot \mu \cdot l) \cdot \omega \cdot \sqrt{EI \cdot \rho}}.$$

Определяет амплитуду гармонического перемещения $y(l)$ при воздействии единичной гармонической силы по направлению линейной гармонической связи в узле B

Резонанс формируется при знаменателе выражения (5) равном нулю. При этом

$$\cos(\omega \cdot \mu \cdot l) = 0. \quad (5)$$

Выражение (5) определяет минимальную частоту γ_1 собственных колебаний такой системы:

$$\gamma_1 = \frac{\pi}{2\mu l} = \frac{\pi}{2l} \cdot \sqrt{\frac{GF}{\rho}} \quad (6)$$

Используя выражение (6), можем получить аналитическую оценку относительной величины остаточной жесткости здания. Используя частоту γ_{1r} , полученную в результате полевых

испытаний, и исходную собственную частоту здания γ_{1p} , получим в качестве сравнительной характеристики:

$$q = \left(\frac{\gamma_{1r}}{\gamma_{1p}} \right)^2. \quad (7)$$

Сравним полученную аналитическую оценку потери жесткости континуальной системы с таковой для случая системы дискретной. Из этих соображений, а также с целью наглядности дальнейших преобразований рассмотрим частный случай дискретной схемы, в которой примем массы сосредоточенными в уровне перекрытий.

Исходя из выбранных целей анализа, далее рассмотрим двухэтажное здание с преимущественно стеновой конструктивной схемой. Частоты собственных колебаний такой системы могут быть определены на основе формирования уравнений Даламбера с формированием жесткостных параметров уравнений при помощи метода перемещений.

Расчетная схема с наложенными для этого связями изображена на рис. 3.

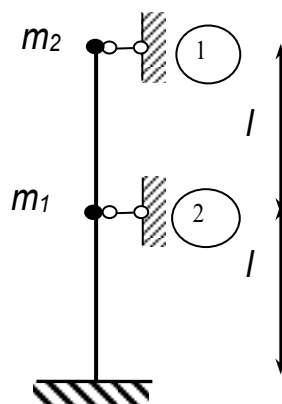


Рис. 3. Расчетная схема двухэтажного здания со стеновыми конструкциями:
1, 2 – номера связей

Fig. 3. Design scheme of a two-storey building with wall structures: 1, 2 – connection numbers

Найденные значения реакции в результате применения метода перемещений сведем в матрицу вида:

$$R = \begin{pmatrix} \frac{2GF}{l} & -\frac{GF}{l} \\ -\frac{GF}{l} & \frac{GF}{l} \end{pmatrix}$$

Положив за m_1 и m_2 массы перекрытий, для матрицы динамических реакций D получим

$$D = \begin{pmatrix} \frac{2GF}{l \cdot m_1} & -\frac{GF}{l \cdot m_1} \\ -\frac{GF}{l \cdot m_2} & \frac{GF}{l \cdot m_2} \end{pmatrix}. \quad (8)$$

При $m_1 = m_2 = m$ частоты собственных колебаний могут определены из условия

$$|D - \lambda \cdot E| = 0, \quad (9)$$

где λ – матрица собственных значений, E – единичная матрица.

Уравнение (8), определяющее собственные значения может быть записано следующим образом:

$$\left(\frac{2GF}{l \cdot m} - \lambda \right) \left(\frac{GF}{l \cdot m} - \lambda \right) - \left(\frac{GF}{l \cdot m} \right)^2 = 0. \quad (10)$$

Уравнение (9) имеет два корня определяющихся в виде:

$$\lambda_{1,2} = \frac{3GF}{l \cdot m} \pm \sqrt{9 \left(\frac{GF}{l \cdot m} \right)^2 - \left(\frac{GF}{l \cdot m} \right)^2}$$

$$\lambda_{1,2} = \frac{GF}{l \cdot m} (3 \pm 2\sqrt{2})$$

Наименьшее собственное значение

$$\lambda_1 = \frac{GF}{l \cdot m} (3 - 2\sqrt{2}),$$

а наименьшая собственная частота γ_1 определяется в виде

$$\gamma_1 = \sqrt{\lambda_1} = \sqrt{\frac{GF}{l \cdot m} (3 - 2\sqrt{2})}. \quad (11)$$

Отношение q остаточной жесткости к изначальной, определяется выражением:

$$q = \left(\frac{\gamma_{1r}}{\gamma_{1p}} \right)^2. \quad (12)$$

Компоненты вектора A_1 собственных колебаний определимы из решения системы уравнений:

$$|D - \lambda_1 \cdot E| A = 0,$$

где $A = (a_1, a_2)^T$ – собственный вектор двухмерной динамической системы, соответствующий собственному значению γ_1 .

Нетрудно заметить, что все компоненты матрицы, задаваемой выражением (7), есть функции геометрических и инерционных параметров моделируемого здания. Исключая GF как общий множитель получаем матрицу, зависящую только от указанных параметров. Если полагать их неизменными в ходе жизненного цикла здания, то и (12) соответственно сохраняет свою неизменность.

Правомерность непосредственного сравнения аналитических выражений (12) и (7) проистекает напрямую из опыта проектирования и анализа поведения большинства типов зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения. В самом деле, наибольший вклад в поведение сооружения под действием динамической нагрузки вносят именно низшие формы колебаний, в частности наименьшая собственная частота для стержневой системы и приводимой к ней.

Таким образом, со всей очевидностью можно утверждать, что для определения относительной оставшейся жесткости зданий, прошедших некоторый период эксплуатации, нет необходимости определять отклонения жесткостей по высшим колебательным формам.

Указанное выше обстоятельство чрезвычайно удобно с точки зрения практического применения полученных результатов. В самом деле, задачи определения высших колебательных форм и соответствующих частот теряют свойства корректности по мере усложнения собственной колебательной формы, демонстрируя тем самым существенную погрешность дискретизации с точки зрения адекватного описания моделируемого объекта. В то же время для случая определения низшей частоты собственных колебаний определение жесткости по данной частоте сохраняет свойство корректности. Таким образом, применение в строительной практике дискретных систем может считаться весьма выигрышным с точки зрения соотношения машинного времени и адекватности полученной модели. В целом динамика горизонтальных колебаний многоэтажных зданий должна оцениваться по дискретно-континуальным расчетным схемам (динамическим моделям), поскольку перекрытия представляют собой сосредоточенные массы, а расположения инерционных параметров вертикальных элементов носит распределенный характер. Рассмотрение динамики систем, имеющих такие

свойства, намного сложнее, однако свойства относительных жесткостей, определяемые выражениями (1)–(12) позволяют говорить о сохранении этих отношений в виде квадратов частот и для моделей дискретно-континуального характера.

ВЫВОДЫ

Сохранение геометрических и инерционных параметров здания в процессе его эксплуатации является достаточным для определения относительной величины остаточной жесткости в виде (12) как при наличии конструктивных элементов с распределенными, так и с сосредоточенными параметрами масс.

Как было отмечено ранее, оценка остаточ-

ной жесткости здания подразумевает определение его жесткостных характеристик после развития ограниченных повреждений и деформаций, происходящих в ходе эксплуатации здания [22–28].

В силу этого обстоятельства, а также полученных выше результатов, свидетельствующих об инвариантности относительной величины остаточной жесткости здания по отношению к дискретности или континуальности принятой модели, можно сделать вывод о возможности применения моделей малой дискретизации при решении обратной задачи динамики в приложении к оценке остаточных жесткостных свойств многоэтажных зданий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Adams R.D., Cawley P., Pye C.J., Stone B.J. A Vibration technique for non-destructively assessing the integrity of structures // Institution of mechanical engineers. 1978. Vol. 20. Iss. 2. https://doi.org/10.1243/JMES_JOUR_1978_020_016_02.
2. Faghmous J.H., Kumar V. A Big Data guide to understanding climate change: the case for theory-guided data science // Big Data. 2014. Vol. 2. Iss. 3. P. 3155–163. <https://doi.org/10.1089/big.2014.0026>.
3. Quinn J., Frias-Martinez V., Subramanian L. Computational sustainability and artificial intelligence in the developing world // AI Magazine. 2014. Vol. 35. No. 3. P. 36–47. <https://doi.org/10.1609/aimag.v35i3.2529>.
4. Azimi J., Fern X., Fern A. Budgeted optimization with constrained experiments // Journal Artificial Intelligence Research. 2016. Vol. 56. P. 119–152. <https://doi.org/10.1613/jair.4896>.
5. Cawley P., Adams R.D. The location of defects in structures from measurements of natural frequencies // Institution of mechanical engineers. 1979. Vol. 14. Iss. 2. <https://doi.org/10.1243/03093247V142049>.
6. Berman A. System identification of structural dynamic models – theoretical and practical bounds // 25th Structures, Structural Dynamics and Materials Conference (Palm Springs, 14–16 May 1984.). American Institute of Aeronautics and Astronautics. 1984. P. 123–129. <https://doi.org/10.2514/6.1984-929>.
7. Соболев В.И., Пинус Б.И. Определение параметров остаточной жесткости дефектных зданий на основе лазерных отображений колебаний и решения обратной задачи динамики // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологии и управления. 2019. № 1 (72). С. 55–62. EDN: VXOMWF.
8. Амелькин В.В. Дифференциальные уравнения в приложениях. М.: Наука, 1987. 160 с.
9. Клаф Р., Пензиен Дж. Динамика сооружений. М.: Стройиздат, 1979. 319 с.
10. Пинус Б.И., Моргаев Д.Е. Оценка остаточного ресурса сейсмостойкости зданий серии 1-335 кс в городе Иркутске // Тез. докл. V Российской Национальной конференции по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию с международным участием. М.: ГУП ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, 2003. 81 с.
11. Соболев В.И. Расчёт многоэтажных зданий, различных конструктивных систем на горизонтальное сейсмическое воздействие с учётом пространственного деформирования // Математическое моделирование в механике сплошных сред на основе методов граничных и конечных элементов: Труды XVIII Международной конференции. СПб.: НИИХ СПбГУ, 2000. Т. 1. С. 217.
12. Argyris J.H., Boni B., Hinderlang V. Finite element analysis of two- and three dimensional elastoplastic frames – the natural approach // Comp. Meth. Appl. Mech. 1982. Vol. 35. No 2. P. 221–248.
13. Айзенберг Я.М. Развитие концепций и норм антисейсмического проектирования, ЦНИИСК, ГНЦ. М.: Строительство, 1997. 73 с.
14. Davies E.B., Gladwell G.M.L., Leydold J.S., Peter F. Discrete nodal domain theorems // Linear Algebra Appl. 2001. № 336. P. 51–60. [https://doi.org/10.1016/S0024-3795\(01\)00313-5](https://doi.org/10.1016/S0024-3795(01)00313-5).
15. Икрамов Х.Д. Несимметричная проблема собственных значений. Численные методы. М.: Наука, 1991. 240 с.
16. Колоушек В. Динамика строительных конструкций. М.: Изд-во литературы по строительству, 1965. 632 с.

17. Фарлоу С Уравнения с частными производными для научных работников и инженеров / Пер с англ. М.: Мир, 1985. 384 с.
18. Белокобыльский С.В., Елисеев С.В., Кашуба В.Б. Импедансные подходы как одна из форм оценки динамических свойств механических колебательных систем в структурном математическом моделировании // Системы. Методы. Технологии. 2015. № 4 (28). С. 7–15.
19. Елисеев С.В., Ковыршин С.В., Большаков Р.С. Особенности построения компактов упругих элементов в механических колебательных системах. Взаимодействия с элементами систем и формы соединения // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2012. № 4 (36). С. 61–70.
20. Крылов А.Н. О некоторых дифференциальных уравнениях математической физики, имеющих приложение в технических вопросах. М.–Л.: Гостехиздат, 1950.
21. Малышкин А.П., Есипов А.В. Экспериментально-теоретические исследования стальных ферм покрытия легкоатлетического манежа в г. Тюмени // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2015. № 2. С. 105–115. <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2015.2.08>. EDN: TZUEPV.
22. Назаров Ю.П., Городецкий А.С., Симбиркин В.Н. К проблеме обеспечения живучести строительных конструкций при аварийных воздействиях // Строительная механика и расчет сооружений. 2009. № 4. С. 5–8. EDN: KOZYWJ.
23. Fu G., Frangopol D. Balancing weight, system reliability and redundancy in a multiobjective optimization framework // Structural Safety. 1990. № 7 (2-4). P. 165–175.
24. Соболев В.И., Пинус Б.И., Зеньков Е.В. Комплексная оценка накопления дефектов зданий с использованием лазерных виброизмерителей // Ресурсосберегающие технологии в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы Всероссийской научно-практической конференции (г. Иркутск, 07 ноября 2018 г.). Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2018. С. 17–21. EDN: SIYKMA.
25. Bokarev S.A., Zhunev K.O., Usoltsev A.M. Stress-strain behavior of welded joints in railway girders // Magazine of Civil Engineering. 2018. No. 8 (84). P. 119–129. <https://doi.org/10.18720/MCE.84.12>.
26. Конин Д.В. Жесткость частично обетонированных стальных балок и сталежелезобетонных перекрытий // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 3. С. 128–142. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2023-25-3-128-142>. EDN: YHUYZS.
27. Рыбакова Л.Ю. Анализ методов расчета напряженно- деформированного состояния сварных соединений // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: сборник статей 77-ой Всероссийской научно-технической конференции (г. Самара, 26–30 октября 2020 г.). Самара: Самарский государственный технический университет, 2020. С. 69–74. EDN: XPATTC.
28. Голоднов А.И., Балашова О.С. К определению остаточного напряженного состояния в сварных элементах коробчатого профиля // Современное промышленное и гражданское строительство. 2010. Т. 6. № 3. С. 153–158.

REFERENCES

1. Adams R.D., Cawley R., Pye C.J., Stone B.J. A Vibration technique for non-destructively assessing the integrity of structures. *Institution of mechanical engineers*. 1978;20(2). https://doi.org/10.1243/JMES_JOUR_1978_020_016_02.
2. Faghmous J.H., Kumar V. A Big Data guide to understanding climate change: the case for theory-guided data science. *Big Data*. 2014;2(3):3155-163. <https://doi.org/10.1089/big.2014.0026>.
3. Quinn J., Frias-Martinez V., Subramanian L. Computational sustainability and artificial intelligence in the developing world. *AI Magazine*. 2014;35(3):36-47. <https://doi.org/10.1609/aimag.v35i3.2529>.
4. Azimi J., Fern X., Fern A. Budgeted optimization with constrained experiments. *Journal Artificial Intelligence Research*. 2016;56:119-152. <https://doi.org/10.1613/jair.4896>.
5. Cawley R., Adams R.D. The location of defects in structures from measurements of natural frequencies. *Institution of mechanical engineers*. 1979;14(2). <https://doi.org/10.1243/03093247V142049>.
6. Berman A. System identification of structural dynamic models – theoretical and practical bounds. In: 25th Structures, Structural Dynamics and Materials Conference (Palm Springs, 14–16 May 1984.). American Institute of Aeronautics and Astronautics; 1984. p. 123–129. <https://doi.org/10.2514/6.1984-929>.
7. Sobolev V.I., Pinus B.I. Determination of parameters of residual rigidity of defective buildings based on laser images of vibrations and solving the inverse problem of dynamics. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i upravleniya*. 2019;1:55-62. (In Russ.). EDN: VXOMWF.
8. Amel'kin V.V. Differential equations in applications. Moscow: Nauka; 1987. 160 p. (In Russ.).

9. Klaf R., Penzien Dzh. Dynamics of structures. Moscow: Stroizdat; 1979. 319 p. (In Russ.).
10. Pinus B.I., Morgaev D.E. Assessment of the residual resource of seismic resistance of buildings of the 1-335 ks series in the city of Irkutsk. *Tez. dokladov V Rossiiskoi Natsional'noi konferentsii po seismostoi komu stroitel'stvu i seismicheskomu raionirovaniyu s mezhdunarodnym uchastiem = Abstracts of the V Russian National Conference on Earthquake-Resistant Construction and Seismic Zoning with International Participation*. Moscow: GUP TsNIISK im. V.A. Kucherenko; 2003. 81 p. (In Russ.).
11. Sobolev V.I. Calculation of multi-storey buildings, various structural systems for horizontal seismic impact, taking into account spatial deformation. In: *Matematicheskoe modeli-rovanie v mekhanike sploshnykh sred na osnove metodov granichnykh i konechnykh elementov: Trudy XVIII Mezhdunarodnoi konferentsii = Mathematical modeling in continuum mechanics based on boundary and finite element methods: Proceedings of the XVIII International Conference*. Saint Petersburg: NIIKh SPbGU; 2000. Vol. 1. p. 217. (In Russ.).
12. Argyris J.H., Boni V., Hinderlang V. Finite element analysis of two- and three dimensional elastoplastic frames – the natural approach // *Comp. Meth. Appl. Mech.* 1982. Vol. 35. No 2. P. 221–248.
13. Aizenberg Ya.M. Development of concepts and norms of antiseismic design, TSNIISK, SSC. Moscow: Stroitel'stvo; 1997. 73 p. (In Russ.).
14. Davies E.B., Gladwell G.M.L., Leydold J.S., Peter F. Discrete nodal domain theorems. *Linear Algebra Appl.* 2001;336:51-60. [https://doi.org/10.1016/S0024-3795\(01\)00313-5](https://doi.org/10.1016/S0024-3795(01)00313-5).
15. Ikramov Kh.D. The asymmetric problem of eigenvalues. Numerical methods. Moscow: Nauka; 1991. 240 p. (In Russ.).
16. Koloushek V. Dynamics of building structures. Moscow: PH of literature on construction; 1965. 632 p. (In Russ.).
17. Farlou S With Partial differential equations for scientists and engineers. Moscow: Mir; 1985. 384 p. (In Russ.).
18. Belokobil'skiy S.V., Eliseev S.V., Kashuba V.B. Impedance approaches as an estimation form for dynamical properties of mechanical oscillation systems in structural mathematical modelling. *Sistemy. Metody. Tekhnologii = Systems. Methods. Technologies*. 2015;4:7-15. (In Russ.).
19. Eliseev S.V., Kovyrshin S.V., Bol'shakov R.S. Construction features of elastic elements compacts in mechanical oscillation systems. Interactions with system elements and connection forms. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie = Modern technologies. System analysis. Modeling*. 2012;4:61-70. (In Russ.). EDN: PJKJWT.
20. Krylov A.N. On some differential equations of mathematical physics that have applications in technical matters. Moscow–Leningrad: Gostekhizdat; 1950. (In Russ.).
21. Malyshkin A.P., Esipov A.V. Experimental and theoretical studies of steel roof trusses of the athletic arena in Tyumen. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2015;2:105-115. (In Russ.). <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2015.2.08>. EDN: TZUEPV.
22. Nazarov Y.P., Gorodetsky A.S., Simbirkin V.N. About a problem of survivability support of building structures subjected to emergency actions. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii = Structural Mechanics and Analysis of Constructions*. 2009;4:5-8. (In Russ.). EDN: KOZYWJ.
23. Fu G., Frangopol D. Balancing weight, system reliability and redundancy in a multiobjective optimization framework. *Structural Safety*. 1990;7(2-4):165-175.
24. Sobolev V.I., Pinus B.I., Zen'kov E.V. Comprehensive assessment of the accumulation of building defects using laser vibration meters. *Resursosberegayushchie tekhnologii v stroitel'stve i zhilishchno-kommunal'nom khozyaistve: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii = Resource-saving technologies in construction and housing and communal services: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference*. 07 November 2018, Irkutsk. Irkutsk: Irkutsk national research technical university; 2018. p. 17-21. (In Russ.). EDN: SIYKMA.
25. Bokarev S.A., Zhunev K.O., Usoltsev A.M. Stress-strain behavior of welded joints in railway girders. *Magazine of Civil Engineering*. 2018;8:119-129. <https://doi.org/10.18720/MCE.84.12>.
26. Konin D.V. Rigidity of partially concreted steel beams and steel-reinforced floors. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta = Journal of construction and architecture*. 2023;25(3):128-142. (In Russ.). <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2023-25-3-128-142>. EDN: YHUYZS.
27. Rybakova L.Y. Calculating methods analysis of the stress-strain state of welded joints. *Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture: sbornik statei 77-oi Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii = Traditions and innovations in Construction and architecture: Collection of articles of the 77th All-Russian Scientific and Technical Conference*. 26-30 October 2020, Samara. Samara: Samara state technical university; 2020. p. 69-74. (In Russ.). EDN: XPATTC.
28. Golodnov A.I., Balashova O.S. To determine the residual stress state in the welded elements of the box profile. *Sovremennoe promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2010;6(3):153-158. (In Russ.).

Информация об авторах

Соболев Владимир Иванович,
д.т.н., профессор, профессор кафедры
механики и сопротивления материалов,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: vladsobol@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0916-1604>

Соболев Иван Владимирович,
инженер НИЧ кафедры механики
и сопротивления материалов,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: soboleviv@ex.istu.edu
<https://orcid.org/0009-0005-6545-0656>

Кармазинов Данил Андреевич,
аспирант,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: dkarmazinov@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1803-1270>

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.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 28.04.2023.
Одобрена после рецензирования 26.05.2023.
Принята к публикации 29.05.2023.

Information about the authors

Vladimir I. Sobolev,
Dr. Sci (Eng.), Professor,
Professor of the Department
of Mechanics and Resistance of Materials,
Irkutsk National Research
Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: vladsobol@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0916-1604>

Ivan V. Sobolev,
Engineer of the Department
of Mechanics and Resistance of Materials,
Irkutsk National Research
Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: soboleviv@ex.istu.edu
<https://orcid.org/0009-0005-6545-0656>

Danil A. Karmazinov,
Postgraduate Student,
Irkutsk National Research
Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: dkarmazinov@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1803-1270>

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.

Information about the article

The article was submitted 28.04.2023.
Approved after reviewing 26.05.2023.
Accepted for publication 29.05.2023.



Основные этапы формирования жилой застройки г. Усолья-Сибирского

И.Е. Дружинина

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Аннотация. Данная работа входит в цикл статей автора, анализирующих в историческом контексте условия формирования жилой застройки городов Иркутской области, их социально-пространственную среду и возможности комплексного развития территорий. Исследование этапов развития жилых территорий г. Усолья-Сибирского поможет расставить приоритеты при их модернизации, сохранив ценные в историческом контексте фрагменты застройки. В работе ретроспективным анализом и методом кластеризации определен онтогенез жилых территорий в соответствии с ключевыми периодами исторического развития. Далее эмпирическим методом исследования и путем стратифицированной выборки выделены виды жилой застройки, выявлены доминирующие характеристики, дано их описание. Проведен анализ типов жилья с приведением абсолютных и относительных показателей. В ходе исследования было выявлено четыре основных этапа развития жилой застройки. Проведен обобщенный анализ 17-ти видов жилой застройки. Данные сведены в таблицу. Результаты исследования в виде доклада были представлены на 24 сессии Международного Байкальского зимнего градостроительного университета в 2023 г. в Иркутском национальном исследовательском техническом университете. При изучении жилой среды г. Усолья-Сибирского установлена взаимосвязь между основными историко-политическими событиями и состоянием общества, отобразившимися на формировании того или иного вида застройки. Руководствуясь материалами статьи, градостроители и архитекторы смогут акцентировать внимание на наиболее ценных фрагментах существующей застройки, учесть их при дальнейшем планировании комплексного развития территорий. Статья содержит схемы и результаты исследований, выполненные автором.

Ключевые слова: этапы развития, жилая застройка, модернизация территорий, комплексное развитие территорий, социально-пространственная среда

Для цитирования: Дружинина И.Е. Основные этапы формирования жилой застройки г. Усолья-Сибирского // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 3. С. 555–567. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-555-567> . EDN: BYIAMY.

Original article

Main stages in the formation of residential areas in the city of Usolye-Sibirskoye

Inna E. Druzhinina

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Abstract. The present work is part of the author's series of articles that analyze historical conditions for the formation of residential areas in the cities of the Irkutsk Oblast, their social and spatial environment, as well as the possibilities of an integrated territorial development. The study into the stages of residential development in the city of Usolye-Sibirskoye will contribute to prioritizing their modernization and preserving the historically valuable areas. In the work, the ontogeny of residential areas was determined by a retrospective analysis and a clustering method in accordance with the key periods of historical development. Further, using empirical research methods and stratified sampling, residential types were revealed, the dominant characteristics were identified, and their description was given. An analysis of residential types was carried out with the provision of absolute and relative indicators. The performed study identified the four main stages of residential development. A generalized analysis of 17 residential development types was carried out. The data is tabulated. The results of the study in the form of a report were presented at the 24th session of the International Baikal Winter Urban Planning

University in 2023 at the Irkutsk National Research Technical University. During the study of the living environment in the city of Usolye-Sibirskoye, the relationship between the main historical and political events and the state of the society, which were reflected in the formation of a particular residential development type, was established. Guided by the materials of the article, urban planners and architects will be able to focus on the most valuable fragments of existing buildings and take them into account during further planning of integrated territorial development. The article contains the schemes and results of the conducted research.

Keywords: stages of development, residential development, modernization of territories, integrated sustainable development of territories, socio-spatial environment

For citation: Druzhinina I.E. Main stages in the formation of residential areas in the city of Usolye-Sibirskoye. *Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2023;13(3):555-567. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-555-567>. EDN: BYIAMY.

ВВЕДЕНИЕ

Продолжая изучение социально-пространственной среды городов Иркутской области и комплексного развития территорий [1, 2], рассмотрим жилую среду г. Усолья-Сибирского.

Главное, что ее отличает от многих городов области – компактность, короткие связи между жилыми образованиями и центрами, местами отдыха и приложения труда (рис. 1).

Исходные природные и техногенные факторы: рельеф, реки, ручьи, озера, незначительная залесенность, издавна существовавшие внешние транзитные связи и местоположение промзон в значительной степени предопределили сложившуюся структуру жилых массивов, проанализированную в данной статье.

Известно, что рост города и динамика его развития непосредственно влияют на качество среды [3]. С конца 1980-х гг. в г. Усолье-Сибирское наблюдается активный отток населения. Это связано с несколькими факторами. В числе наиболее значимых можно назвать резкое сокращение мест приложения труда ввиду закрытия градообразующих предприятий «Усольехимпрома» и некоторых других, а также сложная экологическая ситуация и как следствие снижение качества жилой среды. Тяготение человека к природе, потребность в чистой воде, воздухе по-прежнему не стоят в ряду ключевых задач в проектировании и остаются «за границами сферы первостепенной заботы человека, поскольку это связано с экономическими затратами, не предполагающими прибыль от вложения капитала» [4].

Экологическая проблема Усолья-Сибирского в последние годы многократно обсуждалась на высоком государственном

уровне¹.

Органы власти региона и страны, ученые, экологи, специалисты разных областей в соответствии с экологической программой включились в решение острой проблемы локализации и ликвидации опасных объектов и предотвращения распространения токсичных веществ, попадания химикатов в водные объекты с территории «Усольяхимпрома». Опасность экологического загрязнения уже частично купирована. Также, сегодня федеральные, региональные и местные власти совместно с государственной корпорацией «Росатом» стали создавать современные экологически безопасные предприятия химической промышленности, строить социальные объекты. Это дает новый импульс активации города, комплексному развитию территорий и повышение качества жилой среды.

МЕТОДЫ

В работе методом кластеризации были определены характерные признаки застройки территории, соответствующие определенным историческим периодам развития города. Среди них следующие факторы: уклад жизни; функциональное наполнение среды; проницаемость/непроницаемость улиц; типология дворовых пространств; типология жилых домов, этажность и др. Ретроспективным методом определены основные четыре этапа развития города.

Далее эмпирическим методом исследования и путем стратифицированной выборки выделено 17 видов жилой застройки. Определены и описаны их доминирующие характеристики. Выполнен анализ типов жилья с приведением абсолютных и относительных показателей.

«Вопросы создания жизненной среды вы-

¹О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году: гос. доклад // Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/821/%D0%93%D0%94-2018.pdf> (26.03.2023)

ходят за рамки индивидуальных творческих интересов и точек зрения и приобретают общественный характер, определяемый социальными и культурными целями этого общества» [5, с. 276]. Исторические, политические, градостроительные и иные процессы, происходившие в разные периоды в нашей стране, повлияли на возникновение с последующим формированием характерных для сибирских городов жилых районов, в частности, структуры жилья г. Усолья-Сибирского. Но прослежи-

ваются и некоторые принципиальные различия, периоды которых ограничивались определенными событийными временными рамками. Рассмотрим их поэтапно.

1 этап охватывает период конца XVII–XX вв. Населенный пункт г. Усолье-Сибирское основан в XVII в., в 1669 г. на о. Варничный, когда были обнаружены залежи соли. Острог, в отличие от других поселений Сибири того времени, в силу географической специфики, здесь не поставили².



Рис. 1. Схема городского округа МО Усолье-Сибирское
Fig. 1. The Layout of the Municipal District Ussolye-Sibirskoye

²Дружинина И.Е. Особенности жилищного проектирования в Иркутской области: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2014. 148 с.

Первые постройки появились на о. Варничный, а чуть позже на другом острове – Сосновом (ныне Красном) возникла деревня Михалёва³ [6]. Лишь в 1676 г. стали зарождаться первые жилые строения на левом берегу р. Ангары у Юрьинской протоки между устьями речки Селестёхи (ныне Шелестихи) и безымянного ручья (рис. 2). Именно с них началось на надпойменной террасе формирование первых кварталов исторического центра будущего Усолья. Развитие поселения из-за заболоченности и лесистости местности шло медленно. В конце XVIII в. по инициативе управленцев солеваренного завода было решено перенести служебные и жилые дома на материк. Это также способствовало некоторому росту села и развитию его планировоч-

ной структуры⁴, что можно увидеть на старых схематичных планах Усолья 1828 и 1843 гг.

Жилая застройка в историческом центре представляла собой традиционный для сибиряков тип жилища – усадьбу (тип 1 на рис. 5). Здания строились деревянные одноэтажные, рассчитанные на проживание одной семьи и ведение натурального хозяйства. Встречались и дома с устройством мастерских мелкого производства, например, кожевенного, мыловарения и др.⁵ [7].

Застройка времен основания поселения не дожила до наших дней. Многие уцелевшие более поздние здания конца XIX – начала XX вв., в том числе каменные, представляют историческую и культурную ценность городской среды прошлого (рис. 3).

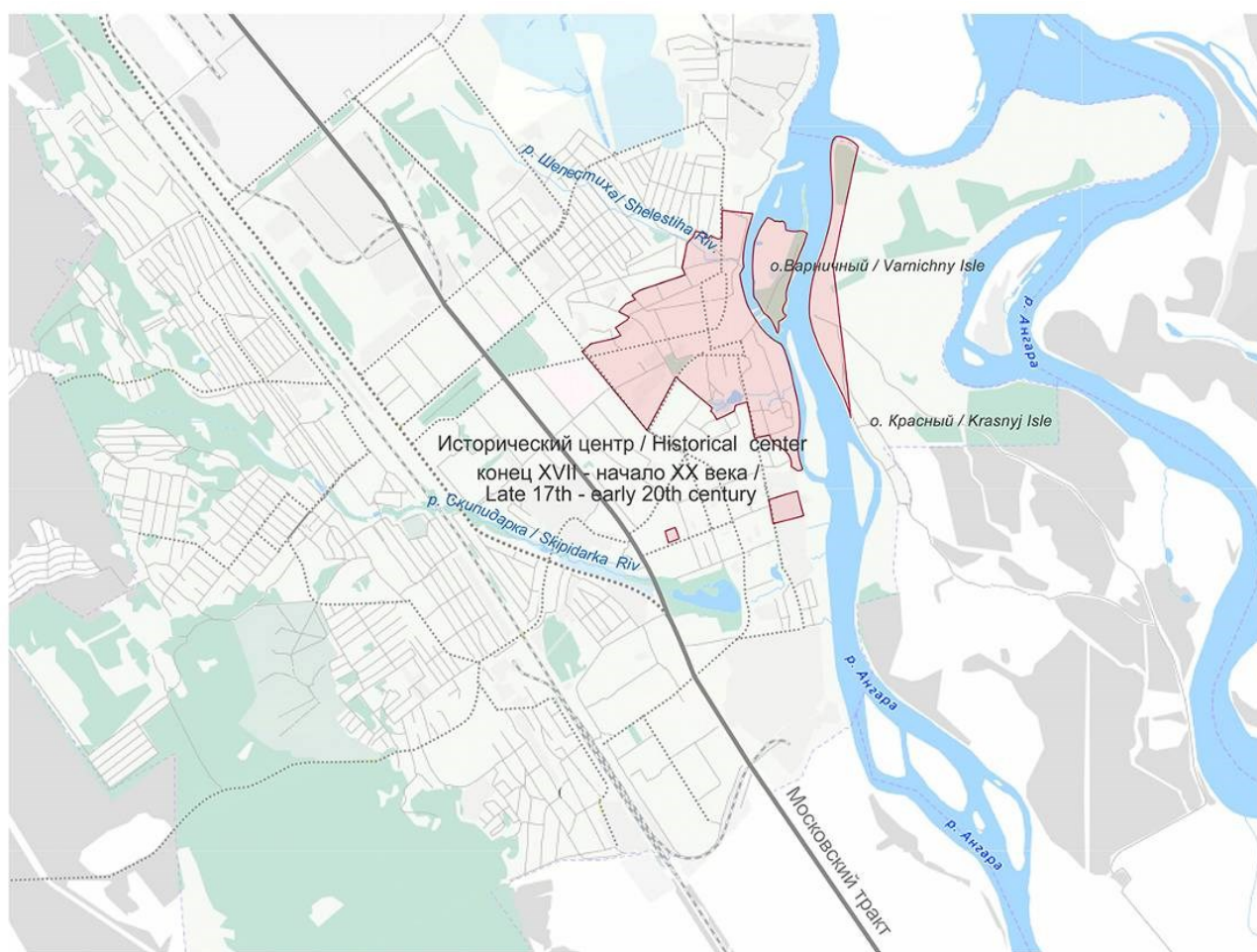


Рис. 2. Границы поселения с конца XVII до начала XX вв.
Fig. 2. The boundaries of the settlement from the late 17-th – early 20-th century

³Официальный сайт администрации города Усолье-Сибирское // [Электронный ресурс]. URL: <https://usolie-sibirskoe.ru/> (20.03.2023)

⁴Хожаев А.С. Акт государственной историко-культурной экспертизы выявленного объекта культурного наследия «Дом купца Варваричева», 1895 г., расположенного по адресу: Иркутская область, Усолье-Сибирское г., Маркса К. ул., 16, в целях обоснования целесообразности его включения в Единый государственный реестр объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации. Красноярск. 2022.

⁵Шаманский С.В. Очерки истории города Усолье-Сибирское: учеб. п. Усолье-Сибирское: Изд-во ДДТ, 2020. С. 175.

Среди них постройки вокруг Базарной площади или, например, уникальный дом-дача 1913 г. постройки иркутского городского архитектора В.А. Рассушина⁶ (рис. 3). Этому дому [8] и большинству других требуется срочная реставрация и реконструкция.

Следует дать краткую справку, позволяющую охарактеризовать суть деятельности, творчество уникального архитектора, создавшего ценные фрагменты городского пространства в определенный исторический отрезок времени. Владимиром Александровичем Рассушиным в 1891 г. в Усолье построено новое здание двухклассного училища на ул. Большой (ныне ул. Ленина) [9]. Кроме того, «существует косвенное свидетельство, что строительством колокольни Спасо-Преображенского храма занимался архитек-

тор Рассушин» [6, с. 52]. В 1913 г. В.А. Рассушин построил и «электростанцию для снабжения села электричеством. Здание ее, сохранившееся до сего дня, находится на левом берегу Ангары, ниже по течению реки, за зданием меддиспансера» [10].

Главной планировочной осью исторического центра была и сохраняется ул. Большая (ныне ул. Ленина). Она связывает о. Красный и о. Варничный с Московским трактом. Ядром исторического центра остается Базарная площадь, частично преобразованная в 1934 г. в сквер.

В 1898–1900 гг. с появлением Транссибирской железной дороги увеличился общий товарооборот, в том числе соли, что повлекло за собой увеличение мощностей ее производства и, соответственно, числа рабочих рук.



a



b



c



d

Рис. 3. Фото Усолья: а – вид Базарной площади с колокольни церкви во имя Спаса Преображения (<https://arfoto.ru>);

b – общий вид на базарную площадь с церковью (<https://pastvu.com/p/449379>);

c и d – дом-дача арх. В.А. Рассушина, фото В. Григорьева

Fig. 3. Photos from Ussolye: a – view of the Market Square from the bell tower of the church in the name of the Transfiguration of the Savior; b – general view of the market square with the church; c and d – house-cottage arch. V.A. Rassushin, photo by V. Grigoriev

⁶Григорьев В. История города Усолье-Сибирское. 2018 // Ок.ру. [Электронный ресурс]. URL: <https://ok.ru/group/54742529671293/album/54867216892029/862381786493> (26.03.2023).

На обслуживании дорог и трактов трудилась значительная часть населения, поскольку оно составляло один из значительных видов деятельности [11]. Стало немного активнее развиваться поселение, но тип жилища принципиально не менялся.

Фактором спада развития села послужила череда трагических исторических событий: Первая мировая война, три революции и Гражданская война.

С возникновением в начале XX в. «молодого» советского государства в градостроительной политике стали формулироваться новые идеи. В 1925 г. Усолье с населением 8 тыс. жителей получило статус города. С 1933 по 1936 гг. в период индустриализации страны начала развиваться химическая промышленность, произошел резкий скачок роста населения почти в два раза. На схеме плана 1933–1935 гг. город сохраняется в границах исторического центра. Несмотря на запуск в 1936 году химического завода, застройка практически не велась из-за слабого экономического развития Восточной Сибири и, как следствие, не происходило разрастания жилых массивов. Исключением было лишь временное жилье для строителей.

Новый толчок развития г. Усолье-Сибирское получил уже после Великой Отечественной войны. Начался интенсивный рост города, формировались новые жилые районы, новые кварталы и микрорайоны с многоквартирными жилыми домами.

2 этап охватывает послевоенные 1940–1950-е гг. Если посмотреть на схему последовательности возведения кварталов жилья 1940–1950-х гг. (рис. 4), становится очевидным существование плана перспективного развития города. Была заложена сеть главных улиц и проспектов: Ленина и Ватутина, Комсомольский проспект, Менделеева/Интернациональная/Суворова, Московский тракт. Территории рассматривались как единый жилой район с преимущественно ортогональной структурой деления.

Для этого времени характерен переход от деревенского уклада жизни к городскому. Вместо усадебной появляется застройка многоквартирными домами с общими дворовыми пространствами, пронизанностью улиц, наполнением жилых кварталов новыми функциями (детскими садами и школами).

На этом этапе застройка велась очагово, небольшими планировочными элементами – кварталами, сразу в нескольких местах города (рис. 5). Средняя площадь кварталов составляла от 0,3 до 0,5 га. Квартальная малоэтажная жилая застройка имела низкую плотность и возникала параллельно с объектами соцкультбыта (детскими садами, школами, магазинами, общественными зданиями). Сейчас освоенность и наполнение среды различными функциями имеют высокие значения.

С конца 1940-х гг. жилая застройка формировалась преимущественно одноэтажными и двухэтажными многоквартирными домами: типовыми деревянными зданиями (обозначен **тип 2** на рис. 5). Чуть позже, в 1950-х, стали возводить шлакоблочные многоквартирные двухэтажные дома, реже трехэтажные с деревянными перекрытиями (**типы 3–5**). И те и другие сегодня составляют аварийный фонд, но, все еще сохраняют свой особый масштаб и характер среды.

Тип 2 наследует некоторые черты усадебной организации участков, но отличается наличием в доме нескольких квартир (двух и более). Домам типов 3, 4 и 5 характерно отсутствие приусадебных участков. Вместо них создавались общие дворы. Итак, 2 этап характеризуется переходным периодом от усадьбы к городскому жилищу и очаговой, фрагментарной застройке небольшими кварталами. Структура ортогональная. Застройка представлена четырьмя типами зданий высокой степени износа, находящимися в аварийном состоянии. Они создают низкий уровень качества среды и требуют комплексной модернизации.

В архивах Иркутской организации Союза архитекторов России сохранились рукописи – воспоминания Н.А. Румянцевой, в которых она упоминает строительство военного городка в начале 1940-х гг. (до 1943 г.), как одного из наиболее значимого в своем творчестве объекта⁷. Судя по описанию, военный городок, рассчитанный на проживание 1200 чел., включал: двухэтажные жилые дома для командного состава, казармы, коттедж на 2 квартиры, клуб, баню с прачечной, магазины, склады, объекты ОРСа и другие объекты по индивидуальным проектам в каркасно-засыпных конструкциях. Примечательно, что через 25 лет этот военный городок был снесен и на его месте в 1960-е годы возник современный мкр-н Привокзальный⁸.

⁷Архив Иркутской региональной организации Союза архитекторов России. Личное дело архитектора Н.А. Румянцевой.

⁸Румянцева Н.А. Воспоминания о работе архитектора Румянцевой Н.А. за период с 40-го по 70-й годы / Архив Иркутской региональной организации Союза архитекторов России. Иркутск, рукопись. 1985. 8 с.

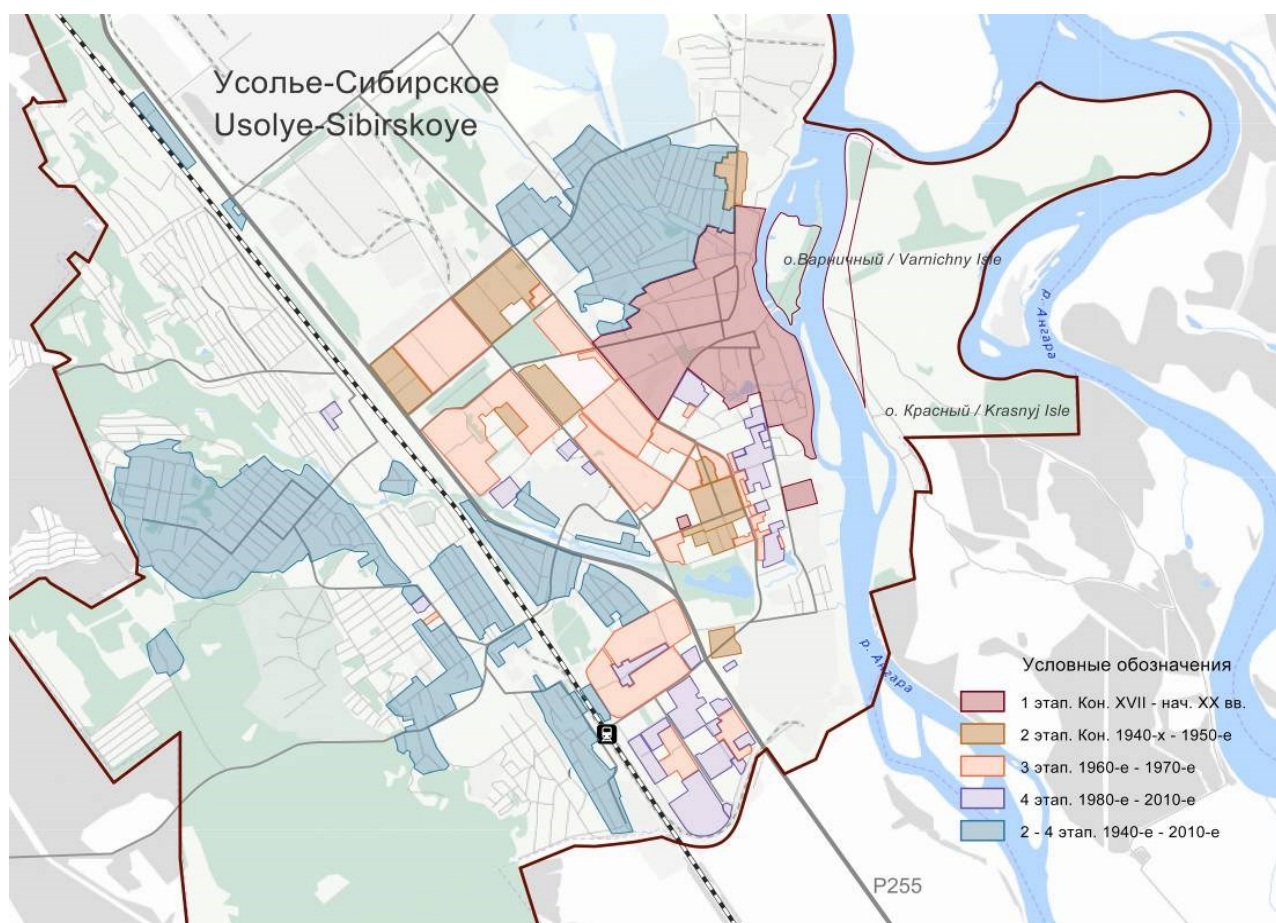


Рис. 4. Этапы развития жилой застройки
Fig. 4. Stages of development of residential development

3 этап – 1960–1970-е гг. Диапазон размеров микрорайонов, возникших на третьем этапе развития города, составляет от 5 га до 32 га (рис. 4). Наполняемость среды средняя и высокая. Освоенность высокая. Именно в этот период завершается формирование нового композиционного Общественно-торгового центра Северо-Западного района г. Усолья-Сибирского, который был выполнен в проектом институте Иркутскгражданпроект авторским коллективом архитекторов Н.А. Румянцевой, М.Я. Ашихминой и др. Он располагается на месте пересечения бульваров и главных магистралей. Здесь же находятся Верхний и Нижний парки и городская площадь, администрация города и другие крупные обществен-

ные здания. В разработке планировки города и отдельных объектов принимали участие известные архитекторы г. Иркутска: В.Ф. Бух, В.С. Воронежский и Е.Б. Пхор (генплан г. Усолья-Сибирского (1965 г.)⁹; В.А. Павлов (дворец культуры «Химик» (1972 г.)¹⁰; В.А. Павлов, В. Чемерис, и Л.Ф. Антипин (застройка кварталов и микрорайонов (1968–1975 гг.); Н.А. Румянцева (проект спортивного комплекса (1968 г.) [18]; В.Ф. Бух, и М.Я. Ашихмина (разработка и реализация ПДП Привокзального района, проектов застройки 1, 3 и 7 микрорайонов (1968–1985 гг.)¹¹; Т.Г. Потапова (Госбанк на 80 сотрудников (1980 г.)¹², С.М. Григорьев (поликлиника на 600 посещений в смену из индивидуальных

⁹Шестидесятники. Воронежский В.С. (1937–1999) // Проект Байкал. 2014. № 11 (39-40). С. 178–179. <https://projectbaikal.com/index.php/pb/article/view/655/1863>
<https://doi.org/10.7480/projectbaikal.39-40.655> (26.03.2023).

¹⁰Проекты и постройки Владимира Павлова // Проект Байкал. 2010, № 7(26). С. 130–135. <https://projectbaikal.com/index.php/pb/article/view/156/2313> (26.03.2023)

¹¹Архив Иркутской региональной организации Союза архитекторов России. Личное дело архитектора М.Я. Ашихминой.

¹²Архив Иркутской региональной организации Союза архитекторов России. Личное дело архитектора Т.Г. Потаповой.

сборных панелей (1985 г.) [12] и др. Все эти и некоторые более поздние работы были выполнены в ИГП.

На этом этапе закрепляется переход на городской образ жизни населения. Жилые территории все реже осваиваются кварталами, но чаще микрорайонами в границах главных городских улиц (типы 6–10 на рис. 5). Возводится первый микрорайон и отдельные небольшие фрагменты застройки жилого района Привокзальный.

Новый жилой район разместился в юго-западной части города между Московским трактом и железнодорожной веткой Транссиба у станции «Усолье-Сибирское».

Для двух десятилетий с 1960-х до 1980-х гг. характерно массовое строительство серийных четырех- и пятиэтажных домов, постепенное увеличение дворовых пространств и условных модулей групп жилых домов, к 1970-м г. выросших до максимальных величин. По видам застройки можно выделить следующие типы: преимущественно строчная и реже групповая серийная застройка четырех- и пятиэтажными домами, komponующимися в масштабные планировочные элементы – микрорайоны с крупным модулем дворовых пространств (рис. 5). Структура преимущественно ортогональная, реже свободная, ограниченная главными городскими магистралями, в южной части – речкой Скипидарка.

4 этап – 1980–2020 гг. В 1980 и 1990-е гг. (рис. 4) продолжается лоскутное освоение территорий жилого района Привокзальный, фрагментарно осваиваются территории между историческим центром и улицами Интернациональной/Суворова.

В этот период повсеместно практиковался так называемый хозспособ, т.е. точечное уплотнение существующей застройки на готовых сетях и инфраструктуре. Как правило, решался сиюминутный вопрос нехватки жилья, но, с точки зрения градостроительства, это был негативный опыт (рис. 5).

Для двух последних десятилетий конца прошлого века характерна та же застройка, что и 3 этапу освоения жилых территорий, но модуль дворовых пространств становится мельче, а застройка напротив уплотняется, в отдельных случаях повышается этажность с 5 до 9. Применяется в основном групповая застройка (типы 11–13 на рис. 5).

С начала 2000-х до конца 2010-х гг. использовались два вида застройки: строчная и групповая компоновка зданий, появляется разрозненная малоэтажная блокированная застройка (типы 14, 15 и 16 на рис. 5).

В начале 2000-х гг. резко снизилась этажность жилых домов с пяти–девяти до одного–двух. Этому способствовали разные обстоятельства, главным из которых стала остановка производства химической промышленности, закрытие мест приложения труда на других предприятиях и, как следствие, отток населения.

В итоге снизилась и потребность в многоэтажном массовом жилье. Застройка многоквартирными домами велась весьма небольшими объемами – блокированными в один–два этажа.

В условиях существенно выросшей безработицы у населения города почти критическое значение приобрела возможность ведения личного подсобного хозяйства, для самообеспечения продовольствием. Стали массово выделяться земельные участки для индивидуального жилого строительства (тип 17 на рис. 5).

1940-е – 2010-е. В застройке г. Усолья-Сибирского встречается еще один распространенный тип жилья. Индивидуальное жилое строительство (ИЖС) велось не только в 1940-е гг., но и в другие периоды развития города, а с начала 2000-х оно получило новый импульс по причинам, указанным выше.

«Социальная активность населения неизбежно приводит к образованию стиля жизни» [13, с. 109]. В данном случае для него характерны черты усадебной застройки – индивидуальные дома в один и два этажа с возможностью ведения личного подсобного хозяйства (тип 17 на рис. 5).

Примечательно, что этот вид застройки отличается от современных приемов застройки индивидуальными домами в городах с применением в основном двух типов организации территории. «Первый – когда вся территория квартала делится на участки соответственно количеству домов; в таких случаях необходимые общественные учреждения, спортивные площадки размещаются в отдельном квартале. Второй – когда часть территории квартала делится на участки соответственно количеству домов, а другая часть представляет территорию общего пользования и занята садами общего пользования, детскими и спортивными площадками» [14, с. 58].

В г. Усолье-Сибирском в этот период велась тотальная индивидуальная жилая застройка практически без участков под размещение общественных зданий обслуживания или площадок. Соответственно, не приходится говорить о формировании полноценной качественной, комфортной жилой среды.



Рис. 5. Виды жилой застройки г. Усолья-Сибирского на основных этапах развития
Fig. 5. Types of residential development of Usolye-Sibirskoye at the main stages of development

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследования было выявлено четыре основных этапа развития жилой застройки с краткими характеристиками:

1 этап: самобытная веероортогональная сетка исторических кварталов; застройка усадебная;

2 этап: переходный период от усадьбы к городскому жилищу; фрагментарная квартальная застройка; малоэтажная до 3-х этажей (ныне вся в аварийном состоянии);

3 этап: масштабные планировочные элементы – микрорайоны; строчная застройка, реже групповая; наиболее крупные модули

дворовых пространств; здания до 5 этажей;

4 этап: уплотнение застройки микрорайонов за счет применения более мелких модулей дворовых пространств; групповая застройка; дома в 5 этажей с вкраплением 9-этажных. Позже развивается малоэтажная застройка блокированными домами и ИЖС. Проведен обобщенный анализ 17 видов жилой застройки (см. рис. 4). Результаты сведены в таблицу (рис. 5).

Основополагающий фактор формирования жилой среды – численность населения и отдельные характеристики жилой среды отображены на графиках (рис. 6).

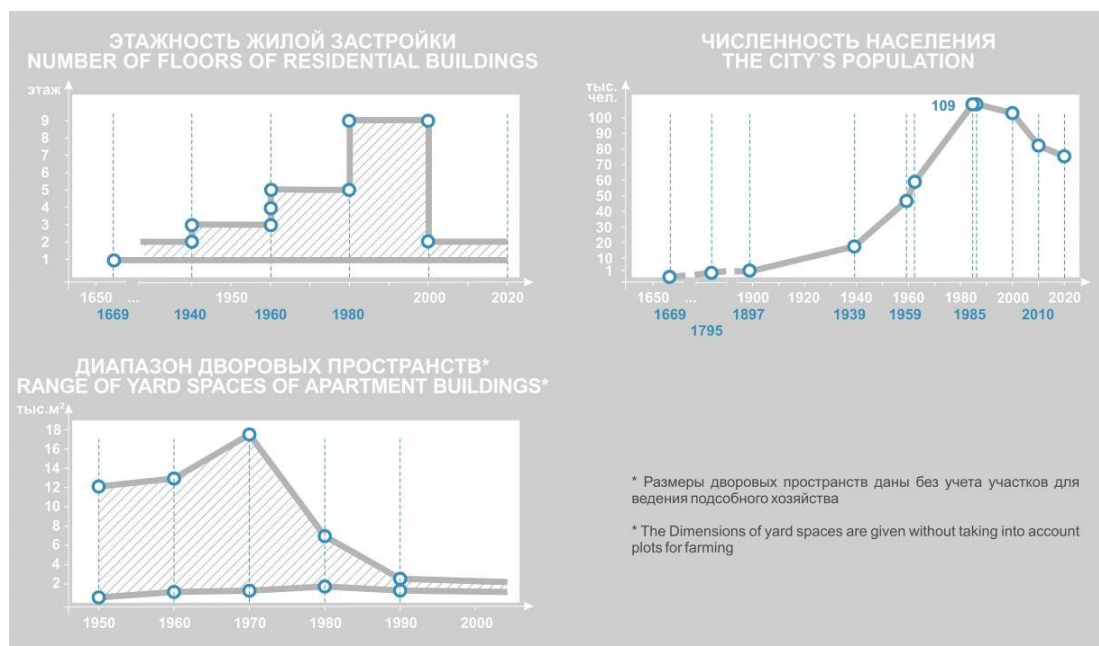


Рис. 6. Характеристики жилой застройки
Fig. 6. Characteristics of residential development

Собрана и систематизирована часть информации по авторским коллективам, чьи проекты реализованы в Усолье-Сибирском. Результаты исследований в виде доклада были представлены на 24 сессии Международного Байкальского зимнего градостроительного университета в 2023 г. в ИРНИТУ.

ВЫВОДЫ

«...Город воплощает связь прошлого, настоящего и будущего» [15, с.113].

Именно в таком сочетании история формирования жилой среды представляет настоящий интерес. Анализ видов застройки и ее типов, выявление достоинств и недостатков помогут точнее определить границы территорий для перспективного строительства жилья; предложить метод улучшения композиционного решения застройки, обогащения объемно-пространственного силуэта, в том числе в панораме р. Ангары, центров, главных магистралей, объектов городской инфраструктуры; определить тип жилья для модернизации площадок комплексного развития территорий. Все это является необходимым условием, предпосылкой для создания современной, качественной и комфортной среды жителям г. Усолья-Сибирского.

Для усиления эффекта связанности с прошлым, необходимо, чтобы архитектура стремилась к ландшафтообразности [16]. «Сохраненное градостроителями своеобразие природных условий» поможет «формированию индивидуального облика, «лица» города [17, с. 19]. В Усолье-Сибирском, как бывает зачастую, одним из главных определяющих факторов в планировке служат природный и зелёный каркасы города, в которых прочитывается несколько потенциально возможных зеленых осей.

Некоторые существующие бульвары проходят вдоль главных городских дорог, но с точки зрения существующего природного каркаса города особый интерес представляют поперечные оси. Их шесть и одна «новая» продольная – вдоль протоки р. Ангары, которая могла бы объединить все поперечные (рис. 7). Они априори обосновывают конфигурацию жилых структур в городском пространстве.

Установлен печальный факт, что к началу XX в. практически вся древесная растительность на территории города была уничтожена. То, что сегодня существует – это вновь выращенные зеленые насаждения.

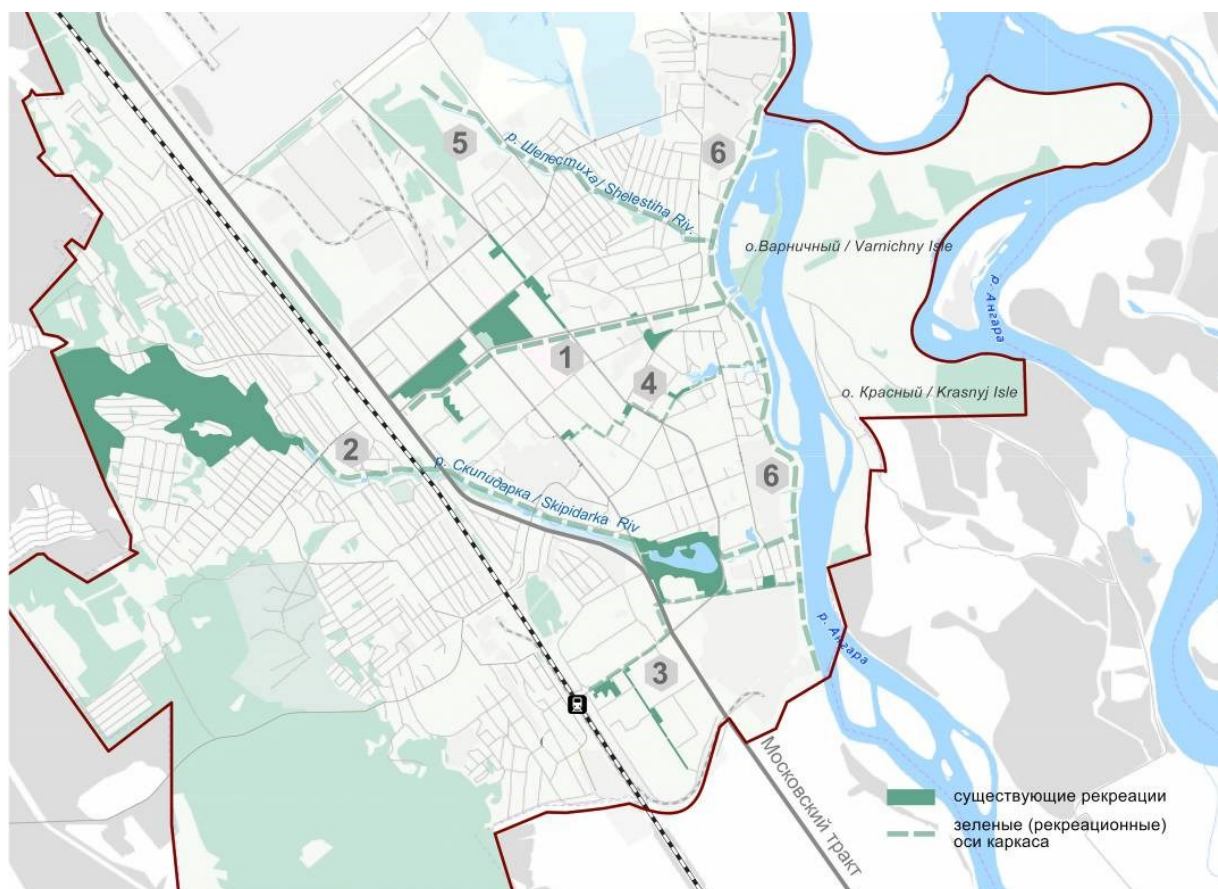


Рис. 7. Природный и зеленый каркас г. Усолья-Сибирского
Fig. 7. Natural and green frame of Usolye-Sibirskoye

Восстановление и благоустройство этих зеленых артерий и прибрежных зон водных объектов могут способствовать созданию единой значимой системы пешеходных пространств и рекреационных зон. Появятся своеобразные «легкие» города. Аналогично тому, как «между поселениями и ландшафтом существует отношение типа фигура–фон» должен сохраняться принцип «разделения» жилых массивов рекреациями [18].

«Возвращение людей в бестранспортные зоны городских центров и высокая наполняе-

мость пространств разнообразными функциями способствуют активизации общественной жизни, повышению комфортных условий пребывания людей и в целом создают возможности вернуть гуманистическое начало центру города» [19, с. 184]. Такая структура в г. Усолье-Сибирском может развиваться в основную коммуникационную пешеходную сеть, связывающую все жилые территории города, способствующую формированию каркаса эстетически и функционально качественной благоустроенной среды.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дружинина И.Е. Градостроительная организация социально-пространственной среды городов Иркутской области // Проект Байкал. 2015. Т. 12. № 45. С. 112–116. <https://doi.org/10.7480/projectbaikal.45.901>. EDN: XRLUNB.
2. Дружинина И.Е. Гаражная амнистия и/или комплексное развитие территорий? // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 3 (42). С. 420–429. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-3-420-429>. EDN: WEOPKU.
3. Линч К. Совершенная форма в градостроительстве / Пер. с англ. В.Л. Глазычева; под ред. А.В. Иконникова. М.: Стройиздат, 1986. 264 с.
4. Шубенков М.В., Шубенкова М.Ю. К вопросу поиска сбалансированного сосуществования природных и урбанизированных территорий // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2019. № 3 (27). С. 3–16. <https://doi.org/10.21869/23-11-1518-2019-27-3-3-16>. EDN: NDVORI.
5. Станькова Я., Пехар И. Тысячелетнее развитие архитектуры / Пер. с чеш. В.К. Иванова; под ред. В.Л. Глазычева. 2-е изд. М.: Стройиздат, 1987. С. 296.
6. Винокуров М.А., Суходолов А.П. Города Иркутской области. Иркутск: Изд-во Байкальского государственного университета экономики и права, 2010. С. 344.
7. Шаманский В.Ф. Усолье-Сибирское. Иркутск: Восточно-Сибирское книжное издательство, 1994. С. 217.
8. Красовский Г.Р. Дом Владимира Рассушина в Иркутске: исчез безвозвратно? // Владимир Рассушин: из Иркутска в Харбин: материалы межрегиональной научно-практической конференции «Рассушинские чтения» (г. Иркутск, 3 апреля–16 мая 2015 г. Иркутск: типография «На Чехова», 2015. С. 92–97.
9. Мухоманова И.А. В.А. Рассушин в Усолье // Владимир Рассушин: из Иркутска в Харбин: материалы межрегиональной научно-практической конференции «Рассушинские чтения» (г. Иркутск, 3 апреля–16 мая 2015 г. Иркутск: типография «На Чехова», 2015. С. 51–56.
10. Попова Р.В. Рассушин в Усолье // Земля Иркутская. 2000. № 13. С. 48–50.
11. Оглы Б.И. Строительство городов Сибири. Л.: Стройиздат. Ленинградское отделение, 1980. 272 с.
12. Григорьева Е.И. Почерк мастера // Проект Байкал. 2015. № 12 (46). С. 44–56. <https://doi.org/10.7480/projectbaikal.46.939>. EDN: WDFTWX.
13. Середюк И.И., Курт-Умеров В.О. Городская среда и оптимизация деятельности человека. Львов: Вища шк., 1987. 200 с.
14. Иконников А.В. Искусство, среда, время. Эстетическая организация городской среды. М.: Советский художник, 1984. С. 336.
15. Перени И. Город, человек, окружающая среда. Проблемы рекреации в градостроительстве / пер. с венгерского В. Шер; под ред. М. Алекса. Будапешт: Изд-во академии наук Венгрии, 1981. С. 186.
16. Большаков А.Г. Культура пространственных решеток в градостроительстве и архитектуре: монография. Иркутск: Изд-во ИРНТУ, 2021. 260 с.
17. Иконников А.В. Архитектура города. Эстетические проблемы композиции. М.: Стройиздат, 1972. С. 216.
18. Норберг-Шульц К. Жизнь имеет место // Известия высших учебных заведений. Architecton. 1995. № 1-2. С. 24–31.
19. Урбах А.И., Лин М.Т. Архитектура городских пешеходных пространств. М.: Стройиздат, 1990. С. 200.

REFERENCES

1. Druzhinina I.E. The urban organization of the socio-spatial environment in towns of the Irkutsk region. *Proekt Baikal = Project Baikal*. 2015;12(45):112-116. (In Russ.). <https://doi.org/10.7480/projectbaikal.45.901>. EDN: XRLUHB.
2. Druzhinina I. E. Garage amnesty and/or integrated territorial development? *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2022;12(3):420-429. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-3-420-429>. EDN: WEOPKU.
3. Lynch K. A theory of good city form. Cambridge: The MIT Press by Massachusetts Institute of Technology, 1981. 264 p. Russian ed.: Lynch K. *Sovershennaya forma v gradostroitel'stve* / Per. s angl. V.L. Glazycheva; pod red. A.V. Ikonnikova. M.: Stroiizdat; 1986. 264 s.
4. Shubenkov M.V., Shubenkova M.Yu. Towards to the question of searching a balanced coexistence of natural and urbanized territories. *Biosfer'naya sovместimost': chelovek, region, tekhnologii*. 2019;3(27):3-16. (In Russ.). <https://doi.org/10.21869/23-11-1518-2019-27-3-3-16>. EDN: NDVORI.
5. Stan'kova Ya., Pekhar I. Thousand-year development of architecture. Moscow: Stroiizdat; 1987. p. 296. (In Russ.).
6. Vinokurov M.A., Sukhodolov A.P. Cities of the Irkutsk region. Irkutsk: Baikal State University of Economics and Law, 2010. p. 344.
7. Shamansky V.F. Usolye-Sibirskoe. Irkutsk: East Siberian Book PH; 1994. p. 217.
8. Krasovky G.R. Rassushin's House in Irkutsk: The Heritage that is Lost Forever? *Vladimir Rassushin: iz Irkutsk v Kharbin: materialy mezhtsestvennoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Rassushinskii chteniya» = Vladimir Rassushin: from Irkutsk to Harbin: materials of the interregional scientific and practical conference "Rassushin readings"*. 3 April-16 May 2015, Irkutsk. Irkutsk: printing house "On Chekhov"; 2015. P. 92-97.
9. Mikhakhanova I. A. Vladimir Rassushin in Usolye. *Vladimir Rassushin: iz Irkutsk v Kharbin: materialy mezhtsestvennoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Rassushinskii chteniya» = Vladimir Rassushin: from Irkutsk to Harbin: materials of the interregional scientific and practical conference "Rassushin readings"*. 3 April-16 May 2015, Irkutsk. Irkutsk: printing house "On Chekhov"; 2015. P. 51-56. (In Russ.).
10. Popova R.V. Rassushin in Usolye. *Zemlya Irkutskaya*. 2000;13:48-50. (In Russ.).
11. Ogly B.I. Construction of Siberian cities. Leningrad: Stroyizdat. Leningrad Branch; 1980. 272 p. (In Russ.).
12. Grigoryeva E.I. The Master's Hand. *Proekt Baikal = Project Baikal*. 2015;12(46):44-56. (In Russ.). <https://doi.org/10.7480/projectbaikal.46.939>. EDN: WDFTWX.
13. Seredyuk I.I., Kurt-Umerov V.O. Urban environment and optimization of human activities. L'vov: Vishcha shk.; 1987. 200 p. (In Russ.).
14. Ikonnikov A.V. Art, environment, time. Aesthetic organization of the urban environment. Moscow: Sovetskii khudozhnik; 1984. p. 336. (In Russ.).
15. Pereni I. City, man, environment. Problems of recreation in urban planning. In: translated from Hungarian by V. Sher; Ed. by M. Alex. Budapest: PH of the Hungarian Academy of Sciences; 1981. p. 186. (In Russ.).
16. Bolshakov A.G. The culture of spatial lattices in urban planning and architecture. Irkutsk: Irkutsk National Research Technical University; 2021. 260 p. (In Russ.).
17. Ikonnikov A.V. Architecture of the city. Aesthetic problems of composition. Moscow: Stroiizdat; 1972. p. 216. (In Russ.).
18. Norberg-Shul'ts K. Life takes place. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Architecton*. 1995;1-2:24-31. (In Russ.).
19. Urbach A.I., Lin M.T. Architecture of urban pedestrian spaces. Moscow: Stroyizdat; 1990. p. 200. (In Russ.).

Информация об авторе

Дружинина Инна Евгеньевна,
профессор ВАК, профессор кафедры
архитектурного проектирования,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: irk.allegro.id@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0602-4364>

Information about the author

Inna E. Druzhinina,
Professor of the HAC, Professor
of the Department of Architectural Design,
Irkutsk National Research
Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: irk.allegro.id@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0602-4364>

Вклад автора

Автор провел исследование, подготовил рукопись к печати и несет ответственность за плагиат.

Contribution of the author

Author 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 declare 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.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 03.05.2023.
Одобрена после рецензирования 31.05.2023.
Принята к публикации 01.06.2023.

Information about the article

The article was submitted 03.05.2023.
Approved after reviewing 31.05.2023.
Accepted for publication 01.06.2023.



Направления пространственной организации приречных территорий Иркутской агломерации: середина XX – начало XXI вв.

В.А. Игнатенкова

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. В статье представлена разработка научно обоснованной проектно-теоретической модели организации приречных территорий Иркутской агломерации в современных условиях. В рамках исследования решаются следующие задачи: осуществление анализа факторов влияния на формирование исследуемых приречных территорий, проблематика и возможные направления необходимых преобразований; систематизирование и адаптация существующей теоретическо-методологической базы. Предложена проектно-теоретическая модель территориально-пространственной организации исследуемых территорий. Методика исследования основана на системном и ландшафтно-географическом подходах. Проведен градоэкологический анализ приречных территорий в условиях агломерации: анализ документов территориального и стратегического планирования; натурное обследование исследуемых территорий; графоаналитическое изучение мирового опыта с целью выявления закономерностей и тенденций организации приречных территорий; концептуальное моделирование с учетом уровня урбанизации исследуемых территорий. Исследование заключается в формулировании следующих определений: уточнены научные основы территориально-пространственной организации приречных территорий в условиях агломерации; определены тенденции формирования приречных территорий в условиях агломерации с учетом мирового опыта; предложены проектно-теоретическая модель и перспективные направления преобразований исследуемых территорий. Итогом исследования является проектно-теоретическая модель организации приречных территорий Иркутской агломерации, позволяющая наиболее эффективно выявить возможности развития и принципы организации исследуемых приречных территорий с учетом уровня их урбанизации; дано авторское определение понятию «приречные территории в условиях агломерации».

Ключевые слова: приречные территории, городская агломерация, транспортный каркас, ландшафтно-экологический каркас, градостроительный каркас

Для цитирования: Игнатенкова В.А. Направления пространственной организации приречных территорий Иркутской агломерации: середина XX – начало XXI вв. // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 3. С. 568–580. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-568-580>. EDN: LDACAK.

Original article

Spatial organization of riverside territories in Irkutsk area: mid XX – early XXI centuries

Vera A. Ignatenkova

Saint-Petersburg Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,
Saint-Petersburg, Russia

Abstract. The paper presents a design of a scientifically-based, theoretical model for organization of riverside territories of the Irkutsk area under contemporary conditions. The work set out to analyze the factors influencing the formation of the riverside territories, problems and possible directions for necessary transformations; to systematize and adapt the current theoretical and methodological base; to de-

velop a theoretical design model for spatial organization of the territories. The research methodology involves system and landscape-geographical approaches. Urban ecological analysis of riverside territories included analysis of spatial and strategic planning documents, field investigation of the territories, graphical analysis of world experience in terms of patterns and trends in organizing riverside territories, as well as conceptual modeling with consideration to the urbanization level of the territories. The study consists in developing the following definitions: scientific ground for spatial organization of riverside territories in urban area; global trends in organizing riverside territories in urban area; theoretical design model and perspectives for transformations in the territories. The study results include the development of a theoretical design model for the riverside territories in the Irkutsk area, enabling the growth potential and organization principles of the riverside territories to be effectively identified with consideration to their urbanization level. In addition, the authors offer a definition for the concept of "riverside territories in the urban area."

Keywords: riverine territories, urban agglomeration, transport framework, landscape and ecological framework, urban planning framework

For citation: Ignatenkova V.A. Spatial organization of riverside territories in Irkutsk area: mid XX – early XXI centuries. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2023;13(3):568-580. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-568-580>. EDN: LDACAK.

ВВЕДЕНИЕ

Востребованность приречных территорий Байкало-Ангарского бассейна была высока на различных этапах освоения Иркутского региона.

Сегодня приречные территории в границах Иркутской агломерации обладают огромным потенциалом для дальнейшего развития. Однако существует ряд проблем градостроительного, транспортно-инфраструктурного и экологического аспектов.

Долины р. Ангары и ее притоков определяют планировочную структуру агломерации и являются основополагающим фактором в формировании ее композиции. Основные функциональные зоны городов Иркутской агломерации тесно взаимосвязаны с приречными территориями.

Значительную часть рассматриваемых территорий занимают промышленные и транспортные зоны. Производственные территории в общей протяженности занимают более половины городских приречных территорий и перекрывают выходы из жилых районов к берегам рек [1].

Современные городские ландшафты утратили способность к самоочищению и регенерации и нуждаются в рекультивации и ревитализации. Необходимо дополнение ограничительных мер и предложение новых мероприятий в системе землепользования для соблюдения правовых режимов водоохраных зон и прибрежных защитных полос, зон охраны объектов культурного и археологического

наследия, особо охраняемых природных территорий.

Несмотря на наличие значительных научных знаний в современной теории и практике, не разработаны принципы градостроительного развития и регулирования приречных территорий в условиях агломерации. В связи с этим возникает потребность в выявлении определенных принципов организации приречных территорий в условиях агломерации.

МЕТОДЫ

В ходе изучения эволюции системы расселения Иркутской агломерации были структурированы общая характеристика Иркутской области и этапы формирования системы расселения Иркутской агломерации (рис. 1), что позволило проследить общую схему территориального освоения исследуемых территорий:

– Этап I – Дореволюционный (середина XVII в. – 1917 гг.): изучены городские планы с момента основания острога, планы 1729, 1784, 1869 и 1915 гг. – начало освоения Приангарья; появление первых поселений; р. Ангара как единственная транспортная артерия тех времен обеспечила возможность освоения региона; долина реки была использована для земледелия [2].

– Этап II – Советский (1917–1990-е гг.): изучены генеральные планы 1940 и 1984 гг. – послевоенное восстановление; начало формирования Иркутской агломерации; существенное изменение человеком приречных территорий за счет быстрого промышленного роста региона [3].

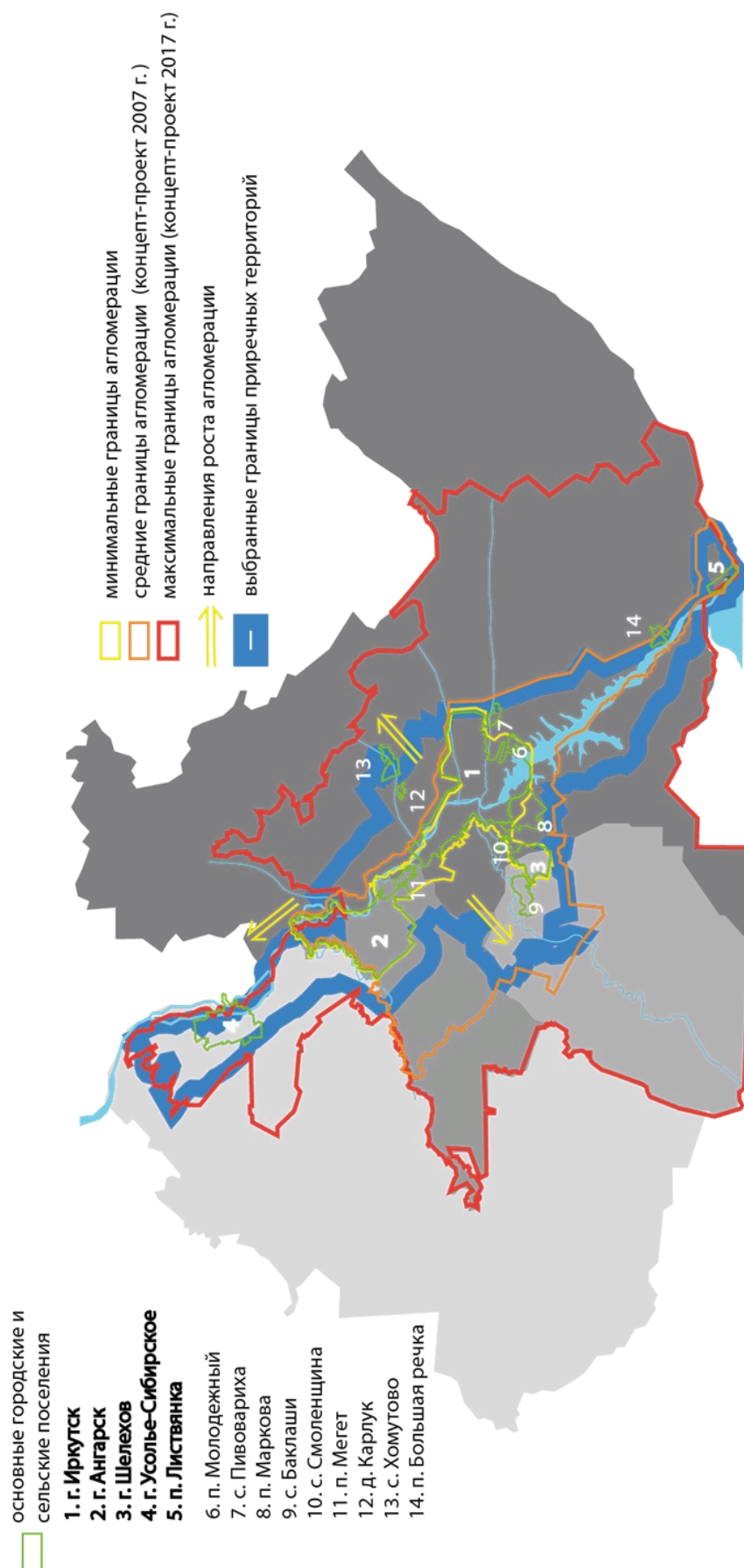


Рис. 1. Предлагаемые границы Иркутской агломерации
Fig. 1. Proposed boundaries of the Irkutsk agglomeration

– Этап III – Современный (1990-е гг. – начало XXI в.): изучены концепт-проекты 2007 (ОАО «Иркутскгражданпроект»¹) и 2017 (ОАО «Российский институт градостроительства и инвестиционного развития «ГИПРОГОР»², проект в рамках СТП) гг. – сложившаяся система расселения вдоль Ангары в пределах Иркутской агломерации; бурный процесс формирования обширного пространства пригорода способствует формированию агломерации.

Проведен анализ рассматриваемых приречных территорий Иркутской агломерации с точки зрения градостроительного и экологического аспектов.

Выводы градостроительного анализа:

– анализ природно-ресурсного потенциала показал, что исследуемые территории интенсивно используются в летний период, с приходом зимы интенсивность их использования и социальная активность снижаются; ценность приречных территорий в границах агломерации (городские/сельские поселения) зависит от природно-ресурсного потенциала;

– анализ транспортно-инженерной инфраструктуры показал, что р. Ангара является главной транспортно-коммуникационной артерией, вдоль которой расположены существующие транспортные коридоры;

– анализ функционального зонирования позволил установить, что приречные территории в планировочных схемах занимают востребованные функции (общественные, жилые, производственные);

– анализ основных положений существующих ограничений показал необходимость уточнения существующих регламентов;

– анализ документов территориального и стратегического планирования региона, позволил установить, что разработка нормативной градостроительной документации отстает от развития застройки в приречной зоне [4];

Выводы экологического анализа:

– анализ состояния русел Байкало-Ангарского бассейна показал общую характеристику и существующее экологическое состояние рек;

– анализ геоморфологического и ландшафтно-экологического состояния приречных территорий позволил определить ядра, узлы и коридоры ландшафтно-экологического каркаса [5];

– анализ состояния почвенного и растительного покровов приречных территорий позволил установить, что под воздействием антропогенных загрязнений происходит деградация озелененных территорий и почвенных покровов [6].

Согласно проведенному анализу, определены возможности необходимых преобразований – выявлены территории возможного роста, что обусловлены их экономико-географическим положением, а именно расположением на пересечении важных планировочных осей (транспортных и природных осей) [7].

Выявлены следующие потенциальные территории преобразования и развития (рис. 2):

– главные территории расселения первого порядка – на пересечении главной транспортной и главной природной осей – территории города Иркутска, областного и агломерационного центра (радиус влияния 60–80 км, что определен расстояниями между агломерационным центром и сопутствующими основными населенными пунктами);

– второстепенные территории расселения первого порядка – на пересечении главных транспортных и второстепенных природных осей (вдоль главной природной оси) – территории городов Ангарска, Шелехова и Усолья-Сибирского (радиус влияния 15–30 км, что определен расстояниями между основными городами агломерации (Усолье-Сибирское – Ангарск – Иркутск – Шелехов));

– главные территории второго порядка – на пересечении второстепенных транспортных и главных природных осей – территории п. Меget, р.п. Листвянка и др. (радиус влияния 5–20 км, что определено расстояниями между городскими поселениями (поселками и рабочими поселками) агломерации относительно административных районов и их центров);

– второстепенные территории второго порядка – на пересечении второстепенных транспортных и второстепенных природных осей – территории п. Баклаши, с. Хомутово и др. (радиус влияния 5–20 км, что определен расстояниями между сельскими поселениями (селами и деревнями) агломерации, относительно административных районов и их центров) [4].

¹Протасова Екатерина Васильевна, начальник отдела Генерального плана и территориальной деятельности. Схема Иркутской агломерации // ProjectBaikal.com [Электронный ресурс]. URL: <https://projectbaikal.com/index.php/pb/article/view/538> (10.03.2023). <https://doi.org/10.7480/projectbaikal.12.538>.

²Схема территориального планирования Иркутской области // Служба архитектуры Иркутской области [Электронный ресурс]. URL: <https://irkobl.ru/sites/saio/terplan/stp-io/> (10.03.2023).

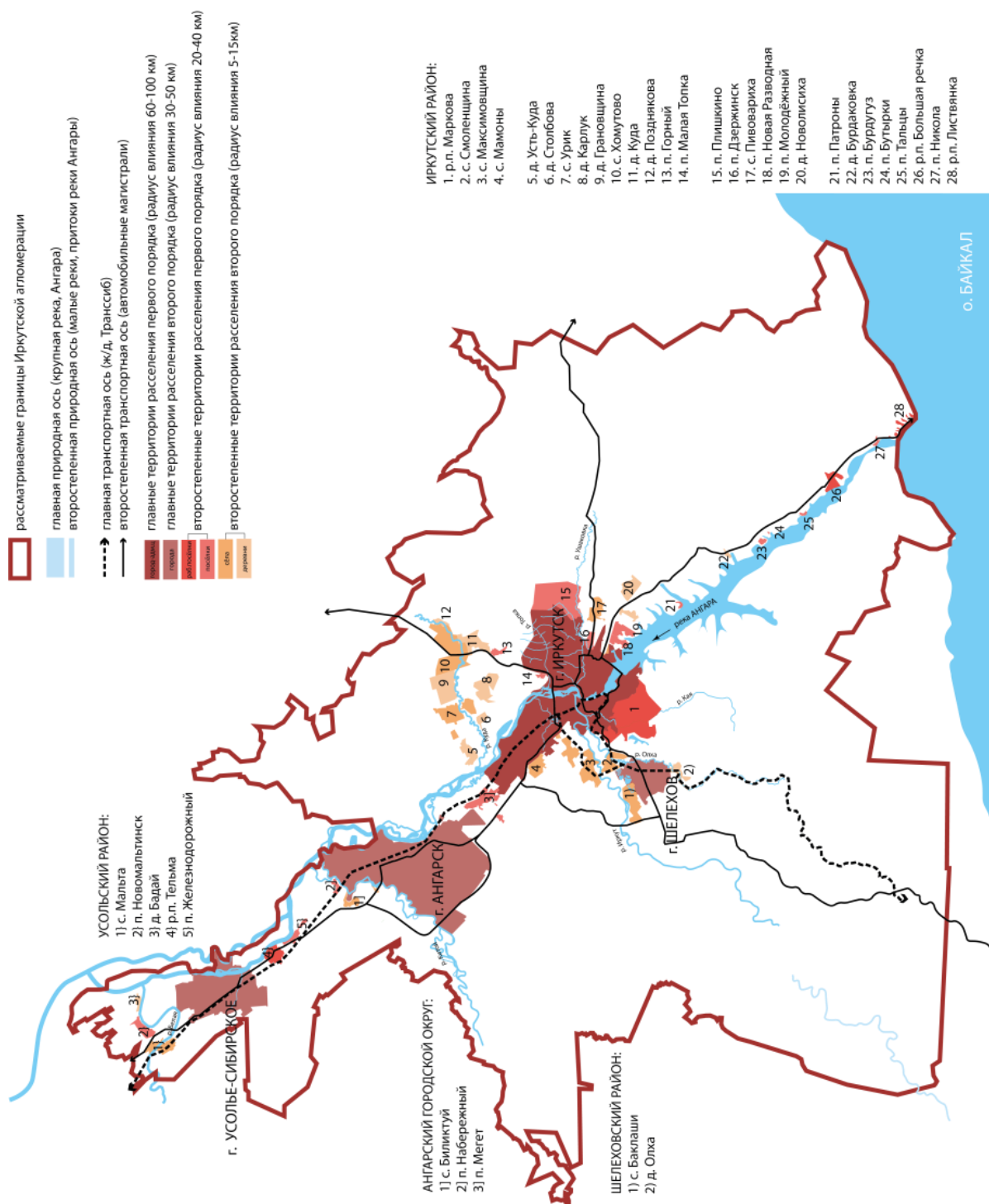


Рис. 2. Схема потенциальных территорий преобразования и развития приречных территорий Иркутской агломерации
Fig. 2. Scheme of potential territories for the transformation and development of riverine territories of the Irkutsk agglomeration

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

В ходе исследования взаимосвязи между приречными территориями и структурой городской агломерации было дано авторское определение понятия «приречные территории в условиях агломерации» (далее ПТА):

– территории, обладающие потенциальными территориальными резервами городской агломерации за счет транспортно-коммуникационных и миграционных связей, планировочной структуры, повышенной функциональной динамикой и высоким природным потенциалом как части природного каркаса, нуждающиеся в особых регламентах по их организации;

– территории, обладающие такой особенностью как ландшафтосообразность, где каждый уровень (полоса) обладает специфическим набором свойств, определяющих его эколого-градостроительное функционирование и способность к компенсации антропогенного давления (вершина, склон, низина) [8–10];

– территории, обладающие такими качествами как ландшафтно-экологическая адаптация – возвращение природного приоритета в городские пространства. Путем использования принципа сценарного подхода может быть создан локальный «зеленый» или «водно-зеленый» каркас общественно-рекреационных пространств [11].

Максимальное включение в структуру «зеленого каркаса» компонентов природного ландшафта возможно на основе применения биофилического подхода. Структурирование общественно-рекреационных пространств происходит за счет применения не только одного из главных принципов теоретической концепции ландшафтного урбанизма, но и путем формирования «зеленой инфраструктуры», где задействованы все здания и сооружения, формирующие гибридные пространства независимо от их функционального назначения³ [12];

– территории, обладающие такими свойствами как функционально-планировочная гибкость, что основана на формировании пространств на основе расширения их функционального назначения, которое определяет возможности расширения вариативности архитектурной типологии зданий и сооружений [13, 14].

Определены основные факторы влияния на преобразование и развитие приречных территорий в условиях агломерации:

– миграционные – соотношение темпов роста экономики, прироста трудовых ресурсов;

– транспортно-коммуникационные – объекты транспортной инфраструктуры;

– природно-ресурсные – климат, рельеф, ландшафт, почвы, растительность;

– рекреационные – совокупность территорий под рекреационную функцию, в т. ч. Особо охраняемые природные территории;

– социально-экономические – объекты промышленно-складской и социальной инфраструктуры, торговли;

– историко-культурные – объекты охраны культурного и археологического наследия;

– водоохранные – водоохранные зоны, прибрежные защитные полосы;

– градостроительные – особенности функционально-планировочной организации.

Определены научные подходы к изучению приречных территорий в условиях агломерации:

– системный подход заключается в рассмотрении территории как объекта системы – целостного комплекса взаимосвязанных элементов;

– ландшафтно-географический подход – выделение рекреационного потенциала – совокупность рекреационных ресурсов (природных и культурно-исторических).

Определены научные методы к изучению приречных территорий в условиях агломерации:

– метод формирования агломерационного транспортного каркаса (формирование транспортных связей между основными населенными пунктами);

– метод террасирования;

– метод ревитализации приречных территорий;

– метод регулируемого использования береговых территорий;

– метод структурирования общественно-рекреационных пространств путем формирования «зеленой инфраструктуры» и «зеленых коридоров» (доступность берегов, пешеходные связи);

– метод планомерного формирования городской среды с учетом типов сред.

Исходя из проведенного анализа, факторов влияния, научных подходов и методов исследования, предложена теоретическая модель преобразования и развития приречных территорий в условиях агломерации (рис. 3).

³Красильникова Э.Э. Урбоэкологический подход к градостроительной структуре города: дис. ... д-ра архитектуры. Братислава: Словацкий технический университет, 1999. 147 с.

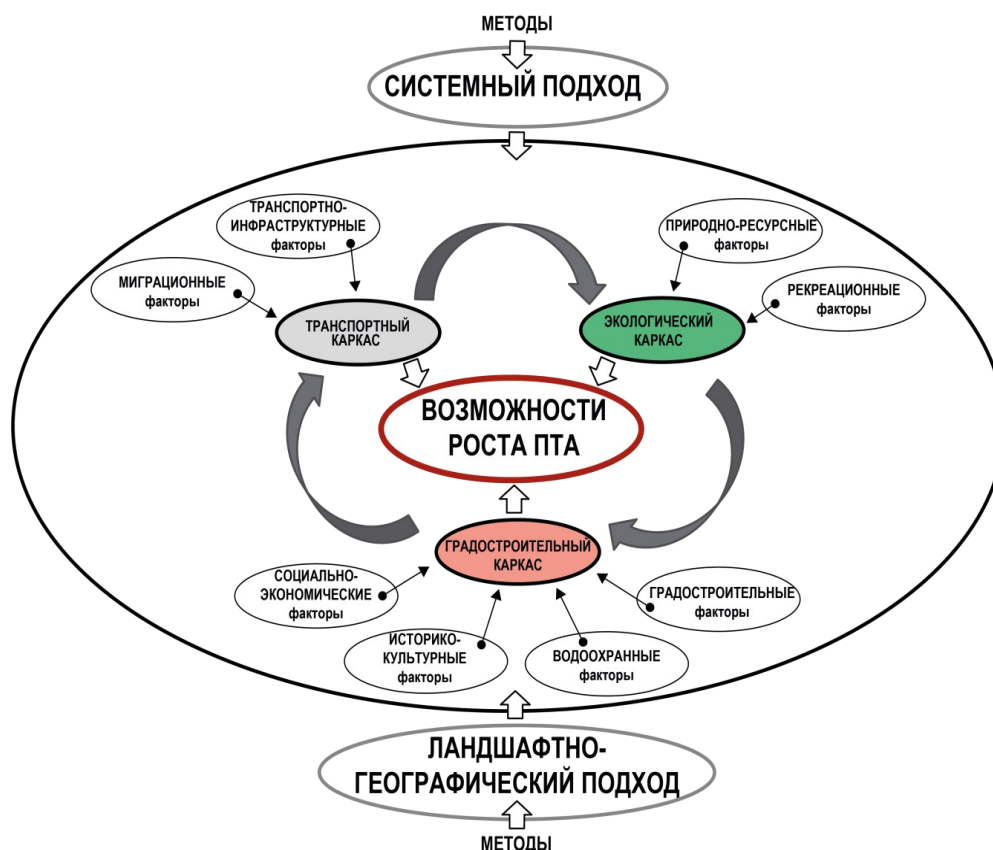


Рис. 3. Теоретическая модель преобразования и развития приречных территорий в условиях агломерации
Fig. 3. Theoretical model for the transformation and development of riverine territories in agglomeration conditions

Исследован зарубежный (приречные территории р. Рейн и ее притока р. Рур в пределах Рейнско-Рурского урбанизированного региона) и отечественный (приречные территории реки Невы и ее притоков в пределах Санкт-Петербургской агломерации; приречные территории р. Волги и ее притоков в пределах Казанской агломерации; приречные территории р. Волги и ее притоков (западное направление) в пределах Волгоградской агломерации) опыт формирования приречных территорий в условиях агломерации, на основе которого выявлены следующие направления использования приречных территорий в условиях агломерации, развитие которых зависит от использования территорий и степени их урбанизации:

- решение вопросов реконструкции, рекультивации и ревитализации приречных территорий путем разработки комплексных градостроительных программ⁴;

- применение функциональных регламентов и приемов преобразования приречных территорий с целью сбалансированной застройки;

- обеспечение доступа к воде и благоустройство общественных пространств вдоль береговой полосы;

- взаимосвязь природной и урбанизированной сред;

- сценарный путь развития и преобразования приречных территорий.

Уровень урбанизации территории находится в прямой зависимости от доли природных компонентов:

- территории с высоким уровнем урбанизации – природная среда на территориях с высоким уровнем урбанизации характеризуется повышенным воздействием зданий, сооружений и транспортно-инженерных коммуникаций, концентрацией строений с повышенной этажностью – доля

⁴Садковская О.Е. Принципы экореконструкции территории малоэтажной застройки: на примере малых и средних городов Ростовской области: автореф. дис. ... канд. архитектуры. М.: Московский архитектурный институт (государственная академия), 2020. 25 с.

природных компонентов составляет 5–25% от общей площади;

- территории со средним уровнем урбанизации – природная среда на территориях со средним уровнем урбанизации характеризуется средним воздействием зданий, сооружений и транспортно-инженерных коммуникаций, концентрацией строений со средней этажностью – доля природных компонентов составляет 25–45% от общей площади;

- территории с низким уровнем урбанизации – природная среда на территориях с низким уровнем урбанизации характеризуется повышенным воздействием зданий, сооружений и транспортно-инженерных коммуникаций, концентрацией малоэтажного и индивидуального строительства – доля природных компонентов составляет 45–65% от общей площади.

Таким образом, выявлен ряд закономерностей и тенденций их организации:

- приречные территории сильно урбанизированы – основные города – формирование главных ландшафтно-градостроительных узлов в центральной части населенных пунктов (набережные, парки, общественные пространства и пр.);

- приречные территории средне урбанизированные – городские поселения – формирование второстепенных ландшафтно-градостроительных узлов в районных центрах (зоны отдыха в жилой застройке, «зеленые коридоры» и пр.);

- приречные территории слабо урбанизированные – сельские поселения (срастающиеся территории) – формирование периферийных ландшафтно-градостроительных узлов (садово-дачные территории, резервные территории).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Общие рекомендации и принципы организации ПТА:

- создание транспортных коридоров через все основные населенные пункты;

- использование принципа ландшафтосообразности, где каждый уровень обладает особым набором свойств, определяющих его эколого-градостроительное функционирование (вершины, склоны, низины);

- принцип ландшафтно-экологической адаптации основан на возвращении природного приоритета в городскую среду⁵;

- формирование жилой и общественной

застройки с доступом к воде (поймы рек продолжают быть перспективными для создания рекреационных зон и могут обеспечить формирование природно-рекреационного каркаса) [15];

- планомерное размещение рекреационных зон и создание функционально-насыщенных зон с учетом уровня урбанизации среды;

- постепенное повышение этажности вглубь городской застройки;

- размещение в границах защитной прибрежной полосы пляжей, набережных и пр. (учет положений Водного кодекса (ВК) РФ относительно водоохранных зон).

Предлагаемая проектно-теоретическая модель формирования приречных территорий Иркутской агломерации включает в себя три каркаса (рис. 4):

- транспортно-инфраструктурный каркас (транспортные оси) – каркас агломерации, являющийся основополагающим фактором влияния формирования как всей агломерации, так и ПТА;

- экологический каркас (природные оси и ландшафтные особенности) – особенности приречных территорий с точки зрения принципа ландшафтосообразности и уровня урбанизации;

- градостроительный каркас – планировочная структура, сформировавшаяся на пересечении транспортных и природных осей [16–19].

Рекомендации по организации сильно урбанизированных ПТА:

- использование принципов организации транспортно-инженерной инфраструктуры – допущение расположения подъездных путей, парковочных мест (наземных и подземных) в границах 200-метровой рекреационной водоохранной зоны (согласно ВК РФ);

- следование принципам ландшафтосообразности и ландшафтно-экологической адаптации – максимальное включение в структуру «зеленого каркаса» компонентов природного ландшафта; [20–22];

- применение принципа функционально-пространственной организации – преимущественное использование территорий под общественные (административно-деловые, логистические, научно-образовательные, историко-культурные) и жилые зоны, выступающих доминантами, рекреационные зоны располагаются вдоль береговой полосы сетью узлов.

⁵Нефедов В.А. Архитектурно-ландшафтная реконструкция как средство оптимизации городской среды: автореф. дис. ... д-ра архитектуры. С.-Петербург. гос. архитектур. ун-т. СПб. 2005. 41 с.

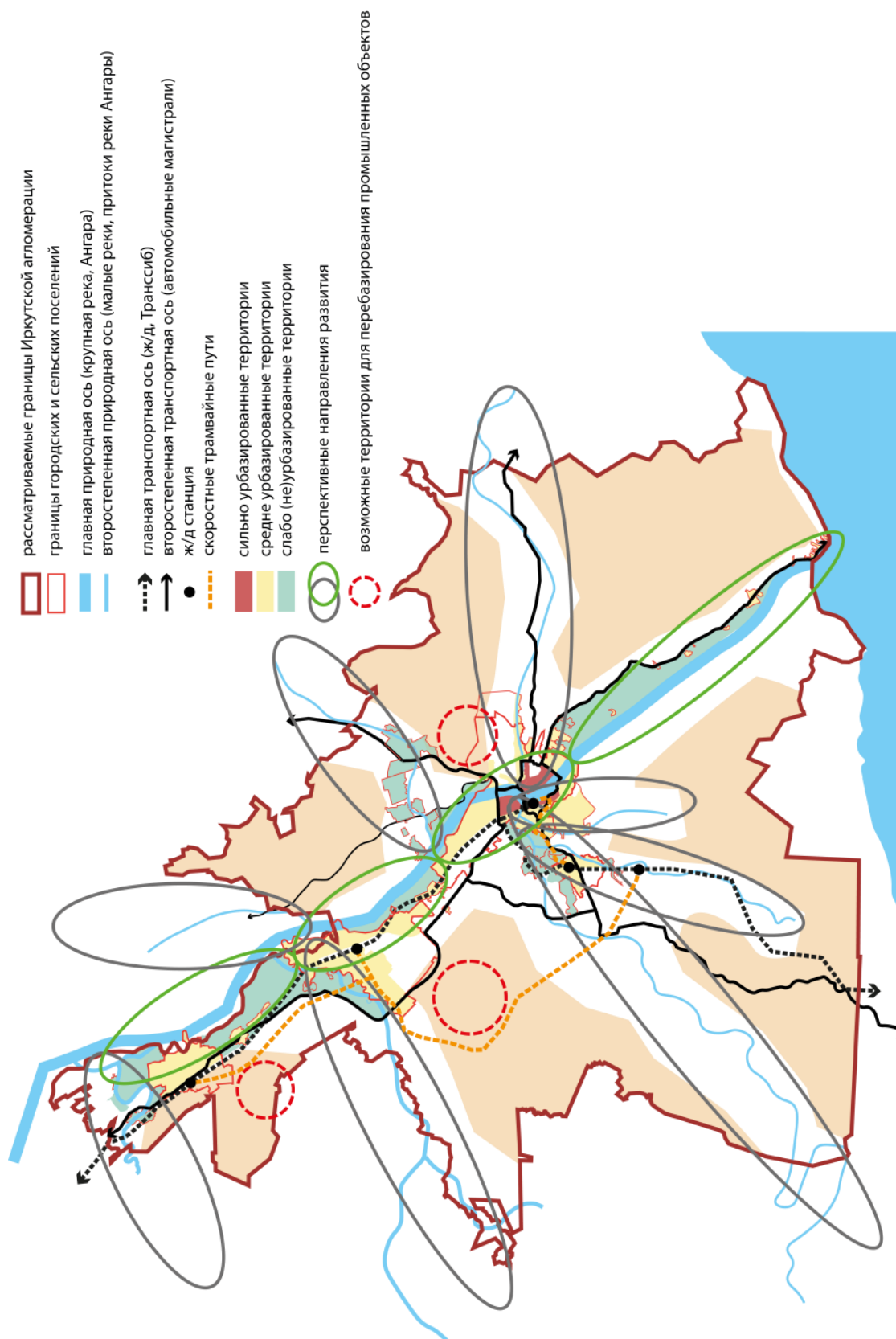


Рис. 4. Проектно-теоретическая модель преобразования и развития приречных территорий Иркутской агломерации
Fig. 4. Design-theoretical model of transformation and development of riverine territories of the Irkutsk agglomeration

Рекомендации по организации средне урбанизированных ПТА:

- использование принципов организации транспортно-инженерной инфраструктуры – рекомендация расположения новых линий скоростных и общегородских магистралей за пределами 200-метровой водоохранной зоны, а в ее границах рекомендуется располагать только подъездные пути к жилой и общественной застройке (согласно ВК РФ);

- следование принципам ландшафтосообразности и ландшафтно-экологической адаптации – формирование новых транспортных направлений на террасах у подножия склонов [23–25];

- применение принципа функционально-пространственной организации – частичное использование территорий под общественные зоны в сочетании с благоустройством береговой полосы, создание сети «зеленой инфраструктуры» и «зеленых коридоров» (парки, зоны отдыха) в жилой застройке, система малых доминант, чередование открытых и застроенных пространств.

Рекомендации по организации слабо урбанизированных ПТА:

- использование принципов организации транспортно-инженерной инфраструктуры – рекомендация расположения новых линий скоростных и общегородских магистралей за пределами 400-метровой зоны (размер 2-х водоохранных зон) (согласно ВК РФ);

- следование принципам ландшафтосообразности и ландшафтно-экологической адаптации – формирование особых рекреационных зон для длительного отдыха [7, 20];

- применение принципа функционально-пространственной организации – преимущественное использование территорий под рекреационные и резервные территории, создание зеленых коридоров между населенными пунктами, «островное» размещение застройки вдоль береговой линии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Городская агломерация как сложная градостроительная территориальная система может быть трудной для понимания. При стратегическом планировании агломераций важно помнить о необходимости сведения разрастания городов к минимуму и обеспечении надлежащего распределения функций. А также учесть множество различных свойств исследуемых территорий и понять принципы их взаимовлияния.

В результате исследования рассмотрена эволюция формирования и развития исследуемых приречных территорий и определена существующая проблематика. Определены основные структурные элементы агломерации – типологически разные опорные узлы расселения, формирующие планировочные районы. Возможности преобразования и развития приречных территорий Иркутской агломерации заключается в использовании возможностей выявленных опорных узлов – ключевых территорий роста и развития. Как результат применения принципов (и соответствующих методов) ландшафтосообразности, ландшафтно-экологической адаптации и функционально-планировочной гибкости на исследуемых территориях, с учетом факторов влияния, мирового опыта формирования приречных территорий в условиях агломерации, а также уровня урбанизации исследуемых территорий, предлагается общая теоретическая модель для приречных территорий в условиях агломерации и проектно-теоретическая модель, характерная для Иркутской агломерации.

Таким образом, возможности развития приречных территорий Иркутской агломерации заключаются в использовании выявленного градостроительного потенциала данных территорий развития. При этом степень их развития должна зависеть от экологических возможностей ландшафта к самовосстановлению.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Селиванов Р.А., Большаков А.Г. Пространственная интеграция структуры застройки исторического центра г. Иркутска // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 1 (44). С. 151–167. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-1-151-167>. EDN: BLGCRM.
2. Литвинова О.Г. Прибрежная система расселения реки Ангары в XVII–XXI вв. в контексте стратегического планирования // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 6. С. 98–116. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2021-23-6-98-116>. EDN: QVLAHI.
3. Большаков А.Г., Бобрышев Д.В. Идея перспективной структуры Иркутской агломерации // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2011. № 8 (55). С. 91–98. EDN: NYIPGD.
4. Большаков А.Г., Скрыбин П.В. Опорные узлы как условие пространственного развития Байкало-Ангарского бассейна расселения // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 2 (37). С. 302–313. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-302-313>. EDN: UYGWYI.

5. Скрыбин П.В. Градостроительное развитие Байкало-Ангарского бассейна расселения до середины XXI века: монография. М.: Изд-во Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, 2022. 331 с. EDN: QVEBLW.
6. Скрыбин П.В. Сценарное развитие планировочного каркаса юга Сибири // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 1. С. 78–91. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2022-24-1-78-91>. EDN: QWSYQE.
7. Скрыбин П.В. Градоформирующие узлы в системе расселения Юга Сибири // Техническая эстетика и дизайн-исследования. 2022. Т. 4. № 3. С. 56–68. <https://doi.org/10.34031/2687-0878-2022-4-3-56-68>. EDN: DDLGYT.
8. Большаков А.Г. Уроки ландшафтообразности из Тулуна // Проект Байкал. 2021. Т. 18. № 67. С. 130–137. <https://doi.org/10.51461/projectbaikal.67.1767>. EDN: GTMXRQ.
9. Большаков А.Г. Скрыбин П.В. Проблемы, принципы и методы градостроительной организации территории Приольхонья // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2020. Т. 10. № 1 (32). С. 140–151. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2020-1-140-151>. EDN: RWCTKJ.
10. Большаков А., Суродина А., Максимова Э. Принцип ландшафтообразности в градостроительном планировании // Проект Байкал. 2016. Т. 13. № 49. С. 54–59. EDN: YPAVVN.
11. Емельянова Е.К., Горошко Н.В. Ретроспектива экологической проблемы приречных пространств малых рек в городской черте Новосибирска // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2018. № 4 (15). С. 1–12 [Электронный ресурс]. URL: <http://e-journal.omgau.ru/images/issues/2018/4/00640.pdf> (10.03.2023). EDN: YTHCQX.
12. Krasilnikova E., Antjufeev A. Creation of costal and recreation spaces on coastal territories // Strategic decision making in spatial development: peer-reviewed collection of contributions, road and spectra Centre of Excellence EU. Bratislava: STU, 2014. P. 59–87.
13. Климов Д.В., Красильникова Э.Э. Принципы формирования гибридных пространств в условиях градостроительной регенерации территории города // Academia. Архитектура и строительство. 2016. № 4. С. 85–89. EDN: XDCWPJ.
14. Zingraff-Hamed A., Greulich S., Wantzen K.M., Pauleit S. Societal Drivers of European Water Governance: A Comparison of Urban River Restoration Practices in France and Germany // Water. 2017. Vol. 9. No. 3. P. 206. <https://doi.org/10.3390/w9030206>.
15. Waldheim C. Landscape as urbanism: A general theory. Princeton: Princeton University Press, 2016. P. 216. <https://doi.org/10.1177/0265813516677112>.
16. Бобрышев Д.В. Закономерности функционально-планировочной организации долинного комплекса крупной реки как фактор устойчивого развития на примере Иркутской агломерации // Вестник ИрГТУ. 2011. № 7 (54). С. 22–28. EDN: NXOKGX.
17. Большаков А.Г. Культура пространственных решеток в градостроительстве и архитектуре. М.: Изд-во Иркутского национального исследовательского технического университета, 2021. 260 с. EDN: XCLKXV.
18. Глебова Н.М., Большаков А.Г., Нямдорж Нарантуяа. Новые формы архитектурной идентичности на берегах Байкала // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2018. Т. 8. № 3 (26). С. 155–169. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2018-3-155-169>. EDN: YLSWIX.
19. Ткаченко А.А. Ключевые понятия теории расселения: попытка переосмысления // Вестник московского университета. Серия 5: География. 2018. № 2. С. 10–15. EDN: YUUDGI.
20. Бобрышев Д.В., Вершинина С.Э. Интеграция прибрежных территорий в функционально-планировочную структуру города как необходимое условие их устойчивого развития // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 12 (95). С. 103–107. EDN: TFGBSZ.
21. Большаков А.Г. Ландшафтообразное градостроительство – фактор устойчивого развития городов Иркутской области // Проект Байкал. 2019. Т. 16. № 61. С. 62–66. <https://doi.org/10.7480/projectbaikal.61.1503>. EDN: YJNRTE.
22. Перькова М.В., Большаков А.Г. Теоретическая модель развития региональной системы расселения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 105–111. <https://doi.org/10.12737/24093>. EDN: XHLEMH.
23. Бобрышев Д.В., Вершинина С.Э., Жабутинская Е.А. Проблемы планировочной организации прибрежных территорий центральной части города Иркутска // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 4 (87). С. 100–106. EDN: SBNFLV.
24. Большаков А.Г. Принципы организации прибрежных территорий как экологического каркаса города // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. 2011. Т. 4. № 2. С. 5–12. EDN: NXQRUP.
25. Перькова М.В. Формирование линейно-узловой структуры расселения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 2. С. 120–125. <https://doi.org/10.12737/23816>. EDN: XTBMTF.

REFERENCES

1. Selivanov R.A., Bolshakov A.G. Spatial integration of site development of Irkutsk historical centre. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2023;13(1):151-167. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-1-151-167>. EDN: BLGCRM.
2. Litvinova O.G. Settlement system in the Angara coastal area in the 17th–21st centuries in terms of strategic planning. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta = Journal of Construction and Architecture*. 2021;23(6):98-116. (In Russ.). <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2021-23-6-98-116>. EDN: QVLAHI.
3. Bolshakov A.G., Bobryshev D.V. Idea of prospect structure of Irkutsk agglomeration. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Proceedings of Irkutsk state technical university*. 2011;8:91-98. (In Russ.). EDN: NYIPGD.
4. Bol'shakov A.G., Skryabin P.V. Supporting nodes as a condition for the spatial development of the Baikal-Angara settlement area. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(2):302-313. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-302-313>. EDN: UYGWYI.
5. Skryabin P.V. Urban development of the Baikal-Angara settlement basin before the middle of the XXI century. Moscow: Saint Petersburg state university of architecture and civil engineering; 2022. 331 p. (In Russ.). EDN: QVEBLW.
6. Skryabin P.V. Scenario of South Siberia layout development. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta = Journal of Construction and Architecture*. 2022;24(1):78-91. (In Russ.). <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2022-24-1-78-91>. EDN: QWSYQE.
7. Skryabin P.V. Town-forming nodes in the settlement system of Southern Siberia. *Tekhnicheskaya estetika i dizain-issledovaniya = Technical aesthetics and design research*. 2022;4(3):56-68. <https://doi.org/10.34031/2687-0878-2022-4-3-56-68>. EDN: DDLGYT. (In Russ.).
8. Bolshakov A.G. Lessons of respect for the landscape drawn from tulun experience. *Proekt Baikal = Project Baikal*. 2021;18(67):130-137. (In Russ.). <https://doi.org/10.51461/projectbaikal.67.1767>. EDN: GTMXRQ.
9. Bolshakov A.G., Skryabin P.V. Urban development of the near-Olkhon territory: problems, principles and methods. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2020;10(1):140-151. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2020-1-140-151>. EDN: RWCTKJ.
10. Bolshakov A., Surodina A., Maksimova E. The landscape congruity principle in urban planning. *Proekt Baikal = Project Baikal*. 2016;13(49):54-59. (In Russ.). EDN: YPAVVN.
11. Emelyanova E.K., Goroshko N.V. Retrospective of the ecological problem of the riverine spaces of small rivers in the city of Novosibirsk. *Elektronnyi nauchno-metodicheskii zhurnal Omskogo GAU*. 2018;4:1-12. Available from: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_36745049_92943704.pdf. [Accessed 3rd March 2023]. (In Russ.). EDN: YTHCQX.
12. Krasilnikova E., Antjufeev A. Creation of costal and recreation spaces on coastal territories. *Strategic decision making in spatial development: peer-reviewed collection of contributions, road and spec-tra Centre of Excellence EU*. Bratislava: STU; 2014. p. 59-87.
13. Klimov D.V., Krasilnikova E.E. Formation principles of hybrid spaces in terms of urban planning regeneration of the city. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo = Academia. Architecture and construction*. 2016;4:85-89. (In Russ.). EDN: XDCWPJ.
14. Zingraff-Hamed A., Greulich S., Wantzen K.M., Pauleit S. Societal drivers of european water governance: a comparison of urban river restoration practices in France and Germany. *Water*. 2017;9(3):206. <https://doi.org/10.3390/w9030206>.
15. Waldheim C. Landscape as urbanism: A general theory. Princeton: Princeton University Press; 2016. p. 216. <https://doi.org/10.1177/0265813516677112>.
16. Bobryshev D.V. Regularities of functional and planning organization of a large river valley complex as a factor of sustainable development of a city (on example of Irkutsk agglomeration). *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Proceedings of Irkutsk state technical university*. 2011;7:22-28. (In Russ.). EDN: NXOKGX.
17. Bolshakov A.G. The culture of spatial lattices in urban planning and architecture. Moscow: Irkutsk national research technical university; 2021. 260 p. (In Russ.). EDN: XCLKXV.
18. Glebova N.M., Bolshakov A.G., Niamdorz Narantuia. New forms of architectural identity on the Baikal coast. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2018;8(3):155-169. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2018-3-155-169>. EDN: YLSWIX.

19. Tkachenko A.A. Key concepts of the settlement theory: an attempt of rethinking. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya = Lomonosov geography journal*. 2018;2:10-15. (In Russ.). EDN: YUUDGI.
20. Bobryshev D.V., Vershinina S.E. Integration of coastal territories into the functional planning structure of the city as a necessary condition for their sustainable development. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Proceedings of Irkutsk state technical university*. 2014;12:103-106. (In Russ.). EDN: TFGBSZ.
21. Bolshakov A.G. Landscape-oriented town planning as a factor of sustainable development of the cities in the Irkutsk region. *Proekt Baikal = Project Baikal*. 2019;16(61):62-66. (In Russ.). <https://doi.org/10.7480/projectbaikal.61.1503>. EDN: YJNRTE.
22. Perkova M.V., Bolshakov A.G. Theoretical model of regional development settlement system. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova = Bulletin of bstu named after V.G. Shukhov*. 2017;1:105-111. (In Russ.). <https://doi.org/10.12737/24093>. EDN: XHLEMH.
23. Bobryshev D.V., Vershinina S.E., Zhabutinskaya E.A. Irkutsk central part riverside area planning organization problems. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Proceedings of Irkutsk state technical university*. 2014;4:100-106. (In Russ.). EDN: SBNFLV.
24. Bolshakov A.G. Riverside territories as the part of urban ecological carcass. Principles of organization. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya. Ekologiya = The Bulletin of Irkutsk State University. Biology. Ecology*. 2011;4(2):5-12. (In Russ.). EDN: NXQRUP.
25. Perkova M.V. Formation of a linear-nodal structure of settlement. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova = Bulletin of bstu named after V.G. Shukhov*. 2017;2:120-125. (In Russ.). <https://doi.org/10.12737/23816>. EDN: XTBMTE.

Информация об авторе

Игнатенкова Вера Артемовна,
ассистент кафедры градостроительства,
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
190005, г. Санкт-Петербург,
ул. 2-я Красноармейская, 4, Россия,
e-mail: ver357chik@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6462-6147>

Information about the author

Vera A. Ignatenkova,
Assistant of the Department of Urban Planning,
Saint-Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
4 2nd Krasnoarmeyskaya St.,
St. Petersburg 190005, Russia,
e-mail: ver357chik@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6462-6147>

Вклад автора

Автор провел исследование, подготовил статью к публикации и несет ответственность за плагиат.

Contribution of the author

The author has conducted the study, prepared the article for publication and bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The author declare 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.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 26.05.2023.
Одобрена после рецензирования 15.06.2023.
Принята к публикации 19.06.2023.

Information about the article

The article was submitted 26.05.2023.
Approved after reviewing 15.06.2023.
Accepted for publication 19.06.2023.



Современное состояние, особенности и возможности развития городского сельского хозяйства на разных территориях г. Хошимин (Вьетнам)

То Нгок Май Нга^{1,2}

¹Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Россия

²ВантДанг Университет, г. Хошимин, Вьетнам

Аннотация. Развитие городского сельского хозяйства является неизбежной тенденцией городов будущего, в том числе г. Хошимин, поскольку оно является одним из важнейших аспектов для устойчивого развития городов с целью обеспечения продовольственной безопасности и других социально-экономических и экологических преимуществ. Целью статьи являются зонирование существующих территорий г. Хошимин, а также оценка и анализ их характеристики и уровня способности развития городского сельского хозяйства для основы эффективной эксплуатации земельного фонда и других потенциалов города. Чтобы развивать городское сельское хозяйство в г. Хошимин, необходимо определить характеристики каждой территории города для эффективного использования земли и пространств. В статье автор приводит критерии и методы зонирования существующих территорий г. Хошимин, а также оценивает и анализирует их различные характеристики и уровни способности развития городского сельского хозяйства. Полученные результаты могут быть основой для применения моделей проектирования городского сельского хозяйства, подходящих для каждой территории.

Ключевые слова: зонирование городских территорий, городское сельское хозяйство, устойчивое развитие города, эффективность землепользования

Благодарности: Автор выражает благодарность А.Г. Вайтенс, профессору Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета и Университету ВанЛанг (Вьетнам) за помощь в выполнении данной работы.

Для цитирования: То Нгок Май Нга. Современное состояние, особенности и возможности развития городского сельского хозяйства в разных территориях г. Хошимин (Вьетнам) // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 3. С. 581–589. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-581-589>. EDN: HHURXA.

Original article

Current state, peculiarities and opportunities for the development of urban agriculture in different territories of Ho Chi Minh City (Vietnam)

To Ngoc Mai Nga^{1,2}

¹Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineerin, Saint Petersburg, Russia

²Van Lang University, Ho Chi Minh City, Vietnam

Abstract. The development of urban agriculture is an inevitable trend for future cities, including Ho Chi Minh City, since it is one of the most important aspects for sustainable urban development aimed to ensure food security and other socio-economic and environmental benefits. The purpose of the article is to explore the issues of zoning of the existing areas in Ho Chi Minh City as well as assessing and analysing their characteristics and the level of capacity to develop urban agriculture as a basis for efficient operation of the land reserve and other city resources. In order to properly develop urban agriculture in Ho Chi Minh City, it is necessary to distinguish the features of each area of the city for efficient use of land and spaces. The present article provides some criteria and methods for zoning of the existing Ho Chi Minh City areas, evaluating and analysing their distinctive characteristics as well as

© To Нгок Май Нга, 2023

Том 13 № 3 2023

с. 581–589

Vol. 13 No. 3 2023

pp. 581–589

Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость
Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate

ISSN 2227-2917

(print)

ISSN 2500-154X

(online)

the levels of urban agriculture development resource. The obtained results can serve as a basis for applying urban agriculture design models suitable for each area.

Keywords: urban zoning, urban agriculture, sustainable urban development, land use efficiency

Acknowledgments: Author would like to thank the help of professor Vaytens A.G. from Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (Russia) and the support of Van Lang University (Vietnam) for facilitating this work.

For citation: To Ngoc Mai Nga. Current state, peculiarities and opportunities for the development of urban agriculture in different territories of Ho Chi Minh City (Vietnam). *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'* = *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2023;13(3):581-589. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-3-581-589>. EDN: HHURXA.

ВВЕДЕНИЕ

Городское сельское хозяйство (ГСХ) играет важную роль в развитии крупных городов. Оно способствует устойчивому городскому развитию во многих социальных, экономических и экологических аспектах [1, 2]. Очевидно, что его первое преимущество – это продовольственная безопасность.

Продовольственная безопасность означает, что люди всегда имеют доступ к свежим и безопасным продуктам питания [3] и возможность реагировать на чрезвычайные ситуации и стихийные бедствия [4]. Кроме того, ГСХ может рассматриваться городской зеленой инфраструктурой [5], обеспечивающей природ-

ную экологическую среду жителям города [6].

Урбанизация неизбежна благодаря обеспечению комфорта для людей. Урбанизации приводит к расширению города и изменению целей землепользования, площадь сельхозугодий в г. Хошимин сокращается, они взаимодействуют с промышленными и жилыми зонами.

Территории ГСХ страдают под влиянием урбанизации. ГСХ не получило развитие в крупном г. Хошимин. Согласно Генеральному плану г. Хошимин с 2010 г. по 2025 г., площадь сельхозугодий составляет 88,000 га, всего 4% от общей площади земель города (209,539 га)¹ (таблица).

Площадь сельскохозяйственных угодий в г. Хошимин в 2010–2021 гг.

по данным Главного статистического управления г. Хошимин²

Agricultural area of Ho Chi Minh City in 2010-2021

according to the Central Statistical Office of Ho Chi Minh City

Название земель	Площадь земель, га						
	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021
Общие земли сельского хозяйства	–	–	115,767.7	115,999.6	114,007.6	111,958	111,836
Земли для сельскохозяйственного производства	72,268.6	71,778.2	67,088.3	66,623.3	65,569.0	64,313	64,183

Исходя из цели устойчивого развития городов и увеличения спроса на продовольствие в условиях быстрого роста населения и перегруженности транспортных потоков, необходима многофункциональная городская модель и самодостаточность проживания местных единиц, в том числе продовольственная автономия. Нынешний интерес к ГСХ связан с повышением социальной осведомленности в развитых странах, что выражается в стремлении производить и потреб-

лять местные и качественные продукты питания, а также жить рядом с зелеными пространствами [7].

В связи с этим, необходимо изменение зонирования г. Хошимин для определения направлений и возможностей развития ГСХ. Чтобы увеличивать ГСХ г. Хошимин, в целом нужно на каждой из территорий применять соответствующие модели развития ГСХ в разных масштабах для эффективности землепользования. Территории г. Хошимин сле-

¹По решению № 24 / QĐ-TTг Премьер-министра от 6 января 2010 года об утверждении корректировки генерального плана строительства г. Хошимин до 2025 г.

²Статистические ежегодники Статистического управления г. Хошимин за 2010–2021 годы // Cucthongke [Электронный ресурс]. URL: <http://cucthongke.hcmcso.gov.vn/Niengiam/Niengiam> (10.07.2023).

дуют адаптировать к новым обстоятельствам, превратить в новую среду сочетания комфортных жизненных условий и производства продуктов питания [8].

Целью статьи являются зонирование существующих территорий г. Хошимин, а также оценка и анализ их характеристики и уровня способности развития ГСХ для основы эффективной эксплуатации земельного фонда и других потенциалов города.

Критерии зонирования по уровню развития ГСХ

Если зонировать территории ГСХ в г. Хошимин по административным границам, это будет малоэффективно. В каждой административной единице имеются разрозненные территории, неравномерный уровень застройки и плотности населения, различные функции землепользования и характеристики. Их степень для возможного развития ГСХ неодинакова. В исследовании Ле ТхиТханьХанг с целью повышения эффективности управления пригородными районами г. Хошимин, выделено 5 групп факторов, а именно (1) природные

факторы, (2) социальные факторы, (3) инфраструктуры и экономические факторы, (4) человеческие факторы, (5) институциональные и политические факторы. Она представила 5 принципов зонирования, включая (1) топографические особенности, (2) пространственные ориентации развития, (3) региональные связи, (4) экологические функции, (5) уровни социально-экономического культурного развития³.

В своем исследовании с целью выявления территорий разных возможных уровней развития ГСХ автор статьи предлагает зонирование Хошимин по следующим градостроительным факторам (рис. 1 и 2):

- масштаб площади сельхозугодий;
- плотность населения;
- плотность застройки;
- виды архитектуры;
- градостроительная функция;
- площадь охраняемой природной территории.

Данные факторы являются критериями зонирования.



Рис. 1. Схема поперечного сечения г. Хошимин, показывающая высоту и плотности застройки (источник: автор)
Fig. 1. Diagram of the Cross-section of Ho Chi Minh City showing building height and densities (source: author)

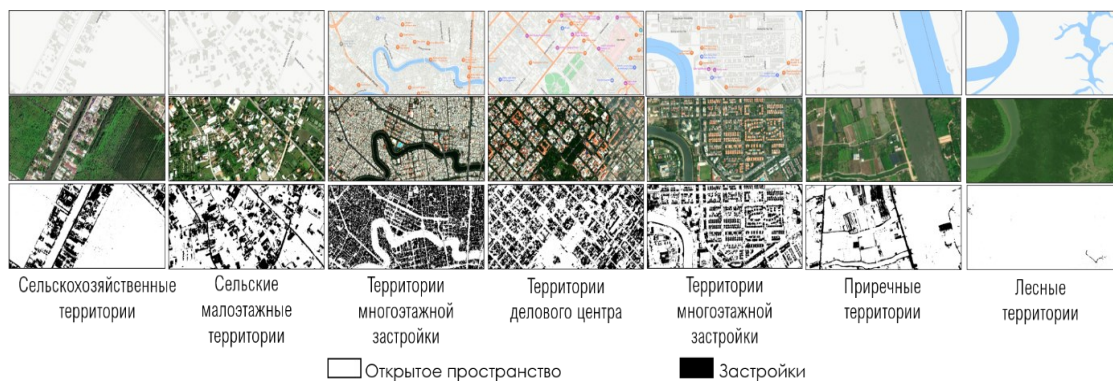


Рис. 2: Схема спутниковых карт, показывающая разные плотности застройки территорий в г. Хошимин
Fig. 2. Diagram of the Satellite map showing different building densities in Ho Chi Minh City

³Ле Тхи Тхань Ханг Планирование пригородов г. Хошимин в целях устойчивого развития: дисс. аспиранта по городскому и региональному планированию. Архитектурный университет г. Хошимин. 2018.

Анализ уровней развития территорий городского сельского хозяйства в г. Хошимин

Для выявления зон со схожими функциями землепользования и уровня градостроительной застройки использован метод наложения карт, включая карту существующего землепользования г. Хошимин, спутниковую карту и результаты фактического обследования. Исходя из приведенных критериев зонирования, можно разделить территории, имеющие собственные характеристики, следующим об-

разом (рис. 3):

- А) Территории Центральных деловых районов (CBD - central business districts);
- Б) Территории городской многоэтажной застройки;
- В) Территории сельской малоэтажной жилой застройки;
- Г) Территории сельского хозяйства;
- Д) Территории приречных рек Сайгон и Донгнай;
- Е) Лесные территории - необходимый заповедник.

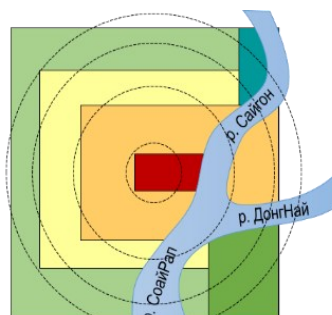
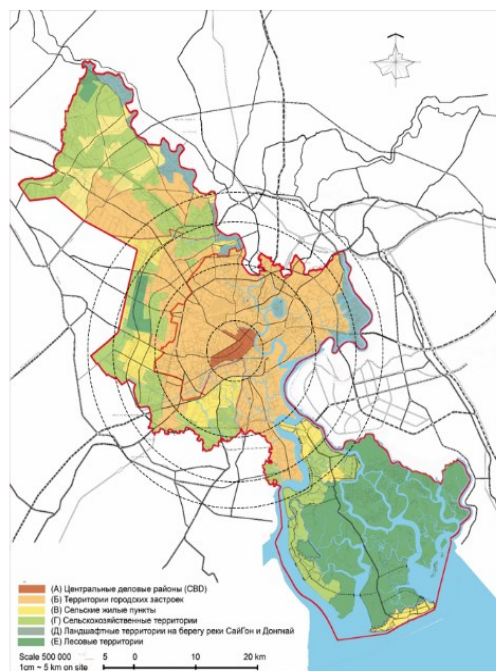


СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ Г. ХОШИМИН

- (А) ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ДЕЛОВЫХ РАЙОНОВ
- (Б) ТЕРРИТОРИИ ГОРОДСКОЙ МНОГОЭТАЖНОЙ ЗАСТРОЙКИ
- (В) ТЕРРИТОРИИ СЕЛЬСКОЙ МАЛОЭТАЖНОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ
- (Г) ТЕРРИТОРИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
- (Д) ТЕРРИТОРИИ ПРИРЕЧНЫХ РЕК САЙГОН И ДОНГНАЙ
- (Е) ЛЕСНЫЕ ТЕРРИТОРИИ
- РЕКА



ПЛАН ЗОНИРОВАНИЯ Г. ХОШИМИН ПО СТЕПЕНИ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРОДСКОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

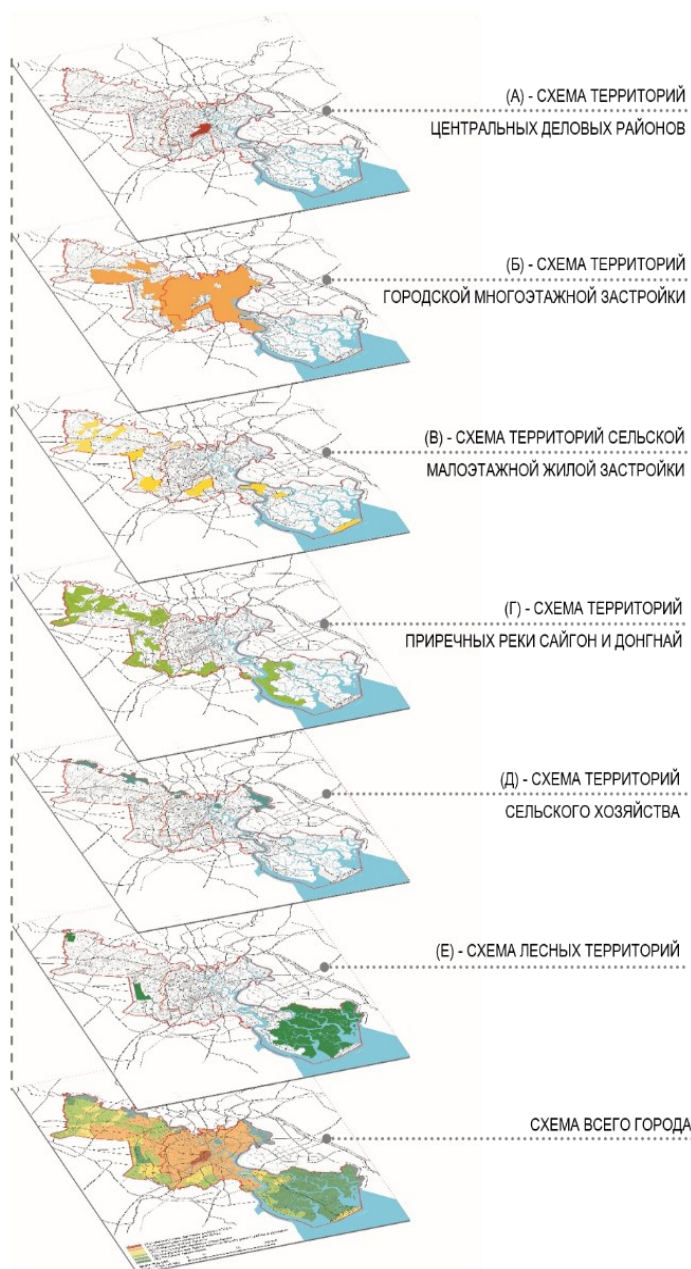


Рис. 3. Схема зонирования города. В каждой из территорий г. Хошимин характеристики и уровни развития ГСХ разные (источник: автор)

Fig. 3. Map of the City zoning. In each of the territories of Ho Chi Minh City, the characteristics and level of development of the UA are different (source: author)

Анализ особенностей территорий для развития ГСХ

Чтобы строить основы для преобразования и развитию ГСХ, характеристики и степени возможностей развития ГСХ в каждой территории будут анализироваться и цениться.

А) *Территории центральных деловых районов* (рис. 3 и 4). Территории центральных деловых районов (площадью 16,92 км²) включают в себя район 1, 3 и 5, где сосредоточены высотные здания, административные и политические учреждения, а также культурные здания, университеты, дипломатические отделы, офисы иностранных корпораций, исторические музеи. Здесь плотность застройки высокая, земли ценные и отсутствуют свободные территории. В этих районах историческая архитектура с высокой ценностью нуждается в

сохранении. Отличительными особенностями являются архитектура Европейских стилей и Китайские торговые кварталы [9, 10]. Эти места являются достопримечательностями для туристических экскурсий по городу. Спрос на использование общественных ландшафтов и пространств является повседневным для местных людей и периодическим еженедельным и ежемесячным для жителей других районов. Поэтому на данных территориях требуются высокая эстетика ландшафтных пространств для отдыха и развлечений. Спрос на озеленение города высокий, необходимо увеличить посадки деревьев, связанные с архитектурой, но уровень эксплуатации ГСХ здесь не высокий. Выращивать сельскохозяйственные культуры возможно только в качестве декоративных растений.



Общий вид района 1



Архитектура района 3



Торговая улица в районе 5

Рис. 4. Фотографии территорий центральных деловых районов (А)
Fig. 4. Photos of territories of the central business districts

Б) *Территории городской многоэтажной застройки* (рис. 3 и 5). Территории городской многоэтажной застройки состоят из 15 городских районов, центров пригородных районов БиньЧань, ХокМон, КуТи, города-спутника Северо-западного КуТи, и пригородных микрорайонов, примыкающих к городским районам. Здесь плотность населения и застройки высокие, плотность зеленых насаждений и деревьев на транспортных магистралях низкая. Количество многоэтажных квартирных домов большое, и также имеются офисы и крупные торговые центры. Наблюдается рост строительства. На этих территориях архитектура новая и современная; увеличивается спрос на

использование общественных ландшафтных пространств для повседневного отдыха. Свободные земли ограничены.

Потребности продовольственного рынка высоки и разнообразны. Хотя земельный фонд для ГСХ на данных территориях невысокий, но можно его развивать в виде общественных садов на нескольких открытых пространствах, незастроенных землях и крышах зданий. Необходимо усилить озеленение за счет привнесения в архитектуру доли деревьев, увеличения зеленых зон и деревьев на транспортных магистралях, в которых сельскохозяйственные растения могут быть частично использованы.



Жилые дома в районе 6 - Жилые дома и транспортное пересечение в БиньТхань - Жилой дом в районе 2

Рис. 5. Фотографии территорий городской многоэтажной застройки (Б)
Fig. 5. Photos of territories of urban high-rise buildings

В) *Территории сельской малоэтажной жилой застройки* (рис. 3 и 6). Территории

сельской малоэтажной жилой застройки находятся в пригороде (районы КуТи, КанЖо,

ХокМон и БиньЧань), где население немногочисленное, застройка малоэтажная, плотности населения и застройки невысокие.

Существующая техническая инфраструктурная система для развития ГСХ относительно совершенна.

Как на городских территориях необходимо усилить озеленение за счет привнесения ре-

гулирования соотношения зеленого ландшафта и сельскохозяйственной растительности в архитектуре и планировании города, в том числе транспортных магистралей. Уровень эксплуатации ГСХ здесь относительно высокий.

Соответствующими видами ГСХ являются домашние сады, огороды, маленькие фермы.



Жилой дом в ХокМон



Жилой дом в КиТи



Рис. 6. Фотографии территорий сельской малоэтажной жилой застройки (В)
Fig. 6. Photos of the territories of rural low-rise residential development

Г) Территории сельского хозяйства (рис. 3 и 7). Территории сельского хозяйства площадью 57,473 га находятся в пригородах (районы КуТи – 30,630 га, КанЖо – 4,114 га, ХокМон и БиньЧань – 19,407 га)⁴. Существующие сельхозугодья в районе Нябе (3,322 га) запланированы как речной порт и городская жилая зона Порты ХиепФюк. Эта часть Генплана г. Хошимин одобрена премьер-министром² [11]. Основными функциями этих

территорий являются сельскохозяйственное производство и экологический резерв для города. На этих территориях может строить крупные технологические фермы и башни ГСХ. Нужно формировать собственные характеристики ландшафта с высокой плотностью растительности, увеличением процентов озеленения зданий и низкой плотностью застройки в участке для экологической ландшафтной компенсации внутренних частей города.



Паходные земли в БиньЧань



Сельскохозяйственные земли в КуТи



Аквацидственный пруд КанЖо

Рис. 7. Фотографии территорий сельского хозяйства (Г)
Fig. 7. Photos of agricultural territories

Д) Территории приречных рек СайГон и ДонгНай (рис. 3 и 8). Приречные территории рек СайГон и ДонгНай длиной около 80 км находятся на востоке районов Кути (микрорайоны АнФу, ХоаФу; ФуМиХынг, АнНьонТай, ФамВанКой, ФуХоаДонг, Ньюандык, ТругнАн, БиньМи), ХокМон (микрорайон НьБиНь), города ТхуДык (микрорайоны ЛонгЧыонг, ЛонгФюк, ЛонгБинь) и полуострова ТханьДа района БиньТхань. Плотность населения и за-

стройки низкая. Эти территории играют экологическую роль в жизни города. Они являются привлекательными природными ландшафтами. Необходимо улучшить типичный речной ландшафт южного Вьетнама. На этих территориях возможно целесообразно сочетать ГСХ с экотуризмом, включая типичные региональные фруктовые огороды, овощные фермы, мастерские по переработке и традиционным ремеслам.

⁴ФамФуКьонг. Сохранение и передача типичных городских архитектурных ценностей в контексте расширения застройки существующего центрального района города Хошимин: дисс. аспиранта по архитектуре. Архитектурный университет г. Хошимин, 2015.

Туристы могут одновременно наслаждаться природным пространством, участвовать в

выращивании и собирать урожай в выходные дни и в отпуске.



Река Сайгон в ХокМоне



Река Сайгон в ТханьДа



Река ДонгНай в Тхудык

Рис. 8. Фотографии территорий приречных рек СайГон и ДонгНай (Д)
Fig. 8. Photos of the territories of the rivers Saigon and DongNai

Е) Лесные территории (рис. 3 и 9). Лесные территории (каучуковые леса в районе КуТи 41,0 га, лес ЛеМиньСуан в районе БиньЧань 1,127 га и особенно мангровые заросли, принадлежащие биосферному заповеднику КанЖо – 34,353,0 га)² нуждаются в сохранении, поэтому нельзя допускать абсолютно никаких искусственных воздействий, в том числе

сельскохозяйственных, негативно влияющих на природную экосистему.

Это предусмотрено и в Решении № 5/2008/QĐ-UBND от 21.01.2008 г. городского Народного комитета о Положении об управлении Мангровым биосферным заповедником КанЖо¹. На лесных территориях развивать ГСХ нецелесообразно.



Мангровый лес в КанЖо



Лес в КуТи



Лес ЛеМиньСуан в БиньЧань

Рис. 9. Фотографии лесных территорий (Е)
Fig. 9. Photos of forest territories

ВЫВОДЫ

Результаты зонирования и анализа возможностей развития ГСХ в каждой территории г. Хошимин могут выявить их соответствующие применения моделей ГСХ по разным размерам, местоположениям и методам выращивания.

А) Центральные деловые районы: возможно выращивать сельскохозяйственные культуры в качестве декоративных растений;

Б) Территории городской многоэтажной застройки: возможно развивать ГСХ в виде мелких огородов и общественных садов на открытых пространствах и в архитектурной среде, в том числе на крышах и стенах зданий для озеленения города;

В) Территории сельской малоэтажной жилой застройки: являются потенциалом для проведения мелкомасштабных моделей ГСХ таких как огороды, домашние сады и мелкие фермы;

Г) Территории сельского хозяйства: являются самым высоким потенциальным

для развития ГСХ, возможно эксплуатировать крупные технологические фермы, поля и башня ГСХ;

Д) Приречные территории рек СайГон и Донгнай: целесообразно сочетать ГСХ с экотуризмом, включая типичных региональных фруктовых огородов, овощных ферм и ремесленных мастерских;

Е) Лесные территории – необходимый заповедник: необходимо сохранять, нельзя допускать абсолютно никаких искусственных воздействий; ГСХ невозможно.

По результатам приведенного анализа 6 определенных территорий г. Хошимин, возможности эксплуатации и развития ГСХ больше всего можно реализовать на 3 территориях: В, Г и Д в основном для цели производства продовольствия, а на территориях А и Б – выращивать сельскохозяйственные культуры в основном для озеленения города.

Помимо указанных выше территорий, по всему городу разбросаны пустыри, принадлежащие нереализованным строительным

проектам. Чтобы не тратить земельные ресурсы, необходимо определить конкретные сроки временной передачи лицам или организациям, которые могут сажать сельскохозяйственные культуры. Например, проекты, не реализованные после 5–10 лет, должны быть лишены этих территорий.

Хотя территориальные условия г. Хошимин для развития ГСХ неудобны, тем не менее, с точки зрения расстояний обслуживания, по сравнению с импортируемыми

продуктами питания из близлежащих провинций и имеют много преимуществ, таких как снижение расхода топлива на транспортировку и высокую возможность сохранения качества питательных веществ, повышение качества окружающей среды. Целью развития территорий ГСХ в г. Хошимин является не только расширение сельскохозяйственных угодий, а сочетание выращивания продовольствия с озеленением города с учетом особенностей рассмотренных территорий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Deelstra T., Girardet H. Urban agriculture and sustainable cities / In N. Bakker (ed.) Growing Cities, Growing Food, Urban Agriculture on the Policy Agenda, 2000. P. 43–65. Feldaing: DSE.
2. Kimisato O., Rupprecht Ch.D.D., Kazuaki T., McGreevy S.R. Urban agriculture as a sustainability transition strategy for shrinking cities? Land use change trajectory as an obstacle in Kyoto City, Japan // Sustainability. 2018. Vol. 10. No. 4. P. 1048. <https://doi.org/10.3390/su10041048>.
3. Philips A. Design urban agriculture: a complete guide to the planning design construction maintenance and management of edible landscapes. New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2013. 12 p.
4. Adam-Bradford A., van Veenhuizen R. Role of urban agriculture in disasters and emergencies. In: Zeeuw H.D., Drechsel P. (eds.). Cities and Agriculture: Developing Resilient Urban Food Systems. 2015. P. 405–428. London: Routledge, 2015. P. 387–410.
5. Giseke U. Preface. In U. Giseke. Urban agriculture Casablanca: Design as an integrative factor of research. 2011. P. 3. Berlin: Technische Universität Berlin (TUB).
6. То Нгок Май Нга. Проблемы развития территорий городского сельского хозяйства в Хошимин как архитектурных ландшафтов (на примере района Кучи) // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3 (88). С. 371–384. EDN: EJTRKQ.
7. To Ngoc Mai Nga. Climate Change Adaptation: The Pivotal Role of Water, Policy Brief. 2010 // [Электронный ресурс]. URL: <https://www.unwater.org/publications/climate-change-adaptation-pivotal-role-water/> (20 апреля 2021).
8. To Ngoc Mai Nga. Urban agriculture in landscape architectural view in Ho Chi Minh City // AIP Conference Proceedings (September 2021). AIP Publishing LLC. 2021. Vol. 2406. No. 1. P. 030005.
9. Lê Thị Thanh Hằng, Quy hoạch xây dựng ngoại thành Thành phố Hồ Chí Minh theo hướng phát triển bền vững», Luận án tiến sĩ quy hoạch vùng và đô thị, Đại học Kiến trúc TPHCM. 2018.
10. Зуй К.Т.Т. Градостроительство Сайгона второй половины XIX века // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 1. P. 45–51. EDN: PANVAF.
11. Phạm Phú Cường, 2015, “Duy trì và chuyển tải các giá trị kiến trúc đô thị đặc trưng trong bối cảnh phát triển mở rộng khu vực trung tâm hiện hữu Thành phố Hồ Chí Minh”, Luận án tiến sĩ Kiến trúc, Đại học Kiến trúc TPHCM.)

REFERENCES

1. Deelstra T., Girardet H. Urban agriculture and sustainable cities. In N. Bakker (ed.) Growing Cities, Growing Food, Urban Agriculture on the Policy Agenda, 2000, pp. 43–65. Feldaing: DSE
2. Kimisato O., Rupprecht Ch.D.D., Kazuaki T., McGreevy S.R. Urban agriculture as a sustainability transition strategy for shrinking cities? Land use change trajectory as an obstacle in Kyoto City, Japan // Sustainability. 2018. Vol. 10.No. 4. P. 1048. <https://doi.org/10.3390/su10041048>.
3. Philips A. Design urban agriculture: a complete guide to the planning design construction maintenance and management of edible landscapes. New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2013. 12 p.
4. Adam-Bradford A., van Veenhuizen R. Role of urban agriculture in disasters and emergencies. In: Zeeuw H.D., Drechsel P. (eds.). Cities and Agriculture: Developing Resilient Urban Food Systems. 2015. P. 405–428. London: Routledge, 2015, pp. 387–410.
5. Giseke U. Preface. In U. Giseke. Urban agriculture Casablanca: Design as an integrative factor of research. 2011. pp.3. Berlin: Technische Universität Berlin (TUB).
6. To Ngoc Mai Nga. Problems of development of urban agricultural territories in Ho Chi Minh City as architectural landscapes (on the example of the Cu Chi region). *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo*

arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura. 2022;3:371-384. (In Russ.). EDN: EJTRKQ.

7. To Ngoc Mai Nga. Climate Change Adaptation: The Pivotal Role of Water, Policy Brief. 2010. Available from: <https://www.unwater.org/publications/climate-change-adaptation-pivotal-role-water/> [Accessed 20th April 2021].

8. To Ngoc Mai Nga. Urban agriculture in landscape architectural view in Ho Chi Minh City // AIP Conference Proceedings (September 2021). AIP Publishing LLC. 2021. Vol. 2406. No. 1. P. 030005.

9. Lê Thị Thanh Hằng, 2018, "Quy hoạch xây dựng ngoại thành Thành phố Hồ Chí Minh theo hướng phát triển bền vững", Luận án tiến sĩ qu y hoạch vùng và đô thị, Đại học Kiến trúc TPHCM (In Vietnam)

10. Duy Khoi T. Th. At. Urban planning of saigon in the second half of the XIX century. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov = Bulletin of civil engineers*. 2012;1:45-51. (In Russ.). EDN: PANVAF.

11. Phạm Phú Cường, 2015, "Duy trì và chuyển tải các giá trị kiến trúc đô thị đặc trưng trong bối cảnh phát triển mở rộng khu vực trung tâm hiện hữu Thành phố Hồ Chí Minh", Luận án tiến sĩ Kiến trúc, Đại học Kiến trúc TPHCM.) (In Vietnam).

Информация об авторе

To Ngoc Mai Nga,

аспирант,

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,

190005, г. Санкт-Петербург,

ул. 2-я Красноармейская, 4, Россия,

ВантДанг Университет, г. Хошимин, Вьетнам,

e-mail: tongocmainga@yahoo.com

<https://orcid.org/0009-0009-2196-0143>

Information about the author

To Ngoc Mai Nga,

Postgraduate Student,

Saint-Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering

4 2nd Krasnoarmeyskaya St.,

St. Petersburg 190005, Russia,

Van Lang University, Ho Chi Minh City, Vietnam,

e-mail: tongocmainga@yahoo.com

<https://orcid.org/0009-0009-2196-0143>

Вклад автора

Автор провел исследование, подготовил статью к публикации и несет ответственность за плагиат.

Contribution of the author

The author has conducted the study, prepared the article for publication and bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The author declare 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.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 21.04.2023.
Одобрена после рецензирования 19.05.2023.
Принята к публикации 23.05.2023.

Information about the article

The article was submitted 21.04.2023.
Approved after reviewing 19.05.2023.
Accepted for publication 23.05.2023.

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);
- 2.1.6. Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология (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)
- 2.1.14. Управление жизненным циклом объектов строительства (технические науки)
- 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономические науки)
- 5.2.6. Менеджмент (экономические науки)

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 *.docx 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 – 190;
- **Ключевые слова** – (4–6);
- **Библиографические ссылки** должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ Р 7.05 2008.
- **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, ID.
- **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 – 10,5, 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.

Для авторов/ For authors

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, О.В. Никишиной

Телефон: (3952) 40-56-11, с.т.: 8 964 656 46 70 – Никишина Ольга Валерьевна, ответственный за выпуск,

(3952) 40-54-92 – Акулова Ирина Николаевна, редактор.

**ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ
ИНВЕСТИЦИИ. СТРОИТЕЛЬСТВО. НЕДВИЖИМОСТЬ**

Научный журнал

12+

Том 13 № 3 (46)

Главный редактор В.В. Пешков
Ответственный за выпуск О.В. Никишина
Дизайн и макет издания Е.В. Хохрина
Перевод Томаса Бивитта, Н.Г. Поповой, О.В. Никишиной
Верстка О.В. Никишиной
Редактор И.Н. Акулова

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 30.09.2023. Формат 60 x 90 / 8 (А4).
Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 23,50.
Тираж 500 экз. Зак. 108. Поз. плана 6н.

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

 **BASE**



INDEX  COPERNICUS
INTERNATIONAL

Google Scholar



АНРИ

Ассоциация научных
редакторов и издателей

