

ISSN 1997-0935 (Print)
ISSN 2304-6600 (Online)
vestnikmgsu.ru

ВЕСТНИК МГСУ

Научно-технический журнал
по строительству и архитектуре

Том 17 Выпуск 4/2022
Vol. Issue

VESTNIK MGSU

Monthly Journal on Construction
and Architecture

DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4

ISSN 1997-0935 (Print)
ISSN 2304-6600 (Online)
<http://vestnikmgsu.ru>

ВЕСТНИК МГСУ

Научно-технический журнал по строительству и архитектуре

**Том 17. Выпуск 4
2022**

Основан в 2005 году,
1-й номер вышел в сентябре 2006 г.
Выходит ежемесячно

Сквозной номер 161

VESTNIK MGSU

Monthly Journal on Construction and Architecture

**Volume 17. Issue 4
2022**

Founded in 2005,
1st issue was published in September, 2006.
Published monthly

«Вестник МГСУ» — рецензируемый научно-технический журнал по строительству и архитектуре, целями которого являются формирование открытого информационного пространства для обмена результатами научных исследований и мнениями в области строительства между российскими и зарубежными исследователями; привлечение внимания к наиболее актуальным, перспективным и интересным направлениям строительной науки и практики, теории и истории градостроительства, архитектурного творчества.

В основных тематических разделах журнала публикуются оригинальные научные статьи, обзоры, краткие сообщения, статьи по вопросам применения научных достижений в практической деятельности предприятий строительной отрасли, рецензии на актуальные публикации

Тематические рубрики

- Архитектура и градостроительство. Реконструкция и реставрация
- Проектирование и конструирование строительных систем. Строительная механика. Основания и фундаменты, подземные сооружения
- Строительное материаловедение
- Безопасность строительства и городского хозяйства
- Гидравлика. Геотехника. Гидротехническое строительство
- Инженерные системы в строительстве
- Технология и организация строительства. Экономика и управление в строительстве
- Краткие сообщения. Дискуссии и рецензии. Информация

Наименование органа, зарегистрировавшего издание:	Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-63119 от 18 сентября 2015 г.
ISSN	1997-0935 (Print) 2304-6600 (Online)
Периодичность:	12 раз в год
Учредители:	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), 129337, Москва, Ярославское ш., д. 26; Общество с ограниченной ответственностью «Издательство АСВ», 129337, Москва, Ярославское ш., д. 19, корп. 1.
Выходит при научно-информационной поддержке:	Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН), Международной общественной организации содействия строительному образованию — АСВ.
Издатель:	ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». Издательство МИСИ – МГСУ 129337, Москва, Ярославское ш., д. 26. Сайт: www.mgsu.ru E-mail: journals@mgsu.ru
Типография:	Типография Издательства МИСИ – МГСУ 129337, Москва, Ярославское ш., д. 26 корп. 8. Тел.: (499) 183-91-44, 183-67-92, 183-91-90
Сайт журнала:	http://vestnikmgsu.ru
E-mail:	journals@mgsu.ru
Тел.:	(495) 287-49-14, доб. 23-93
Подписка и распространение:	Журнал распространяется бесплатно в открытом доступе и по подписке. Подписка по Объединенному каталогу «Пресса России». Подписной индекс 83989. Цена свободная.
Подписан в печать	26.04.2022.
Подписан в свет	29.04.2022.
Формат 60×84/8. Усл. печ. л. 16,17. Тираж 100 экз. (1-й завод 50 экз.). Заказ № 130	

Главный редактор

Валерий Иванович Теличенко, академик, первый вице-президент Российской академии архитектуры и строительных наук, д-р техн. наук, проф., проф. каф. строительства объектов тепловой и атомной энергетики, почетный президент, НИУ МГСУ, Москва, Российская Федерация

Заместители главного редактора

Елена Анатольевна Король, чл.-корр. Российской академии архитектуры и строительных наук, д-р техн. наук, проф., зав. каф. жилищно-коммунального комплекса, НИУ МГСУ, Москва, Российская Федерация

Вера Владимировна Галишикова, д-р техн. наук, доц., проф. каф. железобетонных и каменных конструкций, проректор, НИУ МГСУ, Москва, Российская Федерация

Редакционная коллегия

Павел Алексеевич Акимов, д-р техн. наук, проф., академик РААСН, ректор, НИУ МГСУ, Москва, Российская Федерация

Петр Банашук, д-р, проф., Белостокский технологический университет, Республика Польша

Александр Тевьетевич Беккер, чл.-корр. Российской академии архитектуры и строительных наук, д-р техн. наук, проф., директор инженерной школы, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет», Дальневосточная региональная организация Российской академии архитектуры и строительных наук, Владивосток, Российская Федерация

Виталий Васильевич Беликов, д-р техн. наук, главный научный сотрудник лаборатории гидрологии речных бассейнов, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных проблем Российской академии наук, Москва, Российская Федерация

Х.Й.Х. Броуэрс, проф., д.-инж. (технические науки, строительные материалы), Технический университет Эйндховена, Королевство Нидерландов (Голландия)

Анвер Идрисович Бурханов, д-р физ.-мат. наук, доц., зав. каф. физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Российская Федерация

Йост Вальравен, проф., д-р-инж. (технические науки, железобетонные конструкции), Технический университет Дельфта, Королевство Нидерландов

Николай Иванович Ватин, д-р техн. наук, проф., федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Российская Федерация

Йозеф Вичан, д-р, проф., Университет Жилина, Словацкая Республика

Забигнев Вуйчицки, д-р, проф., Вроцлавский технологический университет, Республика Польша

Катажина Гладушевска-Федорук, д-р техн. наук, проф., Белостокский технологический университет, Республика Польша

Милан Голицки, д-р, проф., Институт Клокнера Чешского технического университета в Праге, Чешская Республика

Петр Григорьевич Грабовый, д-р экон. наук, проф., зав. каф. организации строительства и управления недвижимостью, НИУ МГСУ, Москва, Российская Федерация

Станислав Емиоло, д-р техн. наук, проф., зав. каф. сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, Варшавский технологический университет, инженерно-строительный факультет

Рольф Катценбах, д-р инж., проф., Технический университет Дармштадт, Федеративная Республика Германия

Дмитрий Вячеславович Козлов, д-р техн. наук, проф., зав. каф. гидравлики и гидротехнического строительства, НИУ МГСУ, Москва, Российская Федерация

Марта Косор-Казербук, д-р техн. наук, проф., Белостокский технологический университет, Республика Польша

Сергей Владимирович Кузнецов, д-р физ.-мат. наук, проф., главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук, Москва, Российская Федерация

Руда Лийас, канд. экон. наук, профессор, Таллинский технический университет, Эстония

Николай Павлович Осмоловский, д-р физ.-мат. наук, проф., Институт системных исследований Польской академии наук, Варшава, Республика Польша

Андрей Будимирович Пономарев, д-р техн. наук, проф., зав. каф. строительного производства и геотехники, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Российская Федерация

Мирослав Премров, д-р, проф., Мариборский университет, Республика Словения

Светлана Васильевна Самченко, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры Технологии вяжущих веществ и бетонов, НИУ МГСУ, Москва, Российская Федерация

Армен Завенович Тер-Мартirosян, д-р техн. наук, руководитель научно-образовательного центра «Геотехника», НИУ МГСУ, Москва, Российская Федерация

Редакция журнала

Выпускающий редактор: Анна Александровна Дядичева

Редактор: Татьяна Владимировна Бердникова

Корректор: Любовь Владимировна Светличная

Дизайн и верстка: Ольга Григорьевна Горюнова

Перевод на английский язык: Ольга Сергеевна Конакова

Журнал включен в утвержденный ВАК Минобрнауки России Перечень рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук. Индексируется в РИНЦ, Научной электронной библиотеке «КиберЛенинка», UlrichsWeb Global Serials Directory, DOAJ, EBSCO, Index Copernicus, RSCI (Russian Science Citation Index на платформе Web of Science), ResearchBib

Председатель редакционного совета

Александр Романович Туснин, д-р техн. наук., доц., проф. каф. металлических и деревянных конструкций, проректор, НИУ МГСУ, Москва, Российская Федерация

Редакционный совет

Юрий Владимирович Алексеев, д-р архитектуры, проф., проф. каф. градостроительства, НИУ МГСУ, Москва, Российская Федерация

Николай Владимирович Баничук, д-р физ.-мат. наук, проф., зав. лаб. механики и оптимизации конструкций, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук, Москва, Российская Федерация

Игорь Андреевич Бондаренко, акад. Российской академии архитектуры и строительных наук, д-р архитектуры, проф., директор, Филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «ЦНИИП Минстроя России» Научно-исследовательский институт теории и истории архитектуры и градостроительства (НИИТИАГ), Москва, Российская Федерация

Наталья Григорьевна Верстина, д-р экон. наук, проф., зав. каф. менеджмента и инноваций, НИУ МГСУ, Москва, Российская Федерация

Александр Николаевич Власов, д-р техн. наук, ВРИО директора, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт прикладной механики Российской академии наук», Москва, Российская Федерация

Владимир Геннадьевич Гагарин, чл.-корр. Российской академии архитектуры и строительных наук, д-р техн. наук, проф., главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук, Москва, Российская Федерация

Александр Витальевич Гинзбург, д-р техн. наук, проф., зав. каф. информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве, НИУ МГСУ, Москва, Российская Федерация

Нина Васильевна Данилина, д-р техн. наук, зав. каф. градостроительства, НИУ МГСУ, Москва, Российская Федерация

Олег Васильевич Кабанцев, д-р техн. наук, доц., директор научно-технических проектов, проф. кафедры железобетонных и каменных конструкций НИУ МГСУ, Москва, Российская Федерация

Михаил Николаевич Кирсанов, д-р физ.-мат. наук, проф. каф. робототехники, мехатроники, динамики и прочности машин, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (НИУ «МЭИ»), Москва, Российская Федерация

Елена Юрьевна Куликова, д-р техн. наук, проф., каф. строительства подземных сооружений и шахт, каф. инженерной защиты окружающей среды, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»», Москва, Российская Федерация

Леонид Семенович Ляхович, акад. Российской академии архитектуры и строительных наук, д-р техн. наук, проф., зав. каф. строительной механики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет», Томск, Российская Федерация

Рашид Абдуллович Мангушев, д-р техн. наук, профессор, чл.-корр. РААСН, зав. каф. геотехники, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», Санкт-Петербург, Российская Федерация

Владимир Львович Мондрус, д-р техн. наук, проф., чл.-корр. РААСН, зав. каф. строительной и теоретической механики, НИУ МГСУ, Москва, Российская Федерация

Андрей Александрович Морозенко, д-р техн. наук, доц., зав. каф. строительства объектов тепловой и атомной энергетики, НИУ МГСУ, Москва, Российская Федерация

Надежда Сергеевна Никитина, канд. техн. наук, проф. каф. механики грунтов и геотехники, старший научный сотрудник, НИУ МГСУ, Москва, Российская Федерация

Владимир Александрович Орлов, д-р техн. наук, проф., зав. каф. водоснабжения и водоотведения, НИУ МГСУ, Москва, Российская Федерация

Петр Ян Паль, д-р, проф., Технический университет Берлина, Федеративная Республика Германия

Олег Григорьевич Примин, д-р техн. наук, проф., зам. директора по научным исследованиям, АО «Мосводоканал-НИИпроект», Москва, Российская Федерация

Станислав Владимирович Соболев, д-р техн. наук, проф., проректор, зав. каф. гидротехнических и транспортных сооружений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», Нижний Новгород, Российская Федерация

Михаил Юрьевич Слесарев, д-р техн. наук, проф., проф. каф. строительства объектов тепловой и атомной энергетики, НИУ МГСУ, Москва, Российская Федерация

Юрий Андреевич Табунщиков, чл.-корр. Российской академии архитектуры и строительных наук, д-р техн. наук, проф., проф., зав. каф. инженерного оборудования зданий и сооружений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский архитектурный институт (Государственная академия)» (МАРХИ), Москва, Российская Федерация

Владимир Ильич Травуш, д-р техн. наук, проф., академик и вице-президент РААСН, зам. генерального директора-главный конструктор, ЗАО «Горпроект», Москва, Российская Федерация

Виктор Владимирович Тур, д-р техн. наук, проф., зав. каф. технологии бетона, Брестский государственный технический университет, Брест, Республика Беларусь; проф., Белостокский технологический университет, Белосток, Республика Польша

Наталья Витальевна Федорова, д-р техн. наук, проф., зав. каф. архитектурно-строительного проектирования, НИУ МГСУ, директор Мытищинского филиала НИУ МГСУ, Мытищи, Российская Федерация

Наталья Николаевна Федорова, д-р физ.-мат. наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Российская Федерация

Наталья Юрьевна Яськова, д-р экон. наук, проф., зав. каф. инвестиционно-строительного бизнеса, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

VESTNIK ^{MGSU}

Monthly Journal on Construction and Architecture

Vestnik MGSU is a peer-reviewed scientific and technical journal whose aims are to publish and disseminate the results of Russian and foreign scientific research to ensure a broad exchange of scientific information, form an open information cluster in the field of construction science and education, enhance the international prestige of Russian construction science and professional education of various levels, introduce innovative technologies in the processes of training professional and scientific personnel in the construction industry and architecture.

The main thematic sections of the journal publish original scientific articles, reviews, brief reports, articles on the application of scientific achievements in the educational process and practical activity of enterprises in the construction industry, reviews of current publications.

Thematic sections

- Architecture and Urban Planning. Reconstruction and Refurbishment
- Construction System Design and Layout Planning. Construction Mechanics. Bases and Foundations, Underground Structures
- Construction Material Engineering
- Safety of Construction and Urban Economy
- Hydraulics. Geotechnique. Hydrotechnical Construction
- Engineering Systems in Construction
- Technology and Organization of Construction. Economics and Management in Construction.
- Short Messages. Discussions and Reviews. Information

ISSN	1997-0935 (Print) 2304-6600 (Online)
Publication Frequency:	Monthly
Founders:	Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU), 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, Russian Federation, 129337; Limited Liability Company "ASV Publishing House", 19, building 1 Yaroslavskoe shosse, Moscow, Russian Federation, 129337.
The Journal enjoys the academic and informational support provided by	The Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (RAACS), International public organization of assistance to construction education (ASV)
Publisher:	Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU), 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, Russian Federation, 129337 Website: www.mgsu.ru E-mail: journals@mgsu.ru
Printing House:	Printing house of the Publishing house MISI – MGSU building 8, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, Russian Federation, 129337 tel. (499) 183-91-44, 183-67-92, 183-91-90.
Website journal:	http://vestnikmgsu.ru
E-mail:	vestnikmgsu@mgsu.ru , journals@mgsu.ru
Subscription:	Citizens of the CIS and other foreign countries can subscribe by catalog agency "Informnauka", magazine subscription index 18077.
Signed for printing:	26.04.2022

Editor-in-Chief

Valery Ivanovich Telichenko, Academician, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation

Deputy Editor-in-Chief

Elena A. Korol, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation

Vera V. Galishnikova, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation

Editorial Board

Pavel A. Akimov, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation

Piotr Banaszuk, Bialystok University of Technology, Republic of Poland

Alexander T. Bekker, Far Eastern Federal University, Far Eastern Regional Branch of Russian Federation Academy of Architecture and Construction Sciences, Vladivostok, Russian Federation

Vitaliy V. Belikov, Water Problems Institute of Russian Federation Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

H.J.H. Brouwers, Eindhoven University of Technology, Kingdom of the Netherlands

Anver I. Burkhanov, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation

Katarzyna Gładyszewska-Fiedoruk, Bialystok University of Technology, Republic of Poland

Petr G. Grabovyy, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation

Milan Holický, Czech Technical University in Prague, Klokner Institute, Czech Republic

Stanislav Jemioło, Warsaw University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Republic of Poland

Rolf Katzenbach, Technical University of Darmstadt, Federal Republic of Germany

Marta Kosior-Kazberuk, Bialystok University of Technology, Republic of Poland

Dmitry V. Kozlov, Moscow State University of civil engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation

Sergey V. Kuznetsov, Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics RAS, Moscow, Russian Federation

Roode Liias, Tallin University of Technology, Estonia

Nikolai P. Osmolovskii, Systems Research Institute, Polish Academy of Sciences, Republic of Poland

Andrey B. Ponomarev, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

Miroslav Premrov, University of Maribor, Republic of Slovenia

Svetlana V. Samchenko, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation

Armen Z. Ter-Martirosyan, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation

Nikolay I. Vatin, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russian Federation

Josef Vichan, University of Zilina, Slovak Republic

Joost Walraven, Delft University of Technology, Netherlands

Zbigniew Wojcicki, Wrocław University of Technology, Republic of Poland

Editorial team of issues

Executive editor: *Anna A. Dyadicheva* **Corrector:** *Lyubov' V. Svetlichnaya*

Editor: *Tat'yana V. Berdnikova* **Layout:** *Ol'ga G. Goryunova*

Russian-English translation: *Ol'ga S. Konakova*

Chairman of the Editorial Board

Alexander R. Tusnin, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation

Editorial Council

Yuri V. Alekseev, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation

Nikolay V. Banichuk, A.Yu. Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics of RAS, Moscow, Russian Federation

Igor A. Bondarenko, Federal State Budgetary Institution “TsNIIP of the Ministry of Construction of Russian Federation”, Research Institute of Theory and History of Architecture and Urban Development (NIITIAG), Moscow, Russian Federation

Nina V. Danilina, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation

Natalya N. Fedorova, Professor, Leading research scientist, Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation

Nataliya V. Fedorova, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation

Vladimir G. Gagarin, Scientific-research Institute of building physics Russian Federation Academy of architecture and construction Sciences, Moscow, Russian Federation

Alexander V. Ginzburg, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation

Boris. B. Khrustalev, Penza state University of architecture and construction, Penza, Russian Federation

Mikhail N. Kirsanov, National Research University “Moscow Power Engineering Institute” (MPEI), Moscow, Russian Federation

Oleg V. Kabantsev, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation

Elena Yu. Kulikova, National Research Technological University “MISiS”, Moscow, Russian Federation

Leonid S. Lyakhovich, Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, Tomsk, Russian Federation

Rashid A. Mangushev, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russian Federation

Vladimir L. Mondrus, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation

Andrei A. Morozenko, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation

Nadezhda S. Nikitina, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation

Vladimir A. Orlov, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation

Peter J. Pahl, Berlin Technical University, Federal Republic of Germany

Oleg G. Primin, “MosVodoKanalNIIProekt” JSC, Moscow, Russian Federation

Stanislav V. Sobol, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny Novgorod, Russian Federation

Mikhail Yu. Slesarev, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation

Yury A. Tabunschikov, Moscow Institute of Architecture (State Academy), Moscow, Russian Federation

Vladimir I. Travush, CJSC “Gorproject”, Moscow, Russian Federation

Viktar V. Tur, Brest State Technical University Brest, Republic of Belarus; Bialystok University of Technologies, Bialystok, Republic of Poland

Natalia G. Verstina, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation

Yas'kova N. Yur'evna, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russian Federation

Alexander N. Vlasov, Institute of Applied Mechanics of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ И РЕСТАВРАЦИЯ

А.М. Репьева

Умный старый город — управление соучастием горожан в области культурного наследия 407

Е.В. Щербина, Тхань Кам Нгуен

Особенности градостроительного зонирования территорий размещения объектов туристического сервиса в прибрежных городах 417

О.В. Бахарева, Т.З. Ажимов, Л.И. Ажимова

Природный каркас города как опекаемое благо: институциональная среда и структурные изменения 428

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ. СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА. ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

З.Г. Тер-Мартirosян, А.З. Тер-Мартirosян, Ю.В. Ванина

Осадка и несущая способность оснований и фундаментов вблизи вертикальной выемки 443

А.Г. Колесников, И.А. Спасских

Применение методики Г.А. Гениева, Н.С. Чаусова для исследования устойчивости пологих оболочек 454

М.А. Коновалов

Алгоритм разработки расчетной модели деревянного многоэтажного здания 463

СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Ю.Е. Курбатов, Г.Г. Кашиеварова

Определение упругих характеристик цементного камня для прогнозирования усталостной долговечности бетона 476

ГИДРАВЛИКА. ГЕОТЕХНИКА. ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Л.С. Абдуламир, В.А. Орлов, Н.Т. Джумагулова

Гидравлический эксперимент на безнапорном трубопроводе из полимерного материала 487

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА. ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

А.С. Павлов, Р.В. Островский

Государственные закупки в строительстве — предложения по совершенствованию 501

А.А. Липидус

Организационно-технологическая платформа строительства 516

Требования к оформлению научной статьи 525

CONTENTS

ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING. RECONSTRUCTION AND REFURBISHMENT

Anastasia M. Repeva

Smart old town — managing citizens' participation in the field of cultural heritage 407

Elena V. Shcherbina, Thanh Cam Nguyen

Urban zoning features of territories for tourist services facilities placement in coastal cities. 417

Olga V. Bakhareva, Timur Z. Azhimov, Liliya I. Azhimova

Urban bio-social infrastructure as a patronized goods: institutional environment and structural changes 428

CONSTRUCTION SYSTEM DESIGN AND LAYOUT PLANNING. CONSTRUCTION MECHANICS. BASES AND FOUNDATIONS, UNDERGROUND STRUCTURES

Zaven G. Ter-Martirosyan, Armen Z. Ter-Martirosyan, Yuliya V. Vanina

Settlement and bearing capacity of foundations adjacent to vertical excavation 443

Alexander G. Kolesnikov, Ivan A. Spasskikh

Application of the G.A. Geniev, N.S. Chausova method for stability of shallow shells investigation. 454

Mikhail A. Kononov, Galina L. Kozinets

Algorithm for developing a computational model of a wooden multi-storey building. 463

CONSTRUCTION MATERIAL ENGINEERING

Yuri E. Kurbatov, Galina G. Kashevarova

Determination of elastic characteristics of cement stone to predict the fatigue life of concrete. 476

HYDRAULICS. GEOTECHNIQUE. HYDROTECHNICAL CONSTRUCTION

Layth Saeed Abdulameer, Vladimir A. Orlov, Nazira T. Dzhumagulova

Hydraulic experiment in non-pressure pipeline made of polymer material 487

TECHNOLOGY AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION. ECONOMICS AND MANAGEMENT IN CONSTRUCTION

Alexander S. Pavlov, Roman V. Ostrovskii

Public procurement in construction. Suggestions for improvement 501

Azariy A. Lapidus

Organizational and technological platform of construction. 516

Requirements for research paper design 525

ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ И ТЕМАТИКА ЖУРНАЛА. РЕДАКЦИОННАЯ ПОЛИТИКА

В научно-техническом журнале «Вестник МГСУ» публикуются научные материалы по проблемам строительной науки и архитектуры (строительство в России и за рубежом: материалы, оборудование, технологии, методики; архитектура: теория, история, проектирование, реставрация; градостроительство).

Тематический охват соответствует научным специальностям:

- 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения (технические науки);
- 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения (технические науки);
- 2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение (технические науки);
- 2.1.4. Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов (технические науки);
- 2.1.5. Строительные материалы и изделия (технические науки);
- 2.1.7. Технология и организация строительства (технические науки);
- 2.1.9. 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);
- 2.1.11. Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия (технические науки);
- 2.1.12. Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности (архитектура);
- 2.1.12. Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности (технические науки);
- 2.1.13. Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов (технические науки);
- 2.1.13. Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов (архитектура);
- 05.02.22. Организация производства (по отраслям) (технические науки);
- 05.23.07. Гидротехническое строительство (технические науки);
- 05.23.16. Гидравлика и инженерная гидрология (технические науки);
- 08.00.05. Экономика — управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности) (экономические науки).

По указанным специальностям журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук. К рассмотрению и публикации в основных тематических разделах журнала принимаются аналитические материалы, научные статьи, обзоры, рецензии и отзывы на научные публикации по фундаментальным и прикладным вопросам строительства и архитектуры.

Все поступающие материалы проходят научное рецензирование (одностороннее слепое) с участием редсовета и привлечением внешних экспертов — активно публикующихся авторитетных специалистов по соответствующим предметным областям.

Копии рецензий или мотивированный отказ в публикации предоставляются авторам и в Минобрнауки России (по запросу). Рецензии хранятся в редакции в течение 5 лет.

Редакционная политика журнала базируется на основных положениях действующего российского законодательства в отношении авторского права, плагиата и клеветы, и этических принципах, поддерживаемых международным сообществом ведущих издателей научной периодики и изложенных в рекомендациях Комитета по этике научных публикаций (COPE).

AIMS AND SCOPE. EDITORIAL BOARD POLICY

In the scientific and technical journal “Vestnik MGSU” Monthly Journal on Construction and Architecture are published the scientific materials on construction science and architectural problems (construction in Russia and abroad; materials, equipment, technologies, methods; architecture: theory, history, design, restoration; urban planning).

The subject matter coverage complies with the approved list of scientific specialties:

Analytical materials, scientific articles, surveys, reviews on scientific publications on fundamental and applied problems of construction and architecture are admitted to examination and publication in the main topic sections of the journal.

All the submitted materials undergo scientific reviewing (double blind) with participation of the editorial board and external experts — actively published competent authorities in the corresponding subject areas.

The review copies or substantiated refusals from publication are provided to the authors and the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (upon request). The reviews are deposited in the editorial office for 5 years.

The editorial policy of the journal is based on the main provisions of the existing Russian Legislation concerning copyright, plagiarism and libel, and ethical principles approved by the international community of leading publishers of scientific periodicals and stated in the recommendations of the Committee on Publication Ethics (COPE).

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ И РЕСТАВРАЦИЯ

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 711:351.85

DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.407-416

Умный старый город — управление соучастием горожан в области культурного наследия

Анастасия Михайловна Репьева

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(НИУ МГСУ); г. Москва, Россия*

АННОТАЦИЯ

Введение. В условиях продолжающейся цифровизации общества и таких аспектов, как интеграция, урбанистические тренды, устойчивое развитие и качество жизни, возрастает значение движущих сил для превращения городов в «умные». Раскрываются возможности, заложенные в динамике взаимодействия между духом культурного наследия и особенностями партисипативного управления. Оно вносит свой вклад, отвечая на призывы к дальнейшим исследованиям для углубления понимания вовлечения заинтересованных сторон в преобразование города на основе культурного наследия. Данное исследование имеет ограничения, поскольку оно основано на одном качественном единичном случае и направлено на достижение социально устойчивых результатов для создания условий, способствующих инклюзии и формированию сообщества, путем понимания того, что люди хотят и ожидают от места, где они живут и работают.

Материалы и методы. Исследовательский подход был применен в качественном исследовании, включающем глубинные интервью с 20 респондентами, представляющими местных предпринимателей, некоммерческие организации, муниципалитет, политиков, туристические организации и жителей района старого города в одном из российских городов. Проведены совместные наблюдения и изучение документов. Выводы постоянно подтверждались респондентами.

Результаты. Результаты исследования позволяют рассмотреть проблемы управления на основе широкого участия в становлении «умного» старого города в контексте культурного наследия.

Выводы. Приведены взгляды заинтересованных сторон на проблемы, возникающие при развитии «умного» старого города, и предложены возможные инновационные решения для управления на основе широкого участия. Преобразование города с культурным наследием в умный город требует усилий, которые выходят за рамки внедрения умных информационно-коммуникационных технологий и затрагивают вопросы социальной устойчивости.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: устойчивое развитие, цифровизация, умный город, соучаствующее проектирование, муниципалитет, градостроительная деятельность, социальное взаимодействие, культурное наследие

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Репьева А.М. Умный старый город — управление соучастием горожан в области культурного наследия // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. Вып. 4. С. 407–416. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.407-416

Автор, ответственный за переписку: Анастасия Михайловна Репьева, repvaam@mgsu.ru.

Smart old town — managing citizens' participation in the field of cultural heritage

Anastasia M. Repeva

*Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU); Moscow,
Russian Federation*

ABSTRACT

Introduction. In the context of the ongoing digitalization of society and aspects such as integration, urban trends, sustainable development and quality of life, the importance of driving forces for the transformation of cities into “smart” is increasing. This study reveals the possibilities inherent in the dynamics of interaction between the spirit of cultural heritage and the peculiarities of participatory management. It contributes by responding to calls for further research to deepen the understanding of stakeholder engagement in the transformation of the city based on cultural heritage. This study has its limitations, since it is based on one qualitative single case. In general, the study aims to achieve socially sustainable results to create conditions conducive to inclusion and community formation by understanding what people want and expect from the place where they live and work.

Materials and methods. The research approach was applied in a qualitative study that included in-depth interviews with 20 respondents representing local entrepreneurs, non-profit organizations, municipalities, politicians, tourism organizations and residents of the old town area in one of the Russian cities. In addition, joint observations and examination of documents were carried out. The conclusions were constantly confirmed by the respondents.

Results. The results of the study allow us to consider the problems of management based on broad participation in the formation of a “smart” old city in the context of cultural heritage.

Conclusions. This study presents the views of stakeholders on the problems arising in the development of a “smart” old city, and suggests possible innovative solutions for participatory management. The transformation of a city with cultural heritage into a smart city requires efforts that go beyond the introduction of smart information and communication technologies and address issues of social sustainability.

KEYWORDS: sustainable development, digitalization, smart city, collaborative design, municipality, urban planning, social interaction, cultural heritage

FOR CITATION: Repeva A.M. Smart old town — managing citizens’ participation in the field of cultural heritage. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2022; 17(4):407-416. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.407-416 (rus.).

Corresponding author: Anastasia M. Repeva, repevaam@mgsu.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важных и уникальных ресурсов в преобразовании города является местное культурное наследие. Управление культурным наследием представляет собой сложный процесс, поскольку сохранение «старого» должно идти рука об руку с инновациями «нового» и умного [1], чтобы сохранить аутентичность и ценность для заинтересованных сторон. Таким образом, современные города сталкиваются с проблемами, обусловленными цифровизацией и экономическим развитием, и могут рассматриваться исследователями как места, которые могут выиграть от инновационных инициатив. Градостроительная деятельность в самом широком понимании постепенно трансформируется под воздействием сетевых цифровых технологий и формирующейся открытой и «умной» инновационной среды [2]. Движущей силой для решения этих проблем служит принятие концепции «умного города», которая часто используется для описания цифровых, инновационных, прогрессивных, экологических и устойчивых социально-технических систем.

Когда культурное наследие «сталкивается» с инновационными процессами и интеллектуальной цифровизацией, возникает несколько вопросов. Города с культурным наследием непросты в отношении его значения и материальности, утверждают, что сложность города требует тщательного изучения при управлении инициативами по преобразованию [3].

Соответственно, существует необходимость вовлечения заинтересованных сторон в городские преобразования. Умный город включает в себя не только информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), принимаются в расчет участие заинтересованных сторон и идеи «снизу вверх». Больше внимания уделяется подходу к решению проблем общества через инклюзивные инновационные процессы в отличие от ранее доминировавшего акцента на инновациях, управляемых экспертами [4].

Однако в некоторых работах говорится о недостатке вовлечения и участия заинтересованных сторон в преобразовании городов [5–7]. Звучат призывы к дальнейшим исследованиям для более глубокого понимания природы партнерства и управления сотрудничеством заинтересованных сторон в рамках

трансформации умного города, особенно с акцентом на расширение участия местных жителей.

Заинтересованные стороны рассматриваются с учетом мнений жителей и местных сообществ одного из районов старого города России. Речь идет о сохранившемся районе города, возникшем в XVI в., с множеством исторических и живописных кварталов, в котором живут люди и часто ведут свой бизнес в качестве владельцев небольших компаний. Исследуются следующие вопросы:

1. Каковы представления заинтересованных сторон о культурном наследии в процессе преобразования города?

2. Как можно управлять преобразованием в «умный» старый город, чтобы способствовать вовлечению заинтересованных сторон и достижению социально устойчивых результатов?

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данном разделе описываются смежные исследования и теоретические концепции, связанные с умным городом, культурным наследием и партисипативным управлением и сотрудничеством заинтересованных сторон, применены методы эмпирического исследования.

Умные города и культурное наследие

Что касается концепции умного города, то существует множество определений, и она все еще остается неоднозначной и сложной из-за интеграции многочисленных дисциплин, охватывающих аспекты «умности». Они варьируются от городских и социальных вопросов, экономических и экологических, до технологических областей. Как утверждает Р.Г. Холландс, «города — это не просто провода и кабели, умные офисы, модные бары и роскошные отели, но и огромное количество людей, живущих в городах, которые заслуживают большего, чем просто эти вещи» [8, с. 316], что стимулирует развитие в направлении прогрессивных, инклюзивных и устойчивых городских преобразований. В одном из исследований Баэса были определены четыре компонента «умных» городов, имеющих решающее значение для развития «умных» мест, а именно:

- 1) передовые технологии;
- 2) инновации;

3) социальный и человеческий капитал;

4) лидерство при совместном создании ценности для всех участников.

Кроме того, умные города часто связаны с повышением эффективности градостроительной деятельности, развитием бизнеса, общества и культуры в городской среде, фокусируясь на творчестве и устойчивости, одновременно способствуя развитию человеческого, социального и реляционного капитала. Ориентация на людей и вовлечение заинтересованных сторон — первостепенный вопрос параллельно с инновациями, управляемыми пользователями, соответствующими идеям открытых инноваций и развития умных городов. Открытые инновации в контексте умного города можно рассматривать как ценную платформу для построения более умного города посредством социального взаимодействия и сотрудничества.

Наследие и коммодификация культурных ресурсов как основа для регенерации города и интеллектуальных инноваций все чаще становятся ключевым процессом городского управления [9]. Г.Дж. Эшворт (2017) подчеркивает, что такое место, как город, часто связано с прошлым, настоящим и будущим: «наследие — это средство, с помощью которого чувства места создаются из чувств времени» и, таким образом, также включает «процесс идентификации людей с местами и роль наследия как современного использования прошлого» [10]. Аналогичные исследования показывают расширенную ценность культурного наследия как нечто большего, чем просто физические памятники, и, следовательно, содержат как материальные, так и нематериальные аспекты [1]. Так, ссылаясь на «ДНК места» [11], некоторые западные ученые утверждают, что необходима политика и руководство по управлению, которые противодействуют несбалансированному использованию исторических центров. Уникальные материальные ресурсы (старые здания, подлинные памятники и т.д.) часто являются инфраструктурными и архитектурными, т.е. недвижимыми и основанными на физических объектах, связанных с конкретным местом. Уникальные нематериальные ресурсы — это факторы, которые включают в себя более эмоциональные аспекты места, его внешний вид и имидж, или ценности, вытекающие из идентичности социально-политических отношений.

Современная эпоха цифровизации позволяет применять инструменты, решения и приложения «умного города» для продвижения и управления культурным наследием новыми способами. С помощью партисипативных интерактивных цифровых платформ, управляющих и распространяющих контент культурного наследия среди посетителей, граждан и других заинтересованных сторон, можно обратиться к нескольким заинтересованным сторонам и ввести их в процесс (А.К. Олссон и другие, 2020).

Партисипативное управление и вовлечение заинтересованных сторон

Заинтересованные стороны можно разделить на такие секторы, как государственный, частный и волонтерский. Эванс (1997) вместо этого использует категоризацию, основанную на том, кто формирует городские центры: те, кто производит город, т.е. владельцы недвижимости, розничные торговцы и застройщики; те, кто использует город — горожане, сотрудники и посетители; те, кто является посредником города — местное и национальное правительство, муниципалитет. Существует ограниченное количество исследований, посвященных взаимодействию и взглядам заинтересованных сторон на сотрудничество и их поведению по отношению к заинтересованным сторонам [4]. Р.Дж. Янг (2014) подчеркивает необходимость, прежде всего, определить все специфические для контекста группы заинтересованных сторон и их интересы, используя методы анализа заинтересованных сторон [12]. Следующий шаг — выявление приоритетов заинтересованных сторон, а именно принятие решения о том, какие интересы должны быть учтены в первую очередь, чтобы выработать соответствующие решения по развитию. Как отмечают Ю. Ли и С. Хантер (2015), теория заинтересованных сторон — это теория управления и этики, которая применима в контексте культурного наследия в отношении вовлечения сообщества и участия, связанного с моралью и ценностями в таких городских преобразованиях.стейкхолдерами здесь называются участники, вовлеченные в механизмы достижения консенсуса и управления на основе широкого участия в преобразовании городского наследия [13].

Сочетание заинтересованных сторон для развития умного города — сложный процесс, коммуникация между культурным наследием и заинтересованными сторонами имеет большое значение. Кроме того, доказано, что применение партисипативных методологий в управлении преобразованием города эффективно для активизации более устойчивых процессов в сфере культурного наследия [14]. Считается, что такие подходы позволяют достичь более социально устойчивых результатов, т.е. создать демократические условия, способствующие благополучию, путем понимания того, что нужно людям и сообществам от мест, где они живут и работают. Партисипативное управление и вовлечение местных участников поможет сохранить сообщества «живыми, обжитыми и экономически динамичными»¹ и рассматривать культурное наследие не просто как недвижимые останки или здания, а как социальную конструкцию, связанную с коллективным символическим значением наследия для социальной группы.

Моделирование развития современного города, как и градостроительное проектирование, непосред-

¹ Историческая экспертиза. 2020. 356 с.

ственным образом связано с точной оценкой интенсивности и характера происходящих в городе социально-функциональных процессов, а также ресурсного потенциала городской территории, обеспечивающего их выполнимость. В связи с этим в статье были использованы методы определения границ зон влияния города-центра (в данной работе — ось города — старый город); размещение фокусов тяготения населения в границах старого города; анализ условий размещения района градостроительного зонирования в плане города; историко-генетический анализ планировочной организации местных градостроительных систем; морфологический анализ композиции города. Эти эмпирические методы формализуют исследование, позволяя более точно выявить факторы и условия, определяющие комплекс возмож-

ностей принятия проектного решения в рамках концепта «умный» старый город».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для того чтобы понять сложность инициативы по преобразованию города, провели качественное исследование. Особенность качественного исследования конкретного единичного примера заключается в его сосредоточенности на вопросах «как» и «почему», и по этой причине оно подходит для описательных и исследовательских исследований. Кейс и эмпирическая среда — это район старого города Костромы с населением более 270 тысяч человек (рис. 1).

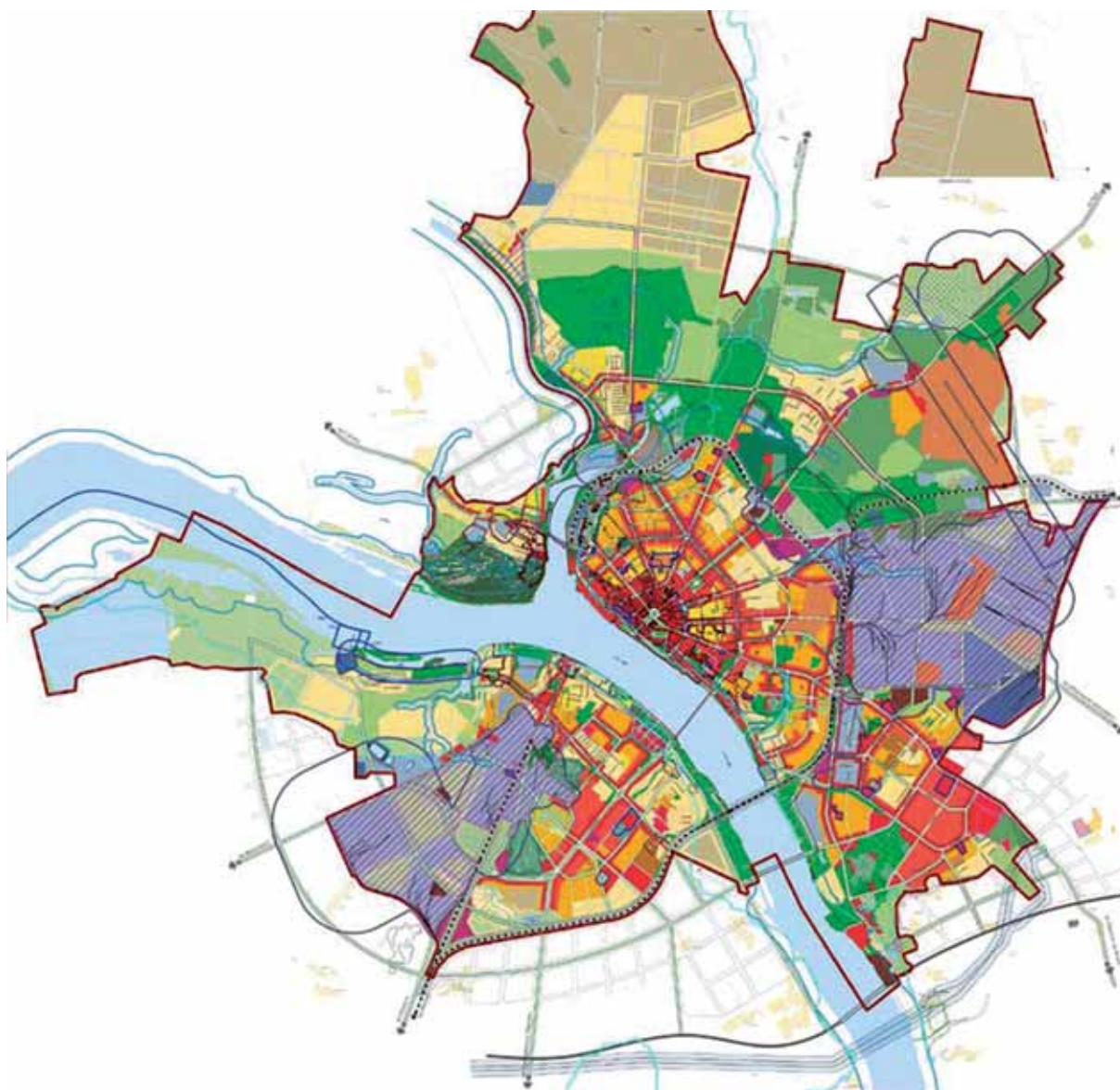


Рис. 1. Генеральный план г. Костромы²

Fig. 1. The General plan of Kostroma

² НИИПГрадостроительства. URL: <http://niipgrad.spb.ru/>

Изучаемый район старого города в данной статье будем называть «старый город». Контекст представляет собой сохранившийся исторический центр, возникший в XVI в., с множеством исторических зданий, окруженный подобием рва. Культурное наследие имеет большое значение для города и его сообщества [15]. Поэтому физическая и социальная среда «старого города» находятся под строгим влиянием местных норм и ценностей, а также муниципальных властей и правил по сохранению наследия. В «старом городе» расположены небольшие магазины, галереи, ремесленные мастерские, кафе и рестораны. Число действующих компаний составляет около 100, зачастую это — индивидуальные предприниматели или компании, состоящие всего из нескольких сотрудников. «Старый город» служит арендой для проведения различных культурных, военно-исторических мероприя-

тий, музыкальных и книжных фестивалей. Примерное количество посетителей составляет до 700 тыс. чел. в год (рис. 2).

В настоящем исследовании использовались качественные методы сбора данных, поскольку целью было изучить явление с точки зрения тех, кто вовлечен в контекст. В рамках такого взгляда изнутри получены и интерпретированы представления заинтересованных сторон о проблемах преобразования города и управления «старым городом». Понимание и взгляды заинтересованных сторон, а именно людей, которые в той или иной степени связаны с рассматриваемой областью, получены в ходе нескольких глубинных интервью и пяти совместных наблюдений во время посещений и экскурсий в период с октября 2018 по июль 2019 гг. Данные включают 18 часовых полуструктурированных интервью на месте с 21 респон-

Схема функционального зонирования территории центральной части города Костромы
Scheme of functional zoning of the area of the central part of the city of Kostroma

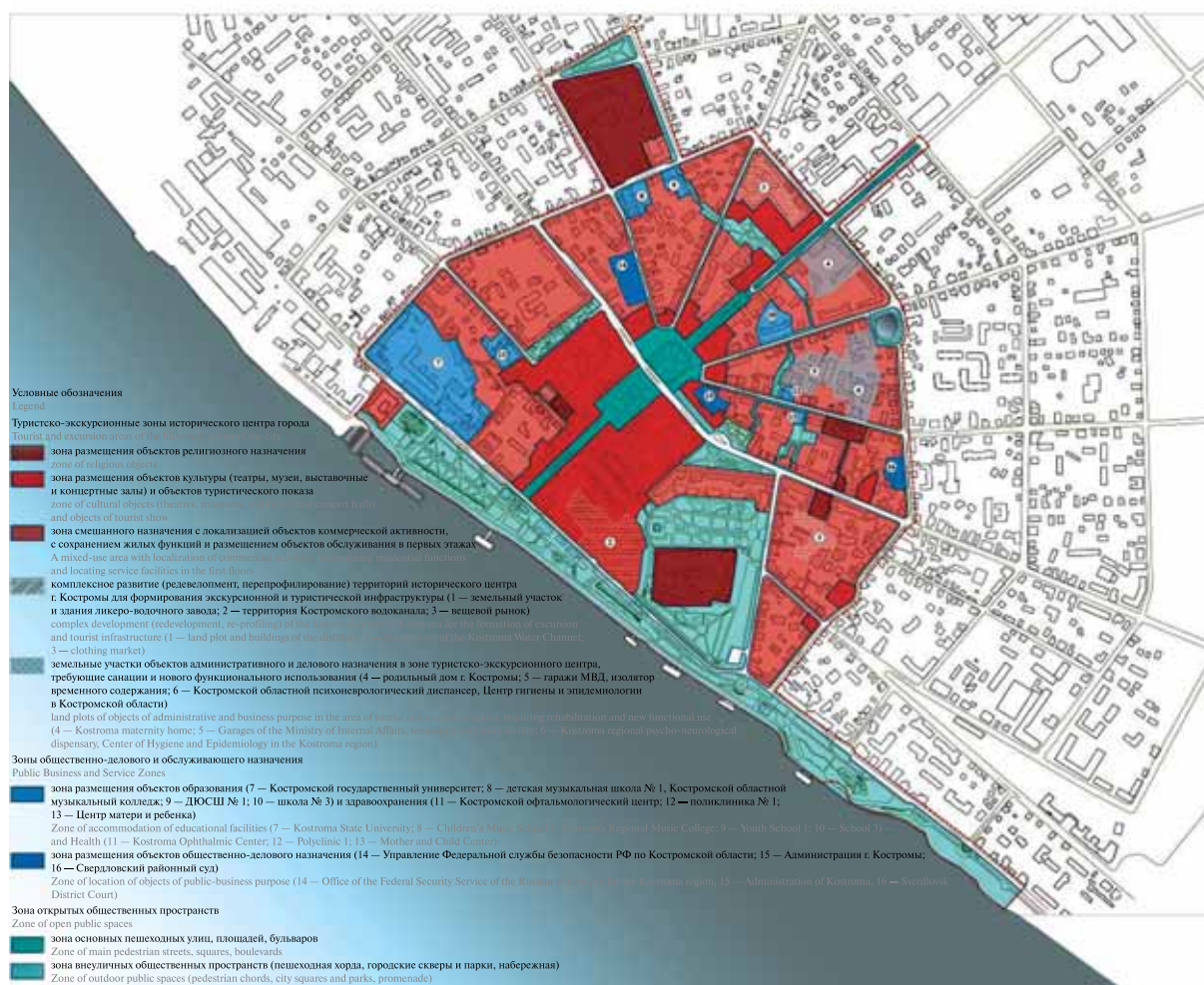


Рис. 2. Схема центральной части г. Костромы³

Fig. 2. Plan of the central part of Kostroma

³ Проект концепции развития центральной (исторической) части города Костромы (общественное обсуждение). URL: <http://www.gradkostroma.ru/i/u/society/urban-development/Концепция-2019.htm>

дентом. Выборка включала как новых, так и уже состоявшихся действующих лиц в «старом городе» и его окрестностях. Представлены в основном заинтересованные стороны среднего и старшего возраста, которые активно работали в качестве торговцев, граждан, владельцев недвижимости, образовательных учреждений, местных органов власти и муниципальных организаций, а также местных выборных должностных лиц [16]. Гендерное распределение составило девять женщин и двенадцать мужчин. Отбор проводился как выборка «снежного кома» для выявления скрытых или конфликтующих групп.

В соответствии с исследовательским подходом полуструктурированное интервью осуществлялось согласно руководству по проведению интервью как инструмента с низким уровнем контроля, но в то же время способствующего управлению ситуацией интервью. Были затронуты следующие темы: биография и роль, нынешние и будущие взгляды на сотрудничество, вовлеченность, управление и коммуникация, чтобы выявить проблемы, видение и стратегии становления умного старого города. Интервью записаны и расшифрованы. Кроме того, для углубления понимания эмпирического контекста изучены местные документы (например, предыдущие опросы посетителей и исследования), а также частные и публичные веб-сайты вовлеченных субъектов. Таким образом, в данном качественном исследовании мы стремились к строгости исследования путем отбора респондентов, проведения полуструктурированных и кодированных интервью, использования валидации [17] респондентов и триангуляции для подтверждения выводов.

Анализ и обсуждение результатов базируются на мнениях и восприятии проблем, с которыми столкнулись участники «старого города». Применяемый в данном исследовании подход к изучению конкретных случаев является в основном исследовательским, но идеи и концепции из предыдущих соответствующих исследований послужили руководством для обсуждения эмпирических результатов. Аналитическая стратегия заключалась в разработке описательной концептуализации и обоснования для организации результатов исследования, основанных на вдохновении от смежных исследований. Таким образом, анализ выполнялся абдуктивным способом, чередуя концепции и смежные исследования в области умного города, культурного наследия, партисипативного управления и сотрудничества заинтересованных сторон с эмпирическими результатами, полученными путем проверки респондентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Восприятие старого города заинтересованными сторонами

Мнение о том, что «старый город» — уникальная и подлинная среда, которую необходимо сохранять,

поддерживать и в некоторой степени развивать, не ставя под угрозу ее уникальность, было очевидным.

Заинтересованные стороны выражали большую гордость за «старый город» и заявляли, что он имеет высокую рыночную стоимость, и они удивлены отсутствием развития мест для жизни и работы, которые, однако, напрямую связаны с ограничениями, наложенными требованиями по сохранению культурного наследия. Респонденты, представляющие местных жителей, решительно заявляли, что «старый город» должен рассматриваться не просто как живописная декорация или театральная режиссура, а как настоящий живой город, в котором круглый год живут местные жители, бизнесмены и посетители. Другие респонденты, представляющие бизнес, выражали желание сохранить прошлое, культурное наследие, используя его в настоящем времени, например, наполнив его людьми, событиями, кафе и ресторанами, чтобы у каждого была возможность попасть в «старый город» и в течение нескольких часов познакомиться с уникальным местом. Это подчеркивает проблему баланса между сохранением и использованием, которая является вечной дилеммой в управлении трансформацией культурного наследия [18].

Конфликты и обязательства — также сложная задача, поскольку некоторые из респондентов принадлежат к нескольким группам заинтересованных сторон, следовательно, представляют особые интересы или имеют несколько ролей в качестве местных граждан, жителей, владельцев недвижимости и/или предпринимателей. Существуют вопросы сохранения среды и объектов и вопросы развития и современного использования культурного наследия для создания нового опыта и структур. В качестве примеров приведены следующие высказывания респондентов:

- «Чтобы город работал, в нем должны быть прошлое, настоящее и будущее, а не только история ... мы будем развивать «старый город, чтобы он мог встретить ни один миллион туристов» (гражданин, владелец недвижимости и торговец).
- «Муниципалитет должен быть более активным в отношении «старого города» ... входить и разрешать конфликты, а не просто оставлять нас, находящихся в конфликте, решать его» (торговец и некоммерческая ассоциация).

Некоторые заинтересованные стороны подразумевают, что перед ними стоит задача сохранить уникальную историческую среду для будущих поколений и при этом адаптироваться к цифровизации, что предполагает ответственность перед теми, кто живет, работает и приезжает в город.

Заинтересованные стороны не считают конфликты серьезными, но больше всего их беспокоит то, что конфликты препятствуют развитию [19]. Это беспокоит тех, кто не имеет чисто консервативной программы, но стремится к умному старому городу. Они

не бояться конфликтов, и многие респонденты выражают желание, чтобы кто-то пришел и указал направление на будущее, т.е. координацию и управление, а также применение цифровых технологий. Таким образом, «старый город» можно рассматривать как «размытое» место, нуждающееся в тщательном изучении для координации и внедрения элементов «умного города». Не столько для того, чтобы разрешить конфликт, сколько для того, чтобы начать действовать.

Умное управление и вовлечение заинтересованных сторон

Респонденты четко заявляют о недостатке управления и коммуникации как внутри «старого города» между заинтересованными сторонами, так и между ним и городским центром. Существуют очевидные недостатки в коммуникации, поскольку имеющаяся информация фрагментарна и редко выходит за пределы своей группы. Фрагментарность информации также подтверждается анализом государственных и частных веб-сайтов города. Нет общего канала коммуникации, охватывающего все заинтересованные стороны. В качестве примеров приведены следующие высказывания респондентов:

- «Нам нужна общая платформа для встреч и обсуждения того, как мы можем извлечь пользу друг из друга» (торговец).
- «Не хватает общей коммуникации, нет обзора, происходит очень много событий, но никто не знает — эксклюзивные группы электронной почты... Информация фрагментирована» (гражданин, некоммерческая ассоциация и ремесленник).
- «Старому городу не хватает беспроводных сетей. Развивайте информацию через интернет. Беспроводные сети хороши, когда вы хотите сделать историю более доступной, и это с ремесленной традицией, живая история» (гражданин и муниципальная организация).

Жизненно важно совершенствовать навыки цифровой коммуникации и использования открытых данных, чтобы стать умным городом и предлагать инновационные продукты и услуги. Примером служит данное высказывание респондентов:

- «Мы должны совершенствовать наши навыки цифровой коммуникации. Мы должны быть «умными», поскольку стойка регистрации посетителей теперь работает в режиме онлайн, и мы должны применять цифровой хостинг» (гражданин и муниципальная организация).

Кроме того, наши результаты ясно показывают, что аспекты «умности» выходят за рамки технологических элементов и требуют вовлечения заинтересованных сторон, принципов соучаствующего проектирования. Респонденты отмечают, что существуют трудности с интеграцией «старого города» в стратегию развития муниципалитета, что сформировало неформальные структуры принятия решений

относительно развития. Муниципалитет рассматривается как пассивная заинтересованная сторона. Вот примеры мнения респондентов:

- «Все, что делается, делается заинтересованными частными лицами. Я думаю, что заинтересованные частные лица абсолютно необходимы; без них многие договоренности не могли бы быть реализованы» (некоммерческая ассоциация).
- «...действующие лица в «старом городе» в течение многих лет предпринимали много действий в плане организации и управления, что привело к появлению формальных и неформальных структур власти в «старом городе» (избранный чиновник).
- «Муниципалитет никоим образом не владеет «старым городом»!» (гражданин и некоммерческая ассоциация).

Организацию туристического направления, совладельцы которой муниципалитет и организационные члены, ценят большинство участников в «старом городе». Они являются новым актором, играющим роль организационного органа, который предпринимает инновационные инициативы по сотрудничеству и цифровизации в направлении «умного» благодаря общим фондам и общему голосу как внутри, так и за пределами исследуемой области. Алгоритм участия и сотрудничества горожан в разработке проекта представлен на рис. 3. В целом подобные научные изыскания важны с точки зрения изучения вовлеченности аналогичных исторических локаций и объектов, в том числе, возможна частичная экстраполяция на наследие и уникальные памятники истории и культуры России в составе туристического маршрута «Золотое кольцо», что открывает новый фактор социологического исследования, в том числе и для целей «умного старого города».

Имеется необходимость уточнения и закрепления ролей и функций в связи с активным межсекторным взаимодействием заинтересованных сторон. Не в последнюю очередь это касается владельцев недвижимости, представляющих группу, которую другие заинтересованные стороны хотели бы видеть более активной в инновационных и трансформационных процессах. Владельцы недвижимости заявляют, что они заинтересованы в хорошей среде проживания, поскольку часто являются владельцами бизнеса и сдают дома и помещения в аренду. Тогда расширятся возможности для создания демократических условий, способствующих инклюзии и формированию сообщества, благодаря пониманию того, что люди хотят и ожидают от места, где они живут и работают.

Цель данной работы — изучить проблемы соучастия горожан в процессе становления «умного» старого города. Приведенный выше анализ результатов позволяет получить глубокие знания о взглядах заинтересованных сторон на культурную уникальность и включенность заинтересованных сторон на исследуемой территории, понять сильные, слабые



Рис. 3. Алгоритм участия в общественном обсуждении проекта (в том числе развитие «умного» города)

Fig. 3. Algorithm of participation in the public discussion of the project (including the smart city design)

стороны и возможности. Полученные результаты концептуализированы как проблемы и принципы, которые следует учитывать при преобразовании города в «умный» старый город. Для решения проблемы преобразования города управление участием и включением различных заинтересованных сторон становится основополагающим в контексте культурного наследия.

Одна из важных задач — управление уникальными ресурсами культурного наследия, имеющего как материальные, так и нематериальные ценности, с учетом сложных приоритетов решений в процессах развития посредством балансирования старого и нового, как обсуждалось в предыдущих исследованиях. Для преобразования города, основанного на культурном наследии, важно выйти за рамки туристического использования недвижимого наследия и включить в него дух сообщества граждан и ремесленников, которые живут и действуют в этом районе. Учитывая, что умный город — это не только внедрение передовых ИКТ, результаты исследования способствуют решению жизненно важных вопросов умного партнерства и вовлечения заинтересованных сторон, генерирующих идеи «снизу вверх».

Другая проблема связана с потребностью создания организационного органа, который координирует и управляет деятельностью и потоками информации и коммуникации, а также выступает в качестве движущей силы цифровизации. Для удовлетворения потребности в непрерывной информации важно организовать физические встречи, а также общие цифровые коммуникационные платформы. Таким обра-

зом, партисипативное управление в городах, основанных на культурном наследии, должно быть умным как с точки зрения эффективных цифровых технологий, так и с точки зрения «умного» управления, обладающего необходимыми навыками и компетенциями.

Исследование показывает возможности, заложенные в динамике взаимодействия между духом культурного наследия и телом партисипативного управления, которые выходят за рамки умного внедрения ИКТ. Структуры разрешения конфликтов с позиции сотрудничества и механизмов обучения возникли на основе концепций живых лабораторий. Приведенные результаты способствуют решению жизненно важных проблем, которые требуется решать с точки зрения социальной устойчивости, которая учитывает демократические условия путем понимания того, что людям и сообществам нужно от мест, где они живут и работают. В данном случае понимание взаимосвязи между существующими культурными ресурсами места и социальной динамикой местных заинтересованных сторон и сообществ посредством развития партисипативного управления имеет решающее значение. Ключевым моментом является содействие управлению на основе широкого участия в социально устойчивом развитии.

В заключение следует отметить, что разумность в контексте преобразования города проявляется во многих измерениях, начиная от технологического и заканчивая ориентированным на участников. Ресурсы города, такие как культурное наследие,

жители, технологии, бизнес и посетители, должны быть сбалансированы, поскольку они взаимосвязаны. Коммуникация — основополагающий фактор для сотрудничества и управления на основе широ-

кого участия. Необходим организационный орган. Внедрение «умного города» будет иметь широкие социальные последствия, которые требуют управления и обязательств на политическом уровне.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Al-hagla K.S.* Sustainable urban development in historical areas using the tourist trail approach: a case study of the Cultural Heritage and Urban Development (CHUD) project in Saida, Lebanon // *Cities*. 2010. Vol. 27. Issue 4. Pp. 234–248. DOI: 10.1016/j.cities.2010.02.001
2. *Evans R.* Regenerating town centres. Manchester : Manchester University Press, 1997. 174 p.
3. *Agbali M., Trillo C., Ibrahim I.A., Arayici Y., Fernando T.* Are smart innovation ecosystems really seeking to meet citizens' needs? Insights from the stakeholders' vision on smart city strategy implementation // *Smart Cities*. 2019. Vol. 2. Issue 2. Pp. 307–327. DOI: 10.3390/smartcities2020019
4. *Le Feuvre M., Medway D., Warnaby G., Ward K., Goatman A.* Understanding stakeholder interactions in urban partnerships // *Cities*. 2016. Vol. 52. Pp. 55–65. DOI: 10.1016/j.cities.2015.10.017
5. *Щербина Е.Ю., Клочкова Е.Р.* Соучаствующее проектирование как инструмент развития городской среды // *Управленческое консультирование*. 2021. № 7. С. 68–79. DOI: 10.22394/1726-1139-2021-7-68-79
6. *Bernhard I.* E-government and E-governance: Local Implementation of E-government Policies in Sweden: doctoral thesis. Stockholm, Royal Institute of Technology, 2014.
7. *Bernhard I., Olsson A.K., Lundh Snis U.* Inclusive place innovation as a means for local community // *Diversity, Innovation and Clusters*. 2020. Pp. 57–80. DOI: 10.4337/9781789902587.00008
8. *Hollands R.G.* Will the real smart city please stand up? // *City*. 2008. Vol. 12. Issue 3. Pp. 303–320. DOI: 10.1080/13604810802479126
9. *Johnson B., Andersen A.D.* Learning, innovation and inclusive development — New perspectives on economic development strategy and development aid. Aalborg University Press, 2012.
10. *Ashworth G.J., Graham B.* Senses of place, senses of time and heritage // *A Museum Studies Approach to Heritage*. 2018. Pp. 374–380. DOI: 10.4324/9781315668505-30
11. *Брайан П., Антонопулу С.* BIM для культурного наследия: разработка информационной модели исторического здания. 2019. 104 с.
12. *Yang R.J.* An investigation of stakeholder analysis in urban development projects: empirical or rationalistic perspectives // *International Journal of Project Management*. 2014. Vol. 32. Issue 5. Pp. 838–849. DOI: 10.1016/j.ijproman.2013.10.011
13. *Li Y., Hunter C.* Community involvement for sustainable heritage tourism: a conceptual model // *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*. 2015. Vol. 5. Issue 3. Pp. 248–262. DOI: 10.1108/JCHMSD-08-2014-0027
14. *Нельзина О.Ю., Окорочков А.В., Поляков Т.П.* Тематические парки как учреждения музейного типа: проблемы и перспективы. М. : Институт Наследия, 2019.
15. *Li Z., Zhu S., Hong H., Li Y., El Saddik A.* City digital pulse: a cloud based heterogeneous data analysis platform // *Multimedia Tools and Applications*. 2017. Vol. 76. Issue 8. Pp. 10893–10916. DOI: 10.1007/s11042-016-4038-2
16. *Василенко И.А., Егорова А.Н., Люлько А.Н., Василенко Е.В.* «Умный город» XXI века: возможности и риски смарт-технологий в городском ребрендинге. М. : Международные отношения, 2018. 255 с.
17. *Воронина Е.В., Заведеев Е.В., Зубарева Л.В., Кураמיшина А.В., Федоров Д.А., Сергеева И.В.* Примеры успешной реализации концепции умных городов в России и за рубежом. Новосибирск : Изд-во Сибпринт, 2018. 179 с.
18. *Дробышева Т.В., Журавлев А.Л.* Социально-психологические исследования города. М. : Изд-во «Ин-т психологии РАН», 2016. 272 с.
19. *Ястребова Н.А.* Сохранение исторических городских поселений методами градостроительного зонирования. Волгоград : ВолгГТУ, 2019. 198 с.

Поступила в редакцию 3 февраля 2022 г.

Принята в доработанном виде 13 апреля 2022 г.

Одобрена для публикации 13 апреля 2022 г.

ОБ АВТОРЕ: **Анастасия Михайловна Репьева** — кандидат политических наук, доцент кафедры градостроительства; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; РИНЦ ID: 698717, Scopus: 57216628662, ORCID: 0000-0002-5124-0317; repvaam@mgisu.ru.

REFERENCES

1. Al-hagla K.S. Sustainable urban development in historical areas using the tourist trail approach: a case study of the Cultural Heritage and Urban Development (CHUD) project in Saida, Lebanon. *Cities*. 2010; 27(4):234-248. DOI: 10.1016/j.cities.2010.02.001.
2. Evans R. *Regenerating Town Centres*. Manchester, Manchester University Press, 1997; 174.
3. Agbali M., Trillo C., Ibrahim I.A., Arayici Y., Fernando T. Are smart innovation ecosystems really seeking to meet citizens' needs? Insights from the stakeholders' vision on smart city strategy implementation. *Smart Cities*. 2019; 2(2):307-327. DOI: 10.3390/smart-cities2020019
4. Le Feuvre M., Medway D., Warnaby G., Ward K., Goatman A. Understanding stakeholder interactions in urban partnerships. *Cities*. 2016; 52:55-65. DOI: 10.1016/j.cities.2015.10.017
5. Shcherbina E.Yu., Klochko E.R. Participatory design as a tool for the urban environment development. *Administrative consulting*. 2021; 7:68-79. DOI: 10.22394/1726-1139-2021-7-68-79 (rus.).
6. Bernhard I. *E-government and E-governance: Local Implementation of E-government Policies in Sweden: doctoral thesis*. Stockholm, Royal Institute of Technology, 2014.
7. Bernhard I., Olsson A.K., Lundh Snis U. Inclusive place innovation as a means for local community. *Diversity, Innovation and Clusters*. 2020; 57-80. DOI: 10.4337/9781789902587.00008
8. Hollands R.G. Will the real smart city please stand up? *City*. 2008; 12(3):303-320. DOI: 10.1080/13604810802479126
9. Johnson B., Andersen A.D. *Learning, Innovation and Inclusive Development — New perspectives on economic development strategy and development aid*. Aalborg University Press, 2012.
10. Ashworth G.J., Graham B. Senses of place, senses of time and heritage. *A Museum Studies Approach to Heritage*. 2018; 374-380. DOI: 10.4324/9781315668505-30
11. Brian P., Antonopoulou S. *BIM for cultural heritage: development of an information model of a historical building*. 2019; 104. (rus.).
12. Yang R.J. An investigation of stakeholder analysis in urban development projects: empirical or rationalistic perspectives. *International Journal of Project Management*. 2014; 32(5):838-849. DOI: 10.1016/j.ijproman.2013.10.011
13. Li Y., Hunter C. Community involvement for sustainable heritage tourism: a conceptual model. *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*. 2015; 5(3):248-262. DOI: 10.1108/JCHMSD-08-2014-0027
14. Nelzina O.Yu., Okorokov A.V., Polyakov T.P. *Theme parks as museum-type institutions: problems and prospects*. Moscow, Heritage Institute, 2019.
15. Li Z., Zhu S., Hong H., Li Y., El Saddik A. City digital pulse: a cloud based heterogeneous data analysis platform. *Multimedia Tools and Applications*. 2017; 76(8):10893-10916. DOI: 10.1007/s11042-016-4038-2
16. Vasilenko I.A., Egorov A.N., Lyulko A.N., Vasilenko E.V. "Smart city" of the XXI century. Moscow, International Relations, 2018; 255. (rus.).
17. Voronina E.V., Zavedeev E.V., Zubareva L.V., Kuramshina A.V., Fedorov D.A., Sergeeva I.V. *Examples of successful implementation of the concept smart cities in Russia and abroad. Methods and tools for design and implementation of "smart city" projects in Ugra*. Novosibirsk, Sibprint Publishing House, 2018; 179. (rus.).
18. Drobysheva T.V., Zhuravlev A.L. *Socio-psychological research of the city*. Moscow, Publishing House of the Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences, 2016; 272. (rus.).
19. Yastrebova N.A. *Preservation of historical urban settlements by methods of urban zoning*. Volgograd, VolgSTU, 2019; 196. (rus.).

Received February 3, 2022.

Adopted in revised form on April 13, 2022.

Approved for publication on April 13, 2022.

BIONOTES: Anastasia M. Repeva — PhD (Political Sciences), Associate Professor of the Department of Urban Planning; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ID RISC: 698717, Scopus: 57216628662, ORCID: 0000-0002-5124-0317; repevaam@mgsu.ru.

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 711.5

DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.417-427

Особенности градостроительного зонирования территорий размещения объектов туристического сервиса в прибрежных городах

Елена Витальевна Щербина, Тхань Кам Нгуен

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(НИУ МГСУ); г. Москва, Россия*

АННОТАЦИЯ

Введение. Рассматриваются вопросы совершенствования прибрежных территорий городов с градоформирующей функцией туризма. Курортный или оздоровительный туризм активно развивается в Турции, Таиланде, Египте, Вьетнаме и других странах, с акцентом на высокий уровень обслуживания гостиничных комплексов, которые занимают большие площади прибрежных территорий, что приводит к возникновению конфликтов интересов местного населения, инвесторов и туристов. Решение этих разногласий может быть получено методами градостроительного зонирования городских территорий.

Материалы и методы. На основе системного подхода, в котором город исследуется как социально-природно-антропогенная система, выявлены основные противоречия, возникающие при организации туристических объектов в структуре города, а также определены особенности градостроительного зонирования. Использованы данные из открытых источников, генеральный план города Туйхоа, как аналогового объекта прибрежных городов южного и центрального побережья Вьетнама.

Результаты. Ключевой критический фактор при расположении объектов для туристов — доступность пляжных территорий, которые служат главной точкой притяжения. Комфортное расстояние не должно превышать 1000 м. Одним из планировочных приемов может быть формирование урбанизированных локаций — курортных функциональных зон (КФЗ), предназначенных для объектов туристического сервиса, включающих различные формы размещения туристов. Разработаны предложения (принципиальные схемы) градостроительного зонирования территорий центральной части города, обеспечивающие доступность городских пляжей, формирование уличной сети КФЗ исходя из пешеходной доступности пляжа, а также схемы планировки территории КФЗ, предполагающие обеспечение защитной зоны.

Выводы. Градостроительное зонирование территорий курортного города следует проводить с учетом особенностей, которые обусловлены индустрией туризма; для массового размещения туристов необходимы локальные зоны, которые сделают возможным баланс между развитием туризма и сохранением жилой и общественной среды, доступность пляжей. Формирование защитной полосы вдоль береговой линии позволит создать комфортное общественное рекреационное пространство для туристов и жителей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: системный подход, градостроительное зонирование, доступность пляжей, индустрия туризма, объекты туристического сервиса, прибрежные города

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Щербина Е.В., Тхань Кам Нгуен. Особенности градостроительного зонирования территорий размещения объектов туристического сервиса в прибрежных городах // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. Вып. 4. С. 417–427. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.417-427

Автор, ответственный за переписку: Тхань Кам Нгуен, ncvgasu@gmail.com.

Urban zoning features of territories for tourist services facilities placement in coastal cities

Elena V. Shcherbina, Thanh Cam Nguyen

*Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU); Moscow,
Russian Federation*

ABSTRACT

Introduction. The article deals with the development of coastal territories of cities with the city-forming function of tourism. The tourism industry is currently viewed as a promising area of economic development for many countries and cities. Resort tourism or health tourism is actively developing in Turkey, Thailand, Egypt, Vietnam and other countries, with an emphasis on a high level of service for hotel complexes that occupy large areas of coastal territories, which leads to conflicts of interest for the local population, investors and tourists. The solution to these conflicts can be obtained by methods of urban zoning.

Materials and methods. On the basis of a systematic approach, in which the city is considered as a social-natural-anthropogenic system, the main contradictions that arise when placing tourist facilities in the structure of the city and

the features of the town-planning zoning of these territories are identified. The article uses data from open sources, the general plan of Tuy Hoa, as an analog object of coastal cities of the south-central coast of Vietnam.

Results. It is shown that the main critical factor in the placement of tourist accommodation facilities is the availability of beach areas, which serve as the main point of attraction. In this case, the comfortable distance should not exceed 1000 m. One of the planning techniques aimed at resolving conflicts can be the formation of urbanized locations — resort functional zones (KFZ), specially designed for the placement of tourist service facilities, including various forms of tourist accommodation. Proposals (schematic diagrams) for urban zoning of the central part of the city have been developed, ensuring the availability of city beaches; the formation of a street network of KFZ, based on the principle of pedestrian accessibility of the beach, as well as the formation of a planning scheme of the KFZ territory, providing for the provision of a protective zone.

Conclusions. Urban zoning of the resort city' territory should be carried out taking into account the peculiarities that are due to the tourism industry; for the mass accommodation of tourists, local zones should be envisaged, which will ensure a balance between the development of tourism and the preservation of the residential and public environment, the accessibility to the beach; the formation of a protective strip along the coastline will create a comfortable public recreational space for tourists and residents with the aim of stable and sustainable development in the future.

KEYWORDS: tourism industry, systematic approach, urban zoning, accessibility of beaches, territorial planning, tourist service facilities, coastal cities

FOR CITATION: Shcherbina E.V., Thanh Cam Nguyen. Urban zoning features of territories for tourist services facilities placement in coastal cities. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2022; 17(4):417-427. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.417-427 (rus.).

Corresponding authors: Thanh Cam Nguyen, ncvgasu@gmail.com.

ВВЕДЕНИЕ

В курортных прибрежных городах в равной степени как для приезжающих, так и местных жителей основной точкой притяжения служат прибрежная территория и пляжная зона [1–3]. Это приводит к увеличению спроса на эти земли, стоимости недвижимости и повышению плотности отдыхающих вследствие желания инвесторов получить максимальную прибыль. Правительство сталкивается с необходимостью введения новых механизмов градорегулирования при освоении данных территорий. В связи с этим требуется поиск рациональных планировочных решений для создания комфортной среды жизнедеятельности и рационального землепользования.

Во Вьетнаме в настоящее время имеется много прибрежных городов, где береговая линия занята рядом частных курортов, там нет дорог для пешехо-

дов и доступа к пляжу [4, 5]. Так, более 45 км береговой линии от подножия горы Сонча (Дананг) до Хойана занимают частные курорты. Многие инвесторы, получив землю, отгородили всю береговую линию, но не начали строительство, что привело к нехватке прибрежных земель, росту цен на землю с целью перепродажи (рис. 1). Кроме того, в прибрежной зоне расположены высотные здания, что вызывает много споров. Многие думают, что строительство высотных домов вдоль побережья — это хороший тренд развития, приносящий коммерческую выгоду и создающий оживленный городской образ [6, 7]. Существует и противоположное мнение, что такая ситуация во Вьетнаме приносит больше вреда, чем пользы [8]. Например, закрывается вид на море, увеличивается загрязнение окружающей среды из-за большого движения транспорта, заторов на дорогах и острой нехватки общественных мест, что



Рис. 1. Прибрежная зона в Хойан – Дананге, Вьетнам [4, с дополнениями Т.К. Нгуен]

Fig. 1. Hoi An-Da Nang coastal zone, Vietnam [4, with additions by T.K. Nguyen]

приводит к ухудшению микроклиматических условий. Градостроительное зонирование должно быть направлено на решение этих проблем.

Важность общественного доступа к пляжу подчеркивалась в многочисленных исследованиях в России и в мире [9–12]. Морское пространство может считаться общественным ресурсом только тогда, когда оно доступно всем. Концентрация людей и их деятельность создает качественную динамическую среду прибрежной зоны [3]. Таким образом, проблема, возникающая в процессе городского планирования, заключается в достижении баланса между потребностями развития туризма и необходимостью сохранения общественной среды, обеспечивая право доступа к пляжу, объектам торговли, развлечения, природным достопримечательностям для туристов и местных жителей, что и стало целью данного исследования.

Для достижения цели следует решить следующие задачи:

- определить градостроительный инструмент регулирования для территорий размещения туристических объектов;
- выявить особенности градостроительного зонирования территорий размещения объектов туристического сервиса в прибрежных городах;
- разработать принципиальные схемы структуры территориальных зон.

Актуальность исследования обоснована необходимостью реализации Генерального плана развития туризма в регионе Южно-центрального побережья до 2020 года с перспективой до 2030 года, утвержденного премьер-министром Вьетнама¹.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовался системный подход, согласно которому город рассматривался как целостная система, включающая подсистемы: экологическую, социальную, антропогенную, экономическую и управления [13]. Эти подсистемы тесно связаны и поддерживают друг друга, формируя основу для устойчивого развития. Теория и методы градостроительного зонирования направлены на создание устойчивой планировочной городской структуры, позволяют посредством заложенных в них механизмов установления функционального назначения тер-

риторий и градостроительных регламентов обеспечить разработку проектов планировки территории в соответствии с принятой концепцией. Этот подход был реализован в решении поставленной задачи. Исходными данными послужили материалы открытых источников, генеральный план города Туйхоа (столица провинции Фуйен). Город расположен в центральной части Вьетнама, именно он был выбран объектом исследования (рис. 2). Туйхоа можно рассматривать как аналоговый объект для других городов Вьетнама, приведенных на рис. 2, которые имеют общие признаки. Города располагаются на оси автомобильных, железных дорог, размещения объектов воздушного и морского транспорта национального значения.



Рис. 2. Схема расположения городов в центральной части Вьетнама (рисунок авторов)

Fig. 2. Authors' scheme of cities in the central part of Vietnam

За исключением больших городов, таких как Дананг (с населением более 1 млн чел.) и Нячанг (с населением более 500 тыс. чел.), во всех остальных городах проживает от 100 до 300 тыс. чел., плотность населения составляет в среднем около 2000 чел./км². Природные и культурно-исторические ресурсы городов заключаются в наличии длинной и красивой береговой линии, чистом воздухе, множестве пляжей. Кроме того, в радиусе 60 км от города Туйхоа есть около 30 больших и маленьких пляжей, горячие источники, множество островов и полуостровов, а также около 40 разнообразных культурных и исторических мест.

¹ Phê duyệt quy hoạch tổng thể phát triển du lịch vùng duyên hải nam trung bộ đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2030. Quyết định số 2350/QĐ-TTg ngày 24.12.2014. Thủ tướng chính phủ Việt Nam. Hà Nội. 2014 (Генеральный план развития туризма в регионе Южно-центрального побережья до 2020 года с перспективой до 2030 года : решение № 2350/QĐ-TTg от 24.12.2014 : утв. премьер-министром Вьетнама. Ханой, 2014). URL: <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Van-hoa-Xa-hoi/Quyết-dinh-2350-QĐ-TTg-2014-Quy-hoach-tong-the-phat-trien-du-lich-vung-Duyen-hai-Nam-Trung-Bo-den-2020-261620.aspx>

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ сложившейся ситуации и планировочной структуры Туйхоа позволяет определить факторы, влияющие на доступ к пляжу, к ним относятся: дорожно-транспортная и пешеходная системы; взаимное расположение жилых, производственных и общественно-деловых и рекреационных зон, этажность и плотность застройки. Транспортная система действует как средство обеспечения доступа к пляжу наиболее удобным способом, в то время как общественные пространства служат «магнитами», привлекающими людей. Соответственно, чтобы решить проблему доступа людей к пляжу, необходимо учитывать все вышеперечисленные факторы. В результате современного формирования планировочной структуры города следует отметить два принципиально разных направления. Первое — уплотнение существующей застройки в центральной части города путем строительства на прибрежных территориях высотных отелей класса люкс. Это приводит к дополнительной нагрузке на градостроительный каркас территории, увеличению плотности населения. Второе — образование курортов вдоль побережья на принципах автономности, что удобно в части поиска инвесторов. Однако отсутствие общей концепции планировки территории приводит к созданию проблем доступа отдыхающих к пляжу. Поэтому для решения поставленной задачи в планировочной структуре города предложено выделить две зоны:

- центральная часть города;
- территории курортных зон.

Следует отметить, что при освоении прибрежной территории защита ресурсов морской среды должна быть ориентирована на долгосрочное устойчивое развитие. Чтобы гарантировать сохранение целостности морских ресурсов, многие страны создают прибрежные защитные полосы [14–18]. Это — буферное пространство, на котором запрещена деятельность на охраняемой территории, прилегающей к морю. Обычно здесь под запретом и строительные работы. Ширина полосы зависит от рельефа и характера каждой прибрежной зоны. Для Вьетнама эти полосы рассчитываются от самой высокой линии прилива по направлению к матерiku с расстоянием от 50 до 100 м². Поэтому на всех прибрежных территориях необходимо предусмотреть защитные полосы. Каждый тип прибрежной территории имеет разные планировочные решения для доступа к пляжу.

² Указано в следующих документах: Thông tư số 29/2016/TT-BTNMT «Quy định kỹ thuật thiết lập hành lang bảo vệ bờ biển». Bộ Tài nguyên và Môi trường Việt Nam. Hà Nội. 2016. (Циркуляр № 29/2016/TT-BTNMT «Технический регламент по созданию береговой защиты коррекции» // Министерство природных ресурсов и окружающей среды Вьетнама. Ханой. 2016). URL: <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Tai-nguyen-Moi-truong/Thong-tu-29-2016-TT-BTNMT-Quy-dinh-ky-thuat-thiet-lap-hanh-lang-bao-ve-bo-bien-328523.aspx>

Пляжи в центральной части города

Эта пляжная зона относится к территориям высокой градостроительной ценности, поэтому стоит ограничить строительство крупных курортов в этом районе, освободив место для размещения коммерческих предприятий с небольшой площадью застройки, имеющих большую экономическую эффективность. Планировочное решение для данной территории разделено на три основные части (рис. 3):

- открытое пространство между пляжем и первой дорогой, которое помогает жителям и туристам легко добраться до пляжной зоны. Оно выполняет функцию второй прибрежной защитной полосы. Эта территория относится к рекреационным зонам, предназначена для размещения парков, скверов, бульваров с открытым доступом к городскому пляжу, а также небольших малоэтажных предприятий общественного питания;

- территория, расположенная между дорогами, представляет собой зону общественно-делового назначения, на которой допускается размещение коммерческих зданий различной этажности, высота которых увеличивается по мере удаления от моря: офисов, торговых центров, гостиниц для деловых туристов. Ширина зоны зависит от уровня развития города;

- территории, находящиеся за общественной зоной, целесообразно отнести к зонам жилой застройки — это жилая зона для местных жителей.

При таком разделении будет обеспечен режим проветривания, а регулирование этажности застройки даст возможность создать архитектурный облик, отвечающий современным требованиям формирования комфортной и безопасной среды жизнедеятельности (рис. 4).

Территории локальной урбанизации, предназначенные для размещения туристов — курортные функциональные зоны

Как показывают исследования, при высоком уровне туристического потока курортные функциональные зоны (КФЗ) следует организовывать в виде урбанизированных локаций по принципу жилых многофункциональных зон [19]. В некотором смысле КФЗ имеет аналогию с жилыми территориями города (микрорайон), но отличается набором объектов социально-бытового назначения, предназначенных для обслуживания туристов. Такое планировочное развитие позволяет сохранить самобытность города, обеспечить комфортное проживание населения и санитарно-гигиеническую безопасность, что особенно важно во время эпидемиологической напряженности.

Территория с позиции объектов размещения туристов разделяется по их удаленности от пляжа. Целесообразно выделить три линии (рис. 5):

- предприятия размещения туристов на первой линии: пешеходная доступность пляжа 100–150 м,

между отелем и пляжем нет преград, в том числе автомобильной дороги. Это — малоэтажные (1–2 этажа) курортные элитные отели, часто представляют собой комплексы отдельных построек, таких как бунгало, виллы с бассейнами, ресторанами, барами и т.д.;

- объекты размещения туристов на второй линии: пешеходная доступность до 300 м, между пляжем и отелем есть автомобильная дорога. Здесь возможно расположение отелей от малой до средней этажности;

- предприятия размещения туристов на третьей линии: пешеходная доступность пляжа более 300 м, между пляжем и отелем находятся объекты развлечения и обслуживания туристов. На этой территории возможно расположение отелей от малоэтажных до высотных.

Регулирование высотности застройки с учетом реального рельефа территории, расположенной на трех линиях, позволит обеспечить благоприятный микроклимат и сформировать городской современный ландшафт (рис. 6).

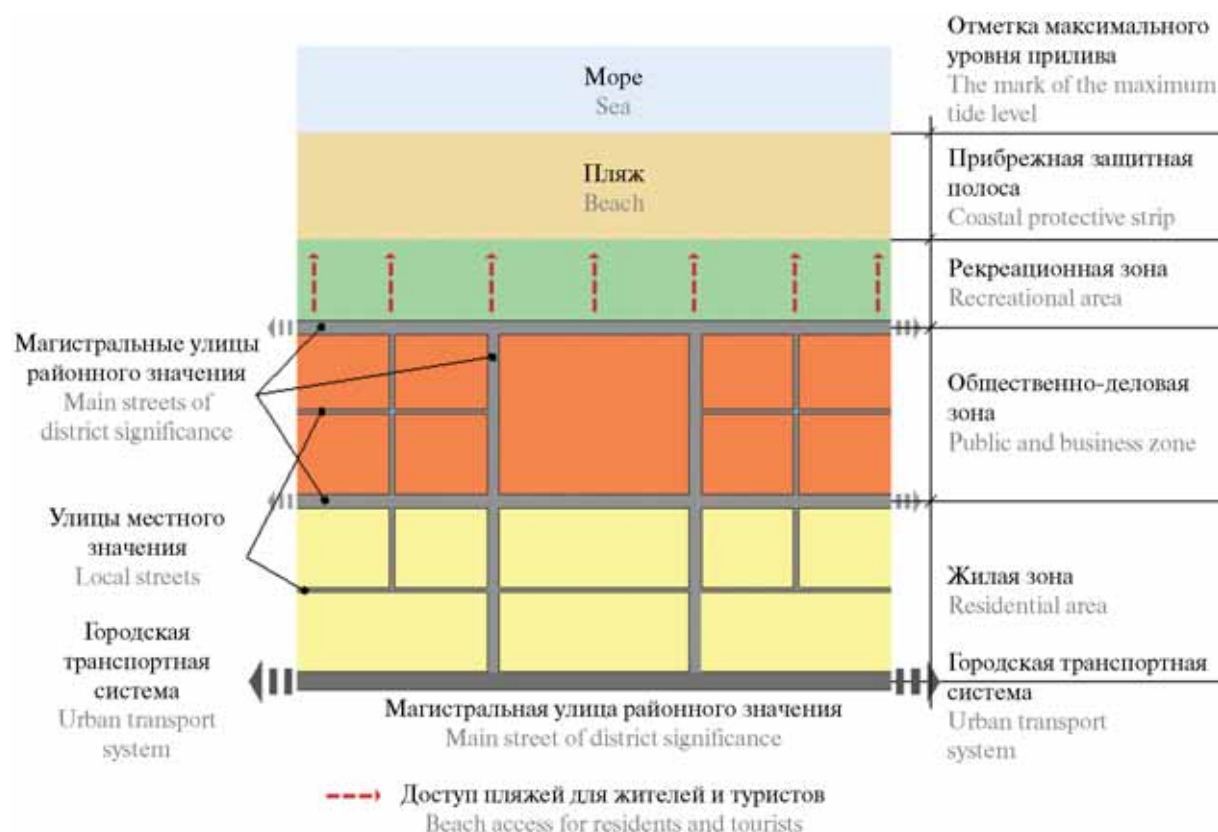


Рис. 3. Схема планировочной структуры территории центральной части города (рисунок авторов)

Fig. 3. Authors' scheme of the planning structure of the territory of the central part of the city



Рис. 4. Поперечный профиль прибрежной зоны в центральной части города (рисунок авторов)

Fig. 4. Cross-section of the coastal zone in the central part of the city, made by authors

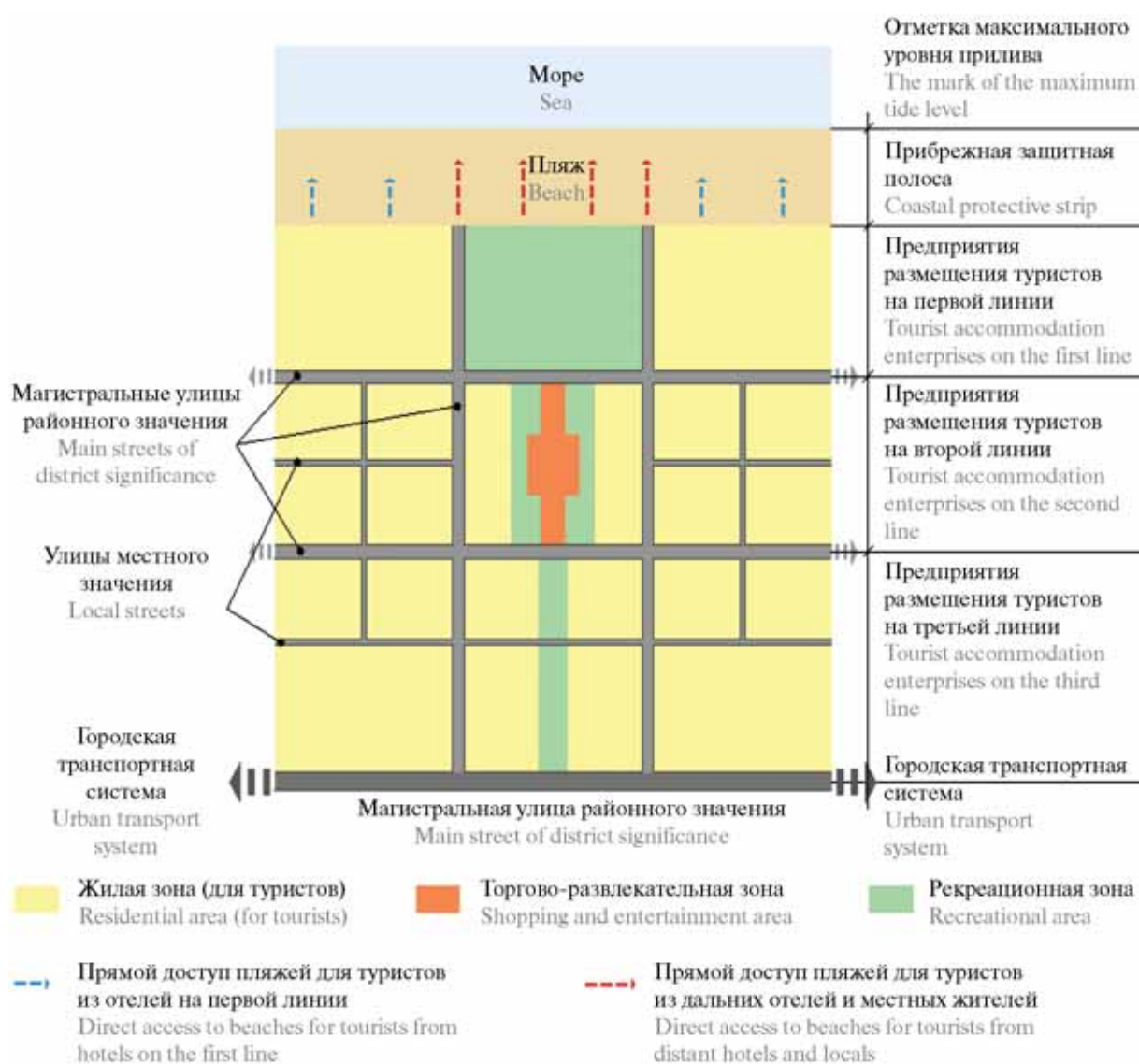


Рис. 5. Схема планировочной структуры КФЗ (рисунок авторов)

Fig. 5. Authors' scheme of the planning structure of the territories of the resort functional zones (KFZ)

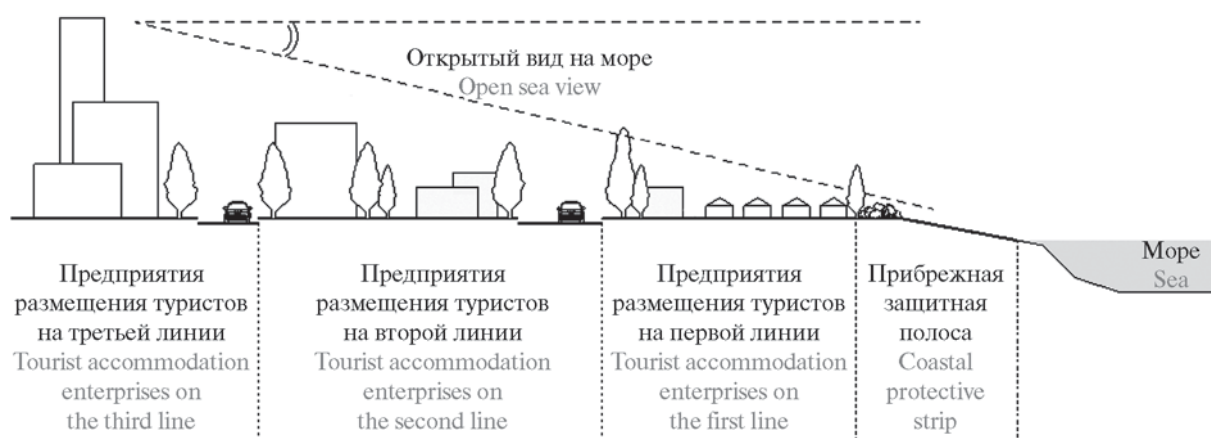


Рис. 6. Поперечный профиль территории локальной урбанизации КФЗ (рисунок авторов)

Fig. 6. Authors' cross-sectional profile of local urbanization territories (KFZ)

Уличная сеть КФЗ должна быть ориентирована на пешеходное движение с высокой долей маломобильных групп. Согласно исследованию Юн Янга и соавторов [20], которое проводилось в США, более 50 % респондентов могут пройти 0,7 мили (около 1 км) до места назначения для отдыха, что также подтверждается результатами исследования продолжи-

тельности прогулок: более 50 % респондентов потратили 15 минут на прогулку до места назначения для отдыха (рис. 7).

Таким образом, оптимальное расстояние, которое человек проходит пешком с целью отдыха, составляет приблизительно 1 км. Тогда при прямоугольной сетке улиц (рис. 8) соотношение между

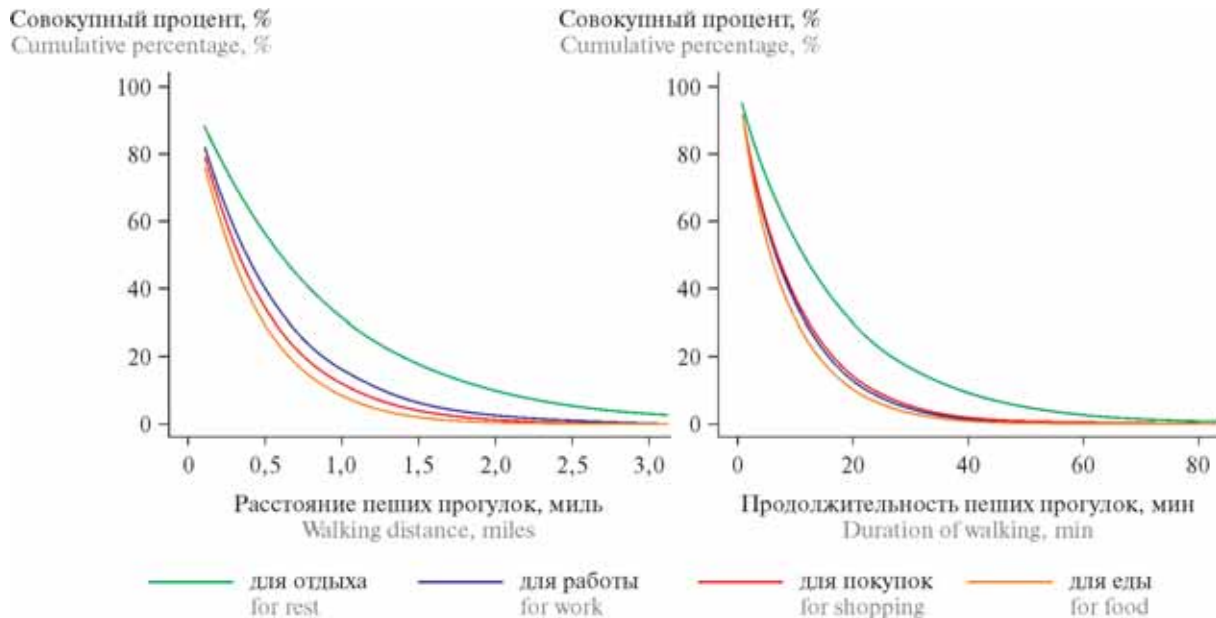


Рис. 7. Зависимость предпочтений расстояний и продолжительности пешех передвижений с различными целями [20]

Fig. 7. Depicts the relationship between distance preferences and walking duration for various purposes [20]

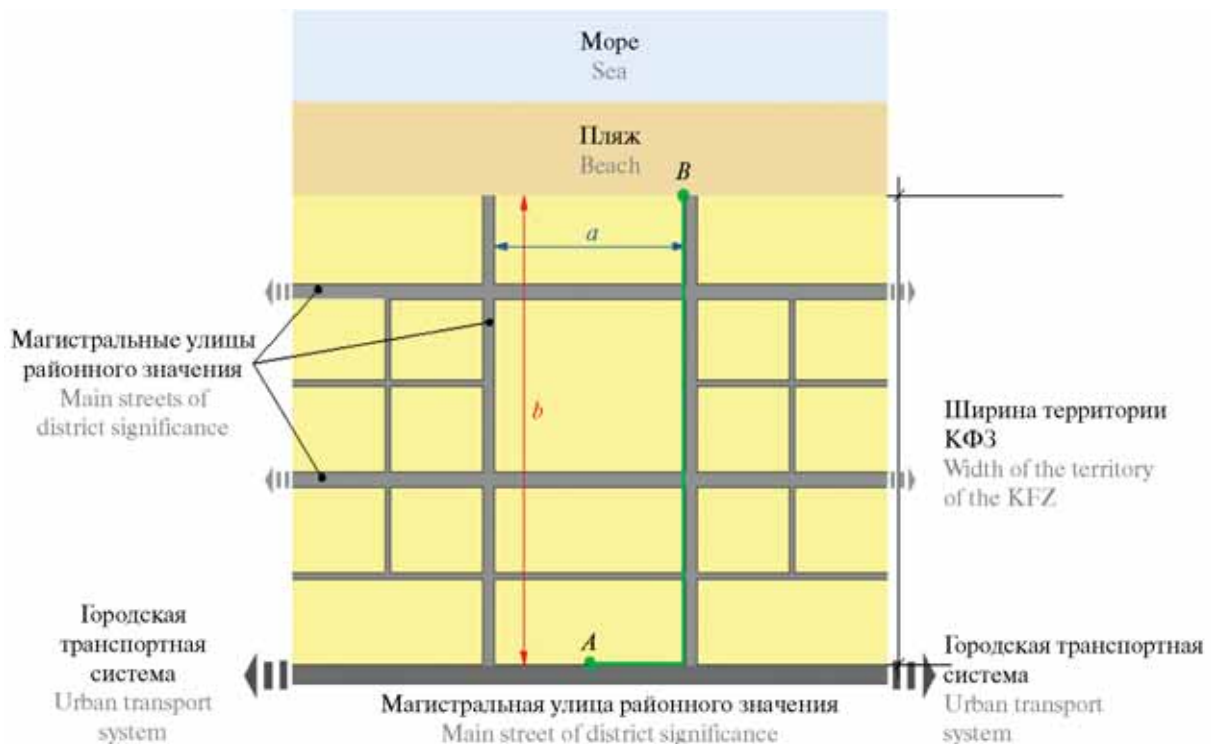


Рис. 8. Схема уличной сети КФЗ (рисунок авторов)

Fig. 8. Authors' scheme of the KFZ street network

параметрами может быть определено формулой (1). Использование выражения даст возможность определить ориентировочные размеры кварталов застройки

$$\frac{a}{2} + b \leq 1 \text{ км}, \quad (1)$$

где a — расстояние между улицами, перпендикулярными побережью; b — расстояние между параллельными улицами КФЗ.

Кроме того, в КФЗ должны быть общественные пространства, предназначенные для размещения пар-

ков, скверов, бульваров, коммерческих центров, сувенирных рынков под открытым небом и др. (рис. 4). Эти общественные пространства создают привлекательность и уникальность курорта, служат коммерческими площадями для расположения объектов питания, торговли и развлечения. Через них проходит маршрут движения туристов к пляжной зоне. Рекреационная территория прибрежной КФЗ может быть соединена с рекреационной зоной в центральной части города для создания прибрежной набережной и зеленого паркового пояса вдоль городского побережья (рис. 9).

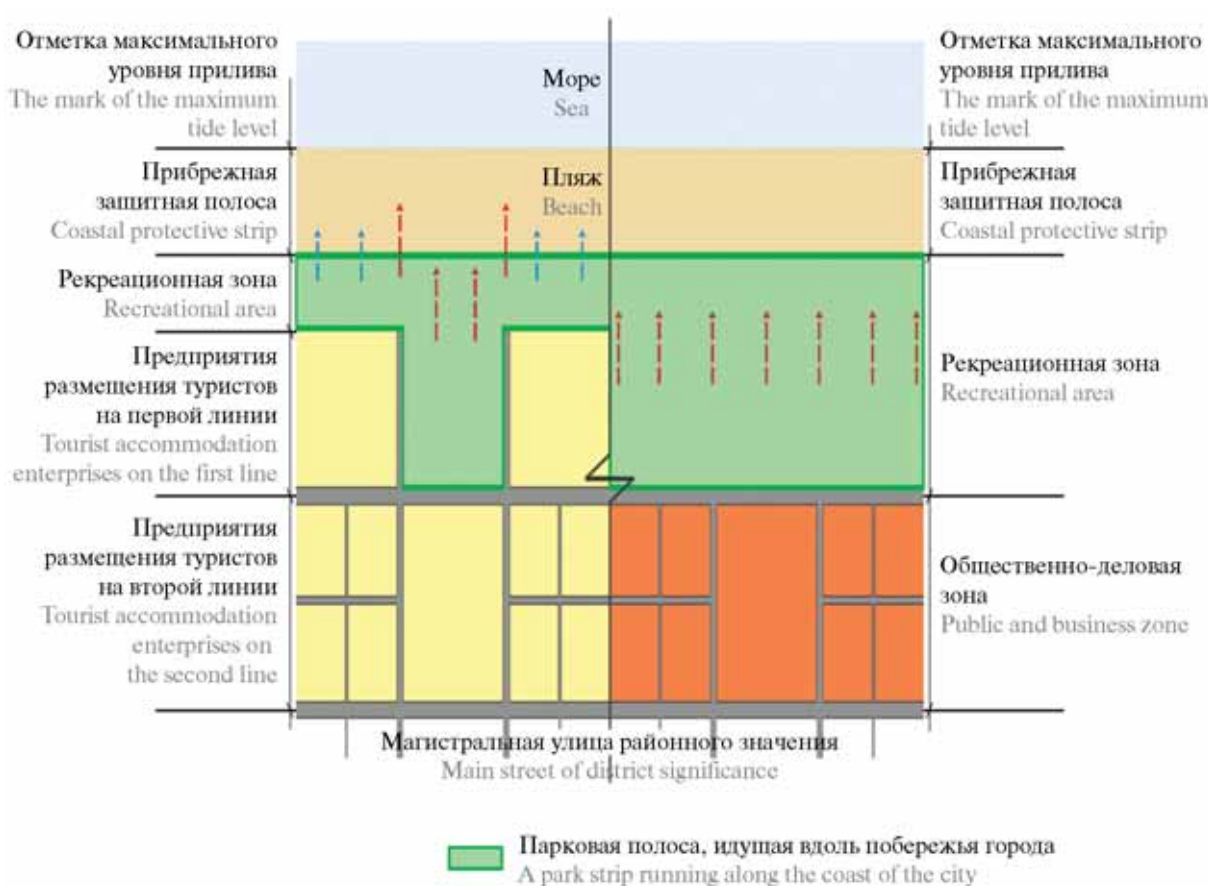


Рис. 9. Схема планировочной организации парковой зоны вдоль побережья города (рисунок авторов)

Fig. 9. Authors' scheme of planning organization of park zones along the city's coast

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Развитие планировочной структуры прибрежного курортного города, в котором индустрия туризма определена в качестве градоформирующего направления, имеет свои особенности, связанные с размещением объектов гостиничного сервиса. В прибрежных городах это приводит к возникновению конфликтов интересов местного населения, инвесторов и туристов при планировке территорий береговой линии, которые имеют высокую градостроительную и экологическую ценность. Разреше-

ние этих противоречий возможно на уровне разработки схем градостроительного зонирования и градостроительных регламентов, позволяющих установить режим функционального использования и предельные параметры земельных участков и объектов недвижимости.

Основной точкой притяжения жителей приморских городов и туристов служит пляж. Исходя из условия доступности этих территорий сформулированы предложения по формированию урбанизированных локаций — курортных функциональных зон, предназначенных для объектов туристического сер-

виса, включая различные формы размещения туристов, своеобразных производственных зон, представляющих места трудовой занятости для населения. В этом случае становится возможным зонирование территорий с учетом специфики интересов отдыхающих и постоянного населения.

Разработаны принципиальные схемы планировочной организации территорий центральной части

города и урбанизированных локаций КФЗ, обеспечивающих доступность пляжей, организацию уличной сети, общественных и рекреационных зон. Такой подход позволит сформировать защитную полосу вдоль береговой линии, а в перспективе создать рекреационное общественное пространство, направленное на развитие устойчивой и комфортной среды жизнедеятельности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ragheb A., EL-Ashmawy R. Urban waterfront development for designing space in coastal cities // International Journal of Sustainable Development and Planning. 2020. Vol. 15. Issue 3. Pp. 345–352. DOI: 10.18280/ijstdp.150311
2. Giovinnazzi O., Moretti M. Port cities and urban waterfront: Transformations and opportunities // TeMA — Journal of Land Use, Mobility and Environment. 2010. Vol. 2. DOI: 10.6092/1970-9870/123
3. Щербина Е.В., Тарек Авад Эль Сайед Мохамед Юсеф. Анализ транспортно-планировочной структуры приморских рекреационных районов Египта // Вестник МГСУ. 2009. № 1. С. 20–24.
4. Nguyễn N.H., Trần H.N. Lựa chọn công cụ quản lý phát triển bền vững cảnh quan du lịch đô thị biển // Tạp chí quy hoạch đô thị. 2018. 26. (Нгуен Н.Х., Тран Х.Н. Выбор инструментов для устойчивого управления и развития ландшафта туризма прибрежных городов // Журнал градостроительства. 2018. 26 с.) URL: https://www.academia.edu/39383537/L%E1%BB%B1a_ch%E1%BB%8Dn_c%C3%B4ng_c%E1%BB%A5_qu%E1%BA%A3n_l%C3%BD_ph%C3%A1t_tri%E1%BB%83n_b%E1%BB%81n_v%E1%BB%AFng_c%E1%BA%A3nh_quan_du_l%E1%BB%8Bch_%C4%91%C3%B4_th%E1%BB%8B_bi%E1%BB%83n_Chosing_tools_for_sustainable_urban_landscape_development_in_tourist_coastal_cities_
5. Нгуен Т.К. Влияние туризма на развитие прибрежных городов Вьетнама // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 10–1 (100). С. 34–41. DOI: 10.23670/IRJ.2020.100.10.007
6. Nguyễn N. Kiến trúc cao tầng ven biển trong các đô thị lớn / Tạp chí Kiến trúc. 2019. (Нгуен Н. Прибрежная высотная архитектура в больших городах // Архитектурный журнал. 2019). URL: <https://www.tapchikientruc.com.vn/chuyen-muc/kien-truc-cao-tang-ven-bien-trong-cac-do-thi-lon.html>
7. Trịnh H.V. Những lợi thế và bất cập của kiến trúc cao tầng tại các đô thị ven biển Nam Trung bộ / Tạp chí Kiến trúc Việt Nam. 2017. (Тринь Х.В. Преимущества и недостатки высотной архитектуры в южно-центральных прибрежных городах // Журнал «Архитектура Вьетнама». 2017). URL: [https://kientrucvietnam.org.vn/nhung-loi-the-va-bat-cap-cua-](https://kientrucvietnam.org.vn/nhung-loi-the-va-bat-cap-cua-kien-truc-cao-tang-tai-cac-do-thi-ven-bien-nam-trung-bo/)
8. Trần H.T. Xây dựng cao tầng mặt tiền hướng biển: Lợi bất cập hại / Tạp chí Kiến trúc Việt Nam. 2017. (Чан Х.Т. Строительство многоэтажных домов с видом на море: достоинства и недостатки // Журнал «Архитектура Вьетнама». 2017). URL: <https://kientrucvietnam.org.vn/18586/>
9. Пегушина А.А. Пляжные территории в Крыму: проблемы и перспективы // Сервис в России и за рубежом. 2019. № 2 (84). С. 141–151. DOI: 10.24411/1995-042X-2019-10213
10. Рожков А.В., Кононов И.С., Иванов О.В. Эволюция подходов в организации общественных пространств курортного города в Крыму // Достижения науки и образования. 2018. № 10 (32). С. 64–71.
11. Anisimova N.N., Karamova A.S. Modular improvement of beach areas // Colloquium-journal. 2020. № 35 (87). Pp. 19–20. DOI: 10.24412/2520-6990-2020-3587-19-20
12. Ильичева Д.А. Зарубежный опыт использования прибрежных территорий // Architecture and Modern Information Technologies. 2016. № 3 (36). С. 10.
13. Теличенко В.И., Щербина Е.В. Социально-природно-техногенная система устойчивой среды жизнедеятельности // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 6. С. 5–12. DOI: 10.33622/0869-7019.2019.06.5-12
14. Сатдаров А.З. Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы в законодательных системах России и мира // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2015. Т. 25. № 4. С. 35–44.
15. Погодина Е.И., Дегтярева Е.П., Волынец М.А. Технические и правовые проблемы при проектировании водоохранных зон и прибрежных защитных полос в городском природообустройстве // Инновационная наука. 2016. № 5–2 (17). С. 153–156.
16. Trần V.C. Quy hoạch, quản lý cảnh quan và các công trình xây dựng tại hành lang bảo vệ bờ biển của Việt Nam / Tạp chí Quy hoạch Xây dựng. 2020. 105. 32–39 (Тран В.С. Планирование, управление ландшафтными и строительными работами на участке коридора защиты побережья Вьетнама // Журнал

«Планирования и строительства». 2020. Т. 105. С. 32–39). URL: <https://moc.gov.vn/tl/tin-tuc/63961/quy-hoach-quan-ly-can-hoach-quan-va-cac-cong-trinh-hay-dung-tai-hanh-lang-bao-ve-bo-bien-cua-viet-nam.aspx>

17. Зельман О.С., Сухомлинова Н.Б. Особенности проектирования водоохранных зон и прибрежных защитных полос // Экономика и экология территориальных образований. 2019. Т. 3. № 3. С. 48–55. DOI: 10.23947/2413-1474-2019-3-3-48-55

18. Жариков Е.А. Проблемы формирования водоохранных зон водных объектов в России и странах

Европы // StudNet. 2021. Т. 4. № 7. С. 173. DOI: 10.24411/2658-4964-2021-103679

19. Щербина Е.В., Нгуен Т.К. Градостроительные задачи развития туризма прибрежных городов Вьетнама // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования : сб. докл. Первой национальной конференции. 2020. С. 605–610.

20. Yang Y., Diez-Roux A.V. Walking distance by trip purpose and population subgroups // American Journal of Preventive Medicine. 2012. Vol. 43. Issue 1. Pp. 11–19. DOI: 10.1016/j.amepre.2012.03.015

Поступила в редакцию 24 марта 2022 г.

Принята в доработанном виде 13 апреля 2022 г.

Одобрена для публикации 13 апреля 2022 г.

О Б АВТОРАХ: Елена Витальевна Щербина — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры градостроительства; Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; РИНЦ ID: 1052643, ResearcherID: AAG-1758-2019, ORCID: 0000-0002-6797-7559; scherbinaEV@mgsu.ru;

Тхань Кам Нгуен — магистр архитектуры, аспирант кафедры градостроительства; Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; РИНЦ ID: 1066242; ResearcherID: ABF-6798-2021; ORCID: 0000-0002-9982-8355; ncvgasu@gmail.com.

Вклад авторов:

Щербина Е.В. — научное руководство, концепция исследования, развитие методологии, участие в разработке учебных программ и их реализации, доработка текста, итоговые выводы.

Нгуен Т.К. — концепция исследования, развитие методологии, написание исходного текста, доработка текста, итоговые выводы.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

REFERENCES

1. Ragheb A., EL-Ashmawy R. Urban waterfront development for designing space in coastal cities. *International Journal of Sustainable Development and Planning*. 2020; 15(3):345-352. DOI: 10.18280/ijstdp.150311

2. Giovinazzi O., Moretti M. Port cities and urban waterfront: Transformations and opportunities. *TeMA — Journal of Land Use, Mobility and Environment*. 2010; 2. DOI: 10.6092/1970-9870/123

3. Shcherbina E.V., Tarek Awad El Sayed Mohamed Yousef. Analysis of the transport and planning structure of the coastal recreational areas of Egypt. *Vestnik MGSU [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]*. 2009; 1:20-24. (rus.).

4. Nguyễn N.H., Trần H.N. Lựa chọn công cụ quản lý phát triển bền vững cảnh quan du lịch đô thị biển / Tạp chí quy hoạch đô thị. 2018. 26. [Nguyễn N.H., Trần H.N. Chosing tools for sustainable urban landscape development in tourist coastal cities. *Urban Planning Journal*. 2018; 26.]. URL: [https://www.academia.edu/39383537/L%E1%BB%8B%8Dn_c%E1%BB%A5_qu%E1%BB%A3n_l%E1%BB%A1t_tr%E1%BB%A3n_b%E1%BB%A3n_v%E1%BB%AFng_c%E1%BB%A3n_h%E1%BB%8Bch_%C4%91%C3%B4_th%E1%BB%8B_bi%E1%BB%83n_Chosing_tools_for_sustainable_urban_landscape_development_in_tourist_coastal_cities_\(vietn.\)](https://www.academia.edu/39383537/L%E1%BB%8B%8Dn_c%E1%BB%A5_qu%E1%BB%A3n_l%E1%BB%A1t_tr%E1%BB%A3n_b%E1%BB%A3n_v%E1%BB%AFng_c%E1%BB%A3n_h%E1%BB%8Bch_%C4%91%C3%B4_th%E1%BB%8B_bi%E1%BB%83n_Chosing_tools_for_sustainable_urban_landscape_development_in_tourist_coastal_cities_(vietn.))

quan_du_l%E1%BB%8Bch_%C4%91%C3%B4_th%E1%BB%8B_bi%E1%BB%83n_Chosing_tools_for_sustainable_urban_landscape_development_in_tourist_coastal_cities_(vietn.).

5. Nguyen T.K. Influence of tourism on coastal city development in Vietnam. *International Research Journal*. 2020; 10-1(100):34-41. DOI: 10.23670/IRJ.2020.100.10.007 (rus.).

6. Nguyễn N. Kiến trúc cao tầng ven biển trong các đô thị lớn. *Tạp chí kiến trúc*. 2019. [Nguyễn N. Coastal high-rise architecture in large cities. *Architectural magazine*. 2019.] URL: <https://www.tapchikientruc.com.vn/chuyen-muc/kien-truc-cao-tang-ven-bien-trong-cac-do-thi-lon.html> (vietn.).

7. Trịnh H.V. Những lợi thế và bất cập của kiến trúc cao tầng tại các đô thị ven biển Nam Trung bộ. *Tạp Chí Kiến Trúc Việt Nam*. 2017. [Trinh H.V. Advantages and disadvantages of high-rise architecture in the south-central coastal cities. *Journal "Architecture of Vietnam"*. 2017.] URL: <https://kientrucvietnam.org.vn/nhung-loi-the-va-bat-cap-cua-kien-truc-cao-tang-tai-cac-do-thi-ven-bien-nam-trung-bo/> (vietn.).

8. Trần H.T. Xây dựng cao tầng mặt tiền hướng biển: Lợi bất cập hại. *Tạp Chí Kiến Trúc Việt Nam*. 2017. [Tran H.T. Construction of multi-storey buildings overlooking the sea: advantages and disadvantages. *Journal "Architecture of Vietnam"*. 2017.] URL: <https://kientrucvietnam.org.vn/18586/> (vietn.).
9. Pegushina A.A. Beach areas in Crimea: the problems and prospects. *Services in Russia and abroad*. 2019; 2(84):141-151. DOI: 10.24411/1995-042X-2019-10213 (rus.).
10. Rozhkov A.V., Kononov I.S., Ivanov O.V. Evolution of approaches to the organization of public spaces of the resort town in the Crimea. *Achievements of Science and Education*. 2018; 10(32):64-71. (rus.).
11. Anisimova N.N., Karamova A.S. Modular improvement of beach areas. *Colloquium-journal*. 2020; 35(87):19-20. DOI: 10.24412/2520-6990-2020-3587-19-20
12. Ilicheva D. An international experience in coastal areas usage. *Architecture and Modern Information Technologies*. 2016; 3(36):10. (rus.).
13. Telichenko V.I., Shcherbina E.V. Social-natural-technogenic system of sustainable environment of vital activity. *Industrial and Civil Engineering*. 2019; 6:5-12. DOI: 10.33622/0869-7019.2019.06.5-12 (rus.).
14. Satdarov A.Z. Water protection zones and coastal protection strips in the legal systems of Russia and the world. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*. 2015; 25(4):35-44. (rus.).
15. Pogodina E.I., Degtyareva E.P., Volynets M.A. Technical and legal problems in the design of water protection zones and coastal protection zones in urban environmental management. *Innovative Science*. 2016; 5-2(17):153-156. (rus.).
16. Trần V.C. Quy hoạch, quản lý cảnh quan và các công trình xây dựng tại hành lang bảo vệ bờ biển của Việt Nam. *Tạp chí Quy hoạch Xây dựng*. 2020; 105:32-39. [Tran V.C. Planning, management of landscape and construction works on the section of the Vietnamese coast protection corridor. *Journal of Planning and Construction*. 2020; 105:32-39.] URL: <https://moc.gov.vn/tl/tin-tuc/63961/quy-hoach-quan-ly-canh-quan-va-cac-cong-trinh-xay-dung-tai-hanh-lang-bao-ve-bo-bien-cua-viet-nam.aspx> (vietn.).
17. Sukhomlinova N.B., Zelman O.S. Features of water-protected zones designing and coastal protective strips. *Economy and Ecology of Territorial Formations*. 2019; 3(3):48-55. DOI: 10.23947/2413-1474-2019-3-3-48-55 (rus.).
18. Zharikov E.A. Problems of formation of water protection zones of water bodies in Russia and European countries. *StudNet*. 2021; 4(7):173. DOI: 10.24411/2658-4964-2021-103679 (rus.).
19. Shcherbina E.V., Nguyen T.K. Urban development tasks of tourism development in coastal cities of Vietnam. *Actual Problems of the Construction Industry and Education: The First National Conference*. 2020; 605-610. (rus.).
20. Yang Y., Diez-Roux A.V. Walking distance by trip purpose and population subgroups. *American Journal of Preventive Medicine*. 2012; 43(1):11-19. DOI: 10.1016/j.amepre.2012.03.015

Received March 24, 2022.

Adopted in revised form on April 13, 2022.

Approved for publication on April 13, 2022.

BIONOTES: **Elena V. Shcherbina** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Urban Planning; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ID RISC: 1052643, ResearcherID: AAG-1758-2019, ORCID: 0000-0002-6797-7559; scherbinaEV@mgsu.ru;

Thanh Cam Nguyen — master of architecture, postgraduate student of the Department of Urban Planning; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ID RISC: 1066242, ResearcherID: ABF-6798-2021, ORCID: 0000-0002-9982-8355; nvcgasu@gmail.com.

Contribution of the authors:

Elena V. Shcherbina — scientific management, research concept, methodology development, participation in development of curricula and their implementation, follow on revision of the text, final conclusions.

Thanh Cam Nguyen — research concept, methodology development, writing the draft, follow on revision of the text, final conclusions.

The authors declare no conflicts of interests.

Природный каркас города как опекаемое благо: институциональная среда и структурные изменения

Ольга Владимировна Бахарева^{1,2}, Тимур Загидович Ажимов³,
Лилия Ирековна Ажимова⁴

¹ Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ (КНИТУ – КАИ); г. Казань, Россия;

² Казанский государственный аграрный университет (Казанский ГАУ); г. Казань, Россия;

³ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); г. Москва, Россия;

⁴ Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КГАСУ); Казань, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Управление развитием биосоциальной инфраструктуры города позволяет сохранить природные объекты в городах и создать условия для здоровой жизни при высокой динамике урбанизации в России. Цель исследования — изучение институциональной среды городских лесов, как части природного каркаса города, и изменения структуры на примере Игумновского леса Казани. Задачи исследования: рекомендации по управлению городских рекреационных лесов как опекаемых общественных благ биосоциальной инфраструктуры города.

Материалы и методы. Использованы исторические данные из открытых источников мэрии г. Казани по планированию и реализации инвестиционных проектов управления городским лесом, парками и иными природными объектами. Применены методы структурного и функционального анализа, метод натурной фотофиксации лесов и зеленых насаждений Казани.

Результаты. Выявлены качественные изменения структурного и функционального характера Игумновского дубового леса, возникшие на этапе бесконтрольной эксплуатации природного объекта в отсутствие профессионального мониторинга и ухода за объектом, обозримых целей развития объекта. Управление совершенствованием природных объектов как опекаемых благ возможно на основе институтов общественной опеки и развития города.

Выводы. Институты общественной опеки и развития могут проводить изучение, диагностику состояния города с учетом многофакторности его социобиотехнической системы, создавать институциональную среду для прогресса общественных, природных и технических объектов, в том числе рынка лесных услуг, организовывать научные исследования, осуществлять профессиональный мониторинг и управление развитием биосферной инфраструктуры городов, проводить совместную активную работу с горожанами.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: градостроительство, природный каркас, опекаемое благо, институт общественной опеки, городское лесоводство, рекреационные леса, управление развитием, экоинновация

Благодарности. Авторы выражают благодарность за вдохновение своим друзьям и коллегам-архитекторам — доценту Ильнару Ингельевичу Ахтямову и Резеде Хакимовне Ахтямовой.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Бахарева О.В., Ажимов Т.З., Ажимова Л.И. Природный каркас города как опекаемое благо: институциональная среда и структурные изменения // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. Вып. 4. С. 428–442. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.428-442

Автор, ответственный за переписку: Ольга Владимировна Бахарева, OVBakhareva@mail.ru.

Urban bio-social infrastructure as a patronized goods: institutional environment and structural changes

Olga V. Bakhareva^{1,2}, Timur Z. Azhimov³, Liliya I. Azhimova⁴

¹ Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI (KNRTU – KAI); Kazan, Russian Federation;

² Kazan State Agrarian University (Kazan SAU); Kazan, Russian Federation;

³ Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU); Moscow, Russian Federation;

⁴ Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE); Kazan, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Managing the development of the bio-social infrastructure of the city allows you to preserve natural objects in cities and create conditions for a healthy life in the conditions of high dynamics of urbanization in Russia. The aim

of the study is to study and analyze the institutional environment for the development of urban forests as part of the natural frame of the city and changes in the structure using the example of the Igumnov forest (Kazan, Russia) Research objectives: recommendations for managing the development and structural changes of urban recreational forests as ward public goods of the city's bio-social infrastructure and analysis of the institutional environment for the development of recreational urban forests in the city of Kazan.

Materials and methods. The study was carried out on the basis of historical data from open sources of the mayor's office of the city of Kazan on the planning and implementation of investment projects for the management of urban forests, parks and other natural objects. The methods of structural analysis, functional analysis, the method of full-scale photographic fixation of forests and green spaces of Kazan were used.

Results. Qualitative changes in the structural and functional nature of the Igumnovskaya oak forest have been identified, which occurred at the stage of uncontrolled exploitation of a natural object in the absence of professional monitoring and care of the object, foreseeable development goals of the object. Development governance of natural objects as patronized goods is possible on the basis of institutions of public guardianship and city development.

Conclusions. Development institutions can study, diagnose the state of the city, taking into account the multifactorial nature of the socio-bio-technical system of the city, create an institutional environment for the development of public, natural and technical objects of the city, including the forest services market, organize scientific research, carry out professional monitoring and management of the development of the biosphere infrastructure of cities, to carry out joint active work with citizens on the development of urban natural objects.

KEYWORDS: urban planning, bio-social infrastructure, patronized goods, development institute, urban forestry, recreational forests, development governance, eco-innovation

Acknowledgments. The authors express their gratitude for inspiration to their friends and fellow architects, Associate Professor Ilmar Ingelevich Akhtyamov and Reseda Khakimovna Akhtyamov.

FOR CITATION: Bakhareva O.V., Azhimov T.Z., Azhimova L.I. Urban bio-social infrastructure as a patronized goods: institutional environment and structural changes. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2022; 17(4):428–442. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.428–442 (rus.).

Corresponding author: Olga V. Bakhareva, OVBakhareva@mail.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Динамика урбанизации XXI в. в России противоречива: с одной стороны, происходит успешное активное развитие технических инженерных систем города и региона. На основе национальных инвестиционных проектов реализуются масштабные программы жилищного строительства, совершенствования инженерной и социальной инфраструктуры города, применяются технические инновации (концепции интеллектуальных зданий, умной инженерной коммунальной инфраструктуры, концепции и технологии умного города, умного региона, технология информационного моделирования объектов капитального строительства, мониторинга состояния технических объектов недвижимости на жизненном цикле (ЖЦ) и другие прорывные технологии строительства). С другой стороны, в период циклического быстрого роста одновременно отмечается деградация биологических систем города: сдвигается пропорция между искусственными и природными объектами города в пользу технических инженерных систем; возрастают конкуренция за земельные участки, нагрузка на объекты живой природы, почву, природный ландшафт городских агломераций; изменяется микроклимат; снижается биоразнообразие животного и растительного мира в городских лесах. Кроме того, трансформируются социальные системы города: под влиянием цифровизации экономики у горожан возникают новые потребности: рекреационные (близость объектов природы для занятий спортом, туризмом, прогулок, медитации, тематических экскурсий и пр.), продовольственные (городские фермы, возможность сбора даров природы, поиска природных

объектов для творчества и др.), меняются пропорции между рабочим временем и отдыхом.

Экономические агенты рынка недвижимости городских агломераций предпочитают использовать природные объекты в своих инвестиционных проектах: традиционно инвесторы увеличивают тем самым рыночную стоимость объектов недвижимости, органы власти повышают собираемость налогов на недвижимость с повышенной рыночной стоимостью по сравнению с аналогичными объектами недвижимости, домохозяйства используют прилегающие природные объекты для рекреационных и туристических целей, приобретая приоритетный доступ к природе в техногенной среде урбанизированных пространств городских агломераций.

Эксперты отмечают сокращение численности населения и сложности перехода к устойчивому социально-экономическому росту [1], снижение уровня здоровья городского населения [2], низкий показатель продолжительности жизни и проблемы рождаемости и смертности в России [3].

В России есть успешный опыт комплексного подхода к исследованию и развитию природного комплекса города под давлением агломераций на основе зон с особыми условиями использования территории как общественного блага. Задача прогресса природного каркаса города может быть решена на базе многофакторного анализа сложившейся экологической обстановки в городе совместно с врачами, экологами, архитекторами, строителями и органами власти, как гаранта разрешения конфликта интересов сторон инвестиционных проектов территориального развития городских и сельских пространств РФ [4].

Известно, что создание каркаса города представляет собой процесс планирования и количественную оценку — достижение целевых параметров мезо- и микроклимата города исходя из медицинских показателей здоровья населения в разных районах «за счет производства и транспортировки обогащенного кислородом, охлажденного, увлажненного, очищенного от вредных примесей воздуха в необходимых объемах» [5].

Градостроители разрабатывают градоэкологический каркас города в целом. Для реализации функций градоэкологического каркаса города при его проектировании традиционно проводят многофакторный анализ структурных объектов каркаса (природной, социальной, технической инфраструктуры) с учетом оптимального аэрационного режима, режима влажности, температуры, радиационного фона, искусственного городского рельефа, соотношения и взаиморасположения разных типов пространств города и их влияния на регулирование теплового баланса, формирования токов воздуха, на основе математических расчетов [6, 7].

Создание технической инфраструктуры городов (жилых, промышленных зданий, коммунальной и социальной инфраструктуры, иных объектов недвижимости) благодаря внедрению технологии информационного моделирования объектов строительства в середине 2000-х г. позволило прогнозировать влияние объектов строительства на внешнее окружение: в фазе проектирования объектов недвижимости стал возможен альтернативный энергетический анализ и моделирование энергопотребления будущего здания, оценка затенения и других факторов организации благоприятной среды для горожан, что способствует принятию решения на основе сценарного анализа и выбору наилучшего варианта инвестиционного проекта на рынке капитального строительства с точки зрения его воздействия на окружающую среду на всем ЖЦ [8–12].

Мнение горожан о направлениях развития социальной инфраструктуры (социологическое исследование ГАУ «Институт Генплана Москвы» 2019–2021 гг.) стало предметом изучения структурных компонентов городской социальной инфраструктуры: объектов торговли, общественного питания, бытовых услуг, здравоохранения, социального обеспечения, образования, культуры и досуга, спорта [13]. В то же время исследователи отмечают, что горожане ценят близость к природе и высокое качество жизни рядом с природными комплексами, что также имеет прямой экономический эффект для экономики города и региона. Рыночная цена объектов недвижимости поблизости с природными объектами (парк, сквер, озеро, набережная реки и др.) выше по сравнению с аналогичными объектами без зеленых и голубых пространств, что заметно влияет на увеличение налоговых поступлений в бюджеты разных уровней [14].

Природный компонент городских пространств как общественное благо имеет приоритетный соци-

альный эффект для общества и живой природы, однако он уязвим в силу своей привлекательности для девелоперских компаний и частных домохозяйств на рынке недвижимости городов в сфере жилищного и общественного строительства объектов инфраструктуры, дороговизны обслуживания без видимого экономического эффекта для эксплуатирующих фирм [15].

Уплотнение застройки, рост транспортных потоков приводят как к ухудшению экологического состояния городской среды, так и потере исторических уникальных ландшафтов, исторической памяти. Например, в Санкт-Петербурге увеличение транспортного потока в ядре исторического центра города, в районе императорской резиденции Зимнего дворца, ухудшает не только экологическое состояние места, но и влечет нарушение восприятия уникального ландшафта исторического места и архитектурного ансамбля в целом [16].

В научных работах уделяется внимание математическому моделированию объектов городской среды как элементов комплексных технических систем, выполняется структурный анализ отдельных элементов системы городских кварталов для обоснования включения показателей комфортности и безопасности городской среды в концепции биосферосовместимого города [17]. Сквозные цифровые технологии позволяют осуществлять компьютерное моделирование и создание одновременно цифровых двойников реальных строительных и природных объектов. Одним из хорошо известных инструментов компьютерного моделирования является ENVI-MET, в эталонном проекте исследовано влияние различных микроклиматов на совокупные параметры жизнеспособности деревьев. Параметры деревьев принимаются постоянными, модельная область состоит из городских технических объектов, которые формируют собственные локальные микроклиматы (рис. 1).



Рис. 1. Пример моделирования, анализа взаимодействия между растительностью и микроклиматом города в ENVI-MET¹

Fig. 1. An example of modeling and analysis of the interaction between vegetation and the microclimate of the city in ENVI-MET¹

¹ ENVI-met. URL: <https://www.envi-met.com/>

Рассмотрение городской среды и возможностей использования экологических свойств ландшафтов в инвестиционных проектах планирования урбанизированных территорий ориентировано на расширение рекреационных зон в лесных массивах, на примере Байкальского региона и г. Иркутск изучен природный каркас [18].

Социологические исследования проблем сегрегации в городах и их отражение в доступе к объектам недвижимости и рынку общественных благ [19, 20], общим ресурсам городских агломераций [21] направлены на выявление потребностей горожан в развитии городских пространств, строительстве, благоустройстве технических инженерных объектов недвижимости. С этой целью ученые применяют научные методы количественного социологического анализа социальной инфраструктуры городов как основы для количественной оценки качества технической (инженерной) инфраструктуры и технической социальной инфраструктуры города [13], реализации идеи совместного планирования с горожанами совершенствования территорий [22], соучаствующего проектирования и совместного действия (партиципации) [23].

Экоинновации городского развития в российской практике — это расширение понятия социальной инфраструктуры, которая включает многофакторный анализ качества городской среды, технических и социальных систем города, в том числе биосферной подсистемы [24–26]. Исследователи-новаторы рассматривают следующие оценочные блоки: экологическая безопасность, ресурсы пространственно-территориального обеспечения и структурно-планировочной организации жилого района/микрорайона, приоритетность социальных ценностей населения, равенство возможностей, социальное здоровье [27].

Архитекторы предлагают создание институтов опережающего планирования развития будущих городов с учетом инноваций и изменений городского образа жизни. Такое опережающее планирование носит непрерывный характер, позволяет выявлять и реализовывать социальные, технические, экономические новшества и технологии на основе постоянно действующих институтов развития, включающих междисциплинарные команды, в том числе социологов, архитекторов, строителей, экономистов, экологов, преподавателей университетов, администрации города [28–30]. Так, по мнению авторов, институт опережающего городского развития может состоять из модульных зон для индивидуальной и командной работы семи проектных отделов:

- 1) градостроительный регламент (определение новых комплектов);
- 2) модификация ландшафта плюс зеленая инфраструктура (исследования, эксперименты «на берегу», согласование городских проектов);
- 3) тепловой и химический баланс (мониторинг городской среды);

4) городское пищевое хозяйство (исследование, экспериментальное вертикальное фермерство);

5) устойчивое энергоснабжение (прототипирование, комплектация техно-экопарка);

6) городская природа и биоразнообразие (мониторинг, определение новых средств);

7) машинное обучение (изучение аппаратного и программного обеспечения) [28].

Природные объекты в городах как опекаемые блага для горожан могут сохраниться в значимой пропорции по сравнению с искусственной городской инфраструктурой в форме экосистемы и развиваться как часть природного каркаса города при постоянной комплексной поддержке органов власти, профессиональной системы городского лесоводства и городского лесоведения, создания институциональной среды для существования конкурентного рынка и институтов развития, активной просветительской работы с горожанами, их участии в посадках растений, при поддержке научных исследований в области лесоводства и лесоведения для сохранения лесов как национального достояния для граждан.

Хорошо известны научные принципы непрерывного и неистощительного лесопользования и воспроизводства лесов, которые в том числе применяются в инвестиционных проектах планирования развития территорий городов, городских агломераций, регионов. Лес является сложной природной термодинамической открытой экосистемой, самоорганизованной, саморазвивающейся, образованной биологическими элементами, связанными между собой в иерархии на основе прямых и обратных связей.

В странах с умеренным климатом, в Центральной и Южной Европе, Канаде, накоплен опыт систематического изучения лесных экосистем, эндемиков, биологии и экологических воздействий на лесные экосистемы интродукции растений, экономической эффективности хозяйственного использования лесов, а также их роли в городских экосистемах [31–38].

Исследования городских лесов в России позволили выявить рост антропогенной нагрузки, сокращение площади лесных объектов [39], снижение декоративности и сроков жизни растений в городской среде [40].

Оздоровление городского воздуха в Сибири рассмотрено в научных работах, которые свидетельствуют о возможности сокращения экологической нагрузки городской атмосферы за счет притока воздуха пригородных хвойных лесов, с учетом розы ветров в городе, удаления примесей из воздуха, усиления бактериостатического действия кедровников и пихтарников благодаря эфирным маслам в древесине [41] и пользе для здоровья горожан фитонцидов, приносимых из лесов [42].

Научные исследования лесов в Среднем Поволжье направлены на рассмотрение биологических и технических аспектов леса: эндемиков лесного фонда и экзотов [41]. Динамические процессы изменения

лесных экосистем изучаются в Нижегородской области [42–46]. Анализируются технические растения [47], коллекционные посадки лиственницы [48], искусственное лесовосстановление, расширение видов растений [49, 50]. Для лесовосстановления разрабатываются и применяются высокоэффективные технологии выращивания посадочного материала [51].

Эксперты выделяют следующие экологические и социально-экономические функции лесов, в том числе городских лесов: «Качество лесных экосистем и режима хозяйствования необходимо оценивать по текущему уровню и динамике биоразнообразия, позволяющему лесам неограниченно долго выполнять все экологические и социально-экономические функции. Это, в свою очередь, потребует разработки региональных стандартов качества экосистем и видов природопользования. Разработка этих стандартов должна идти от общего к частному, т.е. от определения роли и места геобиосистемы в поддержании устойчивости биосферы, природной зоны, ландшафта с учетом поддержания разумных жизненных потребностей человеческого общества» [52].

Экономический аспект управления природным каркасом города можно рассматривать в качестве реализации функций природных объектов (включая городские леса) как общественного блага для здоровья горожан и сохранения природы во взаимодействии с искусственными техническими, инженерными подсистемами города. К функциям городского леса относят: оздоровительные, защитные, санитарно-гигиенические, средообразующие, что предусматривает опеку со стороны органов власти при эксплуатации рекреационных лесов, воспроизводстве, охране и защите уникальных природных ресурсов, например, таких как Охтинский учебно-опытный лесхоз Санкт-Петербурга [53].

Создание и благоустройство рекреационного объекта и организация городского рекреационного лесопользования как метод эффективного регулирования лесопользования в городском планировании и строительстве имеет следующие направления:

- аренда лесных земель для организации отдыха горожан; строительство объектов туризма, недвижимости, малых архитектурных форм, элементов благоустройства для проведения физкультурных и спортивных мероприятий, реализации образовательных и исследовательских инвестиционных проектов для детей по естественным наукам;
- сохранение нетронутыми заповедников, заказников, национальных парков, биосферных особо охраняемых природных территорий, резерватов ЮНЕСКО;
- разумная защита охотничьих хозяйств, первобытного ландшафта, биологических экосистем, видов животных и растений при возможности щадящего посещения специалистами;
- сохранение архитектурных ансамблей парков и садов;

- государственная поддержка научно-технических лесных объектов и ландшафтных заповедников;
- разработка принципов оценки пригодности и использования лесов различных категорий для отдыха, определение понятия «рекреационный лес как лес, который предназначен для отдыха и должным образом подготовлен для него», обеспечивает отдых граждан и одновременное сохранение природы [54].

Институциональная среда правового регулирования городских лесов затрагивает проблемы «разграничения государственной собственности на земли, охватывающие городские леса, а также связанные с вопросами управления в сфере использования, охраны, защиты и воспроизводства городских лесов», и ответственности собственников и арендаторов участков [55].

Таким образом, исследования природных объектов в городах направлены на повышение качества жизни, работы, отдыха горожан в условиях высоких темпов урбанизации и высвобождения работников в ходе цифровизации экономики; анализ факторов, обеспечивающих экономический рост с учетом антропогенной нагрузки на биологические и социальные системы быстрорастущих городских агломераций российских регионов; поиск методов снижения сегрегации в городах и расширение доступа горожан не только к технической, социальной инфраструктуре, но и к природным объектам, выявление провалов рынка быстрорастущих городов и агломераций, создание институтов и институциональной среды для их преодоления.

Сохранение исторических городских лесов, развитие парковых ансамблей, дендрариев, особо охраняемых реликтовых объектов природы, выбор эндемиков для восполнения потерь природных объектов в городе, эффективный уход за объектами живой природы в городе на протяжении всего ЖЦ, системный анализ и комплексное проектирование в городе искусственных технических подсистем и биологических, как природного каркаса, является актуальным направлением изучения природных объектов российских городов.

Объектом исследования является управление развитием биосоциальной инфраструктуры города.

Предмет исследования — управление развитием городских природных рекреационных пространств на протяжении ЖЦ.

Цель — анализ институциональной среды городских лесов как части природного каркаса города и изменения его структуры.

Задачи исследования:

- рекомендации по управлению развитием и структурным изменениям городских рекреационных лесов как опекаемых общественных благ биосоциальной инфраструктуры города;
- анализ институциональной среды развития рекреационных городских лесов г. Казань.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучили теоретические подходы и практический опыт по сохранению и совершенствованию городских лесов как объектов живой природы российских городов. Провели исследование исторических данных из открытых источников мэрии г. Казани по планированию и реализации инвестиционных проектов по управлению городским лесом, парками и иными объектами растительного мира. Применили методы структурного и функционального анализа, натурной фотофиксации лесов и зеленых насаждений как объектов природного каркаса Казани.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Структурные изменения природного каркаса г. Казани: городские леса

Город Казань — столица Республики Татарстан, расположен в Среднем Поволжье, население составляет 1,2 млн человек. Университетский город отличаются богатые культурные и научные традиции, развитые отрасли реальной экономики, финансовый сектор, архитектурные, культурные, природные и спортивные достопримечательности, лесные ресурсы и рекреационные зоны, привлекательные для туристов и инвесторов (рис. 2).



Рис. 2. Покрытые лесом земли в Республике Татарстан (Приволжский федеральный округ)²

Fig. 2. Forested lands in the Republic of Tatarstan (VFD)²

После принятия Городового положения 1870 г. муниципалитеты российских городов получили право собственности на землю, городские владения (в том числе лесные) и возможность развивать отрасли городского хозяйства. Первоначально лесное хозяйство было убыточным, затем началась его реформа, организованы преемственность руководства лесными дачами города специалистами лесного хо-

² Информационная система дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства. URL: http://public.nffc.aviales.ru/mapviewer/cgi/public_tiles.pl?1649116802000

зяйства с высшим образованием, разные виды деятельности (обеспечение горожан лесоматериалами, деловым лесом, из отходов — производство дров, оборудование мест отдыха, сбор дикоросов по билетам). Появились новаторские лесные работы и лесные питомники для выращивания молодых растений и борьбы с пустующими участками земель, в 1910-е годы XX в. лесное хозяйство стало муниципальной отраслью и приносило значительный доход в городской бюджет [56].

Быстрое развитие города в XX в. потребовало не только оценки с позиций экологической экспертизы инвестиционных проектов создания и модернизации технических подсистем города, их влияния на природный каркас как биосферную подсистему, но и в более широком смысле создания биосоциальной инфраструктуры как подсистемы города и институциональной системы эффективного развития и мониторинга его состояния, в том числе эффективного использования леса для отдыха горожан в черте города и регионе (рис. 3).

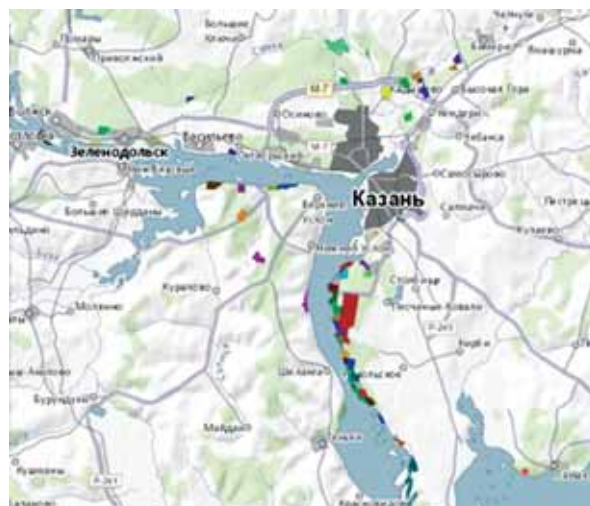


Рис. 3. Рекреационные леса Казани³

Fig. 3. Recreational forests of Kazan³

В регионе заметно меньше площадь лесов по сравнению с соседними субъектами РФ, можно отметить стабильность распределения земельного фонда по категориям земель, количественная доля лесного фонда составляет 17,79 % (табл.).

Авторы провели натурное обследование рекреационных природных объектов разного вида: набережной озера Нижний Кабан, реликтового Игумновского леса (дубрава).

Набережная о. Нижний Кабан

В Казани имеются различные природные объекты, следует отметить прекрасное содержание объ-

³ Интерактивная карта «Леса России». URL: <https://maps.roslesinforg.ru>

Распределение земельного фонда Республики Татарстан по категориям земель (на конец года, тыс. гектаров)⁴
 Distribution of the land fund of the Republic of Tatarstan by land categories (at the end of the year, thousand hectares)⁴

Показатель Indicator	2016	2017	2018	2019	В процентах от общей площади As a percentage of the total area
Всего земель Total land	6784,7	6784,7	6784,7	6784,7	100
В том числе: Including:					
сельскохозяйственного назначения agricultural	4633,7	4631,2	4629,9	4625,9	68,18
населенных пунктов settlements	407,8	408,8	409,8	412,0	6,07
промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, для обеспечения космической деятельности, обороны, безопасности и иного специального назначения industry, energy, transport, communications, radio broadcasting, television, computer science, to ensure space activities, defense, security and other special purpose	88,7	90,4	91,0	92,8	1,36
особо охраняемых территорий и объектов specially protected areas and facilities	33,0	33,0	33,0	33,0	0,49
лесного фонда forest fund	1219,3	1219,3	1219,0	1219,0	17,79
водного фонда water fund	399,7	399,5	399,5	399,5	5,89
запаса stock	2,5	2,5	2,5	2,5	0,04

ектов, построенных по проектам ландшафтных дизайнеров, к ним, например, относится набережная о. Нижний Кабан (рис. 4).

Реконструкция береговой линии озера, создание набережной, посадка растений, оборудование станции проката прогулочных водных средств в рамках инвестиционного проекта республики позволили сформировать отличную рекреационную и спортивную зону для горожан и гостей города. Частными инвесторами были построены дополнительные объекты недвижимости, которые предоставили не только комфорт для отдыхающих, но и стали источником дохода для владельцев, что дает возможность на этапе эксплуатации реконструированного объекта создать постоянный источник дохода для благоустройства общественных мест и сохранения самого природного объекта.

Игумновский лес (дубрава)

Содержание городских лесов более затруднительно, поскольку они имеют значительную терри-

торию, историю, требуют работы команды сотрудников с высшим образованием в области строительства и лесного дела.

Рассмотрим проблемы несистемного ухода за городскими лесами и зелеными насаждениями в историческом месте Игумновского леса (дубрава в Адмиралтейской слободе Казани на берегу р. Волги).

Село Игумново стало частью Казани в XX в. Под влиянием жилой застройки, расширения инфраструктурных сетей автомобильных дорог, железнодорожного сообщения и строительства городского водозабора сократились лесные земли, стала заметна разрушающая антропогенная нагрузка на природный комплекс и ландшафт под воздействием деятельности человека и строительства искусственных сооружений рядом с реликтовым Игумновским лесом (рис. 5, а).

На рис. 5 представлены разные типы воздействия на лесную экосистему Игумновского леса:

- влияние человека и технических систем: рис. 5, б — пример угрожающей обрезки дерева рядом с жилым домом на границе с лесом; рис. 5, в — установка линии электропередачи после вырубki просеки в центре лесного массива и разрастание инвазивных видов растений;

⁴ Данные Управления Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Республике Татарстан.



a



b

Рис. 4. Казань, цели сохранения и развития природных объектов: благоустройство на набережной о. Кабан: *a* — благоустройство о. Кабан и создание публичных парков; *b* — уход за растениями в зимний период (фотографии авторов)
Fig. 4. Kazan, goals for the conservation and development of natural objects: improvement on the embankment of Lake Kaban: *a* — improvement of the lake and the creation of public parks; *b* — caring for plants in winter (photographs of the authors)

- влияние патогенов на лесную экосистему без надлежащего ухода за деревьями: рис. 5, *d, e* — поражение массива деревьев грибковыми заболеваниями;

- влияние на популяцию растений вследствие неукрепленного берега р. Волги в районе городского водозабора: рис. 5, *f, g* — в период половодья 2021 г. деревья вдоль берега потеряли устойчивость и погибли.

Таким образом, в исследовании отмечены качественные изменения структурного и функционального характера дубового леса, возникшие на этапе бесконтрольной эксплуатации природного объекта в отсутствие профессионального мониторинга и ухода за объектом, обозримых целей его развития: угрожающая обрезка дерева рядом с жилым домом на границе с лесом; установка линии электропередачи после вырубki просеки в центре лесного массива; разрастание инвазивных видов растений; массовое распространение патогенов в лесной экосистеме; гибель дубов на неукрепленной береговой линии Волги.

Институциональная среда природного каркаса Казани: анализ проблем и цели развития на примере природных объектов в черте города

Первая в мире программа комплексного изучения окружающей среды крупного города и его окрестностей была разработана в 1890 г. в Санкт-Петербурге под руководством выдающегося русского ученого В.В. Докучаева. Целью программы было изучение природы и хозяйства города и окрестностей, факторов, влияющих на их развитие. Вновь созданная комиссия по исследованию города и окрестностей проводила работы по следующим направлениям: физико-географическое, естественно-историческое,

сельскохозяйственное, ветеринарное, медико-гигиеническое [57, 58].

Институты развития природных объектов города, на наш взгляд, должны быть институтами общественной опеки с ясными целями и средствами их достижения, в том числе при поддержке федеральных и региональных органов власти.

В Казани институты общественной опеки представлены в явной и латентной форме, это:

- федеральное законодательство по уходу за зелеными насаждениями вдоль автомобильных дорог и магистралей;
- муниципальные нормативные акты по благоустройству (ведется реестр зеленых насаждений, парков, скверов, санитарно-защитных зон, городских лесов, памятников природы и пляжей);
- муниципалитет проводит открытые архитектурные конкурсы по созданию общественных объектов недвижимости и ландшафтного дизайна (2022, национальный театр);
- Институт развития города (2021);
- Стратегия развития прибрежной зоны реки Казанки в черте города Казани до 2030 года с каскадом из 12 парков (2021);
- Дирекция парков и скверов (2017, муниципальное бюджетное учреждение, цели — сохранение и целевое использование общественных пространств Республики Татарстан, задачи дирекции: содержание и благоустройство парков; культурные программы парков и скверов; содействие предпринимательской деятельности);
- Комитет внешнего благоустройства (муниципальное казенное учреждение, цель — управление внешним благоустройством);
- продолжаются научные исследования в Казанском дендрарии на ул. Товарищеской (1948, произрастают редкие виды районированных растений:



a



b



c



d



e



f



g

Рис. 5. Казань, проблемы сохранения и развития природных объектов: *a* — живописный первозданный Игумновский дубовый лес и волжский пляж; *b–g* — примеры антропогенной нагрузки и инвазий (фотографии авторов)

Fig. 5. Kazan, problems of conservation and development of natural objects: *a* — picturesque pristine Igunnovsky oak forest and Volga beach; *b–g* — examples of anthropogenic pressure and invasions (photographs of the authors)

лиственница, скуппия, пихта, сосна, акация, орех маньчжурский, бархат амурский, дерен, жимолость, черемуха, алыча, орех, спирея, пузыреплодник и др.) и научных институтах лесоведения и лесоразведения, сельского хозяйства, экологии.

Институты общественной опеки и развития города, по нашему мнению, должны проводить его

диагностику с учетом многофакторности социобиотехнической системы города, создавать среду для прогресса общественных, природных и технических объектов, в том числе рынка лесных услуг, организовывать научные исследования, осуществлять профессиональный мониторинг и управление развитием биосферной инфраструктуры, проводить совместную

активную работу с горожанами по совершенствованию городских природных объектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ научных теоретических и практических исследований природных объектов городов, натурное обследование о. Нижний Кабан после реализации инвестиционного проекта мэрии Казани по реабилитации и развитию природного объекта, анализ состояния городского Игумновского леса без профессионального ухода за объектом показал, что:

- существует противоречие между задачами строительства новых технических объектов городских пространств и обеспечением охраны природы в городских агломерациях, которое может быть решено на основе программы комплексного изучения окружающей среды города и его окрестностей, определения обозримых целей развития подсистем города, организации института общественной опеки как междисциплинарной команды, которые совместно решают задачу создания удобных городов для счастливых людей;

- исследования природных комплексов Среднего Поволжья носят прикладной характер: направлены на изучение узкоспециальной тематики промышленного лесоводства (экономические функции), ландшафтного дизайна (эстетические функции природной инфраструктуры) и зеленого строительства (технические функции коммунальной инфраструктуры и жилого фонда), т.е. проводится изучение отдельных элементов экологического каркаса территорий региона без учета единства с природной

экосистемой городов и региона (биосферной инфраструктуры);

- природные объекты городов, городских агломераций, регионов — это опекаемые блага, в производстве и потреблении которых заинтересовано общество, поскольку частные собственники не могут или не хотят платить за сохранение и развитие природных объектов города, что приводит к их деградации и порождает известную институциональную «проблему безбилетника». Институциональная защита и развитие природных объектов города, санитарно-технический уход за ними на этапе эксплуатации, как правило, осуществляется коммерческими фирмами под эгидой городских органов власти, структура рынка олигополистическая либо монополистическая;

- успешный пример использования экоиноваций и достижение поставленных целей развития обследованных природных объектов г. Казани (набережная о. Нижний Кабан, реконструированная по инвестиционному проекту ландшафтных дизайнеров) и рассмотрение некоторых проблем природного каркаса г. Казани (отсутствие квалифицированного ухода за лесной экосистемой Игумновского леса и травматичное инженерное вмешательство) требуют размышлений, разработки мер по преодолению противоречий развития биосоциальной инфраструктуры города, поиска источников финансирования инвестиционных проектов совершенствования природных объектов города на основе экоиноваций и защиты институтами общественной опеки, что позволит сохранить биосферу и красоту природы г. Казань как национальное достояние.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аганбегян А.Г. Два главных вызова, стоящих перед Россией: по сокращению катастрофически высокой смертности при восстановлении сохранности народа и переходу к устойчивому социально-экономическому росту // Экономическое возрождение России. 2022. № 1 (71). С. 14–30. DOI: 10.37930/1990-9780-2022-1-71-14-30
2. Аганбегян А.Г. Демография и здравоохранение России на рубеже веков. М.: Дело, 2016. 191 с.
3. Аганбегян А.Г. Как восстановить сохранность народа России // Народонаселение. 2021. Т. 24. № 2. С. 4–18. DOI: 10.19181/population.2021.24.2.1
4. Краснощекова Н.С. Природный каркас в проекте Концепции Московской агломерации: нормативно-методические и правовые аспекты // Academia. Архитектура и строительство. 2014. № 4. С. 9.
5. Лунц Л.Б. Городское зеленое строительство. М.: Стройиздат, 1974. 275 с.
6. Водяник А.Р. Природный каркас городов — мост из прошлого в будущее // УРТ. 2016. № 2. С. 32–39. URL: <http://gisa.ru/file/file3179.pdf>

7. Водяник А.Р. К вопросу об «идеи города» // Новое прошлое/The New Past. 2017. № 3. С. 172–176. DOI: 10.23683/2500-3224-2017-3-172-176
8. Aksamija A. A strategy for energy performance analysis at the early design stage: predicted vs. Actual building energy performance // Journal of Green Building. 2015. Vol. 10. Issue 3. Pp. 161–176. DOI: 10.3992/jgb.10.3.161
9. Kensek K. Visual programming for building information modeling: energy and shading analysis case studies // Journal of Green Building. 2015. Vol. 10. Issue 4. Pp. 28–43. DOI: 10.3992/jgb.10.4.28
10. Kensek K., Ding Y., Longcore T. Green Building and biodiversity: facilitating bird friendly design with building information models // Journal of Green Building. 2016. Vol. 11. Issue 2. Pp. 116–130. DOI: 10.3992/jgb.11.2.116.1
11. Schlueter A. Building information model based energy/exergy performance assessment in early design stages // Automation in Construction. 2009. Vol. 18. Issue 2. Pp. 153–163. DOI: 10.1016/j.autcon.2008.07.003

12. Soust-Verdaguer B., Llatas C., García-Martínez A. Critical review of bim-based LCA method to buildings // *Energy and Buildings*. 2017. Vol. 136. Pp. 110–120. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.12.009
13. Страинова Ю.Г., Страинова Л.Ф., Жукова Т.И. Оценка градостроительного развития социальной инфраструктуры на основе интегрального рейтинга районов (на примере 25 районов Москвы) // *Вестник МГСУ*. 2021. Т. 16. № 3. С. 279–293. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.3.279-293
14. Grishina M., Medyanik Y., Rakhmatullina E., Matveeva E., Albina K. Assessment of urban planning concepts for the development of post-industrial cities // *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 274. P. 01026. DOI: 10.1051/e3sconf/202127401026
15. Бахарева О.В., Ажимова Л.И., Челани А., Большаков Н.С. Институт общественной опеки: инвестиции в границах исторических поселений и жизненный цикл городской среды // *Вестник МГСУ*. 2021 Т. 16. № 6 С. 762–780. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.6.762-780
16. Lavrov L., Perov F. Evolution of the Imperial residence and urban development of the St. Petersburg center // *Architecture and Engineering*. 2019. Vol. 4. Issue 1. Pp. 11–22. DOI: 10.23968/2500-0055-2019-4-1-11-22
17. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Гордон В.А. Математическая модель динамики закрытой биосферосовместимой территории // *Вестник Белорусско-Российского университета*. 2012. № 4. С. 86–92.
18. Большаков А. Ландшафтообразное градостроительство — фактор устойчивого развития городов Иркутской области // *Проект Байкал*. 2019. Т. 16. №61. С. 62–66. DOI: 10.7480/projectbaikal.61.1503
19. Rodgers B., Greve J., Morgan J. Social policy and social planning // *Comparative Social Administration*. 2017. Pp. 225–233. DOI: 10.4324/9781315080826-19
20. Птичникова Г.А. Пространство современного города как выражение социальных процессов (о «справедливости и несправедливости» городских пространств) // *Социология города*. 2020. № 2. С. 5–16.
21. Вершинина И.А. Социальное неравенство в современных городах: перспективы урбанистической революции // *Социология города*. 2017. № 2. С. 5–19.
22. Farinosi M., Fortunati L., O'Sullivan J., Pagani L. Enhancing classical methodological tools to foster participatory dimensions in local urban planning // *Cities*. 2019. Vol. 88. Pp. 235–242. DOI: 10.1016/j.cities.2018.11.003
23. Steiniger S., Poorazizi M.E., Hunter A.J.S. Planning with citizens: Implementation of an e-planning platform and analysis of research needs // *Urban Planning*. 2016. Vol. 1. Issue 2. Pp. 49–64. DOI: 10.17645/up.v1i2.607
24. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Гордон В.А., Кормина А.А. Статистические зависимости показателей благоприятной среды жизнедеятельности биосферосовместимого города // *Вестник МГСУ*. 2021. Т. 16. № 5. С. 545–556. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.5.545-556
25. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Бакаева Н.В. Реконструкция урбанизированных территорий на принципах симбиоза градостроительных систем и их природного окружения // *Промышленное и гражданское строительство*. 2018. № 3. С. 4–11.
26. Антюфеев А.В. Синергетический подход в теории развития города // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета*. Сер.: Строительство и архитектура. 2016. № 46 (65). С. 195–210.
27. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Бакаева Н.В., Кормина А.А. Проектирование городской среды: новые методологические подходы на основе парадигмы биосферной совместимости (часть 2) // *Научный журнал строительства и архитектуры*. 2021. № 4 (64). С. 159–173. DOI: 10.36622/VSTU.2021.64.4.015
28. Guseva A. Akhtiamov I., Akhtiamova R. Research institutes in the 21st century: opportunities for architects // *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 274. P. 01007. DOI: 10.1051/e3sconf/202127401007
29. Akhtiamov I., Akhtiamova R. Architecture of innovative educational spaces of a university campus. On the example of SYSTEMS Centre of Engineering Systems in Construction at KSUAE (Kazan, Russia) // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 890. Issue 1. P. 012018. DOI: 10.1088/1757-899X/890/1/012018
30. Габдрахманова И.И., Ахтямов И.И., Ахтямова Р.Х. Адаптивная архитектура, как реакция города на изменяющиеся запросы общества // *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2017. № 3 (41). С. 32–40.
31. Markiewicz P. Problems with seed production of European larch in seed orchards in Poland // *Proceedings from a conference at Umeå, Sweden, 26–28 September 2007*. Uppsala, Sweden : Publikationstjänst, 2008. Pp. 161–164.
32. Mihai G., Teodosiu M. Genetic diversity and breeding of larch (*Larix decidua* Mill.) in Romania // *Annals of Forest Research*. 2009. Vol. 52. Issue 1. Pp. 97–108, DOI: 10.15287/afr.2009.126
33. Nagaike T., Hayashi A., Kubo M. Diversity of naturally regenerating tree species in the overstore layer of *Larix kaempferi* plantations and abandoned broadleaf coppice stands in central Japan // *Forestry: An International Journal of Forest Research*. 2010. Vol. 83. Issue 3. Pp. 285–291. DOI: 10.1093/forestry/cpq011
34. Vilcan A., Holonec L., Tăut I. et al. Variability of the traits of cones and seeds in different larch clones: I. The influence of the provenance // *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture*. 2011. Vol. 68. Issue 1. Pp. 474–480.

35. Vilcan A., Holonec L., Tăut I. et al. Variability of the traits of cones and seeds in different larch clones: II. The energy and capacity of germination of seeds // Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture. 2011. Vol. 68. Issue 1. Pp. 481–487.
36. Vilcan A., Tăut I., Holonec L. et al. The variability of different larch clone provenances on the response to the attack by its main pests and fungal diseases // Trees — Structure and Function. 2013. Vol. 27. Issue 3. Pp. 697–705. DOI: 10.1007/s00468-012-0825-1
37. Vilcan A., Mihalte L., Sestras A.F. et al. Genetic variation and potential genetic resources of several Romanian larch populations // Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2017. Vol. 41. Issue 1. Pp. 82–91. DOI: 10.3906/tar-1610-57
38. Williams G.M., Nelson A.S., Affleck D.L.R. Vertical distribution of foliar biomass in western larch (*Larix occidentalis*) // Canadian Journal of Forest Research. 2018. Vol. 48. Issue 1. Pp. 42–57. DOI: 10.1139/cjfr-2017-0299
39. Овеснов С.А., Ефимик Е.Г., Молганова Н.А. Антропогенная трансформация экосистем городских лесов г. Перми // Антропогенная трансформация природной среды. 2017. № 3. С. 157–159.
40. Белов Д.А., Александров П.С. Состояние части насаждений городских лесов города Москвы // Academy. 2019. № 5 (44). С. 10–13.
41. Степень Р.А., Соболева С.В. Оздоровление городской атмосферы летучими выделениями леса // Хвойные бореальной зоны. 2016. Т. 34. № 1–2. С. 76–79.
42. Гродзинский А.М., Макаревич Н.М., Лещинская Я.С. и др. Фитонциды в эргономике. Киев : Наукова думка, 1986. 186 с.
43. Карасева М.А. Продуктивность и углерододепонирующие функции лиственных фитоненов в среднем Поволжье // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2002. № 4. С. 22–27.
44. Карасева М.А. Лиственница сибирская в Среднем Поволжье: научное издание. Йошкар-Ола : Марийский государственный технический университет, 2003. 376 с.
45. Алексеев В.М., Жигунов А.В., Бондаренко А.С. Перспективы плюсовой селекции лиственницы сибирской при интродукции в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2014. № 209. С. 6–15.
46. Есичев А.О. Сравнительная оценка ассортимента клонов плюсовых деревьев лиственницы Сукачева (I. Sukaczewii Djil) на лесосеменной плантации в Нижегородской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (59). С. 66–68.
47. Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н., Есичев А.О. Оценка физиологического состояния представителей рода лиственница (*Larix mill.*) в условиях Нижегородской области // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2018. № 1 (361). С. 9–17. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.1.9
48. Улитин М.М., Бессчетнов В.П. Сравнительная оценка таксационных показателей лесных культур лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) при интродукции в Нижегородской области // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2020. № 6 (378). С. 33–41. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-6-33-41
49. Бессчетнова Н.Н. Многомерная оценка плюсовых деревьев сосны по степени развития ксилемы // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2012. № 7. С. 9–14.
50. Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н., Яханова Е.А. и др. Развитие ксилемы и лигнификации ее клеток у сеянцев сосны с открытой и закрытой корневой системой // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. Т. 4. С. 25–35.
51. Есичев А.О., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П. и др. Внутривидовая изменчивость состояния ксилемы побегов лиственницы сибирской при интродукции в Нижегородскую область // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2021. № 3 (51). С. 28–40. DOI: 10.25686/2306-2827.2021.3.28
52. Демаков Ю.П. Диагностика устойчивости лесных экосистем: методологические и методические аспекты. Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2000. 416 с.
53. Джикович Ю.В., Селиванов А.А., Данилов Ю.И. Перспективы организации и развития государственного управления в городских лесах Санкт-Петербурга // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2019. № 54. С. 18–21.
54. Рысин С.Л., Рысин Л.П. О необходимости разработки концепции рекреационного лесопользования на урбанизированных территориях // Вестник Московского государственного университета леса — Лесной вестник. 2011. № 4. С. 129–138.
55. Нарышева Н.Г. Право собственности на земли, занятые городскими лесами // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2010. № 12 (111). С. 76–88.
56. Трегубов А.А., Трегубов Д.А. Лесные владения городского самоуправления Казани по Городовому положению 1870 и 1892 гг. // Эхо веков. 2019. № 4. С. 18–35.
57. Докучаев В.В. Детальное естественноисторическое, физико-географическое и сельскохозяйственное исследование Санкт-Петербурга и его окрестностей // VIII съезд русских естествоиспытателей и врачей. Общий отдел. СПб., 1890. С. 119–124.
58. Янин Е.П. Первая в мире программа комплексного изучения окружающей среды крупного города и его окрестностей (к 130-летию ее разработки) // Экологическая экспертиза. 2021. № 2. С. 2–12. DOI: 10.36535/0869-1010-2021-02-1

Поступила в редакцию 11 апреля 2022 г.

Принята в доработанном виде 22 апреля 2022 г.

Одобрена для публикации 22 апреля 2022 г.

О Б А В Т О Р А Х: **Ольга Владимировна Бахарева** — кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры цифровой экономики; **Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ (КНКТУ – КАИ)**; 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 10; доцент кафедры экономики и информационных технологий; **Казанский государственный аграрный университет (Казанский ГАУ)**; 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 65, РИНЦ ID: 800333; OVBakhareva@mail.ru;

Тимур Загидович Ажимов — старший преподаватель кафедры организации строительства и управления недвижимостью; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; РИНЦ ID: 621067; azhimov@yandex.ru;

Лилия Ирековна Ажимова — кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики и предпринимательства в строительстве, **Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КГАСУ)**; 420043, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1; РИНЦ ID: 617173; LiliyaAzhimova@gmail.com.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. Aganbegyan A.G. Two main challenges facing Russia: to reduce catastrophically high mortality while restoring the safety of the people and the transition to sustainable socio-economic growth. *Economic revival of Russia*. 2022; 1(71):14-30. DOI: 10.37930/1990-9780-2022-1-71-14-30 (rus.).
2. Aganbegyan A.G. *Demography and health care in Russia at the turn of the century*. Moscow, Delo Publ., 2016; 191. (rus.).
3. Aganbegyan A.G. How to restore the safety of the people of Russia. *Population*. 2021; 24(2):4-18. DOI: 10.19181/population.2021.24.2.1 (rus.).
4. Krasnoshchekova N.S. Natural frame in the draft Concept of the Moscow agglomeration: regulatory, methodological and legal aspects. *Academy. Architecture and Construction*. 2014; 4:9. (rus.).
5. Lunts L.B. *Urban green construction*. Moscow, Stroyizdat Publ., 1974; 275. (rus.).
6. Vodyanik A.R. The natural frame of cities — a bridge from the past to the future. *URT*. 2016; 2:32-39. URL: <http://gisa.ru/file/file3179.pdf> (rus.).
7. Vodyanik A.R. To the question of the «idea of the city». *The New Past*. 2017; 3:172-176. DOI: 10.23683/2500-3224-2017-3-172-176 (rus.).
8. Aksamija A.A strategy for energy performance analysis at the early design stage: predicted vs. Actual building energy performance. *Journal of Green Building*. 2015; 10(3):161-176. DOI: 10.3992/jgb.10.3.161
9. Kensek K. Visual programming for building information modeling: energy and shading analysis case studies. *Journal of Green Building*. 2015; 10(4):28-43. DOI: 10.3992/jgb.10.4.28
10. Kensek K., Ding Y., Longcore T. Green Building and biodiversity: facilitating bird friendly design with building information models. *Journal of Green Building*. 2016; 11(2):116-130. DOI: 10.3992/jgb.11.2.116.1
11. Schlueter A. Building information model based energy/exergy performance assessment in early design stages. *Automation in Construction*. 2009; 18(2):153-163. DOI: 10.1016/j.autcon.2008.07.003
12. Soust-Verdaguer B., Llatas C., García-Martínez A. Critical review of bim-based LCA method to buildings. *Energy and Buildings*. 2017; 136:110-120. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.12.009
13. Strashnova Yu.G., Strashnova L.F., Zhukova T.I. Assessment of social facilities's urban development based on the integral rating of districts (case study of 25 districts of Moscow). *Vestnik MGSU [Monthly Journal on Construction and Architecture]*. 2021; 16(3):279-293. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.3.279-293 (rus.).
14. Grishina M., Medyanik Y., Rakhmatullina E., Matveeva E., Albina K. Assessment of urban planning concepts for the development of post-industrial cities. *E3S Web of Conferences*. 2021; 274:01026. DOI: 10.1051/e3sconf/202127401026
15. Bakhareva O.V., Azhimova L.I., Celani A., Bolshakov N.S. Institution of public welfare: investments within historic settlements and the life cycle of the urban environment. *Vestnik MGSU [Monthly Journal on Construction and Architecture]*. 2021; 16(6):762-780. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.6.762-780 (rus.).
16. Lavrov L., Perov F. Evolution of the Imperial residence and urban development of the St. Petersburg center. *Architecture and Engineering*. 2019; 4(1):11-22. DOI: 10.23968/2500-0055-2019-4-1-11-22
17. Ilyichev V.A., Kolchunov V.I., Gordon V.A. Mathematical model of the dynamics of a closed biosphere-compatible territory. *Vestnik of the Belarusian-Russian University*. 2012; 4:86-92. (rus.).

18. Bolshakov A. Landscape-oriented town planning as a factor of sustainable development of the cities in the Irkutsk region. *Project Baikal*. 2019; 16(61):62-66. DOI: 10.7480/projectbaikal.61.1503 (rus.).
19. Rodgers B., Greve J., Morgan J. Social policy and social planning. *Comparative Social Administration*. 2017; 225-233. DOI: 10.4324/9781315080826-19
20. Ptichnikova G.A. The space of a modern city as an expression of social processes (about the “justice and injustice” of urban spaces). *Sociology of the City*. 2020; 2:5-16. (rus.).
21. Vershinina I.A. Social inequality in modern cities: prospects for the urban revolution. *Sociology of the City*. 2017; 2:5-19. (rus.).
22. Farinosi M., Fortunati L., O’Sullivan J., Pagani L. Enhancing classical methodological tools to foster participatory dimensions in local urban planning. *Cities*. 2019; 88:235-242. DOI: 10.1016/j.cities.2018.11.003
23. Steiniger S., Poorazizi M.E., Hunter A.J.S. Planning with citizens: Implementation of an e-planning platform and analysis of research needs. *Urban Planning*. 2016; 1(2):49-64. DOI: 10.17645/up.v1i2.607
24. Ilyichev V.A., Kolchunov V.I., Gordon V.A., Kormina A.A. Statistical relationships between indicators of favourable living environments in biosphere compatible cities. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2021; 16(5):545-556. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.5.545-556 (rus.).
25. Il’ichev V.A., Kolchunov V.I., Bakaeva N.V. Reconstruction of urbanized territories on the principles symbiosis of urban planning systems and their natural environment. *Industrial and civil Engineering*. 2018; 3:4-11. (rus.).
26. Antyufeev A.V. Synergetic approach in the theory of city development. *Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Ser.: Construction and architecture*. 2016; 46(65):195-210. (rus.).
27. Ilyichev V.A., Kolchunov V.I., Bakaeva N.V., Kormina A.A. Urban environment design: new methodological approaches based on the biosphere compatibility paradigm (part 2). *Scientific Journal of Construction and Architecture*. 2021; 4(64):159-173. DOI: 10.36622/VSTU.2021.64.4.015 (rus.).
28. Guseva A., Akhtiamov I., Akhtiamova R. Research institutes in the 21st century: opportunities for architects. *E3S Web of Conferences*. 2021; 274:01007. DOI: 10.1051/e3sconf/202127401007
29. Akhtiamov I., Akhtiamova R. Architecture of innovative educational spaces of a university campus. On the example of SYSTEMS Centre of Engineering Systems in Construction at KSUAE (Kazan, Russia). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020; 890(1):012018. DOI: 10.1088/1757-899X/890/1/012018
30. Gabdrakhmanova I.I., Akhtyamov I.I., Akhtyamov R.Kh. Adaptive architecture as a response of the city to the changing demands of society. *Proceedings of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering*. 2017; 3(41):32-40. (rus.).
31. Markiewicz P. Problems with seed production of European larch in seed orchards in Poland. *Proceedings from a conference at Umeå, Sweden, 26-28 September 2007*. Uppsala, Sweden, Publikationstjänst, 2008; 161-164.
32. Mihai G., Teodosiu M. Genetic diversity and breeding of larch (*Larix decidua* Mill.) in Romania. *Annals of Forest Research*. 2009; 52(1):97-108. DOI: 10.15287/afr.2009.126
33. Nagaike T., Hayashi A., Kubo M. Diversity of naturally regenerating tree species in the overstore layer of *Larix kaempferi* plantations and abandoned broadleaf coppice stands in central Japan. *Forestry: An International Journal of Forest Research*. 2010; 83(3):285-291. DOI: 10.1093/forestry/cpq011
34. Vilcan A., Holonec L., Tăut I. et al. Variability of the traits of cones and seeds in different larch clones: I. The influence of the provenance. *Bulletin of the University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture*. 2011; 68(1):474-480.
35. Vilcan A., Holonec L., Tăut I. et al. Variability of the traits of cones and seeds in different larch clones: II. The energy and capacity of germinating of seeds. *Bulletin of the University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture*. 2011; 68(1):481-487.
36. Vilcan A., Tăut I., Holonec L. et al. The variability of different larch clone provenances on the response to the attack by its main pests and fungal diseases. *Trees — Structure and Function*. 2013; 27(3):697-705. DOI: 10.1007/s00468-012-0825-1
37. Vilcan A., Mihalte L., Sestras A.F. et al. Genetic variation and potential genetic resources of several Romanian larch populations. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2017; 41(1):82-91. DOI: 10.3906/tar-1610-57
38. Williams G.M., Nelson A.S., Affleck D.L.R. Vertical distribution of foliar biomass in western larch (*Larix occidentalis*). *Canadian Journal of Forest Research*. 2018; 48(1):42-57. DOI: 10.1139/cjfr-2017-0299
39. Ovesnov S.A., Efimik E.G., Molganova N.A. Anthropogenic transformation of urban forest ecosystems in Perm. *Anthropogenic transformation of the natural environment*. 2017; 3:157-159. (rus.).
40. Belov D.A., Alexandrov P.S. The state of part of the plantations of urban forests of the city of Moscow. *Academy*. 2019; 5(44):10-13. (rus.).
41. Degree R.A., Soboleva S.V. Improvement of the urban atmosphere with volatile forest emissions. *Coniferous boreal zone*. 2016; 34(1-2):76-79. (rus.).
42. Grodzinsky A.M., Makarchuk N.M., Leshchinskaya Y.S. et al. *Phytoncides in ergonomics*. Kyiv, Naukova Dumka, 1986; 186. (rus.).

43. Karaseva M.A. Productivity and carbon sequestration functions of larch phytocenoses in the middle Volga region. *News of higher educational institutions. Forest magazine*. 2002; 4:22-27. (rus.).
44. Karaseva M.A. *Siberian larch in the Middle Volga region: scientific publication*. Yoshkar-Ola, Mari State Technical University, 2003; 376. (rus.).
45. Alekseev V.M., Zhigunov A.V., Bondarenko A.S. Prospects for the positive selection of Siberian larch during introduction in the conditions of the Leningrad Region. *Izvestiya St. Petersburg Forestry Engineering Academy*. 2014; 209:6-15. (rus.).
46. Esichev A.O. Comparative assessment of the range of clones of plus trees of Sukachevi larch (*L. Sukaczewii* Djil) in the forest mined plantation in the Nizhny Novgorod region. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2016; 3(59):66-68. (rus.).
47. Beschetnov V.P., Besschetnova N.N., Esichev A.O. Assessment of the physiological state of representatives of the larch genus (*Larix mill.*) in the conditions of the Nizhny Novgorod region. *News of Higher Educational Institutions. Forest Magazine*. 2018; 1(361):9-17. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.1.9 (rus.).
48. Ulitin M.M., Beschetnov V.P. Comparative assessment of taxation indicators of Siberian larch (*Larix sibirica*) forest cultures during introduction in the Nizhny Novgorod region. *Forest magazine*. 2020; 6(378):33-41. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-6-33-41 (rus.).
49. Beschetnova N.N. Multivariate evaluation of plus pine trees according to the degree of xylem development. *Bulletin of the Saratov State Agrarian University. N.I. Vavilov*. 2012; 7:9-14. (rus.).
50. Beschetnov V.P., Besschetnova N.N., Yakhanova E.A. et al. Xylem development and lignification of its cells in pine seedlings with an open and closed root system. *Bulletin of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy*. 2014; 4:25-35. (rus.).
51. Esichev A.O., Besschetnova N.N., Beschetnov V.P. et al. Intraspecific variability of the state of the xylem of Siberian larch shoots during introduction to the Nizhny Novgorod region. *Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. Nature management*. 2021; 3(51):28-40. DOI: 10.25686/2306-2827.2021.3.28. (rus.).
52. Demakov Yu.P. Diagnostics of the sustainability of forest ecosystems: methodological and methodological aspects. Yoshkar-Ola, Volga State Technological University, 2000; 416. (rus.).
53. Dzhikovitch Yu.V., Selivanov A.A., Danilov Yu.I. Prospects for the organization and development of public administration in the urban forests of St. Petersburg. *Actual Problems of the Forest Complex*. 2019; 54:18-21. (rus.).
54. Rysin S.L., Rysin L.P. On the need to develop the concept of recreational forest management in urban areas. *Bulletin of the Moscow State Forest University — Forest Bulletin*. 2011; 4:129-138. (rus.).
55. Narysheva N.G. Ownership of land occupied by urban forests. *Property relations in the Russian Federation*. 2010; 12(111):76-88. (rus.).
56. Tregubov A.A., Tregubov D.A. Forest land tenure of Kazan municipal self-government according to the Municipal Statutes of 1870 and 1892. *Echoes of Ages*. 2019; 4:18-35. (rus.).
57. Dokuchaev V.V. Detailed natural-historical, physical-geographical and agricultural research of St. Petersburg and its environs. *VIII Congress of Russian Naturalists and Doctors. Common department*. St. Petersburg, 1890; 119-124. (rus.).
58. Yanin E.P. The world's first program for a comprehensive study of the environment of a large city and its environs (on the occasion of the 130th anniversary of its development). *Ecological Expertise*. 2021; 2:2-12. DOI: 10.36535/0869-1010-2021-02-1 (rus.).

Received April 11, 2022.

Adopted in revised form on April 22, 2022.

Approved for publication on April 22, 2022.

BIONOTES: **Olga V. Bakhareva** — Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Digital Economics; **Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI (KNRTU – KAI)**; 10 Karl Marx st., Kazan, 420111, Russian Federation; Associate Professor of the Department of Economics and Information Technologies; **Kazan State Agrarian University (Kazan SAU)**; 65 Karl Marx st., Kazan, 420015, Russian Federation; ID RISC: 800333; OVBakhareva@mail.ru;

Timur Z. Azhimov — Senior Lecturer, Department of Construction Organization and Property Management; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ID RISC: 621067; azhimov@yandex.ru;

Liliya I. Azhimova — Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economics and Entrepreneurship in Construction; **Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)**; 1 Zelenaya st., Kazan, 420043, Russian Federation; ID RISC: 617173; liliyaazhimova@gmail.com.

Contribution of the authors: all authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare no conflicts of interest.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ. СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА. ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 624.15

DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.443-453

Осадка и несущая способность оснований и фундаментов вблизи вертикальной выемки

Завен Григорьевич Тер-Мартirosян, Армен Завенович Тер-Мартirosян,
Юлия Викторовна Ванина

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(НИУ МГСУ); г. Москва, Россия*

АННОТАЦИЯ

Введение. Рассматриваются постановка и аналитическое решение задачи о количественной оценке осадок и несущей способности весомого слоя грунта ограниченной мощности, опирающегося на несжимаемое основание, при воздействии фундамента с распределенной нагрузкой вблизи стены ограждения вертикальной выемки. Принимается, что вертикальная стена закреплена распорными конструкциями, но допускаются вертикальные перемещения грунтов.

Материалы и методы. Компоненты напряженного состояния получены методом тригонометрических рядов Рибьера – Файлона. Также приводятся формулы по определению вертикальных и горизонтальных деформаций на любой вертикали x и на любой горизонтали ($z > 0$). Для определения зависимости между напряжениями и деформациями используются системы физических уравнений Генки, которые учитывают влияние σ_m на модуль сдвига $G(\sigma_m)$ и на модуль объемной деформации $K(\sigma_m)$, и переходят в систему уравнений Гука при $G = \text{const}$ и $K = \text{const}$.

Результаты. Аналитически решена задача о напряженно-деформированном состоянии (НДС) весомого слоя грунта ограниченной мощности, опирающегося на несжимаемое основание, при воздействии фундамента с распределенной нагрузкой вблизи стены ограждения вертикальной выемки. Определены деформации основания ε_z , как сумма сдвиговых и объемных деформаций ($\varepsilon_z = \varepsilon_{zy} + \varepsilon_{zv}$). На основании полученных деформаций была оценена неравномерность осадок фундамента вблизи стены ограждения вертикальной выемки.

Выводы. Из анализа приведенных результатов следует, что решение данной задачи позволяет оценить деформации грунтов основания с учетом нелинейных свойств, а также оценить неравномерность осадок фундаментов зданий. Дальнейшее развитие новых методов количественной оценки НДС массивов грунтов на основе известных теоретических решений — одна из ключевых задач современного проектирования оснований и фундаментов зданий и сооружений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: НДС грунтового основания, тригонометрические ряды Рибьера – Файлона, физические уравнения Генки, объемные и сдвиговые деформации, осадка фундамента, несущая способность грунтового основания, ограждение котлована

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Тер-Мартirosян З.Г., Тер-Мартirosян А.З., Ванина Ю.В. Осадка и несущая способность оснований и фундаментов вблизи вертикальной выемки // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. Вып. 4. С. 443–453. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.443-453

Автор, ответственный за переписку: Юлия Викторовна Ванина, yuli.julles@gmail.com.

Settlement and bearing capacity of foundations adjacent to vertical excavation

Zaven G. Ter-Martirosyan, Armen Z. Ter-Martirosyan, Yuliya V. Vanina
*Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU); Moscow,
Russian Federation*

ABSTRACT

Introduction. This article provides a solution to the problem of the settlement and bearing capacity of foundations with finite width based on rigid soil body adjacent to vertical excavation when applying a uniformly distributed load on its surface. It is assumed, that the vertical wall is fixed with sprung structures, although vertical displacement of soil is acceptable.

Materials and methods. The solution of the problem was obtained by the method of trigonometric Ribere – Fileon series. Formulas for determining vertical and horizontal deformations on any coordinate x and on any horizontal ($z > 0$) are also given. To determine the relationship between stresses and deformations, systems of Genky's physical equations are used, which take into account the influence of σ_m on the shear modulus $G(\sigma_m)$ and on the volume deformation modulus $K(\sigma_m)$ and transform to the system of Hook's equations at $G = \text{const}$ and $K = \text{const}$.

Results. The problem of the stress-strain state of a weighty layer of soil of limited capacity on a rigid soil body adjacent to vertical excavation when applying a uniformly distributed load on its surface was analytically solved. The deformations of the soil base ε_z were determined as the sum of shear and volumetric deformations ($\varepsilon_z = \varepsilon_{zy} + \varepsilon_{zv}$). Based on the deformations obtained, the unevenness of the foundation settlement adjacent to vertical excavation was estimated.

Conclusions. From the analysis of the results of the task, it follows that the solution of the problem of the settlement and bearing capacity of foundations with finite width based on rigid soil body adjacent to vertical excavation when applying a uniformly distributed load on its surface allows to evaluate the deformation of the foundation soils taking into account nonlinear properties. Also it provides to assess the unevenness of the sediment foundations of buildings. The further development of new methods for quantifying the stress-strain statement of soils based on known theoretical solutions is one of the main tasks of modern design of foundations and foundations of buildings and structures.

KEYWORDS: stress strain statement of foundation, Ribere – Fileon series, Genky's physical equations, volumetric and shear deformations, foundation settlement, bearing capacity of soil base, retaining wall of excavation

FOR CITATION: Ter-Martirosyan Z.G., Ter-Martirosyan A.Z., Vanina Yu.V. Settlement and bearing capacity of foundations adjacent to vertical excavation. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2022; 17(4):443-453. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.443-453 (rus.).

Corresponding author: Yuliya V. Vanina, yuli.julles@gmail.com.

ВВЕДЕНИЕ

При экскавации грунта из выемок с вертикальными откосами под защитой ограждающих конструкций в прилегающем массиве грунта создается сложное неоднородное напряженно-деформированное состояние (НДС). В случае приложения на поверхности грунта распределенной нагрузки в массиве грунта, прилегающего к выработке, образуются дополнительные нормальные и касательные напряжения. При прогнозировании компонентов НДС часто возникает необходимость учета нелинейных свойств деформирования грунтов. В частности, для оснований фундаментов зданий и сооружений, находящихся вблизи котлованов, требуется оценивать появляющиеся объемные и сдвиговые деформации и, следовательно, возникающую относительную разность осадок. В настоящей статье приводятся постановка и аналитическое решение задачи о количественной оценке осадок и несущей способности оснований фундаментов, опирающихся на несжимаемый слой, вблизи вертикальной выработки под действием равномерно распределенной нагрузки на расстоянии от выемки.

Анализируя существующие расчетные модели оснований, можно сделать вывод, что реальной работе грунтовых оснований наиболее близко соответствует расчетная модель, позволяющая учитывать ограниченность области деформирования по ширине и глубине. В данном исследовании решение задачи о НДС весомого слоя грунта ограниченной мощности, опирающегося на несжимаемое основание, при воздействии фундамента с распределенной нагрузкой вблизи стены ограждения вертикальной выемки получено методом тригонометрических рядов Рибьера – Файлона. НДС слоя грунта от воздействия собственного веса известно, так как грунтовый слой находится в условиях компрессионного сжатия.

Зависимости между напряжениями и деформациями были определены с помощью системы физических уравнений Генки [1], которая позволяет учесть как линейную, так и нелинейную модель грунтов основания и описывает линейную деформацию как сумму объемных и сдвиговых деформаций ($\varepsilon_z = \varepsilon_v + \varepsilon_\gamma$).

Методы прогнозирования кратковременных и длительных осадок оснований и фундаментов разрабатывались отечественными учеными Н.А. Цытовичем [2], В.А. Флориным [3], К.Е. Егоровым [4], Н.М. Герсеговым [5], С.П. Тимошенко [6], Ю.К. Зарецким [7], 3.Г. Тер-Мартirosяном [8–10] и др. [11–15]. Актуальность и практическую значимость имеют методы количественной оценки осадок и несущей способности с учетом упругопластических свойств грунтов оснований фундаментов конечной ширины. Таким образом можно определить зависимость между напряжениями и деформациями, описывающую затухающую и прогрессирующую ее части, т.е. получить графики двойной кривизны. Такие графики получены в ходе лабораторных исследований деформируемости глинистых грунтов Н.А. Цытовичем [2], С.С. Вяловым [16], Ю.К. Зарецким [7], 3.Г. Тер-Мартirosяном [8]. Также вопросы трансформации исходного НДС грунтового основания при разработке котлованов были рассмотрены 3.Г. Тер-Мартirosяном [8], Нгуеном Вьет Туаном [17], Р.А. Мангушевым и другими учеными [18, 19]. При выполнении расчетов осадок зданий и сооружений вблизи бровки котлована необходим учет упругопластического поведения грунтов основания, так как в основании возникают значительные зоны развития дополнительных пластических деформаций. Более того, важен учет изменения модуля деформации по глубине основания для мощности слоя грунта более 5 м (модель Г.К. Клейна [20]), что дает возможность корректно рассчитывать осадки фундаментов исходя из упругопластических свойств

грунтов основания, в частности, вблизи бровки котлована. Следует отметить, что расчетные модели, позволяющие описывать упругопластические и вязкоупругие свойства грунтов, для построения графиков с двойной кривизной разрабатываются в настоящее время З.Г. Тер-Мартirosяном, А.З. Тер-Мартirosяном и другими специалистами [21–23]. Зарубежными учеными [24–34] создаются методики, базирующиеся на обратных задачах нахождения осадок массивов грунтов при помощи полевых испытаний с использованием программных комплексов (ПК) для численного моделирования задач.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассматривается действие распределенной нагрузки $q = \text{const}$ на горизонтальном участке шириной $b = 2a$ на расстоянии c от края ограждающей конструкции прямоугольного профиля на грунтовое основание, опирающееся на несжимаемый слой. Принимается, что вертикальная стенка закреплена распорными конструкциями, но допускаются вертикальные перемещения грунтов (рис. 1). Известно, что для данной задачи компоненты напряженного состояния грунтовой среды в виде четверти плоскости определены с помощью тригонометрических рядов Рибьера – Файлона по методу З.Г. Тер-Мартirosяна [35]:

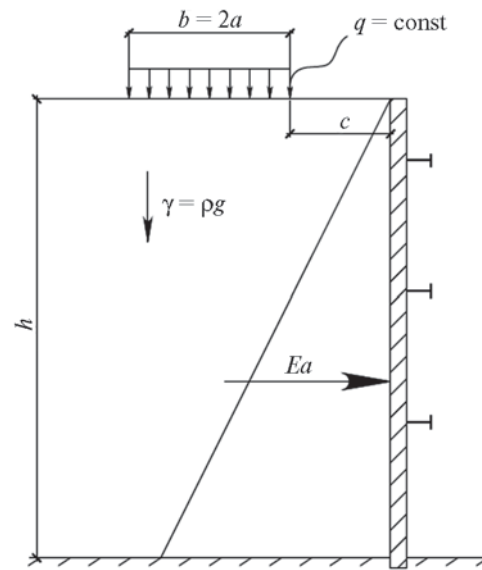


Рис. 1. Расчетная схема взаимодействия весового слоя ограниченной толщины h , опирающегося на несжимаемое основание, с вертикальной неподвижной стеной ограждения котлована при воздействии распределенной нагрузки $q = \text{const}$ по полосе $b = 2a$ на расстоянии c

Fig. 1. The design scheme of the interaction of a weighty soil of limited thickness h , lying on an incompressible base, with a vertical fixed wall of the excavation and with distributed load $q = \text{const}$ along the strip $b = 2a$ at a distance c

$$\sigma_y(x, y) = \frac{qa}{l} + \frac{4q}{\pi} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{m\pi a}{l}}{m} \left[\frac{\left(\frac{m\pi h}{l} ch \frac{m\pi h}{l} + sh \frac{m\pi h}{l} \right) ch \frac{m\pi(y-h)}{l} - \frac{m\pi(y-h)}{l} sh \frac{m\pi(y-h)}{l} sh \frac{m\pi h}{l}}{sh \frac{2m\pi h}{l} + \frac{2m\pi h}{l}} \right] \cos \frac{m\pi x}{l}; \quad (1)$$

$$\sigma_x(x, y) = \frac{qa}{l} \frac{\nu}{1-\nu} - \frac{4q}{\pi} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{m\pi a}{l}}{m} \left[\frac{\left(\frac{m\pi h}{l} ch \frac{m\pi h}{l} - sh \frac{m\pi h}{l} \right) ch \frac{m\pi(y-h)}{l} - \frac{m\pi(y-h)}{l} sh \frac{m\pi(y-h)}{l} sh \frac{m\pi h}{l}}{sh \frac{2m\pi h}{l} + \frac{2m\pi h}{l}} \right] \cos \frac{m\pi x}{l}; \quad (2)$$

$$\tau_{xy}(x, y) = -\frac{4q}{\pi} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{m\pi a}{l}}{m} \left[\frac{\frac{m\pi h}{l} ch \frac{m\pi h}{l} sh \frac{m\pi(y-h)}{l} - \frac{m\pi(y-h)}{l} ch \frac{m\pi(y-h)}{l} sh \frac{m\pi h}{l}}{sh \frac{2m\pi h}{l} + \frac{2m\pi h}{l}} \right] \sin \frac{m\pi x}{l}; \quad (3)$$

$$\sigma_m(x, y) = \frac{1+\nu}{3} \left[\frac{qa}{l} \frac{1}{1-\nu} + \frac{8q}{\pi} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{m\pi a}{l}}{m} \frac{sh \frac{m\pi a}{l} ch \frac{m\pi(y-h)}{l}}{sh \frac{2m\pi h}{l} + \frac{2m\pi h}{l}} \cos \frac{m\pi x}{l} \right]. \quad (4)$$

Компоненты напряжений на основании системы уравнений (1)–(4) получены как результат сложения равномерно распределенных нагрузок интенсивностью q по полосе шириной $2c$ и интенсивностью $-q$ по полосе шириной $2a$.

Система физических уравнений Генки [1], позволяющая определить линейную и нелинейную за-

висимости между напряжениями и деформациями, имеет следующий вид:

$$\varepsilon_x = \chi(\sigma_x - \sigma_m) + \chi^* \sigma_m, \quad \gamma_{xy} = 2\chi\tau_{xy}; \quad (5)$$

$$\varepsilon_y = \chi(\sigma_y - \sigma_m) + \chi^* \sigma_m, \quad \gamma_{yz} = 2\chi\tau_{yz}; \quad (6)$$

$$\varepsilon_z = \chi(\sigma_z - \sigma_m) + \chi^* \sigma_m, \quad \gamma_{zx} = 2\chi\tau_{zx}; \quad (7)$$

где

$$\chi = \frac{\gamma_i}{2\tau_i} = \frac{f(\tau_i, \sigma_m, \mu_\sigma)}{2\tau_i}; \quad (8)$$

$$\chi^* = \frac{\varepsilon_m}{\sigma_m} = \frac{f^*(\tau_i, \sigma_m, \mu_\sigma)}{2\tau_i}. \quad (9)$$

Уравнения Генки [24] при $\chi = 1/2G$ и $\chi^* = 1/K$, где $G = E/2(1 + \nu)$ и $K = E/(1 - 2\nu)$ переходят в систему уравнений Гука.

В качестве расчетной для определения нелинейных объемных деформаций принята зависимость, предложенная академиком РАН С.С. Григоряном [16]:

$$\varepsilon_m(\sigma_m) = \varepsilon^*(1 - e^{-\alpha\sigma_m}). \quad (10)$$

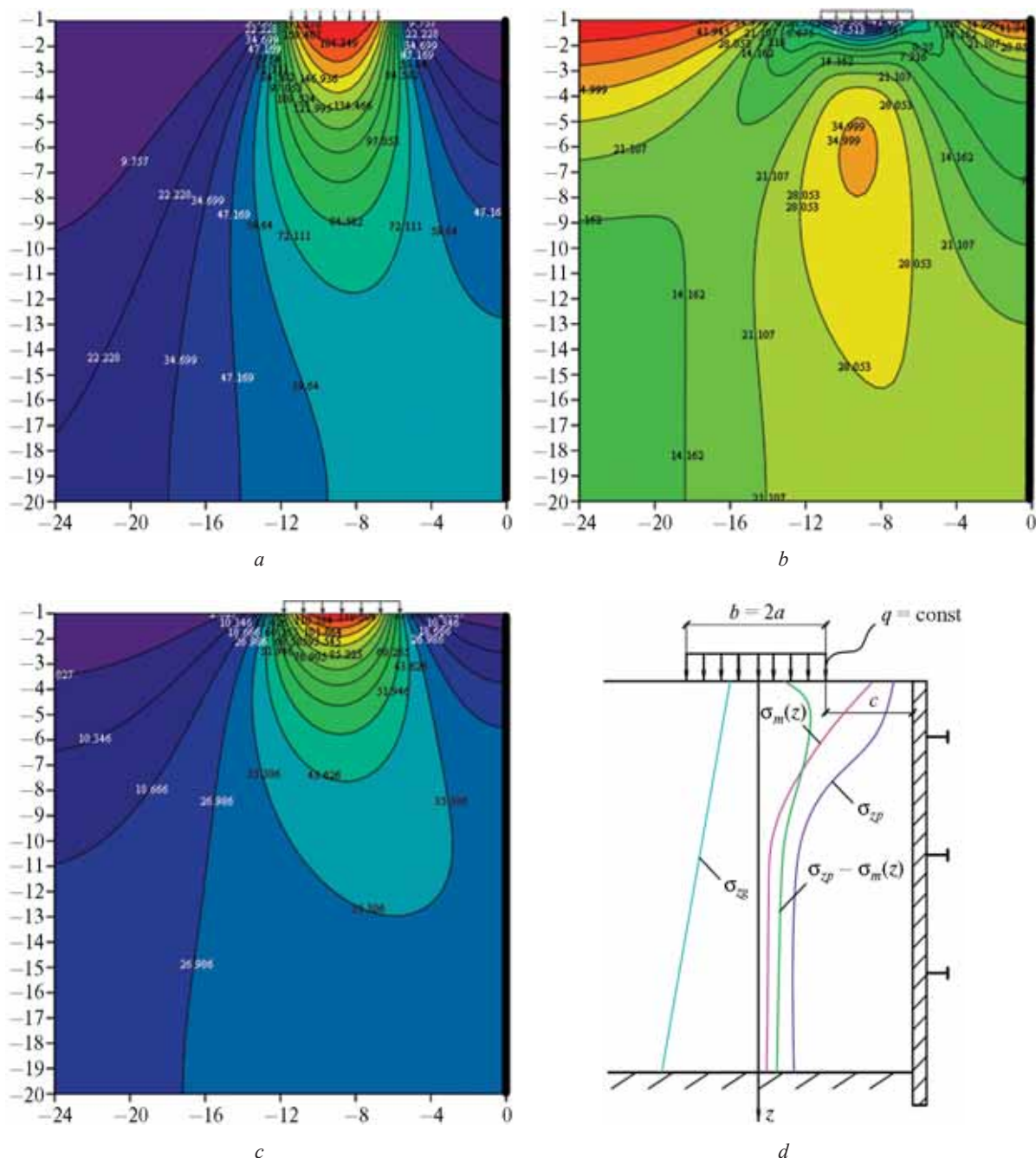


Рис. 2. Изолинии напряжений при $q = 200$ кПа, $c = 6$ м, $b = 2a = 6$ м: а — вертикальных σ_y ; б — горизонтальных σ_x ; в — средних напряжений σ_m ; д — расчетная схема для определения сдвиговых и объемных деформаций грунтового массива на основе физических уравнений Генки

Fig. 2. Stress isopoles at $q = 200$ kPa, $c = 6$ m, $b = 2a = 6$ m: a — vertical stress σ_y ; b — horizontal stress σ_x ; c — average stresses σ_m ; d — design scheme for determining shear and volumetric deformations of a weighty soil of limited thickness, lying on an incompressible soilbase based on Genky's physical equations

Касательный модуль объемной деформации K при этом можно рассчитать, разделив в выражении ε_m на σ_m , т.е.:

$$\frac{\varepsilon_m}{\sigma_m} = \frac{1}{K} = \frac{\varepsilon^* (1 - e^{-\alpha \sigma_m})}{\sigma_m}; \quad (11)$$

$$K = \frac{\sigma_m}{\varepsilon_m}. \quad (12)$$

При $\sigma_m \rightarrow \infty$; $\varepsilon_m \rightarrow \varepsilon^*$, а при $\alpha = 0$, $\varepsilon^* = \varepsilon_m$ получим линейную зависимость $K = \varepsilon_m / \sigma_m$.

Для описания упругопластических свойств связного грунта при сдвиге использовалась зависимость С.П. Тимошенко [16], которая применительно к грунтовой среде имеет вид:

$$\gamma_i = \frac{\tau_i}{G^0} \frac{\tau_i^*}{\tau_i^* - \tau_i}, \quad (13)$$

где γ_i — интенсивность угловой деформации; τ_i — действующие значения интенсивности касательных напряжений; τ_i^* — предельные значения интенсивности касательных напряжений; G^0 — модуль сдвига (упругости) на начальном участке кривой $\gamma_i - \tau_i$.

$$\tau_i^* = (\sigma_m + \sigma_g) \operatorname{tg} \varphi + c_i, \quad (14)$$

где φ , c_i — предельные значения параметров прочности, определяемые по предельной прямой зависимости $\tau_i - \sigma_m$; σ_g — природное напряжение.

Секущий модуль сдвига рассчитывается по формуле:

$$G = G^0 \left(1 - \frac{\tau_i^*}{\tau_i^* - \tau_i} \right). \quad (15)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Аналитический расчет при помощи ПК MathCAD позволил определить компоненты напряжений σ_x , σ_z , τ_{xy} , σ_m по всей плоскости при $z > 0$ и $\pm x$. На рис. 2 представлены изолинии компонент напряжений. Для сравнительного анализа был произведен аналогичный расчет в ПК PLAXIS 2D для четверти плоскости с граничным условием на оси z $\varepsilon_x = 0$, $\sigma_x \neq 0$. Результаты приведены на рис. 2.

В простейшем случае линейной зависимости между напряжениями и деформациями с параметрами G и K осадку можно установить аналитическим решением для оси z ($x = 0$). Тогда можно записать

$$\frac{\varepsilon_m}{\sigma_m} = \frac{1}{K} = \frac{\varepsilon^* (1 - e^{-\alpha \sigma_m})}{\sigma_m}; \quad (16)$$

$$K = \frac{\sigma_m}{\varepsilon_m}. \quad (17)$$

Для случая линейной модели основания был рассмотрен пример при исходных данных $q = 200$ кПа, $c = 6$ м, $b = 2a = 6$ м, $\nu = 0,27$, $K = 40\,000$ кПа, $G_e = 50\,000$ кПа.

Для учета нелинейной деформируемости слоя грунта в расчете его вертикальных перемещений рассматривается уравнение Генки:

$$\varepsilon_z = \frac{\sigma_z - \sigma_m}{G(\sigma_m, \tau_i / \tau_i^*)} + \frac{\sigma_m}{K}. \quad (18)$$

Подставляя $G(\sigma_m, \tau_i)$ и $K(\sigma_m)$, получаем нелинейные уравнения:

$$\varepsilon_{z,v} = \varepsilon^* (1 - e^{-\alpha \sigma_m}); \quad (19)$$

$$\varepsilon_{z,\gamma} = \frac{\sigma_z - \sigma_m}{2G_e(\sigma_m, \tau_i / \tau_i^*)}, \quad (20)$$

где $\tau_i = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sqrt{3}} = \frac{\sigma_z - \sigma_x}{\sqrt{3}}$ (на оси $x = 0$); $\tau_i^* = (\sigma_m + \sigma_g) \operatorname{tg} \varphi + c_i$, σ_{zp} , σ_{xp} определяются по выражениям (1)–(4).

Из анализа уравнений (19) и (20) следует, что составляющая объемной деформации $\varepsilon_{z,v}$ с ростом σ_z будет иметь затухающий характер и при $\sigma_m \rightarrow \infty$; $\varepsilon_{z,v} \rightarrow \varepsilon^*$. В то же время при росте σ_z величина $\varepsilon_{z,\gamma}$ будет иметь сначала прямолинейный рост, а затем переходить на стадию интенсивного роста, так как при $\tau_i \rightarrow \tau_i^*$; $\varepsilon_{z,\gamma} \rightarrow \infty$. Следовательно, суммарная величина деформации будет иметь двойную кривизну, т.е. на начальном участке при $\tau_i < \tau_i^*$ имеет затухающий характер, а затем при $\tau_i \rightarrow \tau_i^*$ переходит на стадию прогрессирующего деформирования (рис. 3).

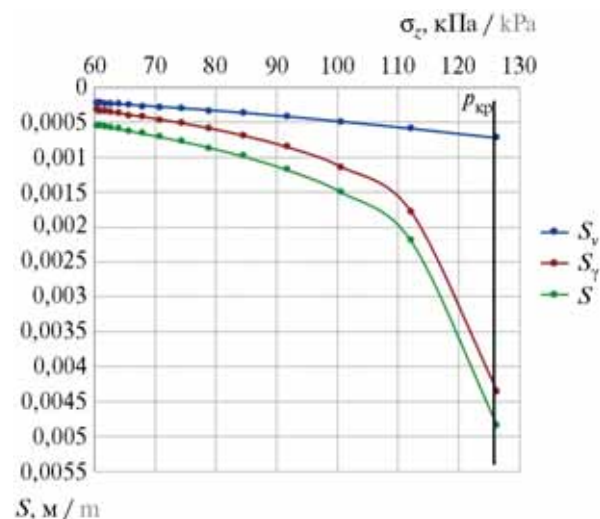


Рис. 3. Графики кривых вертикальных перемещений слоя грунта толщиной $h = 15$ м, рассчитанные по формулам (19) и (20)

Fig. 3. Curves of vertical displacement of the soil with a thickness of $h = 15$ m, calculated by the formulas (19) and (20)

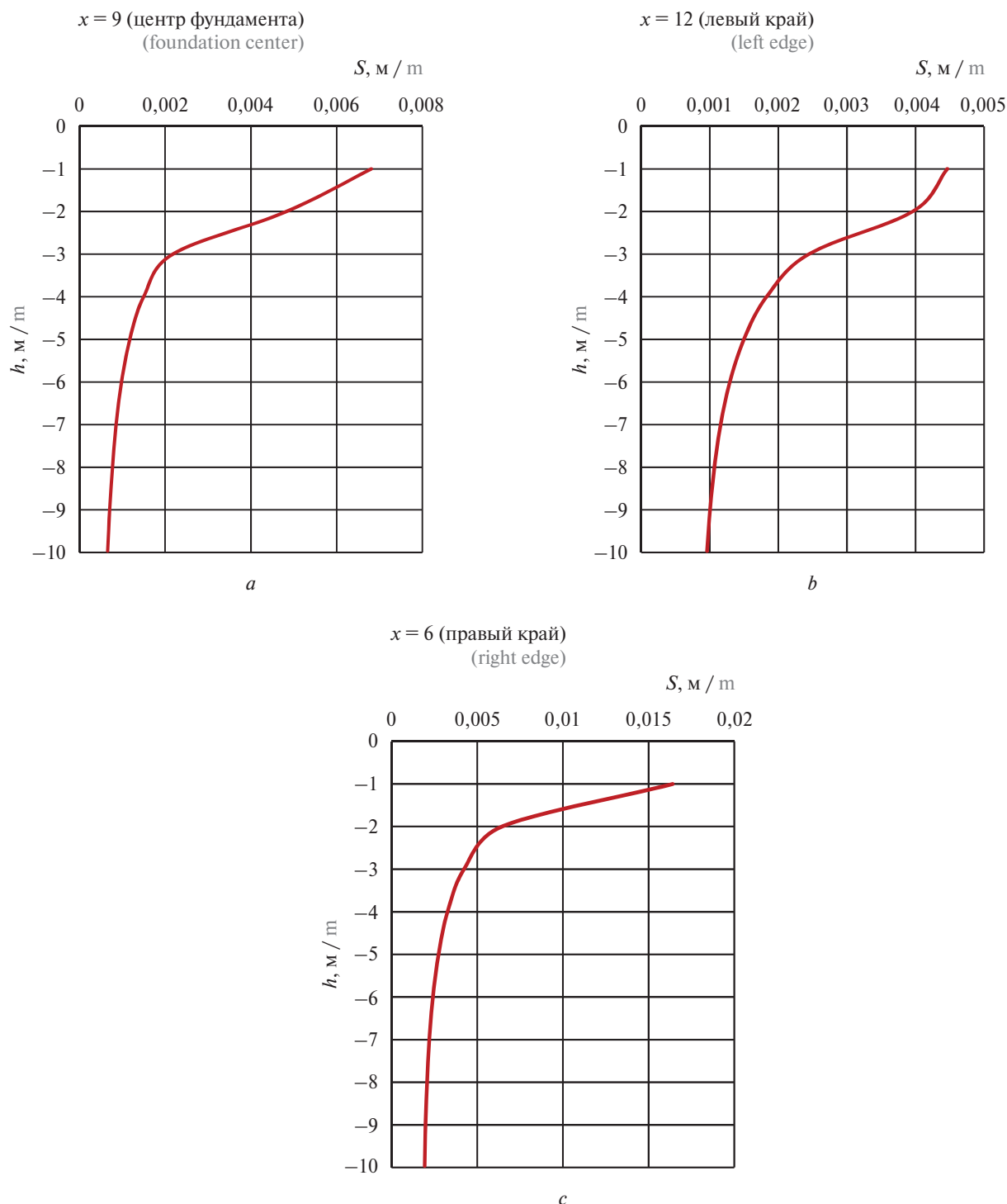


Рис. 4. Графическое представление осевых деформаций ε_z на различных вертикалях $x \geq 0$

Fig. 4. Curves of vertical displacement ε_z of different coordinates of $x \geq 0$

Суммарные деформации основания толщиной $h = 15$ м при разных $x \geq 0$ можно определить с помощью следующих интегралов:

$$S = \int_0^h \varepsilon_{z,vi}(dz) + \int_0^h \varepsilon_{z,\gamma i}(dz) = S_v + S_\gamma. \quad (21)$$

Расчет суммарных деформаций основания $\varepsilon_z = \varepsilon_{z,v} + \varepsilon_{z,\gamma}$ на разных вертикалях $x \geq 0$ с параме-

трами механических свойств грунтов $\varepsilon^* = 0,016$, $\alpha = 0,015$, $\nu = 0,3$, $G_e = 50\,000$ кПа, $\varphi = 25^\circ$ и $c = 15$ кПа представлен на рис. 4.

Из анализа приведенных результатов следует, что суммарные деформации по левому краю фундамента ($x = 12$) составляют $S_{\text{лев}} = 11$ мм; по правому краю фундамента ($x = 6$) — $S_{\text{прав}} = 44$ мм; по центру фундамента ($x = 9$) — $S_{\text{центр}} = 16$ мм. Таким образом,

наблюдается неравномерность осадок краев фундамента $\Delta S/l = 0,0055$, вызванная близким расположением фундамента к бортовке котлована.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Обобщая полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Выбранные геомеханическая модель основания (ее геометрические параметры, начальные и граничные условия), а также расчетная модель грунтовой среды (линейная, нелинейная и реологическая) и тип физических уравнений (система Гука или система Генки), существенно влияют на характер кривой осадка — напряжение ($S - \sigma_{zp}$), а также на несущую способность грунтового основания.

2. Используемая в настоящей работе расчетная модель наряду с упруго-пластической моделью при сдвиге и нелинейной моделью при объемной деформации грунта в составе физических уравнений Генки позволила линейную деформацию грунта $\varepsilon(\sigma, \tau)$ представить в виде суммы объемной и сдвиговой состав-

ляющих этой линейной деформации ($\varepsilon_z = \varepsilon_{z,v} + \varepsilon_{z,\gamma}$). В этом случае кривая деформации — напряжения ($\varepsilon_z - \sigma_z$) может развиваться как по затухающей, так и по незатухающей (двойная кривизна) траектории.

3. Расчетная модель основания при ограничении горизонтальных перемещений грунта по границе вертикальной выемки ($\varepsilon_x = 0$) приводит к затуханию деформаций ε_z с ростом σ_z .

4. Расчет по деформациям показал, что при нахождении вблизи вертикальной выемки фундамента под действием распределенной нагрузки неизбежно возникает неравномерность осадок. Для рассмотренного случая неравномерность осадок составила $\Delta S/l = 0,0055$, что является существенным превышением нормируемых значений СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений». Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*».

5. Разработка и усовершенствование методов количественной оценки НДС оснований и фундаментов близрасположенной застройки — важная прикладная задача современного проектирования оснований и фундаментов зданий и сооружений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Hencky H. Zur Theorie plastischer deformationen und der hierdurch im material hervorgerufenen Nachspannungen // ZaMM. 1924. Issue 4. Pp. 323–334.
2. Цытович Н.А. Механика грунтов : учебное пособие. М. : Стройиздат, 1963. 638 с.
3. Флорин В.А. Основы механики грунтов. Л. ; М. : Гостройиздат, 1961. 543 с.
4. Егоров К.Е. О деформации основания конечной толщины // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1961. № 1.
5. Герсеванов И.М., Мачерет Я.А. К вопросу о бесконечно длинной балке на упругой почве, нагруженной силой // Гидротехническое строительство. 1935. № 10. С. 15–23.
6. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. М. : Наука, 1975. 576 с.
7. Зарецкий Ю.К., Карабаев М.И. Влияние последовательности возведения близкорасположенных высотных зданий на осадки и крен фундаментных плит // Вестник МГСУ. 2006. № 1. С. 51–56.
8. Тер-Мартirosyan З.Г., Тер-Мартirosyan А.З. Механика грунтов в высотном строительстве с развитой подземной частью : учебное пособие. М. : Изд-во АСВ, 2020. 912 с.
9. Ter-Martirosyan Z., Ter-Martirosyan A., Luzin I. Settlement of a foundation slab, non-uniform in depth // MATEC Web of Conferences. 2017. Vol. 117. P. 00166. DOI: 10.1051/mateconf/201711700166
10. Ter-Martirosyan A., Luzin I. Calculation of foundation settlement on a overconsolidated base // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 196. P. 03018. DOI: 10.1051/mateconf/201819603018
11. Горбунов-Посадов М.И., Шехтер О.Я., Кофман В.А. Давление грунта на жесткий заглубленный фундамент и свободные деформации котлована // Труды НИИ оснований и фундаментов. М. : Гостройиздат, 1954. № 24. С. 39–80.
12. Караулов А.М., Королев К.В., Галтер Д.С. Предельное давление круглого штампа на основание в стесненных условиях // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2018. № 12 (720). С. 23–30.
13. Королев К.В., Караулов А.М. Аналитическое решение задачи о предельном давлении на весомое сыпучее основание при больших нагрузках // Актуальные вопросы геотехники при решении сложных задач нового строительства и реконструкции : сб. тр. науч.-техн. конф. 2010. 404 с.
14. Karaulov A.M., Korolev K.V. A static solution for the problem of the stability of a smooth freestanding sheet pile wall // Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2017. Vol. 54. Issue 4. Pp. 211–215. DOI: 10.1007/s11204-017-9460-6
15. Kudriavtsev S.A., Paramonov V.N., Kazharskii A.V., Goncharova E.D. Calculated evaluation of shoring of deep excavation in the restrained urban conditions (Khabarovsk, Russia) // Japanese Geotechnical Society Special Publication. 2016. Vol. 2. Issue 79. Pp. 2722–2725. DOI: 10.3208/jgssp.TC305-10
16. Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов. М. : Высшая школа, 1978. 447 с.
17. Нгуен Вьет Туан. Напряженно-деформированное состояние грунтов основания и бортов котлована с учетом пространственного фактора : дис. ... канд. техн. наук. М., 2006. 197 с.

18. Мангушев Р.А., Осокин А.И., Левинская П.Г. Перспективы устройства подземных паркингов в условиях стесненной застройки исторического центра Санкт-Петербурга // Жилищное строительство. 2019. № 4. С. 3–18. DOI: 10.31659/0044-4472-2019-4-3-18
19. Мангушев Р.А., Веселов А.А., Кондратьева Л.Н., Ланько С.В. Изменение характеристик грунтов при устройстве подземной части здания в котлованах большого объема в условиях городской застройки // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 6 (65). С. 114–121. DOI: 10.23968/1999-5571-2017-14-6-114-121
20. Клейн Г.К. Учет неоднородности, разрывности деформаций и других механических свойств грунта при расчете сооружений на сплошном основании // Сб. трудов МИСИ. 1956. № 14. С. 168–180.
21. Тер-Мартirosян З.Г., Тер-Мартirosян А.З., Курилин Н.О. Осадка и несущая способность оснований фундаментов конечной ширины // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2021. № 1. С. 8–13.
22. Тер-Мартirosян З.Г., Тер-Мартirosян А.З., Курилин Н.О. Прогноз осадки и длительной несущей способности основания фундамента конечной ширины // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2021. № 3. С. 6–9.
23. Ter-Martirosyan Z.G., Ter-Martirosyan A.Z., Kurilin N.O. Predicting the settlement and long-term bearing capacity of a base of foundation of finite width // Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2021. Vol. 58. Issue 3. Pp. 190–195. DOI: 10.1007/s11204-021-09727-x
24. Brown E.T., Hoek E. Trends in relationships between measured in situ stresses and depth // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts. 1978. Vol. 15. Issue 4. Pp. 211–215. DOI: 10.1016/0148-9062(78)91227-5
25. Cui X.F., Xie F.R. Preliminary research to determine stress districts from focal mechanism solutions in Southwest China and its adjacent area // Acta Seismologica Sinica. 1999. Vol. 12. Issue 5. Pp. 562–572. DOI: 10.1007/s11589-999-0056-8
26. Campana J., Bard E., Verdugo R. Shear strength and deformation modulus of tailing sands under high pressures // 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. 2013.
27. Guerra C., Fischer K., Henk A. Stress prediction using 1D and 3D geomechanical models of a tight gas reservoir — a case study from the Lower Magdalena Valley Basin, Colombia // Geomechanics for Energy and the Environment. 2019. Vol. 19. P. 100113. DOI: 10.1016/j.gete.2019.01.002
28. Fan H., Li S., Feng X.T., Zhu X. A high-efficiency 3D boundary element method for estimating the stress/displacement field induced by complex fracture networks // Journal of Petroleum Science and Engineering. 2020. Vol. 187. P. 106815. DOI: 10.1016/j.petrol.2019.106815
29. Khademian Z., Shahriar K., Nik M.G. Developing an algorithm to estimate in situ stresses using a hybrid numerical method based on local stress measurement // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2012. Vol. 55. Pp. 80–85. DOI: 10.1016/j.ijrmms.2012.05.019
30. Kuntsche K. Deep excavations and slopes in urban areas // Proc. of the 14th European Conf. on ISMGE. Madrid, 2007. Vol. 1. Pp. 63–73.
31. Li G., Mizuta Y., Ishida T., Li H., Nakama S., Sato T. Stress field determination from local stress measurements by numerical modelling // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2009. Vol. 46. Issue 1. Pp. 138–147. DOI: 10.1016/j.ijrmms.2008.07.009
32. Llorens M.G. Stress and strain evolution during single-layer folding under pure and simple shear // Journal of Structural Geology. 2019. Vol. 126. Pp. 245–257. DOI: 10.1016/j.jsg.2019.06.009
33. Nguyen N.H.T., Bui H., Nguyen G.D. An approach to calculating large strain accumulation for discrete element simulations of granular media // International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics. 2020. Vol. 44. Issue 11. Pp. 1525–1547. DOI: 10.1002/nag.3076
34. Pei Q., Ding X., Liu Y., Lu B., Huang S., Fu J. Optimized back analysis method for stress determination based on identification of local stress measurements and its application // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 2019. Vol. 78. Issue 1. Pp. 375–396. DOI: 10.1007/s10064-017-1118-0
35. Ter-Martirosyan Z.G., Luzin I.N., Vanina Yu.V., Ter-Martirosyan A.Z. Stress-strain state of the soil mass under the uniformly distributed load action adjacent to a vertical excavation // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. Vol. 1083. Issue 1. P. 012015. DOI: 10.1088/1757-899X/1083/1/012015

Поступила в редакцию 14 марта 2022 г.

Принята в доработанном виде 8 апреля 2022 г.

Одобрена для публикации 8 апреля 2022 г.

О Б АВТОРАХ: **Завен Григорьевич Тер-Мартirosян** — доктор технических наук, профессор кафедры механики грунтов и геотехники, главный научный сотрудник научно-образовательного центра «Геотехника», почетный член Российской академии архитектуры и строительных наук; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; РИНЦ ID: 496327; Ter-MartirosianAZ@mgsu.ru;

Армен Завенович Тер-Мартirosян — доктор технических наук, профессор кафедры механики грунтов и геотехники, директор Института строительства и архитектуры; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; РИНЦ ID: 675967; Ter-MartirosianAZ@mgsu.ru;

Юлия Викторовна Ванина — аспирант кафедры механики грунтов и геотехники; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; РИНЦ ID: 791344; yuli.jullies@gmail.com.

Вклад авторов:

Тер-Мартirosян З.Г. — идея, концепция исследования, развитие методологии, научное руководство, научное редактирование текста.

Тер-Мартirosян А.З. — научное редактирование текста.

Ванина Ю.В. — проведение аналитических расчетов, написание исходного текста, итоговые выводы.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. Hencky H. Zur Theorie plastischer Deformationen und der hierdurch im Material hervorgerufenen Nachspannungen. *ZaMM*. 1924; 4:323-334.
2. Tsytoich N.A. *Soil mechanics*. Moscow, Stroyizdat Publ., 1963; 638. (rus.).
3. Florin V.A. *Fundamentals of soil mechanics*. Leningrad; Moscow, Gosstroyizdat Publ., 1961; 543. (rus.).
4. Egorov K.E. About the deformation of the base of the finite thickness. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 1961; 1. (rus.).
5. Gersevanov I.M., Macheret Y.A. About an infinite long beam on elastic soil loaded with force. *Hydraulic Engineering*. 1935; 10:15-23. (rus.).
6. Timoshenko S.P., Gud'er Dzh. *Theory of elasticity*. Moscow, Nauka Publ., 1975; 576. (rus.).
7. Zaretskiy Yu.K., Karabaev M.I. Influence of the sequence of construction of nearby high-rise buildings on precipitation and roll of foundation slabs. *Vestnik MGSU* [Proceedings of the Moscow State University of Civil Engineering]. 2006; 1:51-56. (rus.).
8. Ter-Martirosyan Z.G., Ter-Martirosyan A.Z. *Soil mechanics for high-rise buildings having sophisticated underground substructures: study guide*. Moscow, ASV Publ., 2020; 912. (rus.).
9. Ter-Martirosyan Z., Ter-Martirosyan A., Luzin I. Settlement of a foundation slab, non-uniform in depth. *MATEC Web of Conferences*. 2017; 117:00166. DOI: 10.1051/mateconf/201711700166
10. Ter-Martirosyan A., Luzin I. Calculation of foundation settlement on a overconsolidated base. *MATEC Web of Conferences*. 2018; 196:03018. DOI: 10.1051/mateconf/201819603018
11. Gorbunov-Posadov M.I., Shekhter O.YA., Kofman V.A. The pressure of the soil on the deep foundation and free deformation of the pit. *Works of the Research Institute of Foundation bases and Foundations*. Moscow, Gosstroyizdat Publ., 1954; 24:39-80. (rus.).
12. Karaulov A.M., Korolev K.V., Galter D.S. Limiting pressure of the round stamp upon the basis in the constrained conditions. *News of Higher Educational Institutions. Construction*. 2018; 12(720):23-30. (rus.).
13. Korolev K.V., Karaulov A.M. Analytical solution of the problem of the maximum pressure of the stamp on a weighty bulk base under heavy loads. *Topical issues of geotechnics in solving complex problems of new construction and reconstruction*. 2010; 404. (rus.).
14. Karaulov A.M., Korolev K.V. A static solution for the problem of the stability of a smooth freestanding sheet pile wall. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 2017; 54(4):211-215. DOI: 10.1007/s11204-017-9460-6
15. Kudriavtsev S.A., Paramonov V.N., Kazharskii A.V., Goncharova E.D. Calculated evaluation of shoring of deep excavation in the restrained urban conditions (Khabarovsk, Russia). *Japanese Geotechnical Society Special Publication*. 2016; 2(79):2722-2725. DOI: 10.3208/jgssp.TC305-10
16. Vyalov S.S. *Rheological foundations of soil mechanics*. Moscow, High School Publ., 1978; 447. (rus.).
17. Nguen V'et Tuan. *The stress — strain statement of the soil of the foundation and sides of the pit, taking into account the spatial factor: thesis of candidate of technical sciences*. Moscow, 2006; 197. (rus.).
18. Mangushev R.A., Osokin A.I., Levinskaya P.G. Prospects for the construction of underground parkings under conditions of tight development of the historic center of St. Petersburg. *Housing Construction*. 2019; 4:3-18. DOI: 10.31659/0044-4472-2019-4-3-18 (rus.).
19. Mangushev R.A., Veselov A.A., Kondrat'eva L.N., Lan'ko S.V. Soil characteristics variation during construction of the underground part of the building in large-size pits in conditions of urban development. *Bulletin of Civil Engineers*. 2017; 6(65):114-121. DOI: 10.23968/1999-5571-2017-14-6-114-121 (rus.).

20. Kleyn G.K. Taking into account the heterogeneity of discontinuous deformations and other mechanical properties of soils when calculating structures on a solid foundation. *Collection of works of MISI*. 1956; 14:168-180. (rus.).
21. Ter-Martirosyan Z.G., Ter-Martirosyan A.Z., Kurilin N.O. The settlement and bearing capacity of the foundations of the foundations of the finite width. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 2021; 1:8-13. (rus.).
22. Ter-Martirosyan Z.G., Ter-Martirosyan A.Z., Kurilin N.O. Predicting the settlement and long-term bearing capacity of a base of foundation of finite width. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 2021; 58(3):190-195. (rus.).
23. Ter-Martirosyan Z.G., Ter-Martirosyan A.Z., Kurilin N.O. Predicting the settlement and long-term bearing capacity of a base of foundation of finite width. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 2021; 58(3):190-195. DOI: 10.1007/s11204-021-09727-x
24. Brown E.T., Hoek E. Trends in relationships between measured in situ stresses and depth. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*. 1978; 15(4):211-215. DOI: 10.1016/0148-9062(78)91227-5
25. Cui X.F., Xie F.R. Preliminary research to determine stress districts from focal mechanism solutions in Southwest China and its adjacent area. *Acta Seismologica Sinica*. 1999; 12(5):562-572. DOI: 10.1007/s11589-999-0056-8
26. Campana J., Bard E., Verdugo R. Shear strength and deformation modulus of tailing sands under high pressures. *18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. 2013.
27. Guerra C., Fischer K., Henk A. Stress prediction using 1D and 3D geomechanical models of a tight gas reservoir — a case study from the Lower Magdalena Valley Basin, Colombia. *Geomechanics for Energy and the Environment*. 2019; 19:100113. DOI: 10.1016/j.gete.2019.01.002
28. Fan H., Li S., Feng X.T., Zhu X. A high-efficiency 3D boundary element method for estimating the stress/displacement field induced by complex fracture networks. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2020; 187:106815. DOI: 10.1016/j.petrol.2019.106815
29. Khademian Z., Shahriar K., Nik M.G. Developing an algorithm to estimate in situ stresses using a hybrid numerical method based on local stress measurement. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2012; 55:80-85. DOI: 10.1016/j.ijrmms.2012.05.019
30. Kuntsche K. Deep excavations and slopes in urban areas. *Proc. of the 14th European Conf. on ISMGE*. Madrid, 2007; 1:63-73.
31. Li G., Mizuta Y., Ishida T., Li H., Nakama S., Sato T. Stress field determination from local stress measurements by numerical modelling. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2009; 46(1):138-147. DOI: 10.1016/j.ijrmms.2008.07.009
32. Llorens M.G. Stress and strain evolution during single-layer folding under pure and simple shear. *Journal of Structural Geology*. 2019; 126:245-257. DOI: 10.1016/j.jsg.2019.06.009
33. Nguyen N.H.T., Bui H., Nguyen G.D. An approach to calculating large strain accumulation for discrete element simulations of granular media. *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*. 2020; 44(11):1525-1547. DOI: 10.1002/nag.3076
34. Pei Q., Ding X., Liu Y., Lu B., Huang S., Fu J. Optimized back analysis method for stress determination based on identification of local stress measurements and its application. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. 2019; 78(1):375-396. DOI: 10.1007/s10064-017-1118-0
35. Ter-Martirosyan Z.G., Luzin I.N., Vanina Yu.V., Ter-Martirosyan A.Z. Stress-strain state of the soil mass under the uniformly distributed load action adjacent to a vertical excavation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021; 1083(1):012015. DOI: 10.1088/1757-899X/1083/1/012015

Received March 14, 2022.

Adopted in revised form on April 8, 2022.

Approved for publication on April 8, 2022.

BIONOTES: **Zaven G. Ter-Martirosyan** — Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Soil Mechanics and Geotechnics, Main scientific researcher of Research and Education Center “Geotechnics”, Academician of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (RAACS); **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ID RISC: 496327; Ter-MartirosianAZ@mgsu.ru;

Armen Z. Ter-Martirosyan — Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Soil Mechanics and Geotechnics, Head of the Institute of Civil engineering and architecture; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ID RISC: 675967; Ter-MartirosianAZ@mgsu.ru;

Yuliya V. Vanina — postgraduate of the Department of Soil Mechanics and Geotechnics; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ID RISC: 791344; yuli.jullies@gmail.com.

Contribution of the authors:

Zaven G. Ter-Martirosyan — idea, concept of research, development of methodology, scientific guidance, scientific text editing.

Armen Z. Ter-Martirosyan — scientific text editing.

Yuliya V. Vanina — the product of analytical calculations, writing the source text, final conclusions.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Применение методики Г.А. Гениева, Н.С. Чаусова для исследования устойчивости пологих оболочек

Александр Георгиевич Колесников, Иван Андреевич Спасских

Юго-Западный государственный университет (ЮЗГУ); г. Курск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Рассмотрено исследование устойчивости пологих оболочек на основе методики, изложенной в трудах Г.А. Гениева, Н.С. Чаусова. Проанализированы работы авторов, работающих над вопросами определения напряженно-деформированного состояния (НДС) данного вида конструкций, с указанием актуальных тенденций и недостатков применяемых методик.

Материалы и методы. В основу положена фундаментальная работа Г.А. Гениева, Н.С. Чаусова. В ней дается определение потери устойчивости I и II рода и обосновывается применение системы уравнений для описания НДС конструкции. Представленная система уравнений для пологих оболочек постоянной и переменной толщины и формы срединной поверхности решается с помощью метода Бубнова – Галеркина. Аппроксимирующие функции напряжений и перемещений дают возможность варьировать вид опирания конструкции.

Результаты. Реализация методики Г.А. Гениева, Н.С. Чаусова с использованием аппроксимирующих функций В.З. Власова позволила провести исследование влияния различных параметров на величину критической нагрузки для конструкций в виде пологих оболочек с учетом геометрической нелинейности их работы. Приведены конкретные значения параметров конструкции, повышающие устойчивость II рода при постоянных исходных данных.

Выводы. Проведенный анализ устойчивости пологих оболочек позволил выявить закономерности изменения величины критической нагрузки при варьировании различных геометрических характеристик. Эти результаты могут быть использованы при проектировании реальных конструкций. При этом методика дает возможность ставить задачи оптимизации таких конструкций с ограничениями на значение их объема (веса) или минимизировать его за счет взаимовязанного изменения геометрических характеристик при сохранении несущей способности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пологая оболочка, устойчивость, переменная толщина, напряженно-деформированное состояние, пространственные конструкции

Благодарности. Авторы выражают благодарность профессору Леониду Юлиановичу Ступишину за многолетнюю помощь и поддержку в работе над исследованием конструкций в виде пологих оболочек.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Колесников А.Г., Спасских И.А. Применение методики Г.А. Гениева, Н.С. Чаусова для исследования устойчивости пологих оболочек // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. Вып. 4. С. 454–462. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.454-462

Автор, ответственный за переписку: Александр Георгиевич Колесников, ag-kolesnikov@mail.ru.

Application of the G.A. Geniev, N.S. Chausova method for stability of shallow shells investigation

Alexander G. Kolesnikov, Ivan A. Spasskikh

Southwest State University (SWSU); Kursk, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The work is devoted to the stability of shallow shells investigation, based on the G.A. Geniev, N.S. Chausov methodology. An analysis is given of the works of the authors working on the issues of determining the stress-strain state of this structure type. Current trends and shortcomings of the methods used are indicated.

Materials and methods. The analysis of stability is based on the G.A. Geniev, N.S. Chausov fundamental work. It defines the first and second kind stability lost and substantiates the use of an equations system to describe the stress-strain state of a structure. The equations system for shallow shells with constant and variable thickness and shape of the middle surface is solved using the Bubnov – Galerkin method. The approximating functions of stresses and displacements make it possible to vary the type of structure support.

Results. Implementation of the G.A. Geniev and N.S. Chausov methodology with V.Z. Vlasov approximating functions made it possible to investigate the influence of various parameters on the critical load. The geometric nonlinearity of the work of structures was taken into account. Specific values of the design parameters are given, which increase the second kind stability with constant initial data.

Conclusions. The analysis of the shallow shells stability made it possible to reveal the regularities in the change in the value of the critical load when varying various geometric characteristics. The presented results can be used in the design of real

structures. At the same time, it is possible to set the tasks of optimizing such structures with restrictions on the value of their volume (weight) or minimizing it due to the interconnected change in geometric characteristics while maintaining the bearing capacity.

KEYWORDS: shallow shell, stability, variable thickness, stress-strain state, spatial structures

Acknowledgements: The authors are grateful to professor Leonid Yulianovich Stupishin for many years help and support in the shallow shells investigation.

FOR CITATION: Kolesnikov A.G., Spassikh I.A. Application of the G.A. Geniev, N.S. Chaushova method for stability of shallow shells investigation. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2022; 17(4):454–462. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.454-462 (rus.).

Corresponding author: Alexander G. Kolesnikov, ag-kolesnikov@mail.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Изучению конструкций в виде пологих оболочек сегодня уделяется значительное внимание в мире. Проводятся исследования устойчивости [1–4], прочности и колебаний конструкций, в том числе в нелинейной постановке [5–7], при учете специфики работы материала [8–10] и влияния дефектов [8, 11, 12]. Интересны публикации, в которых анализируется поведение слоистых [13–16] и ортотропных [9, 17] пологих оболочек, данные результаты могут быть использованы для моделирования железобетонных и армоцементных конструкций.

Однако перед проектировщиками зачастую стоят задачи не только расчета конструкций, но и исследования влияния различных параметров на напряженно-деформированное состояние (НДС) конструкции, поэтому разработка методов их анализа является важной задачей. В настоящее время большинство таких конструкций рассчитываются и изучаются при помощи программного обеспечения, основанного на методе конечных элементов. Это удобно для инженерного проектирования. Но в случае нелинейных задач можно получить результаты, точность которых трудно оценить. Решение сильно зависит от типа и числа конечных элементов.

Значительный вклад в развитие аналитических методов расчета конструкций в виде пологих оболочек внес Г.А. Гениев. В своих работах он вместе с соавторами привел основные уравнения, дал понятие потери устойчивости и заложил основу для дальнейших исследований [18].

Современные программные комплексы позволяют использовать методики Г.А. Гениева для решения сложных задач определения НДС оболочек с переменной формой срединной поверхности и тол-

щины. Дальнейшая разработка численных методов расчета и анализа тонкостенных конструкций, работающих в нелинейной стадии деформирования, остается актуальной задачей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В своей фундаментальной работе Г.А. Гениев, Н.С. Чаусов представляют основные уравнения пологих оболочек [18]. Также здесь приводятся характеристика, физический смысл потери устойчивости I и II рода. Под потерей устойчивости I рода понимается мгновенный переход от безмоментного (или близкого к нему) состояния к моментному (рис. 1, а). Происходит выпучивание оболочки. При этом к моменту потери устойчивости I рода в геометрической форме оболочки могут произойти значительные изменения в основном за счет упругого обжатия. Для учета этих изменений необходимо применение данных нелинейной теории, что возможно с помощью современных программных комплексов. При потере устойчивости II рода отмечается явление так называемого «хлопка» — выворачивания оболочки. Прогиб в центре оболочки мгновенно увеличится на существенную величину (рис. 1, б). Именно потеря устойчивости II рода вызывает наибольший интерес в практике проектирования подобных конструкций.

Потеря устойчивости II рода выражается условием:

$$\frac{dp_{cr}}{dw_0} = 0,$$

где w_0 — прогиб в центре оболочки.

Согласно труду [18] коэффициент интенсивности верхней критической нагрузки может быть вычислен по формуле:

$$p_{cr}^{\max} = \frac{2}{27} \frac{1}{C_1^2} \left[(C_1^2 - 3C_1C_3)^{3/2} + C_2 \left(C_2^2 - \frac{9}{2} C_1C_3 \right) \right], \quad (1)$$

где

$$C_1 = 2Eh \frac{J_3^2}{J_1J_4}, \quad C_2 = 3E \frac{J_3J_2}{J_1J_4}, \\ C_3 = D \frac{J_1^2}{J_1J_4} + Eh \frac{J_2^2}{J_1J_4}, \quad D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}, \quad (2)$$

где E, ν — соответственно модуль упругости и коэффициент Пуассона материала оболочки; h — толщина конструкции.

Коэффициенты J_1 – J_4 могут быть найдены из дифференциальных уравнений пологих геометрически нелинейных оболочек на прямоугольном плане [18, 19]:

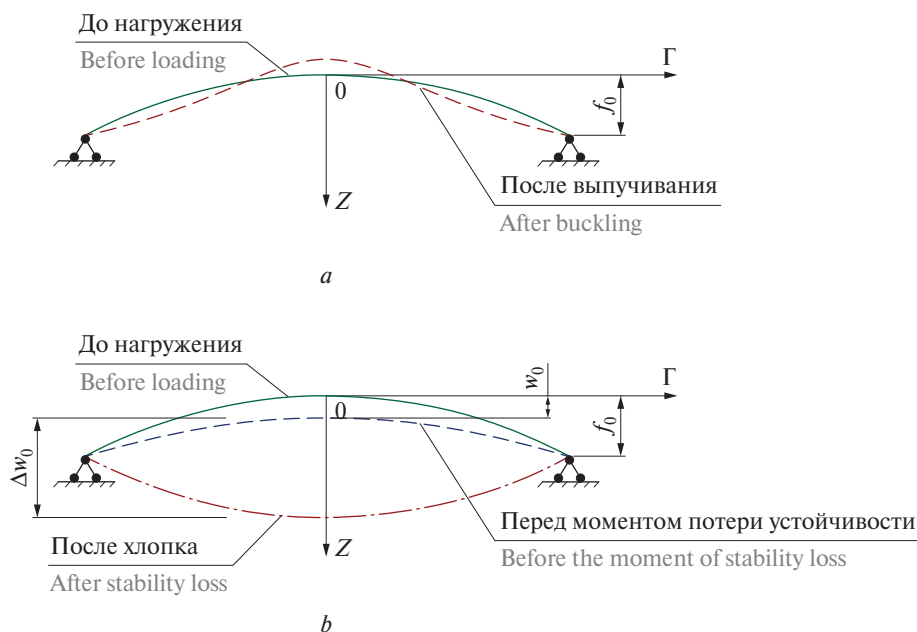


Рис. 1. Потеря устойчивости оболочки: а — I рода; б — II рода

Fig. 1. Loss of shell stability: a — type I; b — type II

$$\begin{cases} \frac{1}{Eh} \nabla^2 \nabla^2 \varphi + k_y \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + k_x \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - 2k_{xy} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 = 0, \\ D \nabla^2 \nabla^2 w - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} \left(k_x + \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} \left(k_y + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) + 2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y} \left(k_{xy} + \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right) - Z = 0, \end{cases} \quad (3)$$

где φ — функция усилий; w — функция прогиба; $k_x \approx \frac{\partial^2 F}{\partial x^2}$, $k_y \approx \frac{\partial^2 F}{\partial y^2}$ — кривизна срединной поверхности оболочки; $k_{xy} \approx \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y}$ — кручение срединной поверхности оболочки; $F = F(x, y)$ — уравнение срединной поверхности оболочки при начальном нагружении.

Г.А. Гениев, Н.С. Чаусов предложили в своей работе [18] решать систему дифференциальных уравнений полой оболочки методом Бубнова – Галеркина. Аппроксимирующие функции напряжений и перемещений примем в виде:

$$Q(x, y) = A\bar{w}(x, y), \quad w(x, y) = B\bar{w}(x, y). \quad (4)$$

Для исследования устойчивости полой оболочки II рода выберем функцию $\bar{w}(x, y)$ таким образом, чтобы удовлетворялись условия для общего случая — упругой заделки по краям оболочки в отношении поворотов. Для этого применим балочные функции В.З. Власова [20].

$$\bar{w}(x, y) = Z_x Z_y. \quad (5)$$

Тогда коэффициенты $J_1 - J_4$ примут вид:

$$J_1 = \int_{-a}^a \int_{-b}^b (\nabla^2 \nabla^2 \bar{w}) \bar{w} dx dy, \quad (6)$$

$$J_2 = \int_{-a}^a \int_{-b}^b \left(\frac{\partial^2 F}{\partial y^2} \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial y^2} - 2 \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial x \partial y} \right) \bar{w} dx dy, \quad (7)$$

$$J_3 = \int_{-a}^a \int_{-b}^b (\Delta \bar{w}) \bar{w} dx dy, \quad (8)$$

$$J_4 = \int_{-a}^a \int_{-b}^b Z \bar{w} dx dy. \quad (9)$$

Используя приведенный Г.А. Гениевым, Н.С. Чаусовым пример [18], можно проверить алгоритм решения для днища стального резервуара, укрепленного по контуру опорным кольцом с учетом представления системы уравнений (3) в полярных координатах. Расхождение в расчетах составило ме-

нее пяти процентов. Подтверждение корректности работы методики дало возможность проводить дальнейшие исследования влияния различных параметров на потерю устойчивости пологих оболочек.

Срединную поверхность пологих оболочек можно задать как поверхность переноса и описать уравнением вида

$$F(x, y) = f \left[\alpha \left(\frac{x}{a} \right)^{2\xi} + \beta \left(\frac{y}{b} \right)^{2\xi} + 1 \right], \quad (10)$$

где f_0 — стрела подъема в центре оболочки; $\alpha = -\frac{f_1}{f_0}$,

$\beta = -\frac{f_2}{f_0}$ — параметры, характеризующие форму оболочки; f_1, f_2 — стрелы подъема опорных арок оболочки; a, b — размеры в плане; ξ — параметр формы срединной поверхности оболочки, изменяющийся в пределах от 0,5 до 2,0.

Выражение для определения критической нагрузки (1) позволяет проводить исследование различных геометрических параметров на потерю устойчивости II рода. Например, в своей работе Г.А. Гениев, Н.С. Чаусов показали влияние на величину критической нагрузки параметра f_0/h для сферической оболочки. Для более полного анализа целесообразно исследовать влияние и других геометрических параметров, что даст возможность проектировать конструкции более рациональной формы.

В значительной мере величину критической нагрузки можно корректировать распределением толщины вдоль образующей.

Изменение толщины оболочки вдоль образующей можно задать в системе (3), используя функцию вида:

$$h(x, y) = h_0 \left(1 + k \left(\frac{x}{a} \right)^{2\eta} \right) \left(1 + k \left(\frac{y}{a} \right)^{2\eta} \right), \quad (11)$$

где η — параметр формы изменения толщины оболочки; k — параметр, отвечающий за соотношение толщины оболочки на краю и в центре (при $k < 0$ толщина оболочки выпуклая, $k > 0$ — толщина оболочки вогнутая, $k = 0$ — толщина оболочки постоянна вдоль образующей); h_0 — толщина оболочки в центре (рис. 2).

Представленные уравнения в полной мере позволяют описать процесс потери устойчивости II рода для пологих оболочек на прямоугольном плане с учетом геометрической нелинейности работы материала. При этом конструкция может иметь различные геометрические размеры, форму образующей, типы опирания и распределение толщины вдоль образующей.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Реализация методики Г.А. Гениева, Н.С. Чаусова с применением аппроксимирующих функций

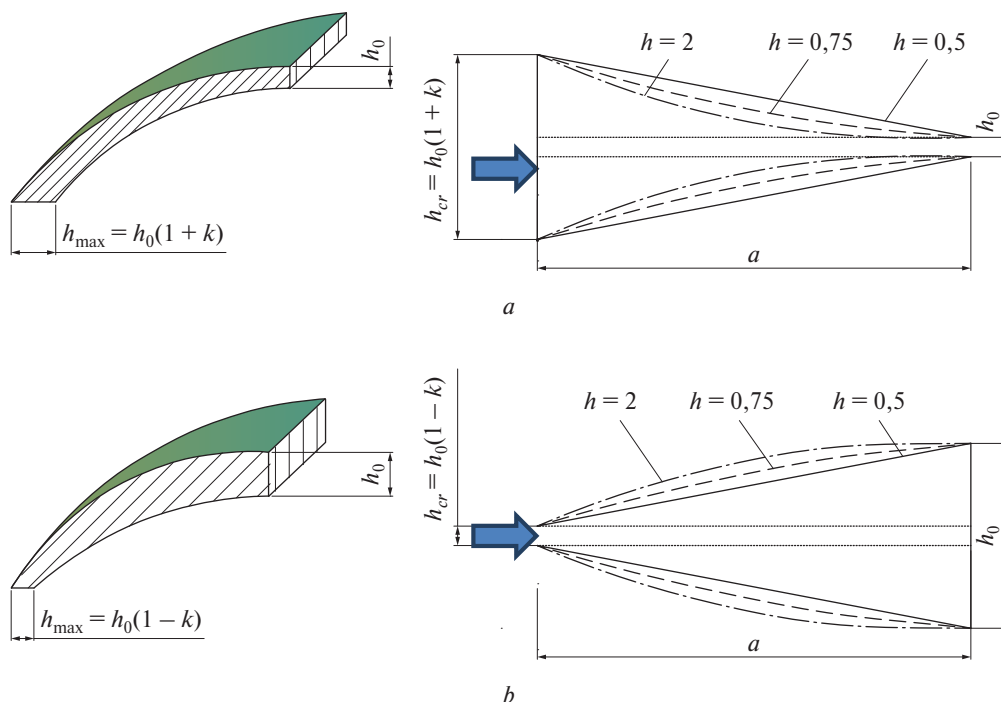


Рис. 2. Распределение толщины вдоль образующей оболочки при: *a* — толщине в центре меньше, чем на краю; *b* — толщине в центре больше, чем на краю

Fig. 2. The distribution of thickness along the shell generatrix: *a* — the thickness in the center is less than at the edge; *b* — the thickness in the center is greater than at the edge

В.З. Власова и представление данных в безразмерном виде позволили провести исследование влияния различных параметров на величину критической нагрузки для конструкций в виде пологих оболочек с учетом геометрической нелинейности ее работы.

На рис. 3, а приведена зависимость значения критической нагрузки, определяемой выражением (1) для пологой оболочки на квадратном плане от параметра формы ξ и отношения f_0/h . Параметр ξ входит

в выражение (10) и определяет форму срединной поверхности оболочки. Например, при $\xi = 0,5$ — форма срединной поверхности коническая, а при $\xi = 1,0$ — сферическая. Значения параметров f_0 и h принимались в рамках теории пологих тонких оболочек.

На рис. 3, б представлено влияние на потерю устойчивости конструкции рассматриваемого типа параметра формы ξ и отношения f_0/a , принятого в рамках теории пологих оболочек.

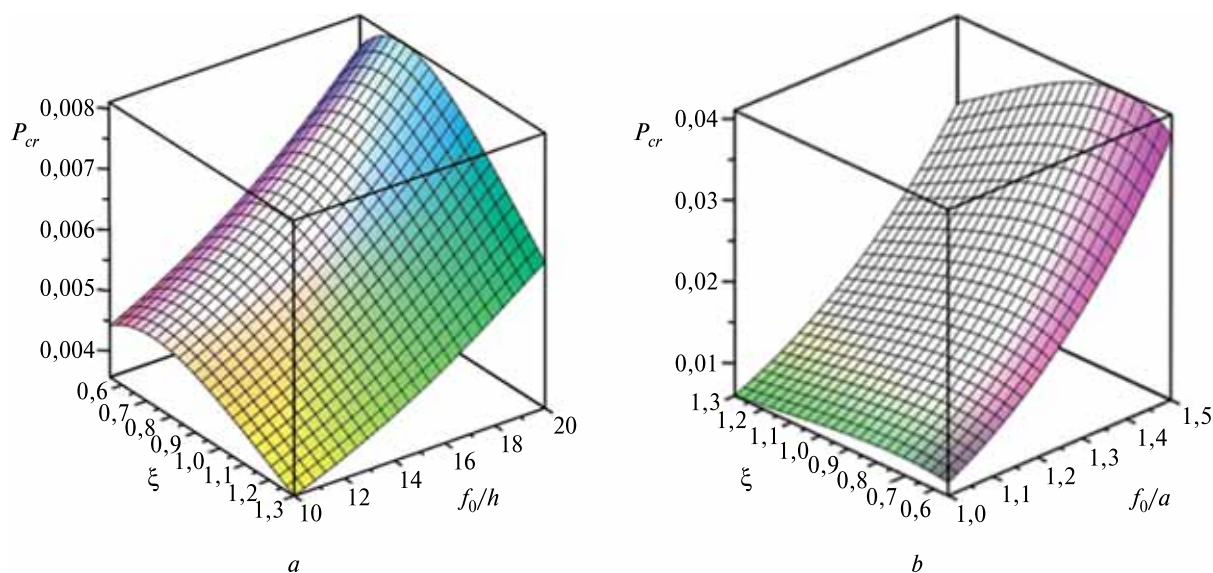


Рис. 3. Исследование влияния различных параметров на величину критической нагрузки для пологой оболочки постоянной толщины

Fig. 3. Influence of various parameters on the value of the critical load for a shallow shell of constant thickness investigation

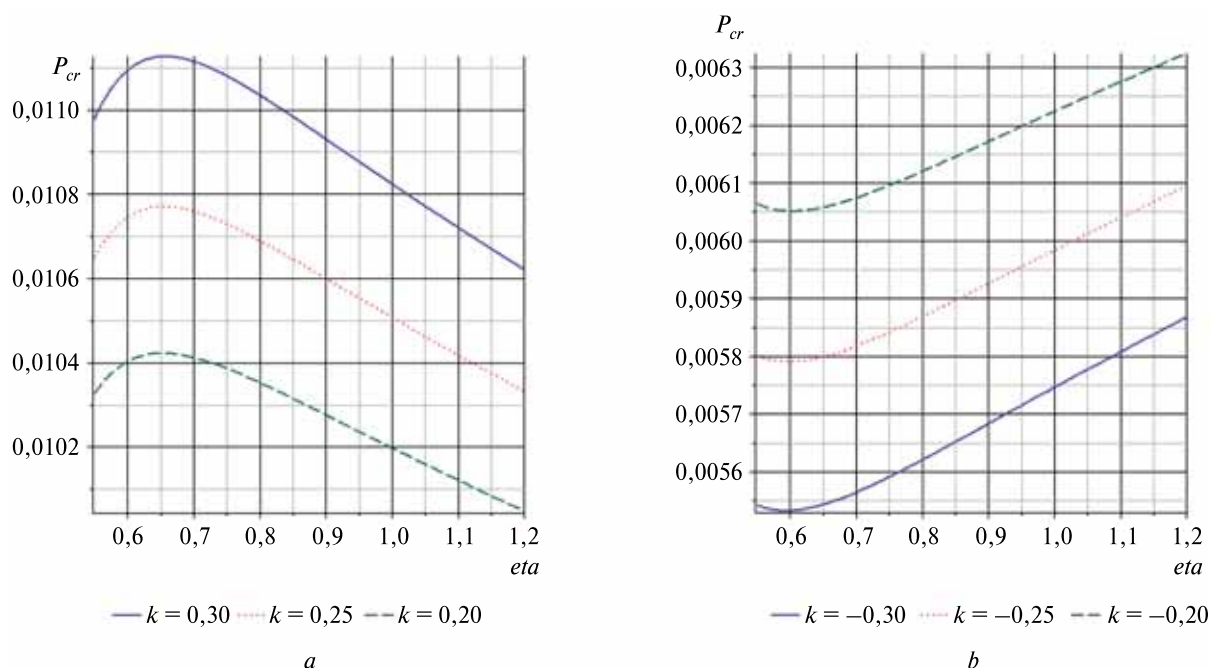


Рис. 4. Исследование влияния различных параметров на величину критической нагрузки для пологой оболочки переменной толщины

Fig. 4. Influence of various parameters on the value of the critical load for a shallow shell of variable thickness investigation

Графики показывают значительное возрастание значения критической нагрузки при увеличении отношения стрелы подъема в центре к размеру в плане и отношению стрелы подъема к толщине конструкции. Однако не следует использовать предельные значения отношения стрелы подъема к меньшему размеру в плане, так как при таких значениях определяющим может выступать потеря прочности конструкции [19, 21]. При этом оба графика демонстрируют влияние значения коэффициента формы конструкции на величину критической нагрузки. Оптимальное значение параметра ξ меняется в зависимости от других геометрических характеристик, но неизменно остается в пределах от 0,7 до 0,8. Эти значения находятся между формой, описываемой цепной функцией, и сферической формой образующей.

На рис. 4 приведено исследование влияния распределения толщины вдоль образующей пологой оболочки на потерю устойчивости. Рассматривается форма изменения распределения толщины вдоль образующей при различных значениях соотношения толщины в центре и на краю конструкции. На рис. 4, а показаны зависимости для оболочки,

толщина которой в центре меньше, чем на краю, на рис. 4, б — толщина оболочки в центре больше, чем на краю (см. рис. 2).

Графики на рис. 4 демонстрируют различное влияние формы изменения толщины оболочки при разных соотношениях толщины конструкции в центре и на краю.

В случае, когда толщина пологой оболочки в центре меньше, чем на краю (рис. 4, а), максимальное значение критической нагрузки достигается при значении параметра η в пределах от 0,6 до 0,7 (близко к форме, описываемой цепной функцией).

Если толщина оболочки на краю меньше, чем в центре (рис. 4, б), значение критической нагрузки возрастает с увеличением значения параметра η . Но при значении параметра η от 0,55 до 0,65 устойчивость конструкции минимальна.

На графиках рис. 4 видно, что существуют такие сочетания параметров k и η , при которых значение критической нагрузки одинаково. Например, при $k = 0,20$, $\eta = 0,73$ и $k = 0,25$, $\eta = 1,12$ при одинаковой толщине конструкции в центре.

Объем пологой оболочки можно определить выражением:

$$V = \int_{-a-b}^a \int_{-b}^b h(x, y) \sqrt{1 + \left(\frac{\partial F(x, y)}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial F(x, y)}{\partial y} \right)^2} dx dy. \quad (12)$$

Зная объем конструкции и используя данные графиков на рис. 3 и 4, можно решать практические задачи снижения веса и материалоемкости конструкции при сохранении несущей способности [22]. При этом возможно отталкиваться от исходных данных для проектирования (размеров в плане или стрелы подъема), затем с помощью графиков (рис. 3) определить оптимальную толщину конструкции в центре и скорректировать ее распределение вдоль образующей (рис. 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного анализа устойчивости пологих оболочек с помощью методики, разработанной Г.А. Гениевым, Н.С. Чаусовым, получены показатели, позволяющие исследовать влияние раз-

личных геометрических параметров на величину критической нагрузки. Предложенные графики дают возможность отыскать близкие к оптимальным значения стрелы подъема, толщины в центре, формы образующей и распределение толщины вдоль образующей, отталкиваясь от исходных размеров в плане. Представление данных в безразмерном виде делает результаты анализа удобными для реального проектирования и дальнейших исследований. Использование в качестве аппроксимирующих балочных функций В.З. Власова позволило моделировать различные опирания конструкции. Приведенные конкретные величины взаимного отношения геометрических параметров конструкции могут быть применены для реального проектирования конструкций в виде пологих оболочек.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Христофоров Е.Н., Сакович Н.Е., Никутин А.М., Шилин А.С. Устойчивость конической оболочки при равномерном внешнем давлении // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2021. № 1 (20). С. 320–324.
2. Павлыш В.Н., Сторожев С.В., Номбре С.Б. Исследование нечетких моделей устойчивости и резонансных колебаний, замкнутых сферических и эл-

липсоидальных оболочек // Журнал теоретической и прикладной механики. 2020. № 3. С. 32–42.

3. Shahmohammadi M.A., Mirfatah S.M., Salehipour H., Azhari M., Civalek Ö. Free vibration and stability of hybrid nanocomposite-reinforced shallow toroidal shells using an extended closed-form formula based on the Galerkin method // Mechanics of Advanced Materials and Structures. 2021. Pp. 1–17. DOI: 10.1080/15376494.2021.1952665

4. Antufiev B.A., Dobryanskiy V.N., Egorova O.V., Thu Kyaw A. Stability of a shallow cylindrical shell under a moving load // Journal of the Balkan Tribological Association. 2021. Vol. 27. Issue 1. Pp. 115–124.
5. Babaei H., Jabbari M., Eslami M.R. The effect of porosity on elastic stability of toroidal shell segments made of saturated porous functionally graded materials // Journal of Pressure Vessel Technology. 2021. Vol. 143. Issue 3. DOI: 10.1115/1.4048418
6. Iariccio G., Pellicano F. Nonlinear dynamics and stability of shallow spherical caps under pressure loading // Journal of Computational and Nonlinear Dynamics. 2021. Vol. 16. Issue 2. DOI: 10.1115/1.4049080
7. Iariccio G., Pellicano F. Nonlinear dynamics and stability of pressure-loaded shallow spherical caps // Volume 7B: Dynamics, Vibration, and Control. 2020. DOI: 10.1115/IMECE2020-24100
8. Zhao W., Zhang J., Zhang W., Yuan X. Internal resonance characteristics of hyperelastic thin-walled cylindrical shells composed of Mooney-Rivlin materials // Thin-Walled Structures. 2021. Vol. 163. P. 107754. DOI: 10.1016/j.tws.2021.107754
9. Вильде М.В., Мыльцина О.А., Григорьев С.А., Белосточный Г.Н. Статическая термоустойчивость пологой геометрически нерегулярной оболочки из ортотропного термочувствительного материала // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Физико-математические науки». 2020. Т. 24. № 4. С. 769–779. DOI: 10.14498/VSGTU1784
10. Адегова Л.А., Бобрышева М.В., Щербинина А.Е. Исследование потери устойчивости цилиндрической оболочки, выполненной из композиционного материала // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2021. Т. 18. № 3 (79). С. 342–350. DOI: 10.26518/2071-7296-2021-18-3-342-350
11. Rodrigues L., Silva F.M.A., Gonçalves P.B. Effect of geometric imperfections and circumferential symmetry on the internal resonances of cylindrical shells // International Journal of Non-Linear Mechanics. 2022. Vol. 139. P. 103875. DOI: 10.1016/j.ijnonlinmec.2021.103875
12. Storozhuk E.A. Stress-strain state and stability of a flexible circular cylindrical shell with transverse shear strains // International Applied Mechanics. 2021. Vol. 57. Issue 5. Pp. 554–567. DOI: 10.1007/s10778-021-01106-1
13. Huang S., Qiao P. A new semi-analytical method for nonlinear stability analysis of stiffened

laminated composite doubly-curved shallow shells // Composite Structures. 2020. Vol. 251. P. 112526. DOI: 10.1016/j.compstruct.2020.112526

14. Kazemi M.E., Kouchakzadeh M.A., Shakhouri M. Stability analysis of generally laminated conical shells with variable thickness under axial compression // Mechanics of Advanced Materials and Structures. 2020. Vol. 27. Issue 16. Pp. 1373–1386. DOI: 10.1080/15376494.2018.1511016

15. Aleshina O.O., Ivanov V.N., Cajamarca-Zuniga D. Stress state analysis of an equal slope shell under uniformly distributed tangential load by different methods // Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings. 2021. Vol. 17. Issue 1. Pp. 51–62. DOI: 10.22363/1815-5235-2021-17-1-51-62

16. Stupishin L., Kolesnikov A., Nikitin K. Variable form forming investigation for flexible shallow shells on circular base // Asian Journal of Civil Engineering. 2017. Vol. 18. Issue 2. Pp. 163–171.

17. Бакулин В.Н., Необай А.Я., Шенелева И.О. Динамическая устойчивость ортотропной цилиндрической оболочки кусочно-постоянной толщины при действии внешнего пульсирующего давления // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2019. № 2. С. 19–25.

18. Гениев Г.А., Чаусов Н.С. Некоторые вопросы нелинейной теории устойчивости пологих металлических оболочек. М.: Государственное издательство по строительству и архитектуре, 1954. 52 с.

19. Ступишин Л.Ю., Колесников А.Г. Восстановление несущей способности и эксплуатационных характеристик геометрически нелинейных пологих оболочек на прямоугольном плане // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 2. С. 51–53.

20. Власов В.З. Некоторые задачи сопротивления материалов, строительной механики и теории упругости // Известия академии наук СССР. Отдел технических наук. 1946. № 2. Т. X.

21. Ступишин Л.Ю., Колесников А.Г., Соломатников И.В. Исследование оптимальных форм пологих геометрически нелинейных оболочек по критерию максимума значений низших частот малых свободных колебаний // Известия Юго-Западного государственного университета. 2011. № 5–2 (38). С. 313–316.

22. Stupishin L.Y., Kolesnikov A.G., Nikitin K.E. Optimal design of flexible shallow shells on elastic foundation // Journal of Applied Engineering Science. 2017. Vol. 15. Issue 3. Pp. 345–349. DOI: 10.5937/jaes15-14654

Поступила в редакцию 30 марта 2022 г.

Принята в доработанном виде 7 апреля 2022 г.

Одобрена для публикации 7 апреля 2022 г.

ОБ АВТОРАХ: Александр Георгиевич Колесников — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры уникальных зданий и сооружений; Юго-Западный государственный университет (ЮЗГУ); 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94; РИНЦ ID: 513025; ag-kolesnikov@mail.ru;

Иван Андреевич Спасских — студент; Юго-Западный государственный университет (ЮЗГУ); 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94; spasskyhivan_su-01@mail.ru.

Вклад авторов: авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. Hristoforov E.N., Sakovich N.E., Nikitin A.M., Shilin A.S. Stability of a conical shell under uniform external pressure. *Design, use and reliability of agricultural machines*. 2021; 1(20):320-324. (rus.).
2. Pavlysh V.N., Storozhev S.V., Nombro S.B. Fuzzy models of stability and resonant vibrations, closed spherical and ellipsoidal shells investigations. *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*. 2020; 3:32-42. (rus.).
3. Shahmohammadi M.A., Mirfatah S.M., Salehipour H., Azhari M., Civalek Ö. Free vibration and stability of hybrid nanocomposite-reinforced shallow toroidal shells using an extended closed-form formula based on the Galerkin method. *Mechanics of Advanced Materials and Structures*. 2021; 1-17. DOI: 10.1080/15376494.2021.1952665
4. Antufiev B.A., Dobryanskiy V.N., Egorova O.V., Thu Kyaw A. Stability of a shallow cylindrical shell under a moving load. *Journal of the Balkan Tribological Association*. 2021; 27(1):115-124.
5. Babaei H., Jabbari M., Eslami M.R. The effect of porosity on elastic stability of toroidal shell segments made of saturated porous functionally graded materials. *Journal of Pressure Vessel Technology*. 2021; 143(3). DOI: 10.1115/1.4048418
6. Iariccio G., Pellicano F. Nonlinear dynamics and stability of shallow spherical caps under pressure loading. *Journal of Computational and Nonlinear Dynamics*. 2021; 16(2). DOI: 10.1115/1.4049080
7. Iariccio G., Pellicano F. Nonlinear dynamics and stability of pressure-loaded shallow spherical caps. *Volume 7B: Dynamics, Vibration, and Control*. 2020. DOI: 10.1115/IMECE2020-24100
8. Zhao W., Zhang J., Zhang W., Yuan X. Internal resonance characteristics of hyperelastic thin-walled cylindrical shells composed of Mooney-Rivlin materials. *Thin-Walled Structures*. 2021; 163:107754. DOI: 10.1016/j.tws.2021.107754
9. Wilde M.V., Myltcina O.A., Grigoriev S.A., Belostochny G.N. Static thermal stability of a shallow geometrically irregular shell made of orthotropic temperature-sensitive material. *Bulletin of the Samara State Technical University, Series Physical and Mathematical Sciences*. 2020; 24(4):769-779. DOI: 10.14498/VSGTU1784 (rus.).
10. Adegovva L.A., Bobrysheva M.V., Scherbina A.E. Study of stability loss of cylindrical shell made of composite material. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2021; 18 (3):342-350. DOI: 10.26518/2071-7296-2021-18-3-342-350 (rus.).
11. Rodrigues L., Silva F.M.A., Gonçalves P.B. Effect of geometric imperfections and circumferential symmetry on the internal resonances of cylindrical shells. *International Journal of Non-Linear Mechanics*. 2022; 139:103875. DOI: 10.1016/j.ijnonlinmec.2021.103875
12. Storozhuk E.A. Stress-strain state and stability of a flexible circular cylindrical shell with transverse shear strains. *International Applied Mechanics*. 2021; 57(5):554-567. DOI: 10.1007/s10778-021-01106-1
13. Huang S., Qiao P. A new semi-analytical method for nonlinear stability analysis of stiffened laminated composite doubly-curved shallow shells. *Composite Structures*. 2020; 251:112526. DOI: 10.1016/j.compstruct.2020.112526
14. Kazemi M.E., Kouchakzadeh M.A., Shakouri M. Stability analysis of generally laminated conical shells with variable thickness under axial compression. *Mechanics of Advanced Materials and Structures*. 2020; 27(16):1373-1386. DOI: 10.1080/15376494.2018.1511016
15. Aleshina O.O., Ivanov V.N., Cajamarca-Zuniga D. Stress state analysis of an equal slope shell under uniformly distributed tangential load by different methods. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*. 2021; 17(1):51-62. DOI: 10.22363/1815-5235-2021-17-1-51-62
16. Stupishin L., Kolesnikov A., Nikitin K. Variable form forming investigation for flexible shallow shells on circular base. *Asian Journal of Civil Engineering*. 2017; 18(2):163-171.
17. Bakulin V.N., Nedbaj A.YA., Shepeleva I.O. Dynamic stability of an orthotropic cylindrical shell of piecewise constant thickness under the action of external pulsating pressure. *News of Higher Educational Institutions. Aviation Technology*. 2019; 2:19-25. (rus.).
18. Geniev G.A., Chaurov N.S. *Some questions of the nonlinear theory of stability of shallow metal shells*. Moscow, State Publishing House for Construction and Architecture, 1954; 52. (rus.).
19. Stupishin L.U., Kolesnikov A.G. Restoration of bearing capacity and operational characteristics of geometrically non-linear shallow shells on rectangular plan. *Industrial and Civil Engineering*. 2014; 2:51-53. (rus.).
20. Vlasov V.Z. Some problems of strength of materials, structural mechanics and theory of elasticity. *Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR, Department of Technical Sciences*. 1946; X(2). (rus.).

21. Stupishin L.Yu., Kolesnikov A.G., Solomatnikov I.V. Geometric nonlinear shallow shells optimum forms examination for maximum lowest frequencies of small free oscillations. *Proceedings of the Southwest State University*. 2011; 5-2(38):313-316. (rus.).

22. Stupishin L.Y., Kolesnikov A.G., Nikitin K.E. Optimal design of flexible shallow shells on elastic foundation. *Journal of Applied Engineering Science*. 2017; 15(3):345-349. DOI: 10.5937/jaes15-14654

Received March 30, 2022.

Adopted in revised form on April 7, 2022.

Approved for publication on April 7, 2022.

B I O N O T E S: **Alexander G. Kolesnikov** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Unique Buildings and Structures; **Southwest State University (SWSU)**; 94 50 let Oktyabrya st., Kursk, 305040, Russian Federation; ID RISC: 513025; ag-kolesnikov@mail.ru;

Ivan A. Spasskikh — student; **Southwest State University (SWSU)**; 94 50 let Oktyabrya st., Kursk, 305040, Russian Federation; spasskyhivan_su-01@mail.ru.

*Contribution of the authors: the authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication.
The authors declare no conflict of interest.*

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 691

DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.463-475

Алгоритм разработки расчетной модели деревянного многоэтажного здания

Михаил Александрович Коновалов, Галина Леонидовна Козинец*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ); г. Санкт-Петербург, Россия*

АННОТАЦИЯ

Введение. Строительство деревянных многоэтажных зданий в России с каждым годом становится более актуальным. Появление новых технологий делают это направление перспективным. Цель исследования — иллюстрация этапов проектирования, способствующая успешной разработке проектов многоэтажных зданий, где древесина используется как основной материал несущих конструкций. В качестве демонстрации процесса создания деревянного сооружения, руководствуясь предложенным алгоритмом, показаны итоги разработки модели многоэтажного здания из дерева. Для дальнейшего анализа рассматриваемой модели многоэтажного здания предложены результаты проведенных расчетов по несущей способности основных элементов конструкции здания.

Материалы и методы. Для общего представления этапов разработки данного вида объектов приводится алгоритм их проектирования, который позволяет упорядочить процесс выбора конструктивных элементов, акцентировать внимание на ключевых моментах процесса проектирования, что облегчает проектирование такого рода конструкций. В качестве несущих элементов предлагается использование деревянных комплектующих из перекрестно склеенной древесины CLT (Cross Laminated Timber), материалов из слоеного шпона LVL (Laminated Veneer Lumber) и клееных деревянных брусев. Расчеты несущей способности конструкций проводились с учетом программного комплекса Autodesk Robot Structural с соблюдением действующей нормативной документации.

Результаты. Разработана модель многоэтажного здания из дерева на базе реализованного проекта общественного здания с помощью предложенного алгоритма разработки проекта. Создание рассматриваемой модели многоэтажного деревянного здания выполнялось с применением программных продуктов трехмерного проектирования с последующим проведением расчетов в программе Autodesk Robot Structural. Получены результаты изгибающих и внутренних усилий.

Выводы. Благодаря проработке ключевых вопросов на начальных этапах проектирования можно исключить или минимизировать ошибки при дальнейшем строительстве деревянного здания, поскольку выявленные недостатки на стадии строительства приведут к дополнительным финансовым затратами или приостановке проекта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: современное строительство, CLT-панели, деревянные конструкции, древесина, моделирование несущих конструкций, многоэтажные деревянные здания, алгоритм проектирования, экологическое строительство

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Коновалов М.А., Козинец Г.Л. Алгоритм разработки расчетной модели деревянного многоэтажного здания // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. Вып. 4. С. 463–475. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.463-475

Автор, ответственный за переписку: Михаил Александрович Коновалов, mikhail.konovarov.94@gmail.com.

Algorithm for developing a computational model of a wooden multi-storey building

Mikhail A. Konovarov, Galina L. Kozinets*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (SPbPU); St. Petersburg, Russian Federation*

ABSTRACT

Introduction. The idea of building wooden multi-storey buildings in Russia is becoming more and more relevant every year. The emergence of new technologies makes this area of construction promising. The purpose of the article is to illustrate the stages of design, which will contribute to the successful development of projects of multi-storey buildings, where wood is used as the main material of load-bearing structures. As a confirmation of the correctness of these algorithms, the results are demonstrated.

Materials and methods. For a general representation of the stages of construction of this type of objects, an algorithm for their design is given, which allows to streamline the process of selecting structural elements, to focus on the key points of the design process, which ultimately facilitates the complexity of designing this kind of structures. The use of wooden components made of CLT, LVL and glued wooden columns is proposed as bearing elements. Calculations of structures were carried out taking into account the software package in compliance with the current regulatory documentation.

Results. After analyzing the key aspects according to the developed algorithm, it is necessary to proceed to solving the main issue of the development of the building's load-bearing system. The creation of the model in question was carried out using three-dimensional design software products, followed by calculations by Autodesk Robot Structural. With the help of the calculation program, the results of bending and internal stresses were obtained. Based on the results of calculations

of the load-bearing structural elements, a comparative analysis of the load-bearing characteristics in various types of structural systems was performed.

Conclusions. Thanks to the competent study of key issues at the initial stages of design, it is possible to achieve a balanced model of a multi-storey wooden building, which is successfully implemented by builders.

KEYWORDS: high-rise construction, CLT panels, wooden structures, wood, modeling of load-bearing structures, multi-storey wooden buildings, design algorithm, ecological construction

FOR CITATION: Konovalov M.A., Kozinets G.L. Algorithm for developing a computational model of a wooden multi-storey building. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2022; 17(4):463-475. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.463-475 (rus.).

Corresponding author: Mikhail A. Konovalov, mikhail.konovalov.94@gmail.com.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в России задумываются о строительстве деревянных многоэтажных зданий, с каждым годом эта идея становится более актуальной. Появление новых технологий делает это направление строительства перспективным [1–3].

В Европе все чаще реализуются варианты строительства многоэтажных зданий из дерева [4–7]. Выгода от применения деревянных конструкций позволяет осуществлять строительство данных домов наряду с общепринятыми многоэтажными зданиями, в которых основным материалом для несущих конструкций являются металл и железобетон (ЖБ). Главный плюс такого строительства — экологичность производства материалов, что неоднократно подчеркивалось в различных научных работах [3, 8–10]. К другим преимуществам древесины можно отнести: упругость, низкую плотность и отсутствие коррозии. В целом перечисленные характеристики делают деревянные конструкции легкими, имеющими высокую степень сейсмоустойчивости [11].

Цель статьи заключается в иллюстрации этапов проектирования, тем самым упорядочивании хода проектирования здания между всеми участниками проекта, что позволяет структурировать процесс разработки концепции многоэтажного деревянного здания. Предполагается, что структуризация процесса проектирования будет способствовать успешной разработке проекта многоэтажного здания, где древесина используется как основной материал несущей конструкции. В качестве подтверждения правильности указанных утверждений продемонстрированы результаты расчетов несущей способности разработанной модели многоэтажного деревянного здания, основой для которой послужил реализованный проект многоэтажного здания из монолитного ЖБ.

Практичная значимость состоит в расширении области применения деревянных конструктивных элементов в строительстве многоэтажных зданий. Также результаты исследований дают обоснованные методики испытаний и анализа несущей способности строительных конструкций из дерева.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Прежде чем приступить к разработке проекта многоэтажного здания из дерева, необходимо выпол-

нить предварительную проработку ключевых аспектов в нескольких направлениях.

Представленный на рис. 1 укрупненный алгоритм разработки модели многоэтажного деревянного здания создан на основе многочисленных спроектированных моделей несущих конструкций многоэтажных зданий, где древесина реализуется в качестве основного материала.

Во-первых, при разработке предполагаемой модели деревянного здания следует уделить внимание архитектурным требованиям на стадии устройства внутренней планировки в соответствии с ключевыми аспектами (рис. 2), учитывая большие габариты деревянных элементов и расположение дополнительных элементов несущей конструкции. Как показывают предварительные расчеты деревянных конструкций [12], сечения деревянных элементов имеют большие размеры по сравнению с аналогичными ЖБ или металлическими колоннами в плане. Увеличение габаритов деревянных конструкций объясняется несколькими причинами: повышением несущей способности конструкции и огнестойкости, т.е. снижением скорости сгорания древесины (обугливания) за счет роста объема древесины [13–15].

Стоит учитывать высокий профиль деревянных балок перекрытия по сравнению с аналогичными балками из стали или ЖБ. Эта особенность диктует соблюдение оптимальной высоты этажа для комфортного пребывания людей и прокладки инженерных коммуникаций в верхней части помещений в уровне потолка. Также из-за больших размеров несущих элементов на стадии проектирования здания необходимо принимать во внимание требования освещенности внутреннего пространства помещений. Расположение колонн должно минимально препятствовать проникновению света к отдаленным точкам помещения. Следует найти компромисс между площадью световых проемов и связанными с ними тепловыми потерями.

Во-вторых, требуется решить вопросы пожарной безопасности, которые указаны на рис. 3. С учетом вышесказанного древесина обладает хорошими показателями по огнестойкости конструкций, так как во внешних слоях древесины при обугливании образуется слой, изолирующий доступ кислорода, тем самым не поддерживая процесс горения [16, 17]. Таким образом, степень огнестойкости деревянных



Рис. 1. Укрупненный алгоритм разработки модели многоэтажного деревянного здания

Fig. 1. An enlarged algorithm for developing a model of a multi-storey wooden building

конструкций не уступает показателям ЖБ конструкций, что делает деревянные конструкции альтернативным вариантом для использования в качестве несущих элементов здания с точки зрения пожарной безопасности [12].

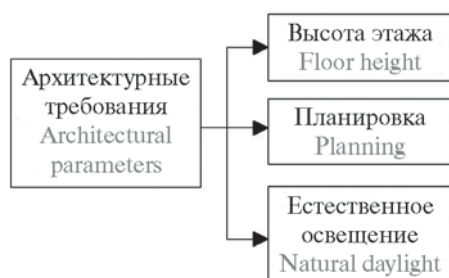


Рис. 2. Ключевые аспекты архитектурных требований

Fig. 2. Key aspects of architectural requirements

При проведении исследований несущей способности деревянных элементов при действии пожарной нагрузки определили, что конструктивные элементы соответствуют установленным нормам противопожарных требований в отношении степени огнестойкости [16, 17].

Для увеличения продолжительности огнестойкости предусматривается применение различных видов защиты конструкции из древесины. На стадии проработки проекта необходимо подобрать меры

противопожарной пассивной защиты основных несущих элементов здания.

Из большинства способов по обеспечению требуемой степени огнестойкости деревянных конструкций сегодня используют два варианта защиты: конечное обугливание конструкции или изоляцию элементов негорючими материалами [16, 17]. Главная задача при выборе мер по обеспечению требуемой степени огнестойкости конструкций заключается в поиске компромисса между наименьшим размером конструкции при изоляции негорючим материалом и эстетичным видом конструкций. В случае отказа от изоляции деревянных конструкций негорючим материалом, следует увеличить размеры поперечных сечений для защиты элементов при пожаре путем обугливания. При изоляции конструкций негорючим материалом размеры сечения деревянных конструкций можно уменьшить на величину обугливания, но исчезает эстетичная составляющая проекта.

В ходе разработки конструкции здания стоит уделить внимание созданию комфортной обстановки для находящихся внутри людей. В связи с этим необходимо решить ряд вопросов, таких как звукоизоляция, теплоизоляция, герметичность в местах соединения элементов, поддержание комфортного температурно-влажностного режима (ТВР) и устойчивость конструкций при действии динамических нагрузок, вызванных ветровыми или сейсмическими воздействиями (рис. 4).

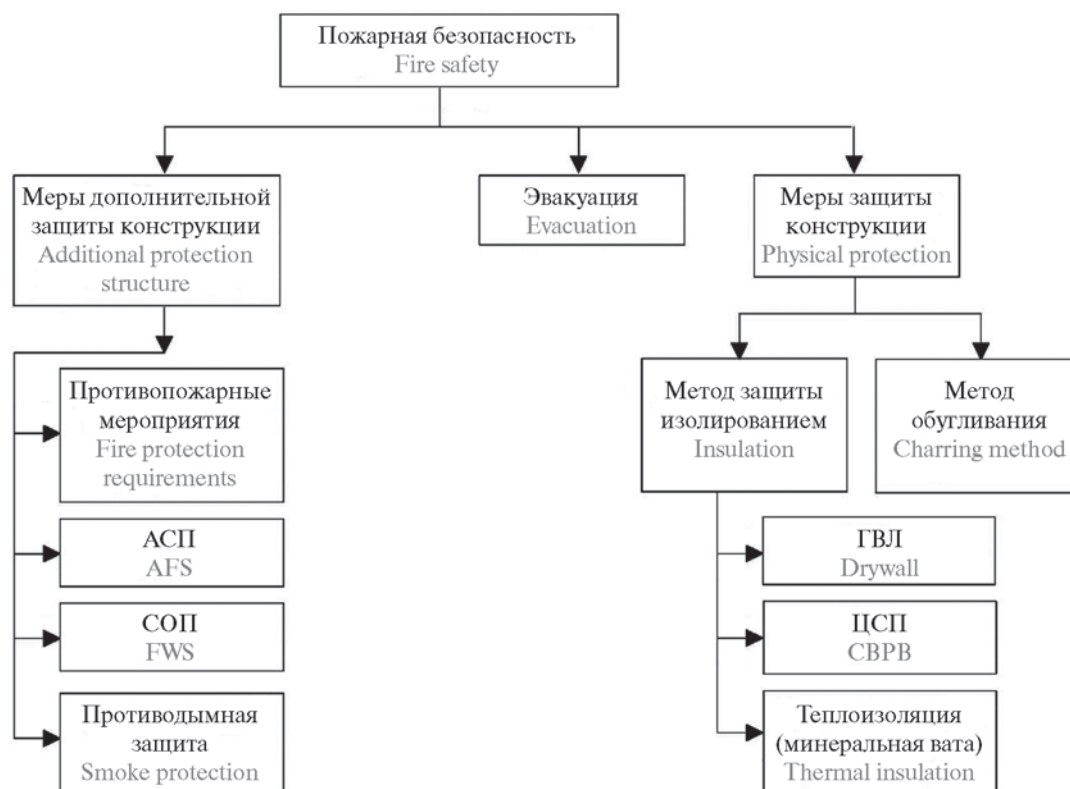


Рис. 3. Ключевые аспекты пожарной безопасности конструкций

Fig. 3. Key aspects of fire safety of structures

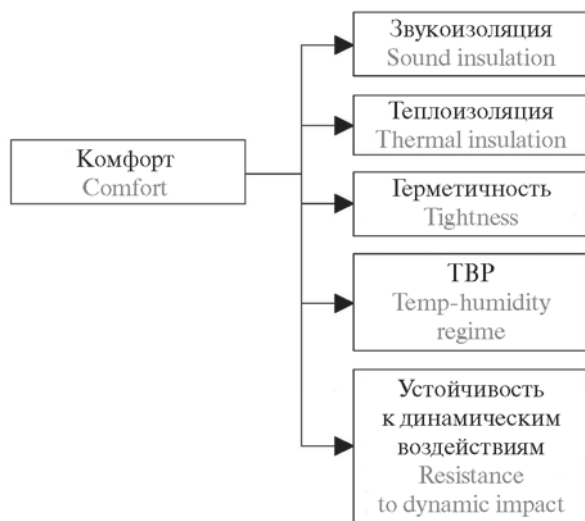


Рис. 4. Главные аспекты комфорта внутри здания

Fig. 4. Key aspects of comfort inside the building

Ввиду малого веса здания из дерева вертикальные нагрузки на фундамент уменьшаются, но возрастает риск опрокидывания многоэтажного здания из-за легкости конструкции по сравнению с конструкцией из монолитного ЖБ. Поэтому на стадии разработки проекта рекомендуется учитывать ключевые аспекты устройства основания здания: избегать растягивающих усилий вертикальных несущих эле-

ментов у основания здания, иначе появится риск опрокидывания конструкции здания [18]; уделять внимание разработке фундамента с целью придания ему устойчивости для противодействия опрокидыванию (рис. 5).

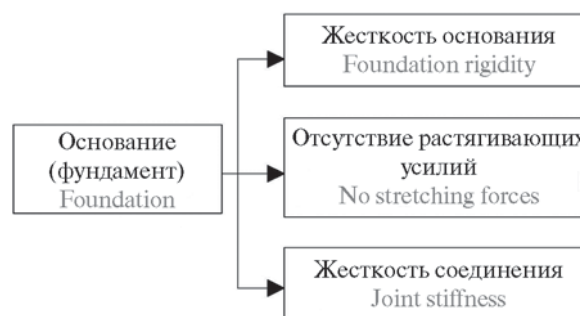


Рис. 5. Основные аспекты устройства основания здания

Fig. 5. Key aspects of the foundation of the building

Увеличение жесткости конструкции многоэтажного деревянного здания зависит от наличия жестких и прочных узлов соединений, особенно в районе крепления к фундаменту здания, что способствует уменьшению деформации конструкции здания. Несмотря на то, что удобство обслуживания соединений с оптимальными габаритами является решающим фактором выбора типа соединений, недостаточная жесткость некоторых элементов может привести впо-

следствии к снижению несущей способности здания в целом. В то же время, когда конструкция спроектирована с учетом предела несущей способности крепежных деталей, а деформация при соответствующей нагрузке выше, чем прочность их соединений, эта система выйдет из строя.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

После анализа архитектурных аспектов и проработки вопросов пожарной безопасности, комфортного пребывания внутри здания, жесткости соединений и основания здания, следует переходить к решению главной задачи по разработке несущей системы здания.

Решение данного вопроса состоит из трех направлений согласно алгоритму выбора (рис. 6). Ключевой областью исследования является выбор конструктивной схемы здания. Многоэтажные каркасные здания состоят из отдельных элементов, выполняющих в общей системе определенные функции. В за-

висимости от вида конструктивной схемы каркаса многоэтажные здания можно разделить на бескаркасные, каркасные, смешанные.

Деревянные несущие конструкции рационально применять в каркасных и смешанных системах. Использование тех или иных систем в большей степени зависит от высоты здания.

При выборе несущей системы для многоэтажного деревянного здания наиболее целесообразными, исходя из работ [19–24], будут обычная рамная, связевая и рамно-связевая с диафрагмами жесткости или внутренним стволком.

По итогам анализа конструктивных систем для проектируемого здания остается выбрать материал для несущих элементов и типы их соединений. В данном случае выбор типа материалов и соединений зависит от характера работы элемента, степени вклада в общую устойчивость здания и условий работы.

Для наглядности применения алгоритма проработки проектируемой модели разработана модель здания на основе статьи [25].

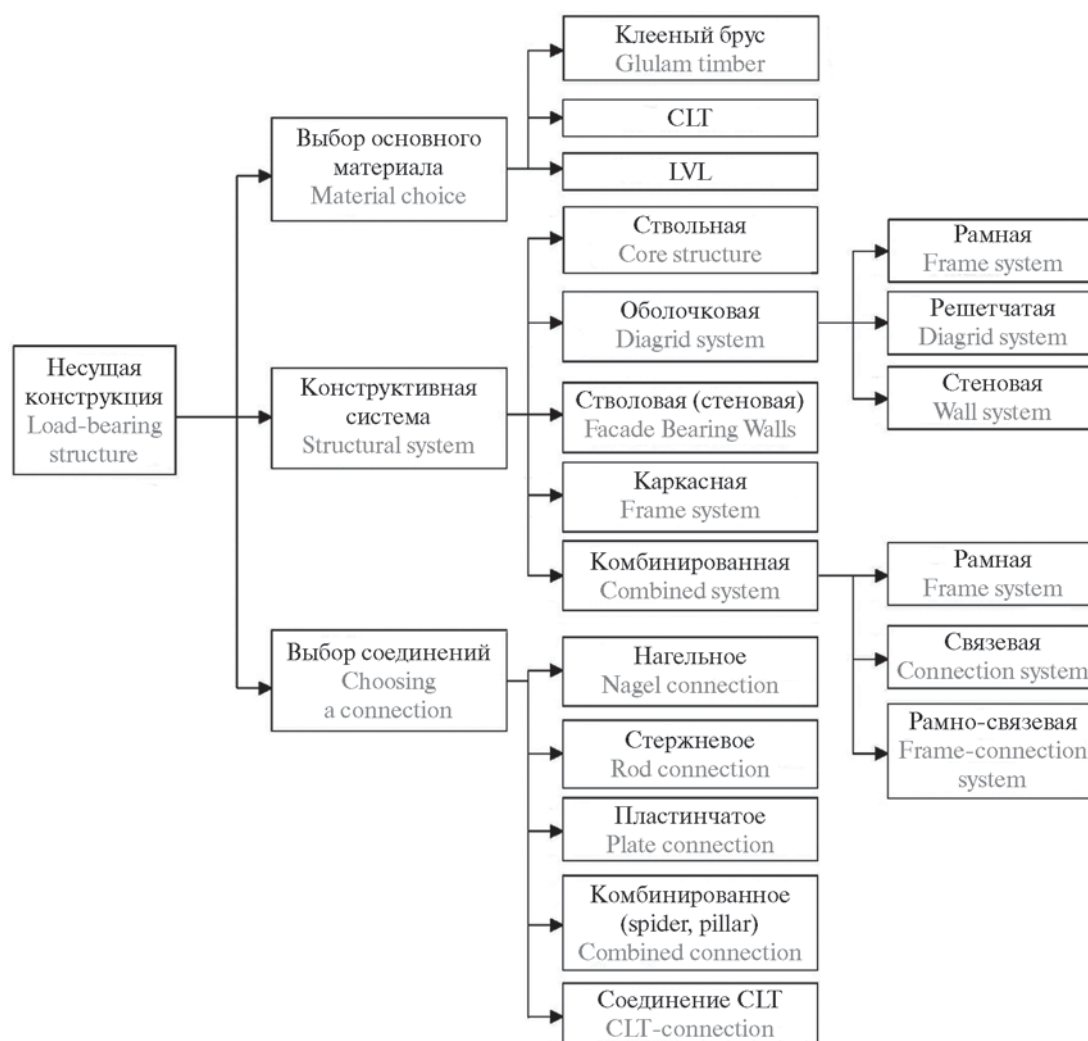


Рис. 6. Ключевые аспекты выбора несущей конструкции здания

Fig. 6. Key aspects of the choice of the supporting structure of the building

За исходную модель было принято здание бизнес-центра (рис. 7). Центр обслуживания населения находится по адресу: г. Санкт-Петербург, Богатырский пр-т, д. 3.

Расчет здания и подбор сечений ЖБ элементов выполнены с помощью системы конечно-элементного анализа ЛИРА-САПР (рис. 8, а).

Исследуемое здание имеет 16 этажей. Размер здания в плане составляет 27×44 м. Степень огнестойкости здания — II, класс конструктивной пожар-

ной опасности — С0. Внутренние стены — железобетон 200 мм, сечение колонн — 500×500 мм, толщина железобетонных перекрытий — 220 мм, наружные стены — самонесущие кирпичные. Облицовка — вентилируемый фасад.

Модель моделировалась при помощи программного продукта Autodesk Revit, графическое представление которой показано на рис. 8, b.

В данном случае использование программы Revit позволило создать пространственную модель



Рис. 7. Эталонное здание (бизнес-центр)

Fig. 7. Reference building (business center)

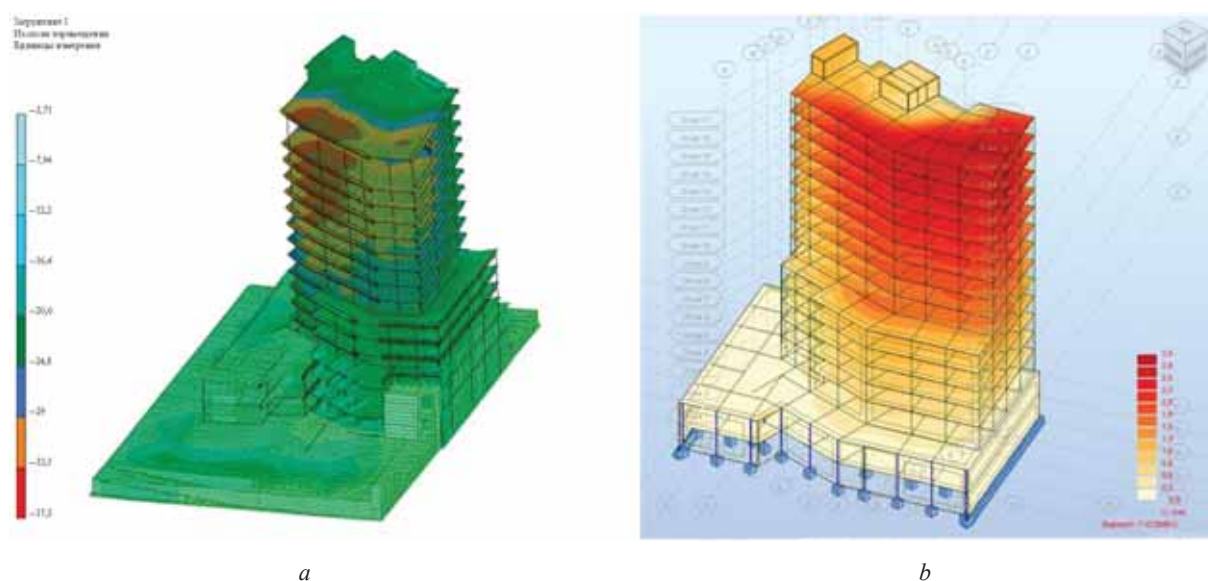


Рис. 8. Расчетные модели: а — эталонное здание (расчет в ЛИРА-САПР); б — концепция деревянного здания (расчет в Autodesk Robot Structural)

Fig. 8. Calculation models: а — reference building (calculation in LIRA-CAD); б — the concept of a wooden building (calculation in Autodesk Robot Structural)

здания, аналитическая модель которой впоследствии переносится в расчетный комплекс Robot Structural в качестве расчетной модели. Расчетная схема в Robot Structural (стены, перекрытия и элементы крыши) импортируются в программу как пластинчатые и линейные элементы (рис. 9).

Расчеты конструкций проводились с учетом программного комплекса согласно действующей нормативной документации^{1, 2, 3}.

Расчет в Robot Structural выполнялся методом конечных элементов. Пространственная расчетная схема представлена в данном проекте системой пластин и линейных объектов. После получения значений нагрузок, действующих на конструкцию, осуществляется последующее комбинирование нагрузок. Граничные условия опирания стен и колонн на фундамент назначены как линейные и единичные шарниры, ограничивающие перемещения во всех направлениях и разрешающие поворот.

Расчет горизонтальных элементов несущей конструкции произведен в соответствии с СП 64.13330 «Деревянные конструкции».

Изгибаемые элементы конструкции следует рассчитывать по двум предельным состояниям на прочность по нормальным, касательным напряжениям и на прогиб.

Проверке по двум группам предельных состояний подлежит суммарный относительный прогиб под действием длительной нагрузки (комбинация нагрузок от собственного веса, нагрузки от снега).

Расчет вертикальных элементов: колонны и стены рассматриваются как сжато-изгибаемые элементы. Расчет проводится на прочность и устойчивость. Горизонтальные сечения стен проверяются расчетом на прочность.

На прочность проверяются все несущие элементы здания отдельно, после чего выполняется сбор основных усилий и напряжений в главных точках несущего элемента конструкции. По итогам расчета необходимо сделать сопоставительный анализ основных усилий при действии вертикальных и горизонтальных нагрузок, действующих на конструкцию здания.

По итогам расчетов вклад в общую несущую способность деревянных перекрытий крайне мал, они служат лишь для передачи вертикальных и горизонтальных нагрузок на вертикальные элементы конструкции. Также при исследовании конструкции не наблюдались изменения значений по несущей способности на разных этажах здания. Таким образом, для оптимизации исследования результаты рас-

четов по несущей способности перекрытий в настоящей статье приводиться не будут.



Рис. 9. Разработанная модель в виде рамно-связевой системы с диафрагмами жесткости

Fig. 9. The developed model in the form of a frame-coupling system with stiffening diaphragms

Для наглядности алгоритма создания расчетной модели многоэтажного здания из дерева была реализована модель многоэтажного деревянного здания на базе эталонного здания, несущие конструкции которого выполнены из монолитного ЖБ. Несущие элементы эталонного здания заменены на аналогичные конструктивные элементы из материалов на основе древесины.

В качестве системы несущей конструкции выбрана рамно-связевая конструкция с устройством диафрагм жесткости, которая показана на рис. 10.

Несущие колонны выполнены из клееного бруса, внутренние диафрагмы и перекрытия из CLT-панелей (англ. Cross Laminated Timber — перекрестно склеенная древесина), а несущие горизонтальные элементы из LVL-балок (англ. Laminated Veneer Lumber — материал из слоеного шпона).

По итогам предварительных расчетов и оптимизации размеров получены размеры несущих элементов здания с учетом действия пожарной нагрузки. Предполагается, что степень огнестойкости конструкции будет достигнута при помощи метода обугливания конструкций, поэтому полученные оптимальные размеры сечений основных конструкций были увеличены на величину обугливания древесины. Ориентировочная величина обугливания приня-

¹ СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80*. М., 100 с.

² СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. М., 80 с.

³ ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. М., 14 с.

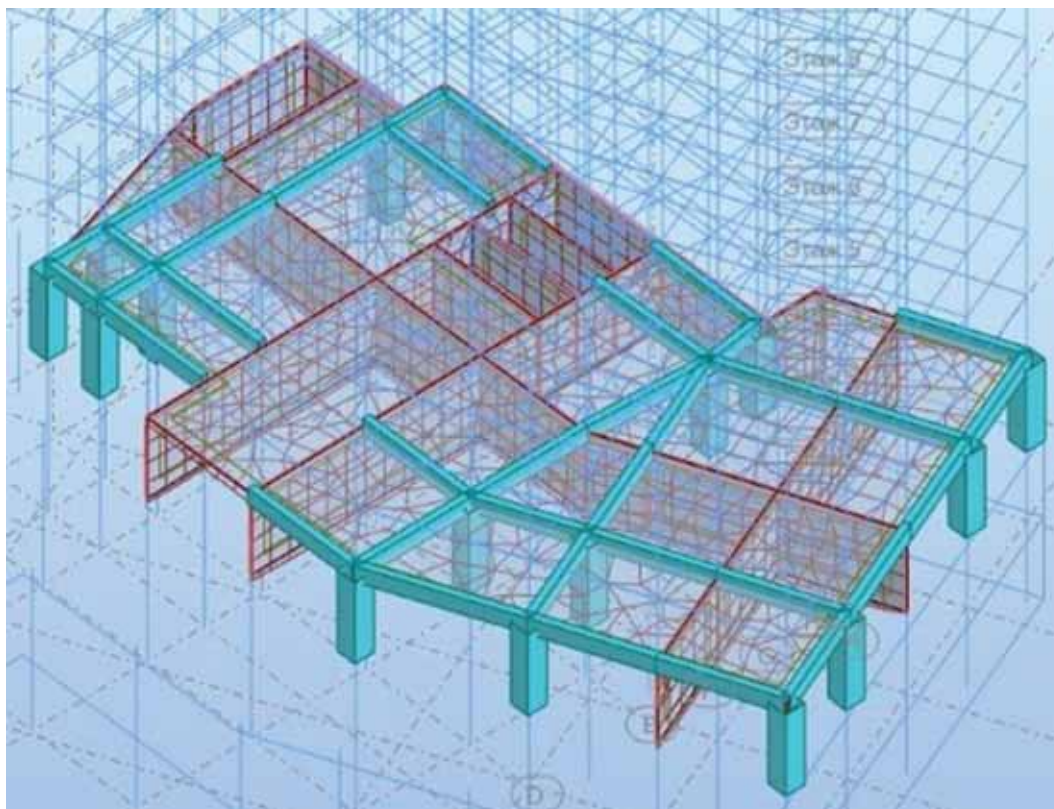


Рис. 10. Расположение несущих элементов в плане

Fig. 10. The location of the load-bearing elements in the plan

Размеры поперечных сечений несущих элементов исследуемой модели

Dimensions of the cross-sections of the load-bearing elements of the model under study

Конструктивный элемент Structural element	Используемый материал Material used
Перекрытие Overlap	CLT-панели — 300 мм (210 мм) CLT-panels — 300 mm (210 mm)
Балки Beams	LVL-брус — 650 × 250 мм (570 × 140 мм) LVL-timber — 650 × 250 mm (570 × 140 mm)
Стены Walls	Ядро (ЖБ 300 мм), диафрагмы (CLT 390 мм) Core (RC 300 mm), diaphragm (CLT 390 mm)
Колонны Columns	Клееный брус Glued beam
1–2 этаж / floor	680 × 580 мм (600 × 500) 680 × 580 mm (600 × 500)
3–7 этаж / floor	630 × 530 мм (550 × 450) 630 × 530 mm (550 × 450)
8–10 этаж / floor	580 × 480 мм (500 × 400) 580 × 480 mm (500 × 400)
11–13 этаж / floor	480 × 380 мм (400 × 300) 480 × 380 mm (400 × 300)
14–15 этаж / floor	430 × 330 мм (350 × 250) 430 × 330 mm (350 × 250)

та из расчета огнестойкости 60 мин и составляет 42 мм при скорости обугливания 0,07 мм/с [16, 17].

С учетом пожарной нагрузки габариты несущих элементов указаны в таблице. В скобках приведены габаритные размеры несущих элементов без учета величины обугливания.

С целью оценки равномерной работы несущей системы здания и наглядности полученных резуль-

татов возникающих усилий, полученные результаты рекомендуется отобразить графически при помощи сопоставительных диаграмм. Для анализа работы несущей конструкции созданной модели многоэтажного здания из дерева полученные результаты внутренних продольных и изгибающих усилий были отображены при помощи диаграмм и графиков на рис. 11, 12.

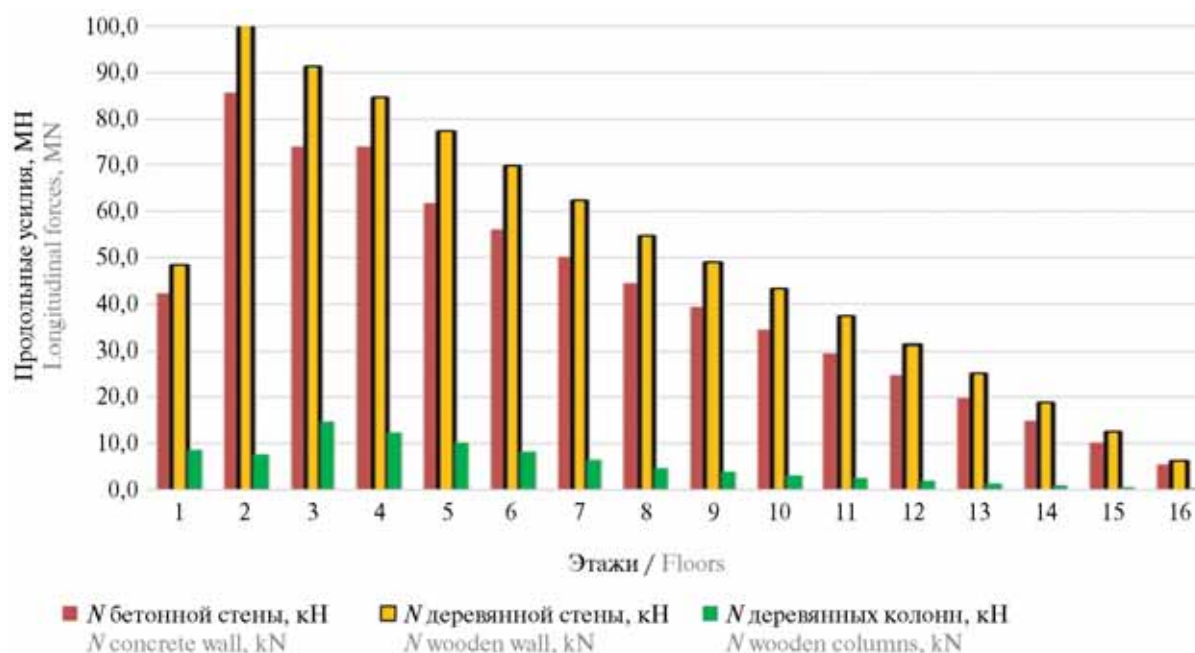


Рис. 11. Диаграмма продольных усилий деревянного здания

Fig. 11. Diagram of longitudinal forces wooden's building elements

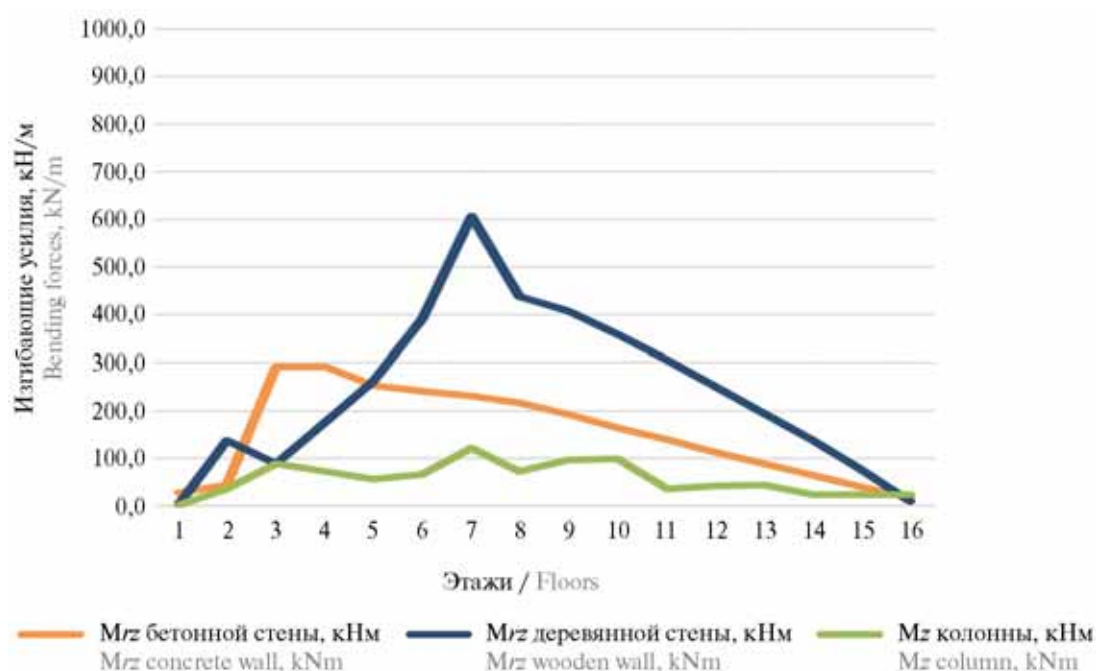


Рис. 12. График изгибающих усилий элементов деревянного здания

Fig. 12. Graph of bending forces wooden's building elements

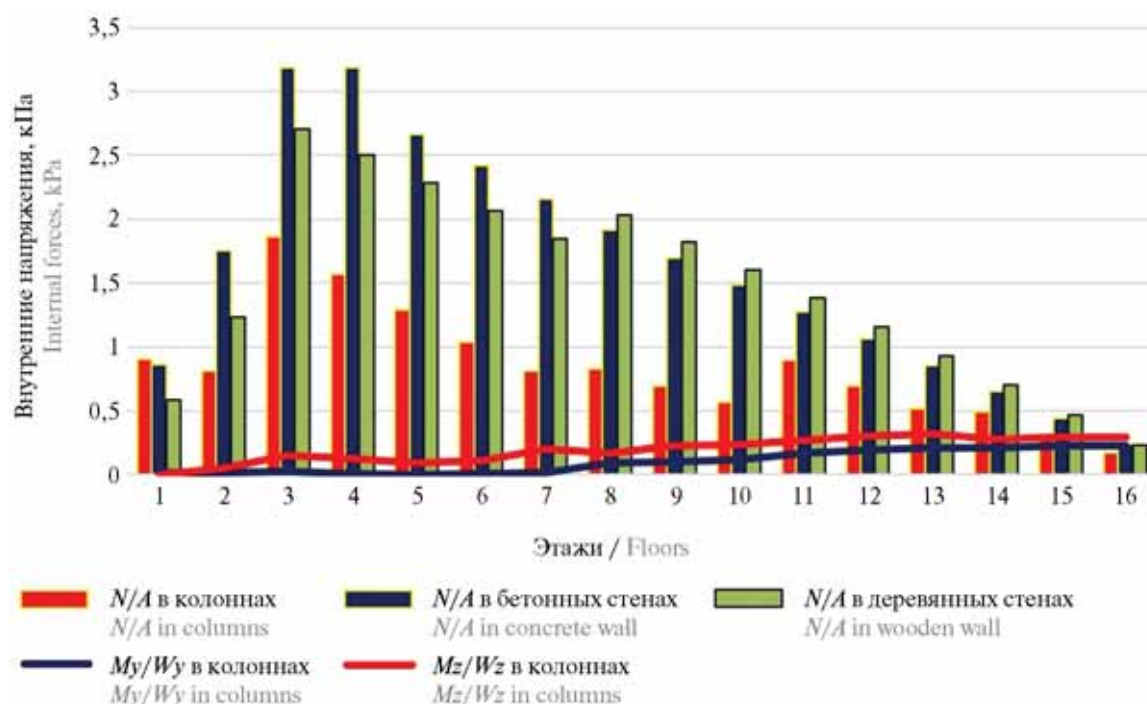


Рис. 13. График распределения внутренних напряжений в несущих элементах

Fig. 13. Graph of internal stress distribution in load-bearing elements

Графическая иллюстрация возникающих усилий в несущих элементах модели многоэтажного деревянного здания показывает, что наблюдается равномерное распределение вертикальных нагрузок между этажами. Постепенное увеличение сжимающих усилий отмечается от верхней до нижней части здания.

Большая часть вертикальных нагрузок относится к деревянным диафрагмам жесткости около 55 %, немного меньше около 40 % вертикальных нагрузок воспринимает ЖБ ядро жесткости и 5 % вертикальных нагрузок воспринимают деревянные колонны.

Помимо вертикальных напряжений фиксируется равномерное распределение изгибающих усилий ЖБ ядра жесткости и в меньшей мере деревянных диафрагм жесткости.

На рис. 13 приведены сжимающие напряжения (N/A), возникающие в колоннах, железобетонных и деревянных стенах.

Согласно рис. 13 напряжения во всех элементах равномерно распределены между собой с плавным увеличением к основанию здания. Скачкообразные изменения напряжений между 1–2, 3–7, 8–16 этажами объясняются изменением поперечного сечения несущих колонн.

Также на графике отображено распределение напряжений при изгибе несущих элементов многоэтажного деревянного здания в двух направлениях по оси Y и Z соответственно (M_y/W_y в колоннах, M_z/W_z в колоннах). Изгибающие напряжения несущих колонн возрастают с увеличением высоты здания, что соответствует правильной работе несущей системы здания, распределяя усилия по всей высоте здания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для успешной реализации проектов многоэтажного деревянного домостроения в первую очередь необходима предварительная проработка организационных и технических вопросов. Из большинства первоочередных задач инженерам следует решить несколько: выбор материала несущих элементов; обеспечение пожарной безопасности; обеспечение мер, компенсирующих свойственные для древесины недостатки в виде звуко- и теплоизоляции; разработка фундамента здания ввиду его легкости и объема; выбор конструктивной схемы здания и т.п.

Наличие алгоритма позволяет графически иллюстрировать процессы разработки проекта на всех его стадиях. Таким образом, разработанный алгоритм дает возможность проектировщикам и инженерам поэтапно рассматривать и прорабатывать ключевые вопросы проектирования, что упорядочит ход проектирования между всеми участниками проекта, структурируя процесс разработки концепции многоэтажного деревянного здания.

Подтверждением служат результаты расчетов разработанной модели многоэтажного здания из дерева при помощи представленного алгоритма. Созданная концепция деревянного многоэтажного здания, имея результаты проведенных расчетов по несущей способности, соответствует устанавливаемым требованиям многоэтажного офисного здания. Ввиду уникальных свойств древесины конструкция обладает некой гибкостью, что благоприятно сказывается на общем сопротивлении конструкции здания

действию динамических нагрузок в виде ветра или землетрясения. Данное суждение верно при наличии жестких узлов соединений деревянных элементов конструкций между собой, а также при наличии жестких связей в несущей конструкции здания в виде диафрагм жесткости.

На продемонстрированных графиках наблюдается равномерное распределение прикладываемых нагрузок на основные конструкции многоэтажного деревянного здания по всей его высоте, тем самым не образуя скачкообразные усилия в несущих элементах. Этот вывод говорит о правильной разработке

модели несущей конструкции деревянного здания, которая отвечает основным требованиям нормативной документации.

Грамотный подход к разработке модели многоэтажного деревянного здания позволит добиться сбалансированной модели многоэтажного деревянного здания с точки зрения прочности и общей устойчивости конструкции с одной стороны, и сокращения финансовых затрат с другой стороны, тем самым отвечая заявленным требованиям и не уступая аналогичным сооружениям из монолитного железобетона в отношении целесообразности строительства.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ширманов В.В. Строительство экологически безопасных, энергоэффективных, быстровозводимых деревянных зданий // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2014. № 8 (187). С. 38–40.
2. Овсянников С.И., Богданов И., Федоренко А. Экологические аспекты деревянного домостроения // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: Междунар. науч.-техн. конф. 2015. С. 236–241.
3. Toppinen A., Röhr A., Pätäri S., Lähtinen K., Toivonen R. The future of wooden multistory construction in the forest bioeconomy — a Delphi study from Finland and Sweden // Journal of Forest Economics. 2017. Pp. 1–8. DOI: 10.1016/j.jfe.2017.05.001
4. Михалева С.А. Деревянные высотки в России — инновационный взгляд на современное строительство // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 4–7 (46). С. 19–21. DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.174
5. Voulpiotis K., Kohler J., Jockwer R., Frangi A. A holistic framework for designing for structural robustness in tall timber buildings // Engineering Structures. 2021. Vol. 227. Pp. 111432. DOI: 10.1016/j.engstruct.2020.111432
6. Abrahamsen R. Mjøstårnet — Construction of an 81 m tall timber building 2017 // Materials of Internationals Holzbau-Forum IHF. 2017. DOI: 10.3989/ic.71578
7. Sanner J., Fernandez A., Foster R. River Beech Tower: A Tall Timber Experiment // CTBUH Journal. 2017. Pp. 40–46.
8. Pulakka S., Vares S., Nykänen E., Saari M., Häkkinen T. Lean production of cost optimal wooden nZEB // Energy Procedia. 2016. № 96. Pp. 202–211. DOI: 10.1016/j.egypro.2016.09.122
9. Ruuska A., Häkkinen T. Material efficiency of building construction // Buildings. 2014. Vol. 4. Issue 3. Pp. 266–294. DOI: 10.3390/buildings4030266
10. Häkkinen T., Kuittinen M., Jung N. Reducing embodied carbon during the design process of buildings // Journal of Building Engineering. 2015. Vol. 4. Pp. 1–13. DOI: 10.1016/j.job.2015.06.005
11. Ломакин А.Д. Защита большепролетных несущих клееных деревянных конструкций // Строительные материалы. 2015. № 7. С. 55–59.
12. Коновалов М.А., Гравит М.В., Шабунина Д.Е., Щукин А.Ю. Анализ эффективности замены железобетонных конструкций на деревянные в многоэтажном офисном здании в г. Санкт-Петербург // Инновации в деревянном строительстве : мат. 11-й Междунар. науч.-практ. конф. 2021. С. 278–290.
13. Етумян А.С., Смирнов Н.В., Булгаков В.В., Гравит М.В., Иванов Ю.С. Исследование пожарной опасности деревянных конструкций с использованием метода EN 13823 (SBI) // XXIV Международная научно-практическая конференция по проблемам пожарной безопасности, посвящ. 75-летию создания института : сб. тезисов докл. Часть 1. М. : ВНИИПО МЧС России, 2012. С. 339–342.
14. Malo K.A., Abrahamsen R.B., Bjertnaes M.A. Some structural design issues of the 14-storey timber framed building “Treet” in Norway // European Journal of Wood and Wood Products. 2016. Vol. 74. Issue 3. Pp. 407–424. DOI: 10.1007/s00107-016-1022-5
15. Tiso M., Just A., Nele Mäger K. Behavior of wooden based insulations at high temperatures // Energy Procedia. 2016. Vol. 96. Pp. 729–737. DOI: 10.1016/j.egypro.2016.09.135
16. Qin R., Zhou A., Chow C.L., Lau D. Structural performance and charring of loaded wood under fire // Engineering Structures. 2021. Vol. 228. P. 111491. DOI: 10.1016/j.engstruct.2020.111491
17. Liu X., Zhao H., Zhu Q. Factor analysis of high-rise building fires reasons and fire protection measures // Procedia Engineering. 2012. Vol. 45. Pp. 643–648. DOI: 10.1016/J.PROENG.2012.08.216
18. Timmer S.G.C. Feasibility of tall timber buildings: Master thesis — Structural Engineering. 2011.

19. Баранов А.О. Конструктивные решения высотных зданий // *Alfabuild*. 2018. № 3 (5). С. 33–51.
20. Ramage M., Foster R., Smith S., Flanagan K., Bakker R. Super Tall Timber: design research for the next generation of natural structure // *The Journal of Architecture*. 2017. Vol. 22. Issue 1. Pp. 1–19. DOI: 10.1080/13602365.2016.1276094
21. Johnson B., Horos D., Baker W.F. Timber tower research project. Skidmore, Owings & Merrill, LLP (SOM), 2014.
22. Kohler J. Reliability of timber structures // *Swiss Fed Inst Technol*. 2006. 244 p. DOI: 10.3929/ETHZ-A-005454370
23. Fryer B., Foster R., Ramage M. Size effect of large scale timber columns // *2018 World Conference on Timber Engineering*. 2018.
24. Jockwer R., Frohlich R., Wydler J., Voulpiotis K., Schabel J., Frangi A. Deformation behaviour of highly loaded elements in tall timber buildings // *2018 World Conference on Timber Engineering*. 2018.
25. Konovalov M., Kozinets G. Prospects for the multi-storey buildings construction using wooden structures // *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 698. Issue 2. P. 022062. DOI: 10.1088/1757-899X/698/2/022062

Поступила в редакцию 28 февраля 2022 г.

Принята в доработанном виде 27 апреля 2022 г.

Одобрена для публикации 27 апреля 2022 г.

О Б АВТОРАХ: Михаил Александрович Коновалов — аспирант; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ); 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29; РИНЦ ID: 921723; Mikhail.konovalov.94@gmail.com;

Галина Леонидовна Козинец — доктор технических наук, профессор, директор Инженерно-строительного института; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ); 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29; РИНЦ ID: 624625; kozinets_gl@spbstu.ru.

Вклад авторов:

Коновалов М.А. — проведение исследований и создание алгоритма проектирования рассматриваемой концепции здания, проведение экспериментальной части, написание исходного текста статьи и итогов исследований.

Козинец Г.Л. — участие в разработке представленного алгоритма, научное руководство проводимых исследований, совместное участие при проведении моделирования и расчета несущей способности конструкции.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. Shirmanov V.V. Construction of ecologically safe, energy efficient and prefabricated wooden buildings. *Construction Materials, Equipment, Technologies of the XXI Century*. 2014; 8(187):38–40. (rus.).
2. Ovsyannikov S.I., Bogdanov I., Fedorenko A. Ecological aspects of wooden house construction. *Energy and resource-saving environmentally friendly chemical-technological processes of environmental protection: international scientific and technical conference*. 2015; 236–241. (rus.).
3. Toppinen A., Röhr A., Pätäri S., Lähtinen K., Toivonen R. The future of wooden multistory construction in the forest bioeconomy — a Delphi study from Finland and Sweden. *Journal of Forest Economics*. 2017; 1–8. DOI: 10.1016/j.jfe.2017.05.001
4. Mikhaleva S.A. Wooden skyscraper in Russia — an innovative approach to modern construction. *International Research Journal*. 2016; 4–7(46):19–21. DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.174 (rus.).
5. Voulpiotis K., Kohler J., Jockwer R., Frangi A. A holistic framework for designing for structural robustness in tall timber buildings. *Engineering Structures*. 2021; 227:111432. DOI: 10.1016/j.eng-struct.2020.111432
6. Abrahamsen R. Mjøstårnet — Construction of an 81 m tall timber building 2017. *Materials of International Holzbau-Forum IHF* 2017. DOI: 10.3989/ic.71578
7. Sanner J., Fernandez A., Foster R. River Beech Tower: A Tall Timber Experiment. *CTBUH Journal*. 2017; 40–46.
8. Pulakka S., Vares S., Nykänen E., Saari M., Häkkinen T. Lean production of cost optimal wooden nZEB. *Energy Procedia*. 2016; 96:202–211. DOI: 10.1016/j.egypro.2016.09.122
9. Ruuska A., Häkkinen T. Material Efficiency of Building Construction. *Buildings*. 2014; 4(3):266–294. DOI: 10.3390/buildings4030266
10. Häkkinen T., Kuittinen M., Jung N. Reducing embodied carbon during the design process of buildings. *Journal of Building Engineering*. 2015; 4:1–13. DOI: 10.1016/j.job.2015.06.005
11. Lomakin A.D. Protection of the large-span bearing glued wooden constructions. *Construction Materials*. 2015; 7:55–59. (rus.).

12. Konovalov M.A., Gravit M.V., Shabunina D.E., Shchukin A.Y. Analysis of the effectiveness of the replacement of reinforced concrete structures with wood in a multi-story office building in St. Petersburg. *Innovations in wooden construction: materials of the 11th International Scientific and Practical Conference*. 2021; 278-290. (rus.).
13. Etumyan A.S., Smirnov N.V., Bulgakov V.V., Gravit M.V., Ivanov Yu.S. Investigation of fire hazard of wooden structures using the EN 13823 (SBI) method. *XXIV International scientific-practical conference on fire safety, dedicated to the 75th anniversary of the Institute. Collection of theses of reports. Part 1*. Moscow, VNIPO EMERCOM of Russia, 2012; 339-342. (rus.).
14. Malo K.A., Abrahamsen R.B., Bjertnaes M.A. Some structural design issues of the 14-storey timber framed building "Treet" in Norway. *European Journal of Wood and Wood Products*. 2016; 74(3):407-424. DOI: 10.1007/s00107-016-1022-5
15. Tiso M., Just A., Nele Mäger K. Behavior of wooden based insulations at high temperatures. *Energy Procedia*. 2016; 96:729-737. DOI: 10.1016/j.egypro.2016.09.135
16. Qin R., Zhou A., Chow C.L., Lau D. Structural performance and charring of loaded wood under fire. *Engineering Structures*. 2021; 228:111491. DOI: 10.1016/j.engstruct.2020.111491
17. Liu X., Zhao H., Zhu Q. Factor analysis of high-rise building fires reasons and fire protection measures. *Procedia Engineering*. 2012; 45:643-648. DOI: 10.1016/J.PROENG.2012.08.216
18. Timmer S.G.C. *Feasibility of Tall Timber Buildings: Master Thesis — Structural Engineering*. 2011.
19. Baranov A.O. Constructions of high-rise buildings. *Alfabuild*. 2018; 3(5):33-51. (rus.).
20. Ramage M., Foster R., Smith S., Flanagan K., Bakker R. Super Tall Timber: design research for the next generation of natural structure. *The Journal of Architecture*. 2017; 22(1):1-19. DOI: 10.1080/13602365.2016.1276094
21. Johnson B., Horos D., Baker W.F. *Timber Tower Research Project*. Skidmore, Owings & Merrill, LLP (SOM), 2014.
22. Kohler J. Reliability of timber structures. *Swiss Fed Inst Technol*. 2006; 244. DOI: 10.3929/ETHZ-A-005454370
23. Fryer B., Foster R., Ramage M. Size effect of large scale timber columns. *2018 World Conference on Timber Engineering*. 2018.
24. Jockwer R., Frohlich R., Wydler J., Voulpiotis K., Schabel J., Frangi A. Deformation behaviour of highly loaded elements in tall timber buildings. *2018 World Conference on Timber Engineering*. 2018.
25. Konovalov M., Kozinets G. Prospects for the multi-storey buildings construction using wooden structures. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*. 2019; 698(2):022062. DOI: 10.1088/1757-899X/698/2/022062

Received February 28, 2022.

Adopted in revised form on April 27, 2022.

Approved for publication on April 27, 2022.

BIONOTES: **Mikhail A. Konovalov** — postgraduate student; **Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (SPbPU)**; 29 Polytechnic st., St. Petersburg, 195251, Russian Federation; ID RISC: 921723; mikhail.konovalov.94@gmail.com;

Galina L. Kozinets — Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the Civil Engineering Institute; **Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (SPbPU)**; 29 Polytechnic st., St. Petersburg, 195251, Russian Federation; ID RISC: 624625; kozinets_gl@spbstu.ru.

Contribution of the authors:

Mikhail A. Konovalov — conducting research and creating an algorithm for designing the building concept under consideration, conducting the experimental part, writing the source text of the article and the results of research.

Galina L. Kozinets — participation in the development of the presented algorithm, scientific guidance of ongoing research, joint participation in the modeling and calculation of the load-bearing capacity of the structure.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Определение упругих характеристик цементного камня для прогнозирования усталостной долговечности бетона

Юрий Евгеньевич Курбатов, Галина Геннадьевна Кашеварова

Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ); г. Пермь, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Проблема усталостного разрушения бетона является одной из наименее изученных в расчетной практике. Отсутствие достоверных данных о действительных процессах накопления усталостных повреждений, происходящих в структуре данного материала при циклическом воздействии, не позволяет сформировать методику расчета конструкций из бетона, воспринимающих подобные нагрузки. С целью разработки вышеуказанной методики предлагается использовать структурно-имитационное моделирование. Для этого рассмотрены математические модели поврежденности бетона под воздействием циклического нагружения. Цель исследования — определение упругих и прочностных характеристик цементного камня (ЦК) для дальнейшей разработки методики прогнозирования усталостной долговечности бетона с учетом нелинейной кинетики накопления повреждений.

Материалы и методы. Пределы прочности ЦК при изгибе и сжатии устанавливались путем проведения натурного эксперимента на испытательной машине и гидравлическом прессе. Упругие характеристики ЦК выявлены в результате статических испытаний образцов из ЦК различной формы на универсальной электромеханической системе с совместным применением цифровой оптической системы анализа полей деформаций, а также системы регистрации сигналов акустической эмиссии (АЭ).

Результаты. В ходе испытаний цементных образцов на изгиб и сжатие были получены значения соответствующих пределов прочности при изгибе и сжатии, что позволило подтвердить проектный класс прочности цемента 32,5 Н. При помощи цифровой оптической системы установлены неоднородные поля продольных и поперечных деформаций для дальнейшего определения основных упругих характеристик материала. Получение сигналов АЭ в ходе эксперимента дало возможность отразить зависимости различных параметров от времени.

Выводы. Выполнен первый этап предложенной методики прогнозирования усталостной долговечности бетона с учетом нелинейной кинетики накопления повреждений, в результате которого определены модуль упругости и коэффициент Пуассона для ЦК. Эти данные могут быть использованы при создании численной модели структуры бетона, а применение сигналов АЭ позволяет оценить кинетику накопления повреждений в материале.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: усталостное разрушение, модели накопления повреждений, гипотеза линейного суммирования, структурно-имитационное моделирование, предел прочности цементного камня, модуль упругости, коэффициент Пуассона

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Курбатов Ю.Е., Кашеварова Г.Г. Определение упругих характеристик цементного камня для прогнозирования усталостной долговечности бетона // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. Вып. 4. С. 476–486. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.476-486

Автор, ответственный за переписку: Юрий Евгеньевич Курбатов, YEK-STF@yandex.ru.

Determination of elastic characteristics of cement stone to predict the fatigue life of concrete

Yuri E. Kurbatov, Galina G. Kashevarova

Perm National Research Polytechnic University (PNRPU); Perm, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The problem of fatigue failure of concrete is one of the least studied in computational practice. The lack of reliable data on the actual processes of accumulation of fatigue damage occurring in the structure of this material during cyclic exposure does not allow us to form a methodology for calculating concrete structures that perceive such loads. To develop the above methodology, it is proposed to use structural simulation modeling. For this purpose, mathematical models of concrete damage under the influence of cyclic loading are considered. The purpose of the study is to determine the elastic and strength characteristics of cement stone for further development of a methodology for predicting the fatigue life of concrete, taking into account the nonlinear kinetics of damage accumulation.

Materials and methods. The strength limits of cement stone during bending and compression were determined by conducting a full-scale experiment on a testing machine and a hydraulic press. Elastic characteristics of cement stone were obtained as a result of static tests of cement stone samples of various shapes on the universal electromechanical system with the joint use of the digital optical system for analysis of deformation and displacement fields and the acoustic emission signal recording system.

Results. During the tests of cement samples for bending and compression, the values of the corresponding bending and compression strength limits were obtained, which made it possible to confirm the design strength class of cement 32.5 N. Inhomogeneous fields of longitudinal and transverse deformations were obtained using a digital optical system to further determine the basic elastic characteristics of the material. Obtaining acoustic emission signals during the experiment made it possible to reflect the dependences of various acoustic emission parameters on time.

Conclusions. The first stage of the proposed methodology for predicting the fatigue life of concrete is performed, taking into account the nonlinear kinetics of damage accumulation, as a result of which the modulus of elasticity and the Poisson's ratio for cement stone are determined. The obtained data can be used to create a numerical model of the concrete structure, and the use of acoustic emission signals allows us to estimate the kinetics of damage accumulation in the material.

KEYWORDS: fatigue failure, damage accumulation models, linear summation hypothesis, structural simulation modeling, strength limit of cement stone, modulus of elasticity, Poisson's ratio

FOR CITATION: Kurbatov Yu.E., Kashevarova G.G. Determination of elastic characteristics of cement stone to predict the fatigue life of concrete. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2022; 17(4):476-486. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.476-486 (rus.).

Corresponding author: Yuri E. Kurbatov, YEK-STF@yandex.ru.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день процесс деформирования и разрушения нагруженного бетона при уровнях, близких к разрушающим, в условиях малоцикловых нагружений остается недостаточно изученным для возможности его явного учета в расчетной практике. При этом имеется широкий спектр строительных объектов, которые в реальных условиях эксплуатации подвержены воздействию именно малоцикловых нагрузок высокого уровня (сейсмических, ветровых, волновых, транспортных и т.д.). Такие нагрузки приводят к снижению долговечности конструкций, вплоть до преждевременного и стремительного усталостного разрушения конструкций, правильно запроектированных в соответствии с действующими строительными нормами. Накоплению опытных данных препятствуют длительность и трудоемкость проведения натурных экспериментов, а также необходимость кропотливой обработки и систематизации полученных сведений с большим естественным разбросом прочностных и деформативных характеристик бетона ввиду его существенной природной неоднородности.

Согласно действующему своду правил¹ расчетное сопротивление бетона усталостному разрушению при действии многократно повторяющейся (циклической) нагрузки определяется с использованием ниспадающей криволинейной зависимости, полученной на основании опытных материалов. Эта зависимость носит название кривой Велера и отражает связь числа циклов до разрушения с амплитудой нагружения. Методика получения кривой усталости в виде линии регрессии выносливости для бетона по результатам испытаний прописана в действующем ГОСТ². Для ее построения ГОСТ предписывает нагружать бетонные призмы стандартных размеров

многократно повторяющейся осевой сжимающей нагрузкой, составляющей различные доли от призмочной прочности бетона. Стандартом допускается применение образцов-призм следующих размеров: $70 \times 70 \times 280$, $100 \times 100 \times 400$, $150 \times 150 \times 600$, $200 \times 200 \times 800$ мм.

Основным недостатком существующей методики расчета бетона на выносливость является невозможность учета и контроля за процессом накопления усталостных повреждений. Это связано с тем, что отсутствуют объективные количественные характеристики физического состояния бетона, которые бы однозначно оценивали кинетику накопления усталостных повреждений и оставшийся ресурс конструкций.

На практике принято применять формальную методологию оценки усталостного повреждения, в основе которой лежит понятие поврежденности материала. В работах [1, 2] приводится обзорный анализ различных моделей и основных подходов к определению накопления повреждений. Согласно труду [3], при выявлении усталостной долговечности того или иного материала в подавляющем большинстве случаев используется модель поврежденности Пальмгрена – Майнера:

$$P = \frac{N}{N_f(\sigma)},$$

где N — текущее число приложенных циклов; $N_f(\sigma)$ — число циклов до разрушения.

Эта модель основана на гипотезе линейного суммирования усталостных повреждений (рис. 1), в рамках которой предполагается, что процесс накопления повреждений — линейный, т.е. некоторое количество циклов в начале процесса нагружения создают точно такое же повреждение, как и то же самое число циклов в середине или в конце процесса нагружения образца.

Однако в результате многочисленных экспериментальных исследований было установлено, что накопление усталостных повреждений центрально сжатого бетона в процессе циклического нагружения

¹ СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. М.: Минстрой России, 2018. 124 с.

² ГОСТ 24545-81. Бетоны. Методы испытаний на выносливость. М.: Изд. стандартов, 1987. 13 с.

происходит нелинейно. Так, в публикациях [4, 5] показано, что можно выделить три последовательных стадии деформирования бетона:

- 1) уплотнение структуры;
- 2) относительную стабилизацию деформирования;
- 3) разуплотнение структуры, при котором прогрессирующий рост деформаций завершается усталостным разрушением материала.

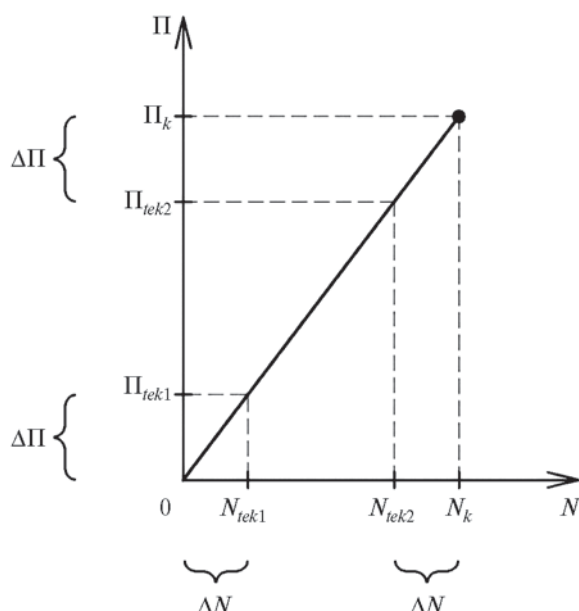


Рис. 1. Модель линейного суммирования усталостных повреждений

Fig. 1. Model of linear summation of fatigue damage

Таким образом, необходимо получить целый набор кривых (рис. 2), иллюстрирующих нелинейную зависимость накопленных повреждений бетона от числа приложенных циклов (для каждого уровня нагружения).

Общие закономерности деформирования бетона при циклических нагрузках приведены в работе [6]. Видимо, в зависимости от класса бетона по прочности на сжатие характер кривых будет меняться. Следовательно, в соответствии с ГОСТ нужно проводить испытания для каждого класса бетона, что делает задачу получения кривых экспериментальным путем практически недостижимой, ввиду длительных и дорогостоящих натурных испытаний. Для преодоления указанной проблемы можно применить структурно-имитационное моделирование, позволяющее определить механизмы процессов и явлений, происходящих в бетоне при циклическом нагружении. При этом базой структурно-имитационного моделирования является численная модель структуры, максимально точно воспроизводящая реальное строение материала. В статьях [7–10] рассмотрены основные проблемы и возможные направления решения задачи структурно-имитационного модели-

рования бетонных композиций. Очевидна необходимость применения конкретной расчетной методики при использовании данного подхода. В работе [11] выполнен сравнительный анализ нормативных документов стран Европейского Союза, США, Японии, России, Беларуси и Украины, регламентирующих методику расчета железобетона на усталостную долговечность. Согласно исследованию [11], в большей части этих норм указания по расчету усталостной прочности бетона отсутствуют, другие учитывают лишь снижение прочности бетона в зависимости от уровня коэффициента асимметрии цикла, класса бетона по прочности и условий работы. Итак, в них тоже не учитывается накопительный характер усталостных повреждений с учетом роста числа циклов.

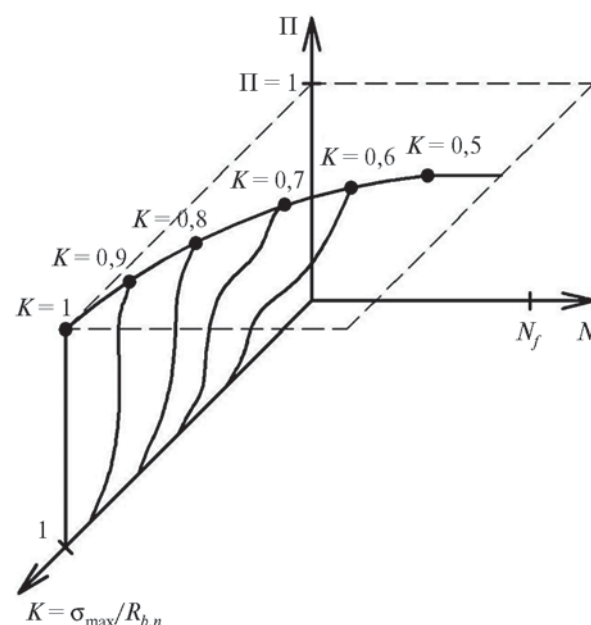


Рис. 2. Предполагаемый вид кривых, иллюстрирующих нелинейную зависимость накопленных повреждений

Fig. 2. The assumed form of curves illustrating the nonlinear dependence of accumulated damages

В рамках представленного исследования поставлена цель разработать расчетную методику прогнозирования усталостной долговечности бетона с учетом нелинейной кинетики накопления повреждений путем проведения численного эксперимента. Для достижения этой цели следует решить следующие задачи:

- определить упругие и прочностные характеристики основных компонентов структуры;
- установить усталостные характеристики компонентов;
- создать численную модель структуры бетона определенного класса;
- назначить полученные характеристики компонентам структуры и провести вычислительный эксперимент, имитирующий накопление усталостных

повреждений в структуре бетона при циклическом нагружении.

В настоящей статье рассматривается решение первой задачи — определение упругих и прочностных характеристик основных компонентов структуры бетона для их дальнейшего использования при создании численной модели.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для корректного выбора метода выявления упругих свойств требуется определиться с ключевыми фазовыми компонентами структуры, которые в последующем войдут в модель. В соответствии с трудами [12, 13], в качестве основных структурных компонентов бетона (рис. 3, 4) можно выделить цементную матрицу, поры, частицы песка, контактную зону и крупный заполнитель.

Модули упругости и коэффициенты Пуассона для кварцевого песка, щебня и контактной зоны можно принять на основании литературных данных. Так, согласно статьям [14–16], модуль упругости E и коэффициент Пуассона μ кварцевого песка в среднем составляют 72,8 и 0,167 ГПа соответственно. Величины модуля упругости и коэффициента Пуассона контактной зоны (для плоской модели) принимаем по трудам [17, 18] равными 10,6 и 0,30 ГПа соответственно. Для щебня $E = 60\text{--}80$ ГПа, $\mu = 0,25$ (по СП³).

Упругие характеристики цементного камня (ЦК) можно получить в результате лабораторных экспериментов стандартных образцов из ЦК по указаниям ГОСТ⁴. В статье [19] приводятся рекомендации по определению прочности бетона по итогам испытания цилиндрических образцов, размеры которых отличаются от регламентируемых нормами. В соот-

ветствии с этими рекомендациями для экспериментального определения механических характеристик ЦК были изготовлены следующие варианты образцов: кубы ($70 \times 70 \times 70$), балочки-призмы ($160 \times 40 \times 40$ и $140 \times 70 \times 70$) и цилиндры (диаметр — 30 мм, длина — 60 мм), представленные на рис. 4. Кубы выполнялись для установления предела прочности цементного камня в соответствии с ГОСТ⁵. Предел прочности позволяет подтвердить принятую марку и класс прочности цемента. Балочки-призмы и цилиндры создавались для выявления призматической прочности и упругих характеристик ЦК.

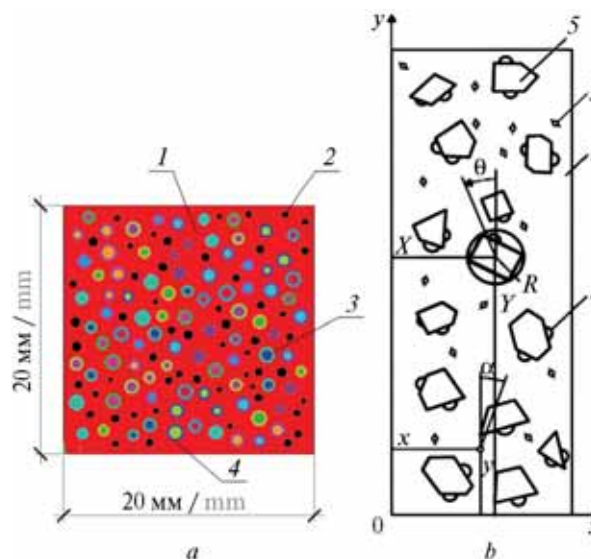


Рис. 3. Основные компоненты структуры мелкозернистого (a) и крупнозернистого бетона (b); 1 — цементная матрица; 2 — поры; 3 — частицы песка; 4 — контактная зона; 5 — крупный заполнитель

Fig. 3. The main components of the structure of fine-grained (a) and coarse-grained (b) concrete

³ СП 34.13330.2021. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*. М. : Минстрой России, 2021. 92 с.

⁴ ГОСТ 24452-80. Бетоны. Методы определения призматической прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона. М. : Стандартинформ, 2005. 13 с.

⁵ ГОСТ 310.4-81. Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии. М. : Изд. стандартов, 2003. 12 с.

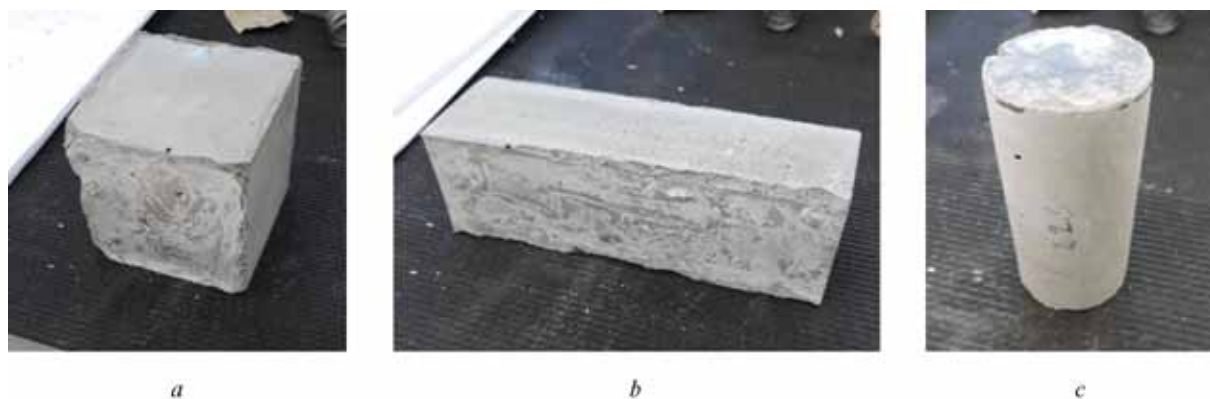


Рис. 4. Изготовленные образцы: кубы (a); балочки-призмы (b); цилиндры (c)

Fig. 4. Manufactured samples: cubes (a); prism beams (b); cylinders (c)



Рис. 5. Испытательные машины для определения предела прочности цементного камня при изгибе (а) и сжатии (b)

Fig. 5. Testing machines for determining the ultimate strength of cement stone during bending (a) and compression (b)

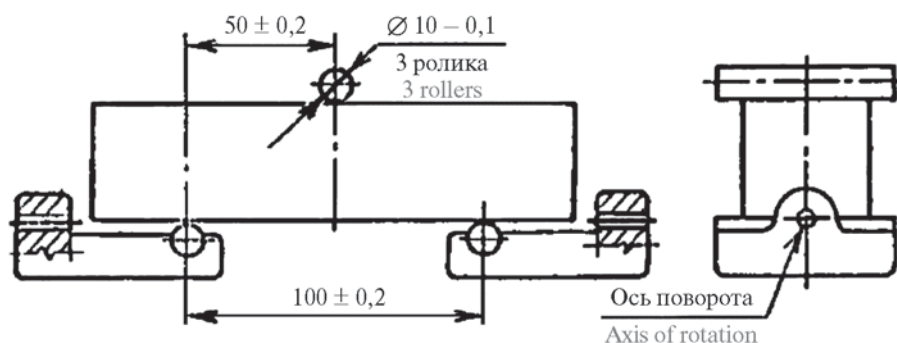


Рис. 6. Схема расположения образца на опорных элементах при испытании на трехточечный изгиб

Fig. 6. The layout of the sample on the support elements during the three-point bending test

Определение предела прочности ЦК при изгибе и сжатии выполнялось на испытательной машине МИИ-100 и гидравлическом прессе ПГМ-1000МГ4 соответственно (рис. 5). Согласно ГОСТ, сначала испытываем балочку-призму на трехточечный изгиб (рис. 6), после чего полученные половинки балки испытываем на сжатие под гидравлическим прессом. При этом половинку балочки помещаем между двумя опорными пластинками таким образом, чтобы боковые грани, которые при изготовлении прилегали к стенкам формы, находились на плоскостях пластинок, а упоры пластинок плотно прилегали к торцевой гладкой плоскости образца (рис. 7).

Упругие характеристики ЦК устанавливаются по ГОСТ. Экспериментальные исследования упругих характеристик осуществлялись на универсальной электромеханической системе Instron 5989 с максимальной нагрузкой 600 кН, с совместным использованием цифровой оптической системы анализа полей деформаций и перемещений Vic-3D (Correlated Solutions) и системы регистрации сигналов акустической эмиссии AMSY-6 (Vallen Systeme GmbH).

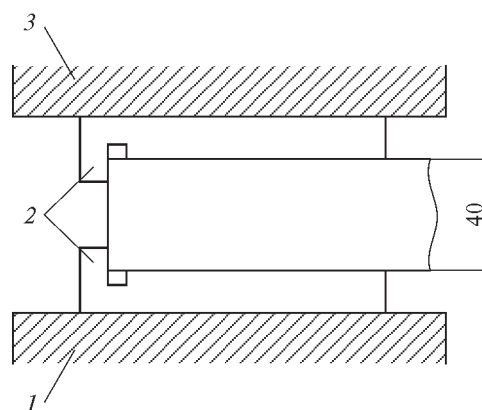


Рис. 7. Схема расположения полученной половинки образца на опорных элементах при испытании на сжатие: 1 — нижняя плита пресса; 2 — опорные пластинки; 3 — верхняя плита пресса

Fig. 7. The layout of the obtained half of the sample on the support elements during the compression test: 1 — the lower plate of the press; 2 — the support plates; 3 — the upper plate of the press

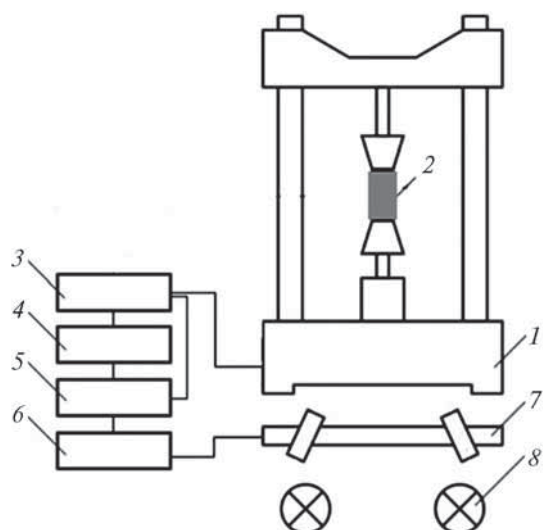


Рис. 8. Схема проведения испытания совместно с бесконтактной оптической видеосистемой: 1 — испытательная машина; 2 — образец в захватах; 3 — контроллер испытательной системы; 4 — персональный компьютер (ПК), с которого производится управление машиной; 5 — блок синхронизации; 6 — ПК, с которого выполняется управление видеосистемой; 7 — камеры, установленные на штативе; 8 — система подсветки

Fig. 8. The scheme of the test in conjunction with a contactless optical video system: 1 — the test machine; 2 — the sample in the grips; 3 — the controller of the test system; 4 — the PC from which the machine is controlled; 5 — the synchronization unit; 6 — the PC from which the video system is controlled; 7 — cameras mounted on a tripod; 8 — the backlight system

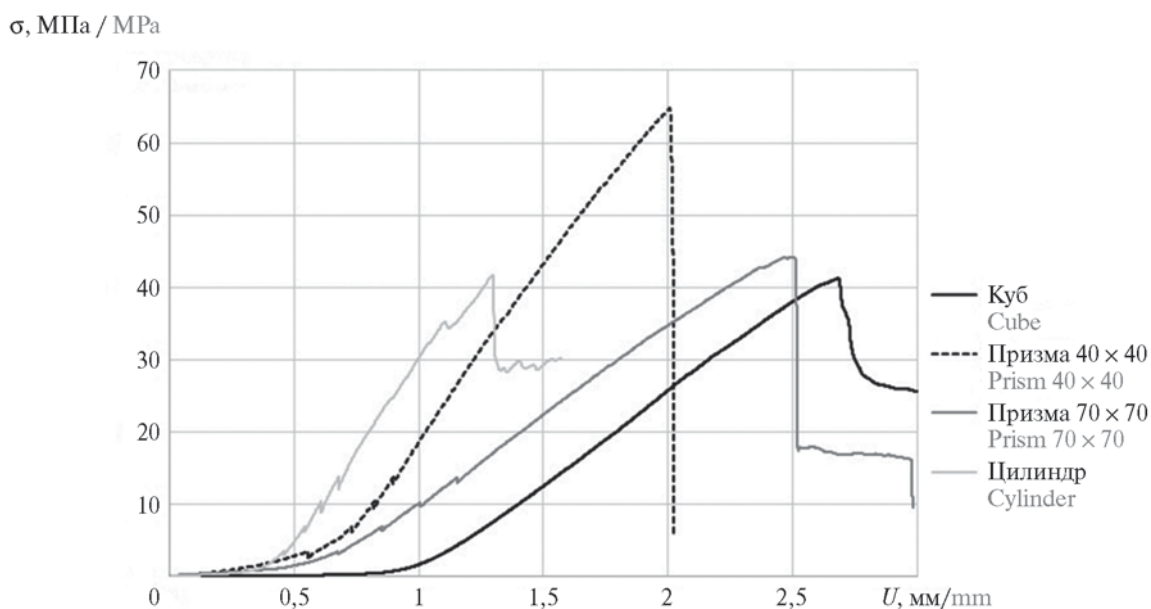


Рис. 9. Типовые диаграммы нагружений образцов

Fig. 9. Typical loading diagrams of samples

Схема проведения испытания показана на рис. 8. Примененная при испытаниях методика экспериментального исследования механических характеристик и стадийности накопления повреждений ЦК представлена в работе [20].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате испытаний образцов на изгиб и сжатие были получены значения пределов прочности ЦК при изгибе и сжатии — 10,72 и 36,27 МПа соответственно. Определенные в ходе эксперимента значения подтвердили проектный класс прочности цемента 32,5 Н. Данные результаты оформлены в виде протокола.

По итогам испытаний образцов на сжатие с целью определения упругих характеристик выполнили

типичные диаграммы нагружений для образцов разной формы (рис. 9).

Для определения деформаций ГОСТ предписывает применять тензометры или проводниковые тензорезисторы, наклеиваемые на поверхность бетона. Тензорезисторы могут быть симитированы при помощи инструмента «виртуальный экстензометр» в программном обеспечении Vic-3D. Принцип его действия заключается в отслеживании взаимного смещения между двумя точками поверхности образцов в соответствии с прикладываемым усилием.

В результате эксперимента, проведенного по методике [20], были получены неоднородные поля продольных деформаций (рис. 10), которые соответствуют точкам на графике (рис. 11) при различных уровнях нагрузки для образца-куба. Эти результаты позволяют зафиксировать момент зарождения и раз-

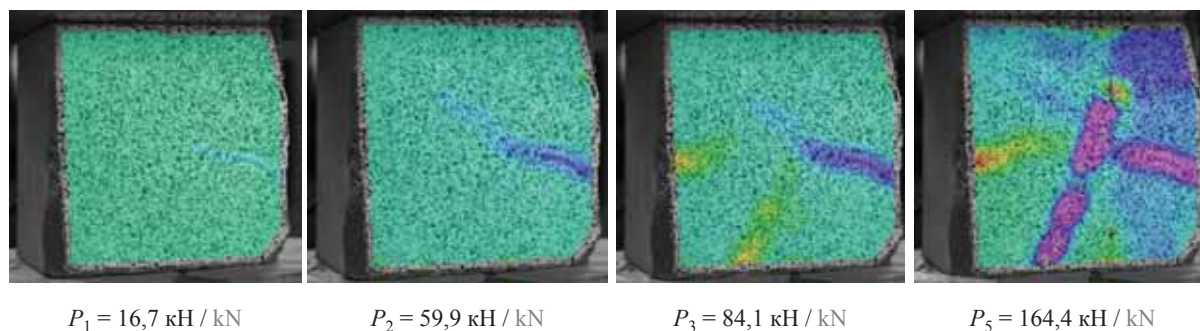


Рис. 10. Неоднородные поля продольных деформаций для образца-куба при различных уровнях нагружения

Fig. 10. Inhomogeneous fields of longitudinal deformations for a cube sample at different loading levels

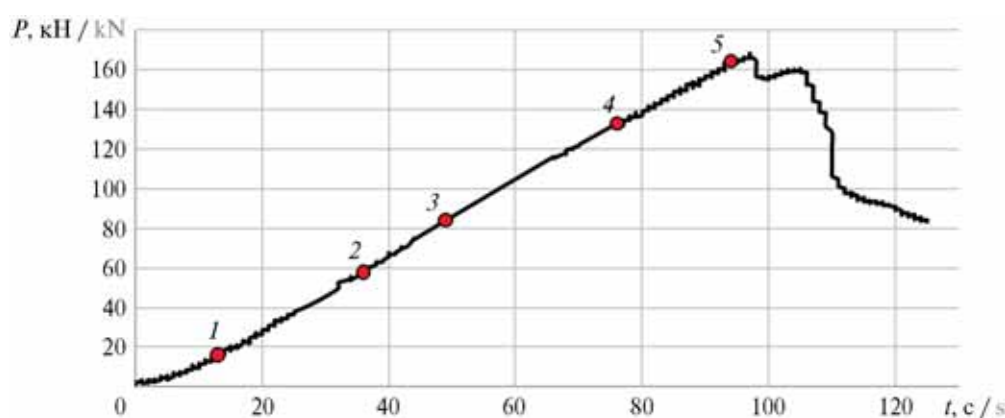


Рис. 11. График зависимости времени от приложенной нагрузки для образца-куба

Fig. 11. Graph of the time dependence on the applied load for the cube sample

Результаты испытаний на сжатие образцов цементного камня разной формы

The results of cement stone samples compression tests with various shapes

Форма образца Sample form	Модуль упругости, ГПа Modulus of elasticity, GPa	Коэффициент Пуассона Poisson Ratio
Цилиндр Cylinder	29,0	0,22
Призма 40 × 40 Prism 40 × 40	22,5	0,30
Призма 70 × 70 Prism 70 × 70	19,5	0,19

вития трещин на поверхности образца, которые по мере нагружения приводят к полному разрушению.

Определение модуля упругости и коэффициента Пуассона ЦК производилось путем постепенного нагружения с выдержками (ступенями) образцов до разрушения, в соответствии с ГОСТ. При этом значения деформаций фиксировались на третьей ступени. Результаты приведены в таблице.

В ходе анализа сигналов акустической эмиссии (АЭ), полученных в процессе механических испытаний на одноосное сжатие образцов-кубов ЦК, по-

строены зависимости параметров АЭ от времени. На рис. 12, а представлена диаграмма распределения количества зарегистрированных сигналов АЭ от времени. На рис. 12, б приведено распределение энергетического параметра сигналов АЭ от времени. Используя этот график, можно оценить скорость накопления повреждений в образце ЦК.

На рис. 12, с показана диаграмма распределения пиковых значений амплитуд сигналов АЭ от времени. Все три диаграммы сопоставлены с графиком нагружения образца.

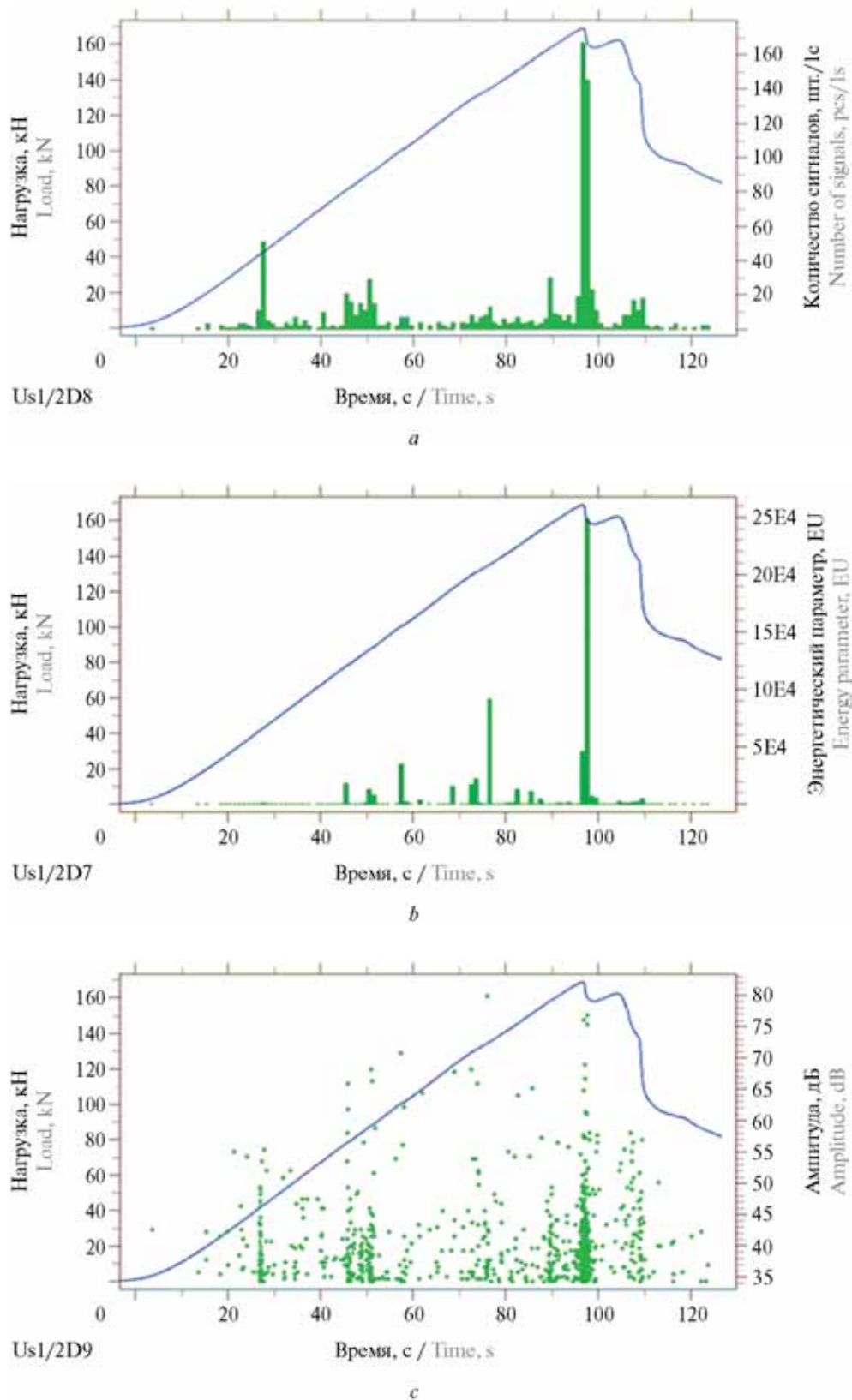


Рис. 12. Диаграммы распределения количества зарегистрированных сигналов АЭ (а); распределения энергетического параметра сигналов от времени (б); распределения пиковых значений амплитуд сигналов (с) в зависимости от времени
Fig. 12. Diagrams of the distribution of the number of registered AE signals (a); the distribution of the energy parameter of signals from time (b); the distribution of peak values of signal amplitudes (c) depending on time

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного исследования был составлен алгоритм методики прогнозирования усталостной долговечности бетона с учетом нелинейной кинетики накопления повреждений, а также экспериментально определены упругие и прочностные характеристики ЦК. В дальнейшем полученные опытные данные будут использованы при создании численной модели бетона. Анализируя график зави-

симости числа зарегистрированных сигналов (рис. 12, *b*), можно будет оценить скорость накопления повреждений в образце ЦК. Такой подход возможно применить в дальнейшем для фиксации скорости накопления повреждений и при циклическом нагружении. Таким образом, в качестве следующего этапа исследования авторами планируется провести циклические испытания цементных образцов с целью получения усталостных характеристик цементного камня (т.е. кривых усталости).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Волегов П.С., Грибов Д.С., Трусов П.В. Поврежденность и разрушение: классические континуальные теории // Физическая мезомеханика. 2015. Т. 18. № 4. С. 68–87.
2. Курбатов Ю.Е., Кашеварова Г.Г. Поврежденность как основная мера усталостного разрушения // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 5–3 (47). С. 126–133. DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.153
3. Воробьев А.З., Олькин Б.И., Стебнев В.Н. Соппротивление усталости элементов конструкций. М.: Машиностроение, 1990. 238 с.
4. Крусъ Ю.А. Механизм деформирования и усталостного разрушения бетона в условиях статических малоцикловых нагружений // Сб. науч. тр. Украинского института стальных конструкций имени В.М. Шимановского. 2016. № 18. С. 132–149.
5. Крусъ Ю.А. Закономерности деформирования и усталостного разрушения бетона в условиях статических малоцикловых нагружений // Сб. науч. тр. Украинского института стальных конструкций имени В.М. Шимановского. 2017. № 20. С. 107–120.
6. Ерышев В.А., Латышева Е.В., Ключников С.В., Седина Н.С. К построению диаграмм циклического нагружения бетона при одноосном сжатии // Известия КГАСУ. 2013. № 1 (23). С. 104–108.
7. Баженов Ю.М., Воробьев В.А., Илюхин А.В. Компьютерное материаловедение и новый алгоритм моделирования структуры строительных композиционных материалов // Проект и реализация — гаранты безопасности жизнедеятельности: тр. общего собрания РААСН: в 2 т. 2006. Т. 1. С. 142–148.
8. Kurbatov Y.E. Analytical review of approaches to the structural-simulation modeling of concrete // International Research Journal. 2017. № 2–3 (56). Pp. 109–116. DOI: 10.23670/IRJ.2017.56.066
9. Плескачевский Ю.М., Шимановский А.О. Компьютерное моделирование структуры и свойств композитов в нагруженных конструкциях // Механика машин, механизмов и материалов. 2016. № 1 (34). С. 41–51.
10. Адилходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Шаумаров С.С. Теоретические аспекты структурно-имитационного моделирования макроструктуры композиционных строительных материалов // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2018. № 3. С. 312–320. DOI: 10.22281/2413-9920-2018-04-03-312-320
11. Макаренко С.Ю., Протопопов И.О. Определение усталостной прочности сжатых бетонных элементов по нормам стран СНГ, Европейского союза, США, Японии // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2014. № 4. С. 29–32.
12. Харитонов А.М. Структурно-имитационное моделирование в исследованиях свойств цементных композитов: дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 2009. 365 с.
13. Кондращенко В.И., Кудрявцева В.Д., Кендюк А.В. Имитационная модель макроструктуры бетона // Сб. науч. тр. «Вестник НТУ «ХПИ»». 2010. № 52. С. 21–35.
14. Haecker C.-J., Garboczi E.J., Bullard J.W., Bohn R.B., Sun Z., Shah S.P. et al. Modeling the linear elastic properties of Portland cement paste // Cement and Concrete Research. 2005. Vol. 35. Issue 10. Pp. 1948–1960. DOI: 10.1016/j.cemconres.2005.05.001
15. Landolt-Bornstein. Elastic, piezoelectric, pyroelectric, piezooptic, electrooptic constants, and nonlinear dielectric susceptibilities of crystals. Part 1 // Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology New Series. Group III: Crystal and Solid State Physics. 1979. Vol. 11. Pp. 12–32.
16. Landolt-Bornstein. Elastic, piezoelectric, pyroelectric, piezooptic, electrooptic constants, and nonlinear dielectric susceptibilities of crystals. Part 2 // Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology New Series. Group III: Crystal and Solid State Physics. 1984. Vol. 18. Pp. 46–58.
17. Stroeven P., Stroeven M. Assessment of packing characteristics by computer simulation // Cement and Concrete Research. 1999. Vol. 29. Issue 8. Pp. 1201–1206. DOI: 10.1016/s0008-8846(99)00020-4
18. Stroeven M., Stroeven P. Dynamic computer simulation of concrete on different levels of the micro-

structure. Part 1 // Image Analysis & Stereology. 2003. Vol. 22. Pp. 91–95.

19. Соколов Б.С., Загидуллин М.Р. Определение прочности бетона по результатам испытания цилиндрических образцов, размеры которых отличаются от регламентируемых нормами // Строительные материалы. 2010. № 52. С. 70–73.

20. Lobanov D., Strungar E., Kurbatov Y., Zubova E., Wildemann V., Kashevarova G. Practical methods for the experimental determination of the mechanical characteristics of cement stone under compression // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 918. Issue 1. P. 012107. DOI: 10.1088/1757-899X/918/1/012107

Поступила в редакцию 14 марта 2022 г.

Принята в доработанном виде 7 апреля 2022 г.

Одобрена для публикации 7 апреля 2022 г.

О Б АВТОРАХ: **Юрий Евгеньевич Курбатов** — старший преподаватель кафедры строительных конструкций и вычислительной механики; **Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ)**; 614990, г. Пермь, Комсомольский пр-т, д. 29; РИНЦ ID: 871086; YEK-STF@yandex.ru;

Галина Геннадьевна Кашеварова — доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН, заведующая кафедрой строительных конструкций и вычислительной механики; **Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ)**; 614990, г. Пермь, Комсомольский пр-т, д. 29; РИНЦ ID: 148021, Scopus: 39161636700, ResearcherID: M-5599-2016, ORCID: 0000-0001-6456-8672; ggkash@mail.ru.

Вклад авторов:

Курбатов Ю.Е. — концепция исследования, получение данных, их анализ и интерпретация, написание исходного текста, итоговые выводы.

Кашеварова Г.Г. — научное руководство, развитие методологии, доработка текста.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. Volegov P.S., Gribov D.S., Trusov P.V. Damage and fracture: classical continuum theories. *Physical Mechanics*. 2015; 18(4):68-87. (rus.).

2. Kurbatov Y.E., Kashevarova G.G. Damageability as a basic measure of the fatigue fracture. *International Research Journal*. 2016; 5-3(47):126-133. DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.153 (rus.).

3. Vorobiev A.Z., Olkin B.I., Stebenev V.N. *Fatigue resistance of structural elements*. Moscow, Mashinostroenie, 1990; 240. (rus.).

4. Kruc Y.A. The mechanism of deformation and fatigue destruction of concrete under static low-cycle loads. *Collection of scientific papers of the Ukrainian Institute of Steel Structures named after V.M. Shimanovsky*. 2016; 18:132-149. (rus.).

5. Kruc Y.A. Patterns of deformation and fatigue failure of concrete under conditions of static low-cycle loads. *Collection of scientific papers of the Ukrainian Institute of Steel Structures named after V.M. Shimanovsky*. 2017; 20:107-120. (rus.).

6. Yeryshev V.A., Latysheva E.V., Klyuchnikov S.V., Sedina N.S. To the construction of diagrams of cyclic loading of concrete under uniaxial compression. *News of the Kazan State University of Architecture and Engineering*. 2013; 1(23):104-108. (rus.).

7. Bagenov Y.M., Vorobiev V.A., Iluhin A.V. Computer materials science and a new algorithm for

modeling the structure of building composite materials. *Project and implementation — guarantors of life safety: proceedings of the RAASN General Meeting in 2 volumes*. 2006; 1:142-148. (rus.).

8. Kurbatov Y.E. Analytical review of approaches to the structural-simulation modeling of concrete. *International Research Journal*. 2017; 2-3(56):109-116. DOI: 10.23670/IRJ.2017.56.066

9. Pleskachevskii Y.M., Shimanovsky A.O. Computer simulation of the composites structure and properties in loaded construction. *Mechanics of Machines, Mechanisms and Materials*. 2016; 1(34):41-51. (rus.).

10. Adilhodzhaev A.I., Mahamataliev I.M., Shaumarov S.S. Theoretical aspects of structural and simulation modeling of the macrostructure of composite building materials. *Scientific and Technical Bulletin of the Bryansk State University*. 2018; 3:312-320. DOI: 10.22281/2413-9920-2018-04-03-312-320 (rus.).

11. Makarenko S.Y., Protopopov I.O. Determination of fatigue strength of compressed concrete elements according to the standards of the CIS countries, the European Union, the USA, Japan. *Bulletin of the Donbass National Academy of Construction and Architecture*. 2014; 4:29-32. (rus.).

12. Haritonov A.M. *Structural simulation modeling in the study of the properties of cement composites:*

dissertation of the Doctor of Technical Sciences. Saint Petersburg, 2009; 365. (rus.).

13. Kondrashchenko V.I., Kudryavtseva V.D., Kendyuk A.V. Simulation model of the macrostructure of concrete. *Collection of scientific papers Bulletin of NTU "HPI"*. 2010; 52:21-35. (rus.).

14. Haecker C.-J., Garboczi E.J., Bullard J.W., Bohn R.B., Sun Z., Shah S.P. et al. Modeling the linear elastic properties of Portland cement paste. *Cement and Concrete Research*. 2005; 35(10):1948-1960. DOI: 10.1016/j.cemconres.2005.05.001

15. Landolt-Bornstein. Elastic, piezoelectric, pyroelectric, piezooptic, electrooptic constants, and nonlinear dielectric susceptibilities of crystals. Part 1. *Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology New Series. Group III: Crystal and Solid State Physics*. 1979; 11:12-32.

16. Landolt-Bornstein. Elastic, piezoelectric, pyroelectric, piezooptic, electrooptic constants, and nonlinear dielectric susceptibilities of crystals. Part 2. *Numerical Data and Functional Relationships in Science and Tech-*

nology New Series. Group III: Crystal and Solid State Physics. 1984; 18:46-58.

17. Stroeven P., Stroeven M. Assessment of packing characteristics by computer simulation. *Cement and Concrete Research*. 1999; 29(8):1201-1206. DOI: 10.1016/s0008-8846(99)00020-4

18. Stroeven M., Stroeven P. Dynamic computer simulation of concrete on different levels of the microstructure. Part 1. *Image Analysis & Stereology*. 2003; 22:91-95.

19. Sokolov B.S., Zagidullin M.R. Determination of concrete strength based on the results of testing cylindrical samples whose dimensions differ from those regulated by norms. *Building Materials*. 2010; 52:70-73. (rus.).

20. Lobanov D., Strungar E., Kurbatov Y., Zubova E., Wildemann V., Kashevarova G. Practical methods for the experimental determination of the mechanical characteristics of cement stone under compression. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020; 918(1):012107. DOI: 10.1088/1757-899X/918/1/012107

Received March 14, 2022.

Adopted in revised form on April 7, 2022.

Approved for publication on April 7, 2022.

BIONOTES: **Yuri E. Kurbatov** — Senior Lecturer of the Department of Building Structures and Computational Mechanics; **Perm National Research Polytechnic University (PNRPU)**; 29 Komsomolsky pr., Perm, 614990, Russian Federation; ID RISC: 871086; YEK-STF@yandex.ru;

Galina G. Kashevarova — Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of RAASN, Head of the Department of Building Structures and Computational Mechanics; **Perm National Research Polytechnic University (PNRPU)**; 29 Komsomolsky pr., Perm, 614990, Russian Federation; ID RISC: 148021, Scopus: 39161636700, ResearcherID: M-5599-2016, ORCID: 0000-0001-6456-8672; ggkash@mail.ru.

Contribution of the authors:

Yuri E. Kurbatov — research concept, data acquisition, analysis and interpretation, writing the source text, final conclusions.

Galina G. Kashevarova — scientific guidance, methodology, text editing.

The authors declare no conflicts of interest.

Гидравлический эксперимент на безнапорном трубопроводе из полимерного материала

Лейс Саид Абдуламир^{1,2}, Владимир Александрович Орлов¹,
Назира Тентимишова Джумагулова¹

¹ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); г. Москва, Россия

² Университет Кербелы; г. Кербела; Ирак

АННОТАЦИЯ

Введение. Для решения проблемы дефицита воды на орошение в г. Кербела (Ирак) впервые использованы очищенные сточные воды (СВ) с городских очистных сооружений. Транспортирование воды от очистных сооружений до орошаемых земель осуществляется по трубопроводу в безнапорном режиме. С помощью имитационной модели Water Card подобраны оптимальные диаметры труб для расхода 1200 и 2200 мм. Производительность действующей станции очистки составляет 1,16 м³/с или 100 000 м³/сут, после ввода новых очистных сооружений расход увеличится до 4,63 м³/с или 400 000 м³/сут. Цель исследования — экспериментальное подтверждение выбора оптимального диаметра труб и определение гидравлических характеристик потока в них.

Материалы и методы. С использованием теории гидродинамического подобия произведен расчет результатов гидравлических параметров, полученных экспериментальным путем, для пластиковых труб диаметрами 1200 мм при расходе потока воды 1,16 м³/с и 2200 мм при расходе 4,63 м³/с.

Результаты. Экспериментальные исследования и пересчет экспериментальных данных с подобной модели на натурный объект (в качестве натурального объекта используются результаты, полученные с применением имитационной модели Water Card) по методу Фруда с коэффициентами подобия позволили получить значения средних скоростей потока, коэффициенты гидравлического трения λ , коэффициенты Шези S , числа Рейнольдса и другие характеристики потока при наполнении трубопровода от 0,1 до 0,8 для труб диаметрами 1200 и 2200 мм.

Выводы. Лабораторные исследования по установлению гидравлических характеристик полиэтиленового трубопровода диаметром 100 мм в качестве модели и обоснование гидравлического подобия модели и натуре в виде пластмассовых труб диаметрами 1200 и 2200 мм дают возможность запроектировать самотечную систему магистральных трубопроводов для транспортировки очищенных СВ в г. Кербела (Ирак).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: скорость потока, диаметр труб, коэффициент гидравлического трения, полиэтиленовая труба, безнапорное движение потока, уклон трубы, гидравлическое подобие

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Абдуламир Л.С., Орлов В.А., Джумагулова Н.Т. Гидравлический эксперимент на безнапорном трубопроводе из полимерного материала // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. Вып. 4. С. 487–500. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.487-500

Автор, ответственный за переписку: Лейс Саид Абдуламир, laith_eng2009@yahoo.com.

Hydraulic experiment in non-pressure pipeline made of polymer material

Layth Saeed Abdulameer^{1,2}, Vladimir A. Orlov¹, Nazira T. Dzhumagulova¹

¹ Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU); Moscow, Russian Federation

² University of Kerbala; Kerbala; Iraq

ABSTRACT

Introduction. To solve the problem of water shortage for irrigation in the city of Kerbala (Iraq), for the first time, a decision was made to use treated wastewater from urban wastewater treatment plants. Transportation of water from treatment facilities to irrigated lands is carried out through a pipeline in a non-pressure mode. Using the Water Card simulation model, the optimal pipe diameters for two flows, 1200 and 2,200 mm, were selected. The capacity of the existing treatment plant is 1.16 m³/s or 100,000 m³/day, and after the introduction of new treatment facilities, the flow rate will increase to 4.63 m³/s or 400,000 m³/day. The aim of the work was to experimentally confirm the choice of the optimal diameter of the pipes and determine the hydraulic characteristics of the flow in it. In this regard, in laboratory conditions, experimental studies of the hydraulic characteristics of the flow in a polyethylene pipe with a diameter of 100 mm in the range of slopes (0.005–0.03), with fluid flow in non-pressure, were carried out. Using the theory of hydrodynamic similarity, the results of experimental data were recalculated for pipe diameters of 1200 and 2,200 mm. As field data, when modeling hydrodynamic similarity,

the results obtained in the simulation model are taken into account. In world practice, there is experience in the reuse of treated wastewater, but water is supplied to the place of consumption in most cases through open channels. For the first time, pipes of large diameters are used in this work, which requires a more detailed study of the hydraulic parameters of the flow in it.

Materials and methods. Using the theory of hydrodynamic similarity, the results of experimentally obtained hydraulic parameters were calculated for plastic pipes with a diameter of 1200 mm at a water flow rate of 1.16 m³/s and 2,200 mm at a flow rate of 4.63 m³/s.

Results. Conducting experimental studies and recalculating experimental data from a similar model to a full-scale object (the results obtained using the Water Card simulation model are used as a full-scale object) using the Froude method with similarity coefficients made it possible to obtain the following values of average flow rates, hydraulic friction coefficients λ , Chezy coefficients C , Reynolds numbers and other flow characteristics when filling the pipeline from 0.1 to 0.8 for pipes with diameters of 1200 and 2,200 mm.

Conclusions. Conducting laboratory studies to determine the hydraulic characteristics of a polyethylene pipeline with a diameter of 100 mm as a model and substantiate the hydraulic similarity of the model and nature, in the form of plastic pipes with diameters of 1,200 and 2,200 mm, respectively, will allow designing a gravity system of main pipelines for transporting treated wastewater in the city of Karbala (Iraq). Further, the data of the simulation model are used as field data.

KEYWORDS: flow rate, pipe diameter, coefficient of hydraulic friction, polyethylene pipe, non-pressure flow, slope pipe, hydraulic similarity

FOR CITATION: Abdulameer L.S., Orlov V.A., Dzhumagulova N.T. Hydraulic experiment in non-pressure pipeline made of polymer material. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2022; 17(4):487-500. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.487-500 (rus.).

Corresponding author: Layth Saeed Abdulameer, laith_eng2009@yahoo.com.

ВВЕДЕНИЕ

На мелиоративных объектах применяются трубы большого диаметра, двухслойные полиэтиленовые гофрированные трубы «КОРСИС». На протяжении всей истории цивилизации инженеры-гидротехники строили системы подачи воды для орошения и использования людьми [1]. Гидравлический расчет этих систем включает подробные характеристики потока [2–6]. Необходимо знать их гидравлические возможности и, в первую очередь, пропускную способность, которая зависит от диаметра трубопровода и его уклона. В последнее время для подачи воды потребителям широкое распространение получили пластиковые трубы, особенно полиэтиленовые, благодаря своим преимуществам в отношении коррозионной, биологической и химической стойкости по сравнению с традиционными металлическими трубами [7–12].

В публикации [9] отмечается, что полиэтиленовые двухслойные гофрированные трубы «КОРСИС» диаметром от 200 до 500 мм используются на мелиоративных объектах в качестве проводящих коллекторов и каналов. Определены условия, исключающие возможность заиливания труб. Для предотвращения заиливания изучены соответствующие транспортирующие скорости потока воды в трубах, которые зависят от уклона коллектора, внутренней шероховатости труб, степени их наполнения, а также от крупности частиц, попадающих в трубы. Одним из условий эффективного движения потока является соблюдение определенного уклона при укладке труб. В работе установлено, что при уклонах больше 0,001 и степени наполнения h/d больше 0,3 все трубопроводы обеспечивают незаиливающие скорости потока.

Результаты исследования сравнивались с полученными результатами для полиэтиленовых двухслойных гофрированных труб «КОРСИС».

С помощью методов гидродинамического моделирования рассчитывается гидравлическая структура потока. Применение гидродинамического моделирования к результатам экспериментальных данных в пересчете на натурные объекты позволяет обосновать пропускную способность трубопроводов, обеспечение незаиливающих скоростей и т.д.

Обоснование условий, предоставляющих подобие кинематических и динамических свойств турбулентных течений, имеет принципиальное значение для гидравлики и инженерной гидрологии [13]. Данное обоснование применимо к гидравлическому моделированию [14–16], инженерным расчетам систем водоснабжения и водоотведения, а также гидротехнических и дорожно-строительных водопропускных труб [17–24].

В Ираке впервые в муниципальных службах внедряются методы повторного использования труб большого диаметра из пластика, который служит наиболее часто используемым материалом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Теория гидравлических расчетов самотечных трубопроводов

В основе гидравлических расчетов безнапорных (самотечных) трубопроводов лежит условие соблюдения установившегося равномерного движения воды в трубах по двум ключевым формулам: непрерывности потока (1) и Шези (2):

$$Q = \omega V; \quad (1)$$

$$V = C \sqrt{Ri}, \quad (2)$$

где Q — измеренный расход воды, м³/с; ω — площадь живого сечения потока, м²; V — средняя скорость потока, м/с; C — коэффициент Шези (в зависимости от гидравлического радиуса и коэффициента шеро-

ховатости смачиваемого трубопровода, $m^{0.5}/c$); R — гидравлический радиус, равный:

- при полном наполнении труб:

$$R = \frac{d}{4}; \quad (3)$$

- при различной степени наполнения трубы (безнапорный режим):

$$R = \frac{\omega}{\chi}, \quad (4)$$

где d — внутренний диаметр трубопровода; i — гидравлический уклон; ω — площадь живого сечения потока; χ — величина смоченного периметра трубы, изменяющаяся в диапазоне от $\frac{h}{d} = 0,1$ до $0,8$.

Смоченные периметры χ_1 и χ_2 , м, определяются по формулам:

$$\chi_1 = 3,14r\beta_1/180; \quad (5)$$

$$\chi_2 = 3,14r\beta_2/180. \quad (6)$$

На рис. 1 представлен в виде эскиза экспериментальный участок с трубками Пито и пьезометрами, на рис. 2 приведена схема для определения параметра a при различных наполнениях.

Центральные углы β_1 и β_2 (рис. 2) определяются при $H_{1п} < r$ $\beta_1 = 2\alpha_1$ и $H_{1п} > r$ $\beta_1 = 360 - 2\alpha_1$ и аналогично при $H_{2п} < r$ $\beta_2 = 2\alpha_2$ и $H_{2п} > r$ $\beta_2 = 360 - 2\alpha_2$.

Косинусы половины центральных углов α_1 и α_2 рассчитываются по формуле $\cos \alpha_1 = a_1/r$ и $\cos \alpha_2 = a_2/r$.

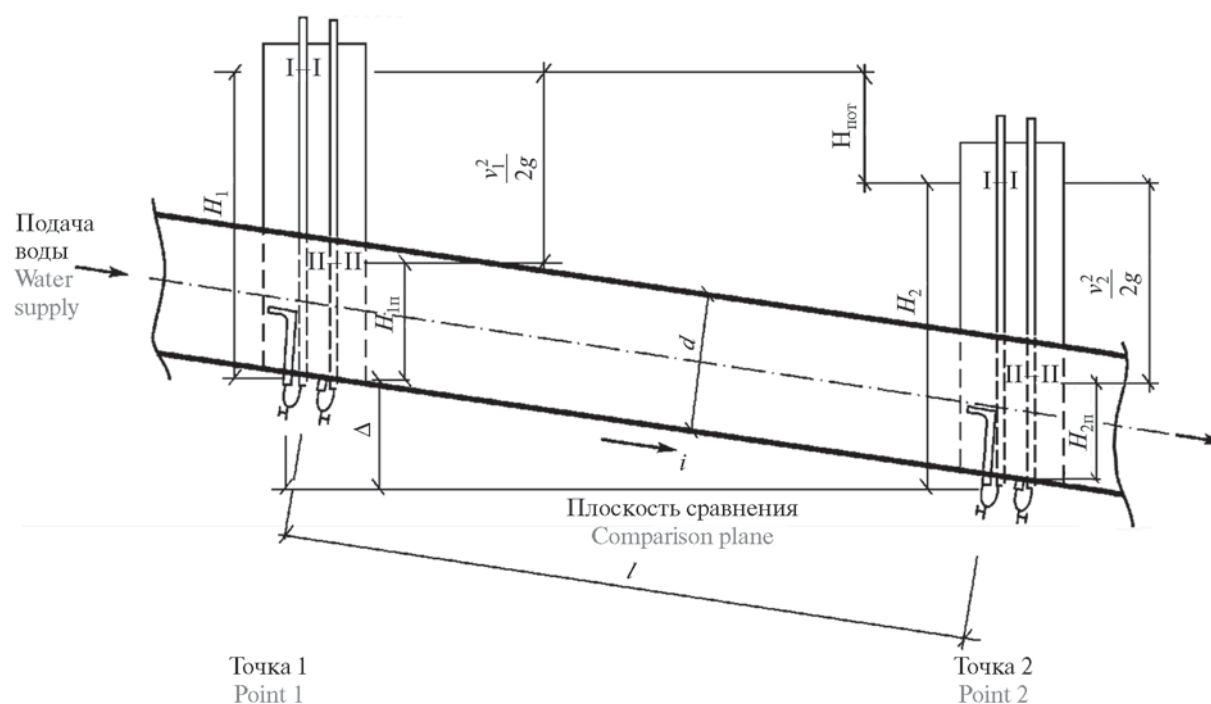
Промежуточный параметр a (рис. 2) устанавливается по формулам:

- для точки 1 при $H_{1п} < r$ $a_1 = r - H_{1п} - s$ и при $H_{1п} > r$ $a_1 = H_{1п} - r - s$ (где r — радиус трубы, м);

- для точки 2 при $H_{2п} < r$ $a_2 = r - H_{2п} - s$, при $H_{2п} > r$ $a_2 = H_{2п} - r - s$.

Гидравлические радиусы R_1 и R_2 рассчитываются по формулам:

$$R_1 = \omega_1/\chi_1; \quad (7)$$



Условные обозначения

$\frac{v_1^2}{2g}$ и $\frac{v_2^2}{2g}$ — скоростные напоры;
 d — внутренний диаметр, м;
 $H_{1п}$ и $H_{2п}$ — показатели пьезометра, м;
 i — уклон трубопровода (0,005–0,03);
 $H_{пот}$ — потери напора, м;
 l — длина опытного участка, м;
 Δ — перепады высот при соответствующих уклонах, м;
 I–I — уровень в трубках Пито, м;
 II–II — уровень в пьезометрах, м

Legend

$\frac{v_1^2}{2g}$ and $\frac{v_2^2}{2g}$ — high-speed pressures;
 d — internal diameter, m;
 H_{1p} and H_{2p} — piezometer indicators, m;
 i — pipeline slope (0.005–0.03);
 P_{los} — pressure loss, m;
 l — length of the test section, m;
 Δ — height differences at appropriate slopes, m;
 I–I — level in Pitot tubes, m;
 II–II — level in piezometers, m

Рис. 1. Эскиз опытного гидравлического стенда

Fig. 1. Sketch of an experimental hydraulic stand

$$R_2 = \omega_2 / \chi_2. \quad (8)$$

Коэффициент Шези определяется по формуле (2):

$$C = V / \sqrt{Ri};$$

коэффициент Дарси — по формуле:

$$\lambda = 8g / C^2, \quad (9)$$

где λ — коэффициент гидравлического трения; g — ускорение свободного падения, м/с².

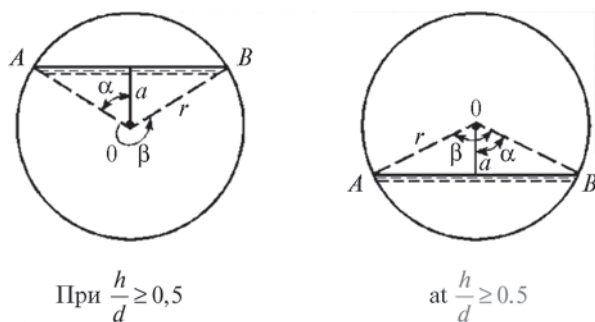


Рис. 2. Схема для определения параметра a при различных наполнениях

Fig. 2. Scheme for determining the parameter a for various fillings

Число Рейнольдса Re определяется по формуле:

$$Re = \frac{4vR}{\nu}, \quad (10)$$

где ν — значение кинематической вязкости жидкости, при температуре 20 °C, $\nu = 1,03 \cdot 10^{-6}$, м².

Методика проведения экспериментов

Эксперименты проводились в лаборатории кафедры водоснабжения и водоотведения НИУ МГСУ, схема установки показана на рис. 3.



Рис. 3. Общий вид гидравлического стенда со стороны накопительной емкости

Fig. 3. General view of the hydraulic stand from the side storage capacity

Исследования выполнены с помощью трубы из полиэтилена низкого давления (ПНД) ГОСТ 18599-83 110С 200 номинальным диаметром 100 мм.

Методика проведения экспериментов по определению гидравлических элементов потока состоит в следующем.

1. Эксперимент осуществляется при различных уклонах трубопровода, устанавливаемых с помощью механического домкрата. При этом другие трубопроводы отключаются с помощью шаровых стальных St.37.0 вентилей фирмы «Балломакс» типа КШТ Ду 100 Ру 16, расположенных вблизи промежуточной емкости.

2. Накопительная емкость заполняется водой до установленного уровня. Включаются насосные установки, которые подают воду от накопительной емкости в промежуточную. Через верхнюю часть промежуточной емкости (успокоительную зону) вода поступает на испытуемый трубопровод с заранее определенным предварительным наполнением. Оно регистрируется визуально по расположению зеркала воды относительно поперечного сечения торцов трубопроводов с отводом избытка воды через воронку на переливном трубопроводе (рис. 4).



Рис. 4. Узел стабилизации зеркала воды перед входом в трубопроводы и отвода излишков в переливной трубопровод

Fig. 4. Unit for stabilizing the water surface before entering the pipelines and draining excess into the overflow pipeline

3. В двух точках исследуемого участка размещены пьезометры и трубки Пито. После относительной стабилизации уровней поднятия воды производится замер показаний. Одновременно объемным методом производится замер объема воды в мерный карман с фиксацией времени наполнения посредством секундомера.

4. Для сравнения расчетных величин скоростей потока, определенных через величины скоростных напоров, проведена серия экспериментов с использованием поплавков в виде круглой поролоновой пробки диаметром 2 см и толщиной 0,3 см. Поплавок

вводился в трубопровод через технологическое отверстие в точке 1 (рис. 1) и задерживался на выходе из трубы при ее изливе. По времени течения поплавка t , замеренного секундомером, и известном значении пути движения S потока воды средняя скорость подсчитывалась по формуле $V_{\text{ср}} = S/t$.

По результатам экспериментов и проведенных замеров установлены расчетные значения коэффициентов Шези C , коэффициента гидравлического трения и другие характеристики.

В период экспериментов определялись значения минимально допустимых уклонов в зависимости от диаметра трубопровода. Как известно, система параметров «диаметр d – наполнение h/d – расход Q – скорость V – уклон i » тесно связана. Работа сети в безнапорном режиме осуществляется при неполном заполнении труб. Это предусматривает создание определенного резерва пропускной способности сети

в условиях неравномерного потока очищенных сточных вод (СВ).

Минимально допустимые диаметры и уклоны, обеспечивающие в трубах самоочищающие скорости, необходимо подбирать, исходя из опыта эксплуатации водоотводящих сетей¹. В табл. 1. представлены значения минимальных уклонов и диаметров труб в зависимости от заданной пропускной способности трубопровода.

Расчетные скорости движения СВ следует принимать в зависимости от степени наполнения труб. При наибольшем расчетном наполнении труб в сети бытовой и дождевой канализации наименьшие скорости V_{min} необходимо принимать¹ по табл. 2.

¹ СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85.

Табл. 1. Рекомендуемые значения минимальных уклонов и диаметров труб в зависимости от заданной пропускной способности трубопровода

Table 1. Recommended values of minimum slopes and pipe diameters depending on the given pipeline throughput

Расход, л/с Discharge, l/s	Скорость, м/с Velocity, m/s	Наполнение h/d Filling h/d	Минимальный уклон Minimum slope	Минимальный диаметр, мм Minimum diameter, mm
5	0,84	0,3	0,0040	200
10	1,08	0,4	0,0050	200
20	0,98	0,6	0,0050	250
50	1,08	0,7	0,0025	315
100	1,26	0,6	0,0025	400
200	1,46	0,75	0,0025	500
500	1,17	0,75	0,0017	630
500	1,17	0,75	0,0014	800
1000	1,17	0,8	0,0013	1000
1000	1,17	0,8	0,0011	1200

Табл. 2. Минимальные скорости при наибольшем расчетном наполнении труб в сети бытовой и дождевой канализации

Table 2. Minimum velocity at the highest calculated filling of pipes in the domestic and rain sewer network

Внутренний диаметр трубы, мм Pipe inner diameter, mm	Скорость, м/с, при наполнении h/d Velocity, m/s, when filling h/d			
	0,6	0,7	0,75	0,8
150–250	0,7	–	–	–
300–400	–	0,8	–	–
450–500	–	–	0,9	–
600–800	–	–	1	–
900–1000	–	–	1,15	–
1000–1200	–	–	–	1,15
1200–1500	–	–	–	1,3
Свыше 1500 Over 1,500	–	–	–	1,5

В отношении теории гидравлического подобия стоит отметить следующее. Для точного гидравлического моделирования требуется поддерживать геометрическое, кинематическое и динамическое сходство между моделью и натурой. В данном случае вместо природы учитываются гидравлические характеристики потока, полученные с помощью имитационной модели, но в масштабе. Полного динамического подобия часто достичь невозможно, поэтому в гидравлическом эксперименте только фокусируется наиболее релевантное соотношение сил. Возможно осуществлять подобие с использованием числа Фруда, которое представляет собой отношение между силой инерции и силой тяжести по уравнению (11):

$$F_r = \frac{V^2}{gl}. \quad (11)$$

В нашем случае гидравлическое подобие достигнуто с помощью числа Фруда, где оно в модели и в натуре должно быть одинаковым, а масштабный коэффициент для длины L_r определяется уравнением (12) с помощью длин модели L_m и природы L_n :

$$L_r = \frac{L_n}{L_m}. \quad (12)$$

Чтобы найти гидравлическое подобие между числами Фруда и Шези, можно написать формулу Шези для модельного и натурального потоков с гидравлическим радиусом R на базе уравнения (13) [25]:

$$\frac{V_m}{V_n} = \frac{C_m}{C_n} \sqrt{\frac{i_m}{i_n}} \sqrt{\frac{R_m}{R_n}}, \quad (13)$$

где V_m — скорость в модели, м/с; V_n — скорость в натуре, м/с; C_m — коэффициент Шези модели; C_n — коэффициент Шези природы; i_m — гидравлический уклон в модели; i_n — гидравлический уклон в натуре; R_m — гидравлический радиус в модели; R_n — гидравлический радиус в натуре.

Это выражение является более общим для требования подобия по Фрудру. Отсюда видно, что при изменении гидравлического радиуса от R_n до R_m соотношение скоростей для модели и натурального потока в этом случае будет более сложным, чем этого требует динамическое подобие по Фрудру, так как здесь учитывается роль гидравлического сопротивления и, возможно, в общем случае неравномерности уклонов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты экспериментальных исследований

Сущность методики состоит в следующем:

- снятие показаний давлений с пьезометров и трубок Пито в двух точках потока, расположенных на определенном расстоянии, и установление величин наполнения и скоростных напоров $V^2/2g$ в этих живых сечениях с последующим расчетом скоростей воды в каждом сечении, подсчетом средней скорости потока и потерь напора на экспериментальном участ-

Табл. 3. Расчетные значения гидравлических параметров полиэтиленовых труб 100 мм

Table 3. Design values of hydraulic parameters of polyethylene pipes 100 mm

Номер Number	Наполнение h/d Filling h/d	Живое сечение ω , m^2 Living section ω , m^2	Смоченный периметр χ , м Wetted perimeter χ , m	Гидравлический радиус R , м Hydraulic radius R , m	$Re \cdot 10^3$	Коэффициент Шези C , $m^{0.5}/c$ Chezy coefficient C , $m^{0.5}/s$	Коэффициент гидравлического трения λ Hydraulic friction coefficient λ
1	0,1	0,00041	0,065079	0,0063	5,82291	42,5	0,043405
2	0,15	0,00074	0,07957	0,0093	11,41281	46,5	0,036259
3	0,2	0,00112	0,092562	0,0121	18,46718	50,5	0,030742
4	0,25	0,00153	0,104082	0,0147	25,60368	52,5	0,028444
5	0,3	0,00198	0,115789	0,0171	33,46951	54,5	0,026395
6	0,35	0,00245	0,126943	0,0193	41,37320	56,3	0,024734
7	0,4	0,00293	0,136916	0,0214	49,94718	58	0,023306
8	0,45	0,00343	0,14721	0,0233	57,72970	59,3	0,022295
9	0,5	0,00393	0,1572	0,025	65,63106	60,5	0,021419
10	0,55	0,00443	0,165299	0,0268	73,52046	61,5	0,020728
11	0,6	0,00492	0,176978	0,0278	79,54578	62,5	0,02007
12	0,65	0,0054	0,1875	0,0288	83,96178	63,3	0,019566
13	0,7	0,00587	0,198311	0,0296	87,90337	64	0,019141
14	0,75	0,00631	0,20894	0,0302	92,41786	65	0,018556
15	0,8	0,00674	0,221711	0,0304	95,98135	66	0,017998

ке по формуле Дарси – Вейсбаха $i = \lambda/4Rv^2/2g$ в широком диапазоне уклонов трубопроводов (0,005–0,03);

- замер расхода протекаемой воды объемным методом с последующим расчетом средних значений гидравлических элементов потока (живого сечения, смоченного периметра, гидравлического радиуса) для трубопровода соответствующего диаметра и определения величин коэффициентов C и λ .

По данной методике рассчитаны гидравлические характеристики полиэтиленовых труб ПНД ГОСТ 18599-83 110 С 200 диаметром 100 мм. Основной гидравлической характеристикой потока является гидравлический радиус. Для удобства проведения гидравлического расчета при различных значениях наполнения h/d в трубах в интервале от 0,1 до 0,8 подсчитаны значения соответствующих гидравлических параметров, которые представлены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, с увеличением наполнения трубы увеличиваются значения всех гидравлических параметров, кроме коэффициента гидравлического трения. Результаты расчета числа Рейнольдса показали, что наименьшее его значение 5,82291 наблюдается при наполнении $h/d = 0,1$ и наибольшее 95,981135 при наполнении $h/d = 0,8$, что подтверждает турбулентный режим течения воды.

Эти результаты аналогичны данным, приведенным в работе [26], где в качестве труб были использованы двухслойные гофрированные трубы «КОРСИС». Для каждого выбранного диаметра трубопровода рассчитываются значения пропускной способности (расхода СВ) q , л/с, и скорости потока v , м/с, для различных значений наполнения h/d и уклона трубопровода i с учетом величин проходных диаметров для труб «КОРСИС». Участки с пропускной способностью $q < 5$ л/с и $q > 1000$ л/с не рассчитываются.

Результаты также показали, что коэффициент Шези увеличивается с увеличением наполнения трубы, тогда как коэффициент гидравлического трения уменьшается из-за обратной зависимости (9) между двумя коэффициентами. Также уменьшается трение между жидкостью и трубой по мере увеличения в ней наполнения, о чем можно судить по величине гидравлического радиуса.

Для исследуемой полиэтиленовой трубы получены значения скоростей v , м/с, и расходы Q , м³/с, при уклонах 0,005–0,03 и различных значениях наполнения h/d (табл. 4).

Как следует из табл. 4, максимальный расход 0,013453 м³/с и скорость 1,996 м/с наблюдаются при уклоне 0,03 и наполнении полиэтиленовой трубы $h/d = 0,8$, а минимальный расход 0,00009 м³/с и скорость 0,238 м/с при наполнении $h/d = 0,1$. Использование табл. 4 позволяет выбрать соответствующие гидравлические параметры для обеспечения наиболее эффективной транспортирующей способности трубопровода.

На рис. 5 показана взаимосвязь между скоростью, расходом и наполнением трубы в интервале $h/d = 0,1$ до $h/d = 0,8$, полученными в результате стендовых испытаний полиэтиленовой трубы. Так, например, при уклоне $i = 0,01$ и наполнении $h/d = 0,6$ скорость 1,042 м/с (расход 0,00512 м³/с) превышает минимально рекомендуемую¹ величину для трубы диаметром 100 мм.

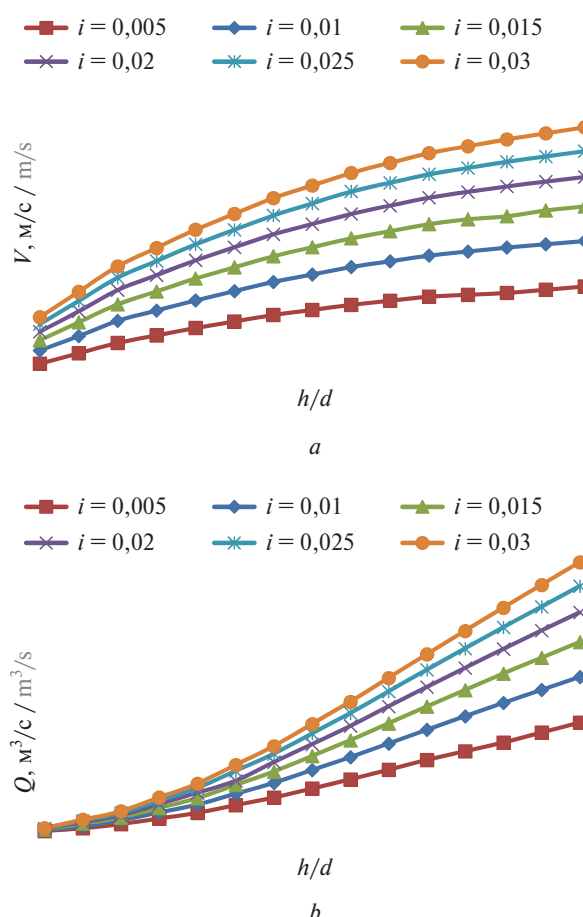


Рис. 5. Иллюстрация взаимосвязи между скоростью (а) и расходом (б) при изменении наполнения в трубе в интервале от 0,1 до 0,8

Fig. 5. Illustration of the relationship between velocity (a) and flow rate (b) when the filling in the pipe varies from 0.1 to 0.8

Необходимо отметить, что увеличение уклона приводит к увеличению скорости и расхода потока воды в трубе. В ходе эксперимента при температуре воды 18–20 °С определены значения скоростных напоров, а также расходов воды и средних скоростей. Как следует из рис. 5, при уклоне $i = 0,005$ и наполнении $h/d = 0,6$ скорость составляет 0,7368 м/с и расход 0,003625 м³/с, а при уклоне 0,03 скорость и расход соответственно равны 1,804 м/с и 0,008878 м³/с. Сравнивая эти параметры с минимально допустимыми во избежание отложений, устанавливаем, что они соответствуют требованиям¹.

Табл. 4. Расчетные величины гидравлических параметров трубы диаметром 100 мм
Table 4. Calculated values of hydraulic parameters of a pipe with a diameter of 100 mm

Наполнение h/d Filling h/d	$i = 0,005$			$i = 0,01$			$i = 0,015$			$i = 0,02$			$i = 0,025$			Уклон $i = 0,03$	
	Скорость V , m/s	Расход Q , m ³ /c	Discharge Q , m ³ /s	Скорость V , m/s	Расход Q , m ³ /c	Discharge Q , m ³ /s	Скорость V , m/s	Расход Q , m ³ /c	Discharge Q , m ³ /s	Скорость V , m/s	Расход Q , m ³ /c	Discharge Q , m ³ /s	Скорость V , m/s	Расход Q , m ³ /c	Discharge Q , m ³ /s	Скорость V , m/s	Расход Q , m ³ /c
0,1	0,238	0,00009	0,00013	0,337	0,00013	0,000169	0,413	0,000169	0,000195	0,4767	0,000195	0,000218	0,532	0,000218	0,000239	0,5842	0,000239
0,15	0,316	0,00023	0,00032	0,4434	0,00032	0,000465	0,5465	0,000465	0,000537	0,6278	0,000537	0,000601	0,705	0,000601	0,000658	0,773	0,000658
0,2	0,393	0,00044	0,00062	0,557	0,00062	0,000762	0,6801	0,000762	0,000879	0,7856	0,000879	0,000983	0,878	0,000983	0,001077	0,9618	0,001077
0,25	0,4485	0,00071	0,00101	0,633	0,00101	0,001244	0,7762	0,001244	0,001436	0,8963	0,001436	0,001607	1,002	0,001607	0,001761	1,0984	0,001761
0,3	0,504	0,00099	0,00140	0,709	0,00140	0,001727	0,8723	0,001727	0,001993	1,007	0,001993	0,002223	1,126	0,002223	0,002444	1,235	0,002444
0,35	0,552	0,00137	0,00194	0,7775	0,00194	0,002385	0,955	0,002385	0,002587	1,1035	0,002587	0,003079	1,2334	0,003079	0,003375	1,3523	0,003375
0,4	0,601	0,00175	0,00248	0,846	0,00248	0,003043	1,038	0,003043	0,003516	1,2	0,003516	0,003928	1,3408	0,003928	0,004306	1,4696	0,004306
0,45	0,638	0,00220	0,00312	0,9015	0,00312	0,003822	1,1044	0,003822	0,0044	1,276	0,0044	0,004937	1,4299	0,004937	0,005408	1,5631	0,005408
0,5	0,676	0,00265	0,00376	0,957	0,00376	0,004601	1,1708	0,004601	0,005313	1,352	0,005313	0,005946	1,519	0,005946	0,006511	1,6566	0,006511
0,55	0,7064	0,00314	0,00444	0,9995	0,00444	0,005441	1,2236	0,005441	0,006281	1,4125	0,006281	0,007026	1,583	0,007026	0,007694	1,7303	0,007694
0,6	0,7368	0,00362	0,00512	1,042	0,00512	0,006281	1,2765	0,006281	0,00725	1,473	0,00725	0,008107	1,647	0,008107	0,008878	1,804	0,008878
0,65	0,7507	0,00405	0,00579	1,072	0,00579	0,007098	1,3122	0,007098	0,008194	1,515	0,008194	0,009161	1,6935	0,009161	0,010034	1,855	0,010034
0,7	0,7647	0,00448	0,00646	1,102	0,00646	0,007917	1,3348	0,007917	0,009139	1,557	0,009139	0,010215	1,74	0,010215	0,011189	1,906	0,011189
0,75	0,788	0,00498	0,00710	1,1262	0,00710	0,008705	1,378	0,008705	0,010058	1,592	0,010058	0,011237	1,7795	0,011237	0,012321	1,951	0,012321
0,8	0,813	0,00548	0,00775	1,1505	0,00775	0,00949	1,408	0,00949	0,01096	1,627	0,01096	0,01226	1,819	0,01226	0,013453	1,996	0,013453

Эти результаты аналогичны результатам, полученным в работе [9]. Авторы рассматривают вопросы, связанные с применением в мелиоративной отрасли полиэтиленовых двухслойных гофрированных труб «КОРСИС» большого диаметра в качестве сбросных и проводящих коллекторов вместо некоторых проводящих каналов. Приводятся данные гидравлических характеристик исследованных труб «КОРСИС» диаметром 200, 315, 400 и 500 мм. Установлено, что при уклонах больше 0,001 и степени наполнения h/d больше 0,3 все трубопроводы обеспечивают незаияющие скорости потока. Ограничением исследования является определение скоростей на уклонах 0,001–0,006.

Результаты гидравлического подобия

Моделирование выполняется из условия соблюдения равенства для модели (труба диаметром 100 мм) и натурой, которое учитывает результаты имитационной модели (пластмассовые трубы диаметрами 1200 и 2200 мм) по критерию Фруда. Критерий Фруда характеризует соотношение между силами инерции и силами тяжести. Эти условия обуславливают следующие масштабы для определяемых параметров: масштабные коэффициенты трубы Фруда 1200 мм ($L_r = 12$) и трубы 2200 мм ($L_r = 22$), т.е. эти масштабы применяются для расчета гидравлического радиуса.

Различие в типе материала между натурой и моделью, а также значительные расхождения в диаметрах натурой и модели приводят к необходимости поиска гидравлического подобия, т.е. использования уравнения (13).

В табл. 5 показаны результаты гидравлического подобия между моделью (диаметр полиэтиленовой трубы 100 мм) и натурой (пластмассовая труба диаметром 1200 мм для расхода 1,16 м³/с).

Представленные данные показывают, что пропускная способность трубопроводов в безнапорном режиме зависит как от величины уклона в трубопроводе, так и в большей степени от наполнения трубы. Как видно, скорость и расход рассчитаны для пластмассовой трубы диаметром 1200 мм и ее наполнением h/d в диапазоне 0,1–0,8.

Так, при уклоне $i = 0,0009$ и наполнении $h/d = 0,8$ величины скорости и расхода составят соответственно 1,194681 и 1,157646 м³/с, а при уклоне 0,001 соответственно 1,258893 и 1,16033 м³/с. Сравнивая эти параметры с минимально допустимыми во избежание отложений, можно отметить, что они удовлетворяют требованиям¹. Для наглядности по данным табл. 5 построены графики изменения коэффициентов гидравлического трения и чисел Рейнольдса в диапазоне наполнения трубы 0,1–0,8 (рис. 6).

Из графика следует, что с увеличением наполнения в трубе значение коэффициента гидравличе-

Табл. 5. Гидравлическое подобие для пластиковой трубы диаметром 1200 мм

Table 5. Hydraulic similitude for 1,200 mm plastic pipe

Номер Number	Наполнение h/d Filling h/d	Гидравлический радиус R , м Hydraulic radius R , m	Живое сечение ω , м ² Living section ω , m ²	Коэффициент Шези C , м ^{0,5} /с Chezy coefficient C , m ^{0,5} /s	Уклон i Slope i	Скорость V , м/с Velocity V , m/s	Расход Q , м ³ /с Discharge Q , m ³ /s	Уклон i Slope i	Скорость V , м/с Velocity V , m/s	Расход Q , м ³ /с Discharge Q , m ³ /s
1	0,1	0,0756	0,033833	42,37279	0,0009	0,349734	0,011833	0,001	0,368532	0,012469
2	0,15	0,1116	0,073243	46,30479	0,0009	0,464353	0,034011	0,001	0,489311	0,035839
3	0,2	0,1452	0,123636	50,48707	0,0009	0,577502	0,0714	0,001	0,608542	0,075238
4	0,25	0,1764	0,182196	52,2738	0,0009	0,659058	0,120078	0,001	0,694481	0,126532
5	0,3	0,2052	0,246308	54,46441	0,0009	0,740614	0,182419	0,001	0,780421	0,192224
6	0,35	0,2316	0,313559	56,14884	0,0009	0,811148	0,254343	0,001	0,854746	0,268013
7	0,4	0,2568	0,385321	58,05611	0,0009	0,883153	0,340297	0,001	0,930621	0,358588
8	0,45	0,2796	0,456618	59,06403	0,0009	0,937523	0,42809	0,001	0,987913	0,451099
9	0,5	0,3	0,525539	60,4167	0,0009	0,993363	0,522051	0,001	1,046755	0,55011
10	0,55	0,3216	0,603794	60,97666	0,0009	1,038035	0,626759	0,001	1,093827	0,660447
11	0,6	0,3336	0,649616	62,44642	0,0009	1,082707	0,703344	0,001	1,1409	0,741147
12	0,65	0,3456	0,697114	62,51014	0,0009	1,103133	0,769009	0,001	1,162424	0,810342
13	0,7	0,3552	0,736319	62,80953	0,0009	1,123705	0,827405	0,001	1,184102	0,871877
14	0,75	0,3624	0,766427	64,07713	0,0009	1,157944	0,887479	0,001	1,220181	0,935179
15	0,8	0,3648	0,969	65,89221	0,0009	1,194681	1,157646	0,001	1,258893	1,16033

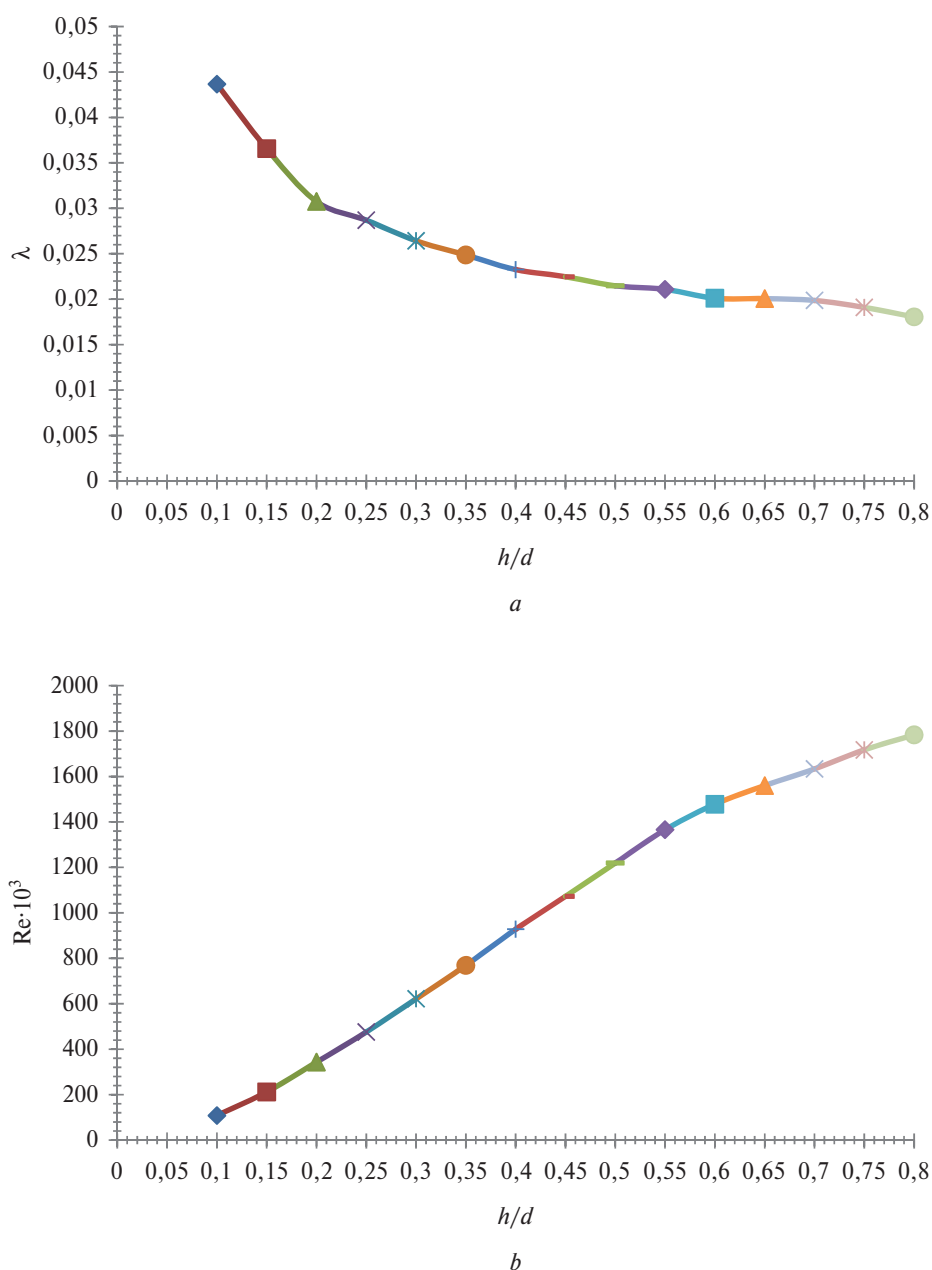


Рис. 6. Иллюстрация зависимости между коэффициентами гидравлического трения (а) и числом Рейнольдса (b) от наполнения для пластмассовой трубы диаметром 1200 мм

Fig. 6. Illustration of the relationship between hydraulic friction coefficients (a) and Reynolds number (b) on filling for a plastic pipe with a diameter of 1200 mm

ского трения уменьшается, а значение числа Рейнольдса увеличивается.

В табл. 6 приведены аналогичные данные по гидравлическому подобию, но между моделью (диаметр полиэтиленовой трубы 100 мм) и натурой (2200 мм) при расходе 4,63 м³/с.

Из табл. 6 видно, что при уклоне трубы 0,0005 и наполнении $h/d = 0,8$ скорость и расход воды составляют соответственно 1,205871 м/с и 3,928728 м³/с, а при уклоне 0,0008 — соответственно 1,525323 м/с и 4,630134 м³/с. Сравнивая эти па-

раметры с минимально допустимыми значениями, видно, что они удовлетворяют требованиям¹.

Несмотря на использование гидравлического подобию во многих публикациях [17–20], не учитывалась существенная разница между диаметрами модели и натуре, как в нашей работе, где разница составила 12 раз для диаметра 1200 мм и в 22 для диаметра 2200 мм (уравнение (13)). Таким образом, настоящая работа указывает на пробел в недавних исследованиях.

Табл. 6. Гидравлическое подобие для пластмассовой трубы диаметром 2200 мм

Table 6. Hydraulic similarity for a plastic pipe with a diameter of 2,200 mm

Номер Number	Наполнение h/d Filling h/d	Гидравлический радиус R , м Hydraulic radius R , m	Живое сечение ω , м ² Living section ω , m ²	Коэффициент Шези C , м ^{0,5} /с Chezy coefficient C , m ^{0,5} /s	Уклон i Slope i	Скорость V , м/с Velocity V , m/s	Расход Q , м ³ /с discharge Q , m ³ /s	Уклон i Slope i	Скорость V , м/с Velocity V , m/s	Расход Q , м ³ /с Discharge Q , m ³ /s
1	0,1	0,1386	0,1972	42,40535	0,0005	0,35301	0,069614	0,0008	0,446528	0,088055
2	0,15	0,2046	0,356	46,34038	0,0005	0,468703	0,166858	0,0008	0,592869	0,211061
3	0,2	0,2662	0,539	50,52587	0,0005	0,582912	0,314189	0,0008	0,737333	0,397423
4	0,25	0,3234	0,741	52,31398	0,0005	0,665231	0,492936	0,0008	0,841461	0,623522
5	0,3	0,3762	0,958	54,50627	0,0005	0,747551	0,716154	0,0008	0,945588	0,905873
6	0,35	0,4246	1,184	56,19198	0,0005	0,818746	0,969396	0,0008	1,035644	1,226202
7	0,4	0,4708	1,415	58,10072	0,0005	0,891425	1,261366	0,0008	1,127576	1,59552
8	0,45	0,5126	1,657	59,10942	0,0005	0,946305	1,568027	0,0008	1,196994	1,983419
9	0,5	0,55	1,899	60,46313	0,0005	1,002668	1,904066	0,0008	1,268288	2,40848
10	0,55	0,5896	2,14	61,02352	0,0005	1,047758	2,242202	0,0008	1,325324	2,836193
11	0,6	0,6116	2,38	62,49441	0,0005	1,092848	2,600979	0,0008	1,382359	3,290015
12	0,65	0,6336	2,613	62,55818	0,0005	1,113465	2,909485	0,0008	1,408438	3,680249
13	0,7	0,6512	2,839	62,8578	0,0005	1,134231	3,220081	0,0008	1,434704	4,073126
14	0,75	0,6644	3,056	64,12638	0,0005	1,16879	3,571822	0,0008	1,478419	4,518049
15	0,8	0,6688	3,258	65,94285	0,0005	1,205871	3,928728	0,0008	1,525323	4, 63013

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведение лабораторных исследований по определению гидравлических характеристик полиэтиленового трубопровода диаметром 100 мм в качестве модели и обоснование гидравлического подобия модели и натуре в виде пластмассовых труб диаметрами 1200 и 2200 мм позволило запроектировать самотечную систему магистральных трубопроводов

для транспортировки очищенных сточных вод в г. Кербела (Ирак).

Полученные результаты коррелируются с требованиями СП 32.13330.2012 «Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85» и дают возможность рассматривать представленные практические и теоретические разработки в качестве базы для проектирования иных объектов технического водоснабжения на территории Ирака и других арабских стран.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Erkin Tas, Necati Ağralıoğlu*. Comparison of friction losses in long polyethylene pipe systems using different formulas // International Symposium on Urban Water and Wastewater Management. 2018. Pp. 602–609. URL: <https://www.researchgate.net/publication/344071269>
2. *Siraj Abduro, Golla Sreenivasu*. Assessments of urban water supply situation of Adama Town, Ethiopia // Journal of Civil Engineering Research. 2020. Vol. 10. Issue 1. Pp. 20–28. DOI: 10.5923/j.jce.20201001.03
3. *Rezagama A., Handayani D.S., Zaman B., Putra R.R.S.* Design optimization of water distribution suburban area in Mranggen, Semarang, Indonesia // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 448. DOI: 10.1088/1755-1315/448/1/012066
4. *Utsev Joseph Terlumuna, Ekwule Oloche Robert*. Evaluation of municipal water distribution network using watercard and watergems // Journal of Engineering and Sciences. 2019. Vol. 5. No. 2. Pp.147–156.
5. *Shinde Parmanand Bhaskar, More Ashok B., Ankush K. Rout, Gadhe Mayuri Rajendra*. Feasibility analysis of water distribution system for Yavatmal City using WaterGems software // International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. 2017. Vol. 6. Issue 7. DOI:10.15680/IJIRSET.2017.0607132

6. Arunjiyoti Sonowal, Senapati S.C., Sirisha Adamala. A mathematical model for the selection of an economical pipe size in pressurized irrigation systems // African Journal of Agricultural Research. 2016. Vol. 11. Issue 8. Pp. 683–692. DOI: 10.5897/AJAR2015.10648
7. Штена Б.Г. Техничко-экономические проблемы применения полимерных трубопроводов в мелиорации и в водном хозяйстве // Полимерные трубы. 2011. Т. 34. № 4. С. 35–37.
8. Митрахович А.И., Макоед В.М., Сергеев А.П., Лавушев С.М. Из опыта применения на осушительных системах коллекторов из труб большого диаметра // Мелиорация. 2019. Т. 88. № 2. С. 13–17.
9. Митрахович А.И., Макоед В.М., Лавушев С.М., Сергеев А.П. Условия применения двухслойных гофрированных полиэтиленовых труб «корсис» на мелиоративных объектах // Мелиорация. 2020. Т. 91. № 1. С. 15–23.
10. George Rubeiz C. Case studies on the use of HDPE pipe for municipal and industrial projects in North America // Pipeline Division Specialty Congress. 2004. DOI: 10.1061/40745(146)22
11. Hajibabaei M., Nazif S., Tavaneai Sereshgi F. Life cycle assessment of pipes and piping process in drinking water distribution networks to reduce environmental impact // Sustainable Cities and Society. 2018. Pp. 538–549. DOI: 10.1016/j.scs.2018.09.014
12. Diogo A.F., Vilela F.A. Head losses and friction factors of steady turbulent flows in plastic pipes // Urban Water Journal. 2014. Vol. 11. Issue 5. Pp. 414–425. DOI: 10.1080/1573062X.2013.768682
13. Боровков В.С., Волинов М.А., Писарев Д.В. Локальное подобие течения и распределение скоростей в турбулентных потоках // Magazine of civil engineering. 2012. № 6. С. 12–19.
14. Valentin Heller. Scale effects in physical hydraulic engineering models // Journal of Hydraulic Research. 2011. Vol. 49. Issue 3. Pp. 293–306. DOI: 10.1080/00221686.2011.578914
15. Jung Hwan Kima, Soon Ho Kwona, Kwang Seok Yoonb, Du Han Leeb, Gunhui Chunga. Hydraulic experiment for friction loss coefficient in non-circular pipe // 12th International Conference on Hydroinformatics. 2016. Vol. 154. Pp. 773–778. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.582
16. Maurizio Leopardi. On roughness similarity of hydraulic models // Journal of Hydraulic Research. 2004. Vol. 42. Issue 3. Pp. 239–245. DOI: 10.1080/00221686.2004.9728389
17. Ивановский Ю.К., Моргунов К.П., Рябов Г.Г. Лабораторные исследования автодорожного водопропускного сооружения // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2018. Т. 10. № 2. С. 318–330. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-2-318-330
18. Моргунов К.П., Ивановский Ю.К., Баранов А.Ю. Экспериментальное определение коэффициента шероховатости металлических спиральновитых гофрированных труб // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2020. Т. 12. № 2. С. 325–335. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-2-323-335
19. Xin-Guo Yu, Ki-Yong Choi. Systematic and exact scaling analysis of the single-phase natural circulation flow: The hydraulic similarity // Progress in Nuclear Energy. 2016. Vol. 89. Pp. 78–87. DOI: 10.1016/j.pnucene.2016.02.001
20. Аношкин Ю.И., Добров А.А., Легчанов М.А., Субарев М.А., Хробостов А.Е. Экспериментальные исследования гидравлического сопротивления вставок из упруго-пористого проволоочного материала в канале круглого сечения // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2019. Т. 124. № 1. С. 92–99.
21. Алтунин В.И., Черных О.Н. О гидравлическом режиме дорожных водопропускных труб из гофрированного металла // Дороги и мосты. 2015. Т. 1. № 33. С. 234–247.
22. Алтунин В.И., Черных О.Н., Федотов М.В. Водопропускные трубы в транспортном строительстве: гидравлическая работа труб из металлических гофрированных структур. М. : МАДИ, 2012.
23. Черных О.Н., Алтунин В.И., Бурлаченко А.В. Повышение эффективности гидравлической работы дорожных водопропускных труб // Природообустройство. 2016. № 2. С. 42–47.
24. Ханов Н.В., Бурлаченко А.В. Гидравлические аспекты обеспечения надежной и безопасной работы трубчатых водопропускных сооружений из гофрированного металла // Природообустройство. 2016. Т. 5. С. 32–39.
25. Боровков В.С., Брянская Ю.В., Байков В.Н. Уточнение условий подобия равномерных широких открытых потоков при гидравлическом моделировании недеформируемых каналов // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2009. Т. 253. С. 22–27.
26. Воронов Ю., Пугачев Е., Первозникова Е. Гидравлические основы расчета водоотводящих самотечных трубопроводов из пластмассовых труб // Полимерные трубы. 2006. Т. 12. № 3. С. 38–41.

Поступила в редакцию 7 марта 2022 г.

Принята в доработанном виде 20 апреля 2022 г.

Одобрена для публикации 20 апреля 2022 г.

ОБ АВТОРАХ: Лейс Саид Абдуламид — аспирант кафедры гидравлики и гидротехники; Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); 129337,

г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; преподаватель кафедры нефтяной инженерии; **Университет Кербелы**; г. Кербела, Ирак; РИНЦ ID: 1063894; laith_eng2009@yahoo.com;

Владимир Александрович Орлов — доктор технических наук, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; РИНЦ ID: 507689; OrlovVA@mgsu.ru;

Джумагулова Назира Тентимишовна — доктор технических наук, доцент кафедры гидравлики и гидро-техники; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; dnazira@rambler.ru.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. Erkin Tas, Necati Ağralıoğlu. Comparison of friction losses in long polyethylene pipe systems using different formulas. *International Symposium on Urban Water and Wastewater Management*. 2018; 602-609. URL: <https://www.researchgate.net/publication/344071269>
2. Siraj Abduro, Golla Sreenivasu. Assessments of urban water supply situation of Adama Town, Ethiopia. *Journal of Civil Engineering Research*. 2020; 10(1):20-28. DOI: 10.5923/j.jce.20201001.03
3. Rezagama A., Handayani D.S., Zaman B., Putra R.R.S. Design optimization of water distribution suburban area in Mranggen, Semarang, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 448. DOI:10.1088/1755-1315/448/1/012066
4. Utsev Joseph Terlumuna, Ekwule Oloche Robert. Evaluation of municipal water distribution network using watercard and watergems. *Journal of Engineering and Sciences*. 2019; 5(2):147-156.
5. Shinde Parmanand Bhaskar, More Ashok B., Ankush K. Rout, Gadhe Mayuri Rajendra. Feasibility analysis of water distribution system for Yavatmal City using WaterGems Software. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. 2017; 6(7). DOI:10.15680/IJIRSET.2017.0607132
6. Arunjyoti Sonowal, Senapati S.C., Sirisha Adamala. A mathematical model for the selection of an economical pipe size in pressurized irrigation systems. *Afr. J. Agric. Res.* 2016; 11(8):683-692. DOI: 10.5897/AJAR2015.10648
7. Shtepa B.G. Technical and economic problems of the use of polymer pipelines in land reclamation and water management. *Polymer pipes*. 2011; 34(4): 35-37.
8. Mitrakhovich A.I., Makoed V.M., Sergeenya A.P., Lavushev S.M. From the experience of using collectors from large diameter pipes on drainage systems. *Reclamation*. 2019; 88(2):13-17.
9. Mitrakhovich A.I., Makoed V.M., Lavushev S.M., Sergeenya A.P. Conditions for application of two-layer corrugated polyethylene pipes “korsys” on reclaim objects. *Reclamation*. 2020; 91(1):15-23.
10. George Rubeiz C. Case studies on the use of HDPE pipe for municipal and industrial projects in North America. *Pipeline Division Specialty Congress*. 2004. DOI: 10.1061/40745(146)22
11. Hajibabaei M., Nazif S., Tavanaei Sereshgi F. Life cycle assessment of pipes and piping process in drinking water distribution networks to reduce environmental impact. *Sustainable Cities and Society*. 2018; 538-549. DOI: 10.1016/j.scs.2018.09.014
12. Diogoa A.F., Vilela F.A. Head losses and friction factors of steady turbulent flows in plastic pipes. *Urban Water Journal*. 2014; 11(5):414-425. DOI: 10.1080/1573062X.2013.768682
13. Borovkov V.S., Volynov M.A., Pisarev D.V. Local flow similarity and velocity distribution in turbulent flows. *Magazine of civil engineering*. 2012; (6):12-19.
14. Valentin Heller. Scale effects in physical hydraulic engineering models. *Journal of Hydraulic Research*. 2011; 49(3):293-306. DOI: 10.1080/00221686.2011.578914
15. Jung Hwan Kima, Soon Ho Kwona, Kwang Seok Yoonb, Du Han Leeb, Gunhui Chunga. Hydraulic Experiment for Friction Loss Coefficient in Non-circular Pipe. *12th International Conference on Hydroinformatics*. 2016; (154):773-778. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.582
16. Maurizio Leopardi. On roughness similarity of hydraulic models. *Journal of Hydraulic Research*. 2004; 42(3):239-245. DOI: 10.1080/00221686.2004.9728389
17. Ivanovsky Yu.K., Morgunov K.P., Ryabov G.G. Laboratory studies of the road culver. *Bulletin of the State University of the Sea and River Fleet named after Admiral S.O. Makarov*. 2018; 10(2):318-330. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-2-318-330
18. Morgunov K.P., Ivanovsky Yu.K., Baranov A.Yu. Experimental determination of the roughness coefficient of metal spiral corporated pipes. *Bulletin of the State University of the Sea and River Fleet named after Admiral S.O. Makarov*. 2020; 12(2):325-335. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-2-325-335

19. Xin-Guo Yu, Ki-Yong Choi. Systematic and exact scaling analysis of the single-phase natural circulation flow: The hydraulic similarity. *Progress in Nuclear Energy*. 2016; (89):78-87. DOI: 10.1016/j.pnucene.2016.02.001
20. Anoshkin Yu.I., Dobrov A.A., Legchanov M.A., Subarev M.A., Khrobostov A.E. Experimental investigations of hydraulic resistance of inserts from elastic-porous wire material in round channel. *Proceedings of NSTU im. R.E. Alekseev*. 2019; 124(1):92-99.
21. Altunin V.I., Chernykh O.N. On the hydraulic regime of road culverts made of corrugated metal. *Roads and bridges*. 2015; 1(33):234-247.
22. Altunin V.I., Chernykh O.N., Fedotov M.V. *Culverts in transport construction: Hydraulic operation of pipes from metal corrugated structures*. Moscow, MADI, 2012.
23. Chernykh O.N., Altunin V.I., Burlachenko A.V. Improving the efficiency of hydraulic operation of road culverts. *Environmental engineering*. 2016; 2:42-47.
24. Khanov N.V., Burlachenko A.V. Hydraulic aspects of ensuring reliable and safe operation of tubular culverts made of corrugated metal. *Environmental engineering*. 2016; (5):32-39.
25. Borovkov V.S., Bryanskaya Yu.V., Baikov V.N. Refinement of similarity conditions for uniform wide-open flows in hydraulic modeling of non-deformable channels. *Izvestia VNIIG them. B.E. Vedeneeva*. 2009; 253:22-27.
26. Voronov Yu., Pugachev E., Perevoznikova E. Hydraulic basis of calculation of water gravious flow pipelines from plastic pipes. *Polymer pipes*. 2006; 12(3):38-41.

Received March 7, 2022.

Adopted in revised form on April 20, 2022.

Approved for publication on April 20, 2022.

B I O N O T E S : **Layth Saeed Abdulameer** — postgraduate student oh the Department of Hydraulics and Hydraulic Engineering; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; Lecturer of the Department of Petroleum Engineering; **University of Kerbala**; Kerbala; Iraq; ID RISC: 1063894; laith_eng2009@yahoo.com;

Vladimir A. Orlov — Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Water Supply and Sanitation; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ID RISC: 507689; OrlovVA@mgsu.ru;

Nazira T. Dzhumagulova — Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Hydraulics and Hydraulic Engineering; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; dnazira@rambler.ru.

*Contribution of the authors: all authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication.
The authors declare no conflicts of interest.*

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА. ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 658.716 : 65.02 : 69.009 : 346.34

DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.501-515

Государственные закупки в строительстве — предложения по совершенствованию

Александр Сергеевич Павлов, Роман Вадимович Островский

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(НИУ МГСУ); г. Москва, Россия*

АННОТАЦИЯ

Введение. В первой статье цикла показаны основные результаты анализа нормативно-правовых документов по организации тендеров на строительные и проектные работы в ведущих зарубежных странах. Во второй статье проведен анализ ключевых положений отечественного тендерного законодательства, касающихся вопросов строительства, реконструкции и проектирования объектов капитального строительства. Настоящее исследование является заключительной статьей цикла, излагается концепция организации закупок строительных объектов и работ.

Материалы и методы. При проведении исследования авторы старались не касаться юридических вопросов, их интересовали главным образом организационно-экономические проблемы, возникающие перед участниками строительного процесса. Поэтому анализировались различные схемы организации строительства и модели поведения участников в создаваемых конфигурациях взаимоотношений. Даны новые определения главным понятиям в области действия нормативных документов.

Результаты. Предложены правила поведения участников тендерных процедур — заказчиков и претендентов (проектировщиков, подрядчиков). Приведены три фазы жизненного цикла объекта: подготовка к торгам, проведение торгов и выполнение контрактов. Выделены два основных типа предмета контракта — комплексные и частные контракты. Впервые предложено лимитировать косвенные затраты изготовителей материалов, конструкций и оборудования, что может привести к сдерживанию инфляции в строительстве.

Выводы. Целесообразно инициировать разработку и принятие федерального закона о государственных закупках в сфере капитального строительства. Необходимо рассмотреть заключение комплексных контрактов на строительство объектов и частных контрактов на выполнение работ, поставку оборудования и материалов, оказание услуг. В контракте с техническим заказчиком следует предусматривать резерв времени по сравнению с обязательствами отдельных исполнителей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: государственные закупки, строительно-монтажные работы, тендер, конкурс, торги, конкуренция, зарубежный опыт

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Павлов А.С., Островский Р.В. Государственные закупки в строительстве — предложения по совершенствованию // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. Вып. 4. С. 501–515. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.501-515

Автор, ответственный за переписку: Александр Сергеевич Павлов, PavlovAS@mgsu.ru.

Public procurement in construction. Suggestions for improvement

Alexander S. Pavlov, Roman V. Ostrovskii

*Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU); Moscow,
Russian Federation*

ABSTRACT

Introduction. The first article of the series showed the main results of the analysis of regulatory documents on the organization of tenders for construction and design work in leading foreign countries. The second article analyzes the main provisions of the domestic tender legislation concerning the construction, reconstruction and design of capital construction facilities. This article is the final article of the cycle; it proposes a concept for the public procurement for construction projects and works.

Materials and methods. The authors tried not to touch on legal issues. They were mainly interested in organizational and economic problems faced by participants in the construction process. Therefore, various schemes of construction organization and models of behavior of participants in the created configurations of relationships were considered. New definitions of the basic concepts in the scope of normative documents are given.

Results. As a result of the study, the rules of conduct of participants in tender procedures — customers and applicants (designers, contractors) are proposed. At the same time, three phases of the object's life cycle are considered: preparation for bidding, bidding and execution of contracts. There are two main types of the subject of the contract — complex and particular contracts. For the first time, it is proposed to limit the indirect costs of manufacturers of materials, structures and equipment, which can lead to curbing inflation in construction.

Conclusions. It is advisable to initiate the development and adoption of a federal law on public procurement in the field of capital construction. It is necessary to consider the conclusion of complex contracts for the construction of facilities and private contracts for the performance of works, the supply of equipment and materials, and the provision of services. The contract with the technical customer should provide for a time reserve in comparison with the obligations of partial contractors.

KEYWORDS: public procurement, construction works, erection works, bidding, tender, competition, international experience

FOR CITATION: Pavlov A.S., Ostrovskii R.V. Public procurement in construction. Suggestions for improvement. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2022; 17(4):501-515. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.501-515 (rus.).

Corresponding author: Alexander S. Pavlov, PavlovAS@mgsu.ru.

ВВЕДЕНИЕ

В первой статье цикла¹ были приведены основные результаты анализа нормативно-правовых документов по организации тендеров на строительные и проектные работы в ведущих зарубежных странах. Во второй статье² проведен анализ ключевых положений отечественного тендерного законодательства, касающихся вопросов строительства, реконструкции и проектирования объектов капитального строительства (ОКС). Настоящая статья является заключительной статьей цикла, в ней предлагается концепция организации закупок строительства объектов и строительных работ.

В ходе анализа изучено законодательство США, Китая, Японии, Германии, Франции, Великобритании, Новой Зеландии, руководящие документы международных организаций. Научные труды посвящены разнообразным подходам к выбору подрядчиков [1–6], методам обработки данных и эффективности цифровой трансформации [7–12]. Среди работ отечественных авторов встречаются обзоры и критические анализы тендерного законодательства, однако мало исследуется специфика тендеров в области строительства [13–22]. Рассмотрены также главные положения отечественного законодательства, включая федеральные законы³ и главные подзаконные акты на уровне постановлений Правительства, с точки зрения участвующих в строительстве фигурантов: подрядчиков и заказчиков, проектировщиков и поставщиков. Изучены особенности размещения государственных заказов, а также деятельности заказчиков, в той или иной степени контролируемых

государством. Ряд постулатов законодательства подвергнут критике в связи с не раз отмечавшимися в литературе недостатками. Установлено, что некоторые требования отечественного законодательства входят в противоречие как с интересами подрядчика, так и с интересами государственных заказчиков, а значит, и государства в целом.

На этом фоне представляется целесообразным хотя бы конспективно изложить основные предложения по совершенствованию нормативно-правовой базы и системы организации договорных отношений в области капитального строительства. Как следует из предыдущих работ цикла, для этого необходимо изменение федерального законодательства, возможно, создание отдельного закона о закупках в области капитального строительства.

Цель исследования, результаты которого отражаются в предлагаемом цикле статей, — разработка научно обоснованных предложений по совершенствованию федерального законодательства в области государственных закупок строительных объектов и работ. Задачей данной статьи является разработка конкретных предложений по методам проведения торгов при выборе строительных подрядчиков, по совершенствованию договорных отношений и взаимодействия с заказчиками, другими участниками процессов жизненного цикла (ЖЦ) строительных объектов. Необходимо сопоставить существующие законодательные правила и предлагаемые концептуальные положения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Согласно Конституции РФ (ст. 104), право законодательной инициативы принадлежит Президенту Российской Федерации, Федеральному Собранию и Правительству России. Законопроекты, касающиеся финансовых вопросов, должны получить заключение Правительства, это оправдано и логично. Поэтому научное сообщество любого уровня не может вносить какие-либо предложения по совершенствованию федерального законодательства непосредственно, а только через полномочные органы, например, через Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства России.

¹ Гусакова Е.А., Павлов А.С. Государственные закупки в строительстве — зарубежная практика // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. Вып. 2. С. 242–252. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.2.242-252

² Павлов А.С. Государственные закупки в строительстве — критический обзор // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. Вып. 3. С. 377–385. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.3.377-385

³ О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд : Федеральный закон от 05.04.2013 № 44-ФЗ; О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц : Федеральный закон от 18.07.2011 № 223-ФЗ.

При проведении исследования авторы старались не касаться юридических вопросов, их интересовали главным образом организационно-экономические проблемы, возникающие перед участниками строительного процесса. Поэтому рассматривались различные схемы организации строительства и модели поведения участников в создаваемых конфигурациях взаимоотношений. Разумеется, некоторые из этих моделей носят умозрительный характер и должны быть опробованы хотя бы на уровне деловых игр. Поэтому авторы просят воспринимать представленные предложения как гипотезу и повод к дискуссии по затронутым вопросам.

В частности, в договорных отношениях следует выделить три ключевых этапа: подготовку заказчиков и участников строительства, осуществление тендерных процедур, заключение и исполнение контракта. Раздельно исследуются заключение комплексных контрактов на строительство объектов и частных контрактов на выполнение отдельных видов работ, поставку оборудования и материалов, оказание услуг. Для заводов-поставщиков материалов, конструкций и оборудования рассмотрена возможность введения ограничений по максимальному уровню косвенных расходов и уровню плановой рентабельности, поскольку именно материальные ресурсы, а не подрядные организации «разгоняют» инфляцию: уровень материальных затрат обычно намного превышает половину сметной стоимости.

При определении продолжительности строительства в контракте требуется установить резерв времени. В таком случае контроль и нормирование сроков ключевых событий строительства должны производиться без учета резервов времени, с соблюдением системы стимулирования и мотивации субподрядчиков и поставщиков.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате исследования предложены следующие формулировки правил подготовки, заключения и исполнения строительных контрактов (приведенные числовые значения условны).

Основные определения и области применения

Введем следующие определения⁴:

- строительный объект — искусственный объект недвижимости с определяемыми проектной документацией оборудованием, мебелью и инвентарем;
- жизненный цикл строительного объекта — последовательность этапов существования строительного объекта от инвестиционного замысла до ликвидации;
- финансирование строительства — предоставление денежных средств для строительства; объединяет инвестирование и техническое содержание (фи-

нансирование, не увеличивающее первоначальную стоимость основных средств), включая ремонт;

- объект контракта — проектируемый или существующий строительный объект, для которого получено разрешение на строительство (реконструкцию, снос);

- субъект контракта — инициатор проекта, инвестор, государственный (муниципальный) заказчик, претендент, подрядчик, проектировщик, поставщик;

- заказчик — государственный (муниципальный) заказчик или представитель контролируемого государством юридического лица, а также лицо, действующее от его имени;

- технический заказчик — лицо, организующее выполнение проекта от имени государственного (муниципального) заказчика или инвестора, включая подбор исполнителей, заключение договоров и контроль их выполнения. Для исполнения услуг технического заказчика должен являться членом саморегулируемой организации заказчиков в строительстве. Для контрактов со сметной стоимостью свыше 10 млрд руб. участие технического заказчика обязательно;

- подрядчик — юридическое или физическое лицо, выполняющее работы и оказывающее услуги, связанные с реализацией ЖЦ строительного объекта.

Область действия

Подготовка, заключение и реализация контрактов на любые этапы ЖЦ строительного объекта за счет бюджетных средств, средств публично-правовых лиц и юридических лиц, контролируемых государством. К таким лицам относятся государственные корпорации и компании, публично-правовые компании, бюджетные учреждения, государственные и муниципальные унитарные предприятия, хозяйственные общества, в капитале которых доля государства составляет более 50 %, их дочерние и «внучатые» общества с такой же контролируемой долей, а также субъекты естественных монополий, включая поставщиков коммунальных услуг.

Принципы контрактной системы

Принципы контрактной системы в области строительства в дополнение к Федеральному закону № 44-ФЗ³ — адекватность конкурсных процедур объему и характеру задач, учет особенностей ЖЦ строительного объекта, действенная конкуренция, взаимная ответственность заказчика и подрядчика, антикоррупционная направленность.

Цена контракта

Цена контракта определяется по предложению претендента, выигравшего торги по условиям, объявленным в извещении. Цена контракта включает все действующие налоги и не может быть изменена в зависимости от организационно-правовой формы или налогового режима претендента. Цена контракта

⁴ Определения в ряде случаев отличаются от принятых в действующем законодательстве.

на строительство или выполнение работ может быть увеличена после выявления победителя торгов за счет затрат на перебазирование строительной организации от места фактической дислокации к месту проведения работ и других затрат, которые невозможно предвидеть на стадии объявления торгов.

Предмет контрактации

Контракты разделяются на комплексные и частные.

1. Предметом заключения *комплексного контракта* может являться:

- строительство — любой из перечисленных ниже предметов заключения контрактов или их сочетание;
- возведение (новое строительство) — создание нового строительного объекта;
- реконструкция — изменение основных параметров строительного объекта, включая его назначение, объем, площадь, этажность, состав и расположение помещений;
- модернизация — замена, усовершенствование или восстановление технологического оборудования и технологических систем с необходимым изменением строительной части;
- капитальный ремонт — замена, усиление или восстановление строительных конструкций и систем инженерно-технического обеспечения без изменения основных параметров;
- техническое обслуживание и текущий ремонт — дополнительные технические мероприятия, обеспечивающие нормальную эксплуатацию строительного объекта;
- реставрация — восстановление первоначального или исторически наиболее значимого облика строительного объекта — памятника истории и культуры;
- консервация — перевод созданного или недостроенного строительного объекта в неиспользуемое состояние с обеспечением его сохранности;
- снос — полная ликвидация строительного объекта;
- демонтаж — частичная ликвидация конструкций и систем строительного объекта;
- рекультивация — восстановление или улучшение состояния земельных и лесных участков после выполнения строительства.

В соответствии с условиями комплексного контракта исполнитель обеспечивает ввод объекта в эксплуатацию. Комплексные контракты могут быть заключены «под ключ» (ЕРС-, ЕРСМ-контракт); при этом помимо строительно-монтажных и других работ контракт включает проектирование (выполнение проектной и/или рабочей документации), поставку и монтаж оборудования, гарантийные испытания, ввод в эксплуатацию, другие необходимые действия для создания законченного строительного объекта.

Если подрядчик проводит не все работы собственными силами, он становится генеральным под-

рядчиком, который может нанимать *субподрядчиков*. Участие субподрядчиков может контролироваться заказчиком объекта на условиях настоящего закона и контракта. Генеральный подрядчик реализует своими силами часть работ, минимальная доля которых может быть оговорена в условиях конкурса.

2. Предметом заключения *частного контракта* по связанному со строительством товарам, работам и услугам может быть:

- выполнение отдельных видов работ: строительных, монтажных, пусконаладочных, ремонтных, консервационных, реставрационных и их сочетаний;
- проведение проектных и геодезических работ, изысканий и обследований;
- поставка оборудования инвестиционного назначения, включая оборудование длительного цикла изготовления и серийное оборудование;
- поставка материальных ресурсов инвестиционного назначения, включая строительные материалы, изделия и конструкции;
- поставка технических ресурсов инвестиционного назначения, включая продажу и аренду строительной техники;
- осуществление прочих работ и оказание услуг инвестиционного назначения, включая услуги технического заказчика, консультационные и инженерные услуги.

При объявлении тендеров по частным контрактам государственный (муниципальный) заказчик берет на себя обязанности координировать строительство объекта в целом. Однако тендеры на частные контракты могут быть объявлены в дополнение к комплексному контракту, в этом случае генеральному подрядчику по комплексному контракту может быть вменена координация строительства объекта в целом. Взаимоотношения генерального подрядчика, субподрядчиков и исполнителей частных контрактов регулируются договорами между ними, причем по условиям государственного (муниципального) контракта тексты договоров, документы приемки и оплаты работ должны быть доступны государственному (муниципальному) заказчику. В договоре генерального подряда может быть оговорен минимальный и максимальный процент, удерживаемый генеральным подрядчиком за услуги по договору субподряда.

Подготовка к заключению контракта

1. Для комплексных контрактов подготовка проводится заказчиком в четыре этапа. На этих этапах последовательно устанавливается примерная, предполагаемая, сметная и договорная стоимость объекта.

Первый этап подготовки — разработка задания (инвестиционного замысла, намерения) инициатором проекта. Задания разрабатываются на основании документов стратегического планирования, национальных и региональных программ, других документов перспективного развития. Задание должно содержать наименование и назначение объекта, главные ожи-

даемые показатели объекта, примерный объем финансирования и его источники, график реализации ключевых мероприятий. Задание может также содержать архитектурную и/или технологическую концепцию объекта. Потребность в финансировании выявляется на основе проектов-аналогов или по иным укрупненным показателям. Затраты на разработку задания выделяются из средств инициатора или из соответствующего бюджета, в этом случае они не должны превышать 0,1 % примерного объема финансирования строительства.

Второй этап подготовки — обоснование инвестиций. На этом этапе составляется эскизный проект объекта строительства, определяется предполагаемая сметная стоимость объекта, экономическая и социальная эффективность объекта, объем финансирования и его источники, график реализации мероприятий, разрабатывается техническое (архитектурно-планировочное) задание на проектирование.

Для объектов с примерной сметной стоимостью до 100 млн руб. допускается не проводить обоснование инвестиций; эффективность мероприятия определяется на основании результатов первого этапа подготовки. Составляется комплект необходимой исходно-разрешительной документации.

Для объектов с примерной сметной стоимостью свыше 1 млрд руб. вместо обоснования инвестиций выполняется технико-экономическое обоснование проектных решений. Оно должно содержать анализ задачи, описание вариантов основных проектных решений, их технико-экономическое обоснование, выбор площадки размещения объекта, результаты предварительного согласования места размещения объекта, техническое (архитектурно-планировочное) задание на проектирование. При составлении технико-экономического обоснования учитывается отраслевая направленность объекта, вид и масштаб планируемого мероприятия, вид разрешенного использования земельного участка, мнения населения, местных и региональных органов власти, другие факторы.

Предполагаемая сметная стоимость объекта на втором этапе устанавливается на основании укрупненных сметных норм и результатов первого этапа. Бюджетные затраты на разработку обоснования инвестиций или комплекта исходно-разрешительной документации не должны превышать 0,5 %, а технико-экономического обоснования — 1 % предполагаемой сметной стоимости объекта (мероприятия).

Объекты и мероприятия, отобранные по результатам обоснования инвестиций, объединяются в проект инвестиционной программы. Разработка и утверждение инвестиционной программы проводится в соответствии с Бюджетным кодексом РФ, документами долгосрочного бюджетного планирования субъектов федерации и муниципальных образований. Включение объектов в проект программы производится исходя из наилучшей экономической или со-

циальной эффективности, с учетом надлежащего обеспечения общественной безопасности. Инвестиционная программа должна содержать: перечень объектов строительства и планируемых мероприятий, места размещения объектов, основные ожидаемые показатели объектов, предварительный объем финансирования и его источники, график реализации мероприятий, а также дополнительные данные в зависимости от специфики программы.

В том случае, если объект или мероприятие не включен в инвестиционную программу по причине недостаточной эффективности, обоснование инвестиций или технико-экономическое обоснование теряет силу. По решению инициатора проекта и за его счет оно может быть доработано с целью участия в последующих инвестиционных программах.

Для мероприятий по строительству объектов, а также для поставки оборудования длительного цикла изготовления в составе инвестиционной программы выделяются первоочередные затраты. Первоочередные затраты включают затраты на услуги технического заказчика и услуги по проведению торгов, на осуществление изысканий, обследований, разработку проектной и тендерной документации и специальных технических условий, выполнение предварительных согласований и разрешений, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Сумма указанных затрат определяется заказчиком на основании укрупненных показателей с привлечением данных объектов-аналогов и запросов потенциальных участников. Правительство РФ может устанавливать минимальные и максимальные границы первоочередных затрат в долях от сметной стоимости объекта в зависимости от вида и размера объекта.

На выполнение первоочередных работ и услуг заключаются отдельные контракты на торгах. Запрещается корректировать цену уже заключенных контрактов по результатам исполнения указанных работ и услуг. Допускается включать в условия контракта премии и штрафы для исполнителей по результатам выполнения указанных работ и услуг, которые в сумме не должны быть более 25 % цены контракта.

На третьем этапе подготовки комплексных контрактов реализуются инженерные и экономические изыскания, в необходимых случаях — обследование существующих зданий и сооружений, линейных объектов. На этом этапе разрабатывается также проектная документация, включая перечни и ведомости объемов работ, сметную документацию. При необходимости разрабатываются специальные технические условия, проводятся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, разрабатывается тендерная документация, план управления проектом, предложения о составе лотов. В установленных законом случаях результаты инженерных изысканий и проектная документация передаются застройщиком или техническим заказчиком на экспертизу.

За год до объявления конкурса заказчик публикует предварительную информацию о планируемых торгах, в которой исходя из обоснования инвестиций или технико-экономического обоснования указываются место строительства, наименование и основные параметры строительного объекта, включая предварительную сметную стоимость объекта. При сметной стоимости объекта до 100 млн руб. допускается публиковать предварительную информацию за три месяца до объявления торгов.

На четвертом этапе заказчик подготавливает тендерную документацию по лотам, к разработке которой может привлекаться проектировщик. В состав тендерной документации должны входить:

- требования к участникам;
- условия подведения итогов торгов;
- сведения о месте строительства;
- график выполнения работ и график финансирования строительства;
- проектная (рабочая) документация, включая сметную документацию, задание на проектирование, результаты инженерных изысканий и обоснования инвестиций (технико-экономического обоснования проектных решений).

График финансирования строительства составляется поквартально с учетом корректирующих (дефляционных) коэффициентов изменения сметной стоимости строительных материалов, заработной платы строительных рабочих, эксплуатации строительных машин, накладных расходов, сметной прибыли и других косвенных расходов подрядчиков, технологического оборудования, прочих затрат, работ и услуг. Корректирующие коэффициенты изменения сметной стоимости разрабатываются и уточняются поквартально на предстоящий пятилетний период уполномоченным органом Правительства РФ.

Лоты включают все позиции сметной документации, за исключением резерва средств на непредвиденные работы и затраты, затрат на содержание технического заказчика и строительный контроль, других работ и услуг, которые не передаются подрядчикам, а также стоимости технологического оборудования и материальных ресурсов, не закупаемых подрядчиком.

Резерв средств на непредвиденные работы и затраты хранится в финансирующем банке (казначействе) на отдельном счете и не может быть использован без разрешения распорядителя (главного распорядителя) бюджетных средств. В экстренных случаях резерв расходуется с разрешения государственного (муниципального) заказчика с последующим обоснованием.

Для снижения рисков при установлении продолжительности строительства в тендерной документации может быть установлен резерв времени. Резерв времени, понимаемый как разница между контрольным сроком технического заказчика и контрольным сроком подрядчика (генерального подрядчика),

не должен превышать 15 % продолжительности, определенной в проекте организации строительства. Резерв времени, понимаемый как разница между контрольным сроком генерального подрядчика и последним контрольным сроком субподрядчиков, не должен превышать 10 % продолжительности, определенной в проекте организации строительства.

При заключении контракта «под ключ» лот для генерального подрядчика может включать оборудование, закупаемое подрядчиком; проведение пусконаладочных работ, включая комплексное опробование и гарантийные испытания; а также до 50 % объема затрат на строительный контроль и до 50 % резерва средств на непредвиденные работы и затраты.

В условиях контракта могут быть внесены условия о выплате премии за ввод объекта в строй досрочно или в срок, а также об удержании штрафа при опоздании ввода по вине подрядчика. Условия могут быть представлены шкалой в зависимости от степени отклонения от договорных условий.

В качестве критериев для определения победителя конкурса по комплексному контракту используются общая эффективность инвестиций, цена контракта, продолжительность строительства, техническая и кадровая оснащенность подрядчика, опыт предыдущих аналогичных работ и иные критерии по решению заказчика. В качестве интегрального критерия возможно применять средневзвешенный балл.

Информация, предоставляемая заказчиком, должна быть легко читаема, допускать поиск по ключевым словам. Требования к претендентам должны относиться к предмету торгов и не могут носить индивидуальный характер. Нарушение заказчиком указанных требований является поводом для отмены конкурса, а в случае повторения указанных действий — запрета проведения конкурсов по строительству в течение года.

2. Частные контракты готовятся государственным (муниципальным) заказчиком или инвестором в тех случаях, когда он берет на себя координацию всех работ и поставок, а также сдачу объекта в эксплуатацию.

За год до объявления конкурса заказчик публикует предварительную информацию о планируемых торгах, в которой указываются место и характер строительства, наименование и основные параметры работ и услуг, включая предварительную сметную стоимость работ (услуг). При сметной стоимости работ (услуг) до 100 млн руб., а также для поставки строительных материалов, изделий и серийно изготавливаемого оборудования допускается публиковать предварительную информацию за три месяца до объявления торгов.

Для частных контрактов на выполнение отдельных видов работ подготовка включает два этапа. На первом этапе на базе проектной (рабочей) документации разрабатывается перечень объемов работ,

определяются сметная стоимость единицы работ и стоимость конкурсной массы в целом.

На втором этапе заказчик подготавливает тендерную документацию. Претендентам предоставляется доступ к проектной документации вместе со сметной документацией, заданием на проектирование, результатами инженерных изысканий и обоснования инвестиций (технико-экономического обоснования проектных решений).

Общая конкурсная масса разбивается на лоты. Для конкурса на осуществление работ лот состоит из выборки позиций сметной документации на выполнение соответствующих работ, за исключением резерва средств на непредвиденные работы и затраты, затрат на содержание технического заказчика и строительный контроль, других работ и услуг, которые не передаются подрядчику.

В контракте могут быть оговорены условия о выплате премии за выполнение работ досрочно или в срок, а также об удержании штрафа при опоздании ввода по вине подрядчика. Условия могут быть представлены шкалой в зависимости от степени отклонения от договорных условий. Могут быть также разработаны и включены условия о стимулировании повышения качества работ и долговечности объекта.

Для частных контрактов на поставку технологического оборудования подготовка проводится техническим заказчиком в три этапа.

На первом этапе идут необходимые научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы и эскизное проектирование. Для этого заказчиком должен быть организован открытый или закрытый конкурс, при единственной заявке или соответствующем обосновании проводится закупка у единственного поставщика. В эскизном проекте должна быть определена примерная стоимость единицы оборудования. Затраты на эскизное проектирование возможно оплатить из бюджета не более чем трем претендентам, причем цена каждого эскизного проекта не должна превышать 0,5 % примерной стоимости единицы оборудования.

Заказчик проверяет расчет примерной стоимости оборудования инвестиционного назначения. При этом учитываемые накладные расходы не должны превышать 200 % затрат на оплату труда рабочих, а рентабельность не должна превышать 20 % добавленной стоимости и одного процента от остальной части себестоимости единицы оборудования. Правительство РФ может установить повышенные (не более чем вдвое) нормативы накладных расходов и рентабельности для изготовления отдельных видов оборудования.

На втором этапе реализуется конструкторская документация в виде технического проекта оборудования. Для решения этой задачи следует организовать открытый или закрытый конкурс, при единственной заявке или соответствующем обосновании осуществляется закупка у единственного поставщика. Заказ-

чик составляет техническое задание на основании эскизных проектов. Исполнителю — победителю конкурса предоставляются материалы выполненных эскизных проектов.

В техническом проекте должна быть определена предполагаемая стоимость единицы оборудования, устанавливаются предельная масса и габариты оборудования, характеристики присоединения и потребляемой мощности, другие характеристики, необходимые для проектирования.

Заказчик проверяет расчет предполагаемой стоимости. При этом учитываемые накладные расходы и рентабельность определяются, как при проверке примерной стоимости. Технический проект оборудования передается проектировщику строительного объекта для разработки проектной документации.

На третьем этапе заказчик готовит тендерную документацию для закупки оборудования длительного цикла изготовления. Стоимость разработки рабочей ремонтной и эксплуатационной документации включается в стоимость оборудования. Для закупки может быть организован открытый или закрытый конкурс, при единственной заявке или соответствующем обосновании проводится закупка у единственного поставщика. В условиях конкурса должно быть оговорено, в каких пределах по результатам разработки рабочей документации могут быть уточнены характеристики оборудования, и в какие сроки проектировщику передаются уточненные характеристики оборудования. Могут быть также разработаны и включены условия премирования за высокое качество оборудования, выявляемое в процессе эксплуатации.

Для частных контрактов на поставку строительных конструкций индивидуального изготовления подготовка к торгам организуется в два этапа. Полномочия по закупке могут быть переданы генеральному подрядчику в соответствии с положениями контракта на строительство.

На первом этапе заказчик на основе обоснования инвестиций устанавливает требования к строительным конструкциям и рассчитывает предполагаемую цену конструкции.

На втором этапе заказчик готовит тендерную документацию для объявления конкурса. Для торгов на оказание услуг, поставку строительных материалов и конструкций, продажу и аренду строительной техники предоставляется доступ к техническим спецификациям и в необходимых случаях к проектной документации. Лоты для конкурсов на поставку строительных конструкций формируются, исходя из проектной и сметной документации.

Для частных контрактов на поставку строительных материалов и изделий, серийно изготавливаемого оборудования, поставку и аренду строительной техники, оказание услуг предоставляется доступ к техническим спецификациям и при необходимости к проектной документации.

Проведение торгов и заключение контракта

Торги с целью заключения контракта по строительству и связанным со строительством работам, товарам и услугам осуществляются в следующих формах:

- открытый конкурс;
- закрытый конкурс;
- конкурентные переговоры;
- закупка у единственного поставщика;
- электронный аукцион.

Иные формы размещения заказов запрещаются.

Для проведения торгов распорядитель бюджетных средств или вышестоящая организация заказчика создает конкурсную комиссию. Объявление о закупке производится на специализированной электронной площадке. Документооборот о торгах ведется в электронной форме. Порядок подачи и рассмотрения заявок устанавливается уполномоченным органом Правительства РФ.

При длительности реализации контракта более года в условия конкурса включается применение корректирующих (дефляционных) коэффициентов. Размер обеспечения заявки от претендента на участие в конкурсе на комплексный контракт не должен превышать 1 % сметной стоимости при стоимости до 100 млн руб., 0,75 % при стоимости до 1 млрд руб. и 0,5 % при стоимости свыше 1 млрд руб.

1. При объявлении *открытого конкурса* заказчик публикует извещение о конкурсе и тендерную документацию. Последний срок подачи заявок на конкурс должен быть не ранее:

- 20 календарных дней после публикации при сметной стоимости до 100 млн руб. и для лотов без указания объемов работ;
- 30 календарных дней при сметной стоимости до 1 млрд руб.;
- 40 календарных дней при сметной стоимости до 10 млрд руб.;
- 50 календарных дней при сметной стоимости свыше 10 млрд руб.

Претендент может до подачи заявки проверить проектную документацию, включая сметную документацию, перечень и объем работ. При обнаружении ошибок претендент может подать одну или две жалобы в конкурсную комиссию не позже чем за 10 дней до последнего срока подачи заявок. Количество замечаний в одной жалобе не ограничивается. В замечании указывается ошибочный пункт сметы или номер чертежа, обоснование замечания со ссылкой на нормативный документ, предложение по исправлению.

При совпадении замечаний от разных претендентов жалобы объединяются. Комиссия обязана принять жалобы к рассмотрению, продлив срок подачи заявок на время рассмотрения и ответ заявителю, но не более 5 календарных дней на одну жалобу. При выявлении необходимости дополнительных

работ и затрат поправки могут быть внесены в тендерную документацию без снятия лота с конкурса.

В случае удовлетворения жалобы по существу претендент, заключивший контракт, не сможет далее в ходе работ подавать претензии по увеличению цены контракта. При отказе в удовлетворении жалобы по существу результаты конкурса могут быть обжалованы в суде в течение 30 календарных дней после подведения итогов.

Заявка претендента должна содержать предложение по цене контракта, продолжительности строительства и выполнения работ, а также информацию в соответствии с условиями объявленного конкурса. Заявка может также содержать предложения по совершенствованию проектного решения, применению прогрессивных строительно-монтажных технологий.

Предложение по цене контракта не может быть менее чем 80 % и более чем 105 % сметной стоимости лота без учета корректирующих (дефляционных) коэффициентов и затрат на перебазирование организации. Если в предложении названа цена, выходящая за указанные пределы, при рассмотрении заявки принимаются соответствующие предельные значения цены.

Если при подведении итогов конкурса интегральный критерий нескольких претендентов одинаков, предпочтение отдается заявке с наименьшей предложенной ценой (с учетом удовлетворенных замечаний в жалобах претендентов). Если интегральный критерий и цены в заявках нескольких претендентов одинаковы, предпочтение отдается заявке с меньшей заявленной продолжительностью строительства. Заказчик имеет право установить резерв времени, при использовании которого технический заказчик освобождается от штрафных санкций по контракту.

Если по интегральному критерию, цене предложения и по продолжительности заявки одинаковы, предпочтение отдается заявке, поступившей ранее других.

Заявка претендента на комплексный контракт должна содержать согласие основных субподрядчиков (объем работ или поставок которых составляет более 10 % стоимости контракта) на участие в исполнении контракта. Допускается выдача одним субподрядчиком согласия на участие в составе исполнителей различных претендентов на роль генерального подрядчика. Допускается также выдача согласия субподрядчиком, если он участвует в том же конкурсе в качестве претендента на роль генерального подрядчика.

Заявка претендента может содержать альтернативные предложения по совершенствованию объемно-планировочных, конструктивных и технологических решений, если они соответствуют заданию на проектирование. Заявка претендента может содержать альтернативные формулировки текста контракта. В случае победы претендента, предложивше-

го альтернативную формулировку, окончательный текст устанавливается конкурсной комиссией в течение 15 календарных дней после вынесения решения о присуждении контракта. Стоимость доставки оборудования, материалов и конструкций, шефмонтажа и шефналадки оборудования, монтажных и наладочных операций (при их наличии) должна быть выделена отдельно.

2. *Закрытый конкурс* проводится в том случае, если проектная документация объекта содержит служебную информацию с грифом «для служебного пользования», коммерческой, военной или государственной тайны. Информация о закрытом конкурсе рассылается претендентам, имеющим допуск к закрытой информации. В остальном принципы подачи заявок и подведения итогов конкурса соответствуют проведению открытого конкурса.

3. *Конкурентные переговоры* организуются для комплексных контрактов, строительно-монтажных работ и поставки оборудования на сумму свыше 10 млрд руб. Они ведутся в два тура. Первый тур выглядит в виде открытого или закрытого конкурса. Для второго тура конкурсная комиссия отбирает не менее трех претендентов (при наличии), показавших наилучшие результаты в первом туре. В состав комиссии включаются представители антимонопольной службы, федерального или регионального исполнительного органа по строительству, местных органов власти, саморегулируемой организации, владельца земельного участка.

Во втором туре претенденты представляют комиссии свои технические решения по строительству объекта, графики строительства, обосновывают расход ресурсов. На каждом заседании заслушивается только один претендент, представители остальных претендентов не допускаются. Заседания комиссии проводятся не более трех раз для каждого претендента, интервал между заседаниями составляет не менее трех и не более десяти календарных дней. В результате обсуждения претенденты могут изменять первоначальные предложения как по техническим решениям, так и по цене контракта и продолжительности строительства. Все заседания комиссии записываются аудиовизуальными средствами и сохраняются до окончания действия контракта.

Итоги второго тура подводятся по условиям конкурса, указанным в тендерной документации.

4. *Закупка у единственного поставщика* осуществляется, если по результатам объявленного конкурса или первого тура конкурентных переговоров подана только одна заявка. Такая закупка проводится также при специальном обосновании уникальности заказываемого оборудования, строящегося объекта.

5. *Электронный редукцион* (аукцион со снижением цены) производится при торгах на сумму до 10 млн руб., а также для контрактов на консервацию и снос. Для таких контрактов обоснование инвестиций необязательно.

Реализация контракта

Перед подписанием контракта претендент, выигравший конкурс, составляет проект сметы выполнения контракта, которая подлежит утверждению заказчиком. В смете требуется перечислить платежные этапы и работы, подлежащие реализации на каждом этапе. Итоговая сумма сметы без учета корректирующих (дефляционных) коэффициентов должна соответствовать цене контракта, предложенной победителем конкурса. Корректирующие коэффициенты могут по итогам квартала (года) уточняться по фактическим показателям инфляции, если это предусмотрено в контракте.

При продолжительности исполнения контракта свыше одного года подробные планы работ и платежные этапы составляются на первый год строительства и укрупненно — на последующие годы. На каждый последующий год планы работ и платежные этапы могут корректироваться дополнительными соглашениями заказчика и подрядчика. При этом общая сумма платежных этапов без учета корректирующих (дефляционных) коэффициентов должна соответствовать цене контракта.

При увеличении цен на строительные материалы, строительные машины, технологическое оборудование и другие материальные ресурсы более чем на пять процентов за год заказчик компенсирует фактическую инфляцию по сравнению с заложенным в смету контракта корректирующим коэффициентом. Компенсация рассчитывается по каждому элементу материальных затрат в отдельности на основании платежных документов подрядчика и выплачивается сверх предусмотренного резерва средств на непредвиденные работы и затраты.

В случае обнаружения необходимости выполнения непредвиденных работ и затрат, не предусмотренных проектной документацией, подрядчик должен сообщить об этом заказчику и предложить проект дополнительного соглашения. Заказчик принимает решение о проведении и оплате указанных работ и затрат или об отказе от их выполнения. Суммарное увеличение цены контракта в ходе его реализации не может превышать установленную в контракте величину резерва средств на непредвиденные работы и затраты, за исключением компенсации фактической инфляции. Неиспользованный остаток резерва должен быть возвращен инвестору (в бюджет).

При исчерпании суммы резерва и невозможности продолжать стройку контракт подлежит расторжению. Заказчик принимает решение о достройке объекта с объявлением нового конкурса, консервации или ликвидации объекта, а также о предъявлении претензий по возмещению убытков. Распорядитель бюджетных средств, вышестоящий орган государственного (муниципального) заказчика принимает решение о степени вины заказчика и о принятии соответствующих мер, вплоть до запрета объявления

заказчиком тендеров по строительству в течение года. Такое же решение может принять Счетная палата.

При обнаружении контролирующими органами признаков «обналичивания» денежных средств подрядчиком (генеральным подрядчиком, субподрядчиком) заказчик теряет право объявления тендеров по строительству в течение года. Информация о соответствующих действиях подрядчика передается правоохранительным органам.

Для частных контрактов на выполнение работ, поставку строительных материалов и изделий, строительных конструкций массового изготовления объем работ (поставок) возможно указать справочно. Основным условием контракта при этом является укрупненная или единичная удельная цена работы (поставки). При изменении заказчиком объема работ в пределах 10 % удельная цена не изменяется, заключение дополнительного соглашения не требуется. При уменьшении заказчиком объема работ (поставок) более чем на 10 %, но менее чем на 20 %, удельная цена работ (поставок) увеличивается на пять процентов. В случае уменьшения заказчиком объема работ более чем на 20 % заключается дополнительное соглашение об увеличении удельной цены и умень-

шении объема работ (поставок). В случае непреодолимых разногласий по поводу дополнительного соглашения контракт расторгается без определения вины сторон.

После заключения договора заказчик в 20-дневный срок выплачивает аванс в размере платежа первого месяца по графику финансирования, но не более 30 % общей цены контракта. Принятие работ и поставок производится заказчиком с проведением в необходимых случаях контрольных проверок и испытаний. Оплата работ осуществляется ежемесячно по фактически принятым работам за вычетом доли аванса, приходящейся на данный месяц. Последние 10 % суммы платежного этапа (кроме последнего) по смете контракта выплачиваются только после принятия заказчиком работ данного этапа в целом. Последние 6 % цены контракта выплачиваются после проведения заключительных операций по приемке объекта (работ, поставок), в необходимых случаях — гарантийных испытаний и комплексного опробования, из них три процента — после окончания гарантийного срока службы объекта.

Сопоставление основных действующих и предлагаемых положений приведено в таблице.

Сопоставление основных действующих и предлагаемых концептуальных положений

Comparison of the main existing and proposed conceptual provisions

Предмет рассмотрения Subject of consideration	Существующие правила Existing rules	Концептуальные предложения Conceptual proposals
Законодательство Legislation	Единое для всех видов поставок One for all types of deliveries	Специальное законодательство для торгов по строительству Special legislation for tendering for construction
Роль заказчика Customer role	Покупатель: разрабатывает условия тендера, текст договора Buyer: develops tender terms, contract text	Организует ЖЦ, обеспечивает условия работ, поставляет оборудование, контролирует результаты, сдает объект в эксплуатацию Organizes housing and communal services, provides working conditions, delivers equipment, monitors results, puts the facility into operation
Роль подрядчика Contractor role	Продавец: участвует в тендере, исполняет договор Seller: participates in the tender, performs the contract	Разрабатывает встречные предложения по совершенствованию проекта, организует и выполняет работы Develops counter-proposals to improve the project, organizes and performs the work
Ответственность заказчика Customer liability	Отвечает за нарушения законодательства о закупках Responsible for procurement law violations	Отвечает за несоблюдение обязанностей, может быть внесен в «список нарушителей» Responsible for failure to comply, can be included in the "list of violators"
Ответственность подрядчика Contractor liability	Отвечает за нарушения законодательства о закупках Responsible for procurement law violations	Отвечает за несоблюдение обязанностей, может быть внесен в «список нарушителей» Responsible for failure to comply, can be included in the "list of violators"

Продолжение таблицы / Continuation of the Table

Предмет рассмотрения Subject of consideration	Существующие правила Existing rules	Концептуальные предложения Conceptual proposals
Виды контрактов Contract Type	Поставка товаров, выполнение работ, оказание услуг Delivery of goods, works, services	Комплексный контракт на строительство объекта, в том числе «под ключ» Частный контракт на выполнение отдельных видов работ, услуг Complex contract for construction of the facility, including “turnkey” Private contract for certain types of work, services
Предмет контракта Subject of contract	Поставка товаров, выполнение работ, оказание услуг Delivery of goods, works, services	Любые этапы ЖЦ объекта Any stages of the object housing and communal services
Подготовка к торгам на строительство объекта Preparation for the tender for the construction of the facility	Разработка проектной документации (иногда обоснования инвестиций), условий тендера Development of project documents (sometimes investment justifications), tender terms	Разработка задания, обоснования инвестиций, технико-экономического обоснования, проектной документации, условий тендера Development of the task, justification of investments, feasibility study, project documentation, tender conditions
Состав конкурсной комиссии Contest committee	Определяется заказчиком Customer specific	Могут входить представители ФАС, СРО, органов власти и самоуправления May include representatives of FAS, SRO, government and self-government
Организация торгов для крупных контрактов Tendering for large contracts	Не отличается от остальных No different than the others	Проводятся конкурентные переговоры претендентов с независимой комиссией Competitive negotiations between applicants and an independent commission
Предложения по улучшению проекта и договора Proposals for improving the draft and the treaty	Не принимаются во внимание Do not take into account	Могут быть заявлены в определенные сроки, должны быть рассмотрены комиссией Can be declared within a certain time, should be considered by the commission
Отношения генподрядчика с субподрядчиками General contractor's relationship with subcontractors	Не контролируются Out of control	Контролируются заказчиком в целях обеспечения качества и эффективности строительства Controlled by the customer to ensure quality and efficiency of construction
Начальная цена контракта Initial contract price	Начальная цена не может быть превышена на торгах. Демпинг практически не контролируется The starting price cannot be exceeded in the auction. Dumping is practically not controlled	Цена уточняется по мере подготовки проекта, с учетом поправок участников торгов. На торгах может быть предложена в определенном диапазоне The price is specified as the project is prepared, taking into account the amendments of the bidders. At the tender can be offered in a certain range
Цена выполнения контракта Contract price	Как правило, твердая цена Usually, a firm price	Цена прогнозируется по кварталам, индексируется в период строительства Price forecast for quarters, indexed during construction
Штрафы и премии подрядчику Fines and bonuses to contractor	Штрафы предусматриваются договорными условиями Fines are stipulated by contract	Штрафы, премии и неустойки предусматриваются договорными условиями для обеих сторон Fines, premiums and penalties are stipulated in the contractual terms for both parties

Предмет рассмотрения Subject of consideration	Существующие правила Existing rules	Концептуальные предложения Conceptual proposals
Параллельное выполнение проектной документации и изготовление оборудования Parallel implementation of project documents and manufacture of equipment	Не рассматривается Irrelevant	Увязывается на этапах подготовки к тендеру на строительство Linked at the tender stages for construction
Первоочередные затраты, включая затраты на перебазирование строительных организаций Priority costs, including relocation of construction companies	Не выделяются Do not stand out	Выделяются в сумме затрат, уточняются после подведения итогов тендера Are allocated in the amount of costs, refined after the results of the tender
Резерв средств на непредвиденные работы и затраты Contingency and cost reserve	Не рассматривается Irrelevant	Остается на специальном счете распорядителя бюджетных средств Remains in the special account of the budget manager
Резерв времени при выполнении работ Time reserve when performing work	Не предусмотрен Do not provide	Устанавливается договорными условиями Is established by contract
Цены на конструкции и оборудование инвестиционного назначения Prices for construction and equipment for investment purposes	Не контролируются Out of control	Процент косвенных затрат и рентабельность лимитированы по образцу сметного нормирования Indirect cost percentage and profitability are limited based on estimated rationing
Документооборот тендера Tender document circulation	Описан подробнейшим образом Described in detail	Описывается в инструкции Described in the instruction

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С целью совершенствования закупочных процедур в области строительства и реконструкции зданий и сооружений целесообразно инициировать разработку и представление федерального закона о государственных закупках в сфере капитального строительства. В статьях закона следует отразить вопросы подготовки заказчиков и участников строительства, проведения тендерных процедур, заключения и исполнения контракта. Необходимо отдельно рассмотреть заключение комплексных контрактов на строительство объектов и частных контрактов на выполнение работ, поставку оборудования и материалов, оказание услуг. Для заводов-поставщиков материалов, конструкций и оборудования возможно ввести ограничение по максимальному уровню косвенных расходов и уровню плановой рентабельности.

В контракте государственного заказчика с техническим заказчиком стоит предусматривать резерв времени по сравнению с обязательствами отдельных исполнителей: проектировщиков, строителей, монтажников.

Для подрядных организаций требуется запретить демпинг путем фиксирования нижней и верхней границы цены контракта. Проведение аукционов и редукционных, иных закупочных процедур необходимо ограничить. Напротив, для крупных проектов рекомендуется развивать конкурентные переговоры, обеспечивающие итеративное сближение позиций сторон. Следует сделать равноправными отношения заказчика и исполнителя контракта, обеспечить равную ответственность за исполнение своих функций. Это будет являться предпосылкой для превращения подрядчика из «врага» заказчика в партнера и соратника.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Boadu E.F., Sunindijo R.Y., Wang C.C., Frimpong S.* Client-led promotion of health and safety through the procurement process on public construction projects in developing countries // *Safety Science*. 2022. Vol. 147. P. 105605. DOI: 10.1016/j.ssci.2021.105605
2. *Martin L., Benson L.* Relationship quality in construction projects: A subcontractor perspective of principal contractor relationships // *International Journal of Project Management*. 2021. № 39 (6). С. 633–645. DOI: 10.1016/j.ijproman.2021.05.002
3. *Cheaitou A., Larbi R., Housani B.A.* Decision making framework for tender evaluation and contractor selection in public organizations with risk considerations // *Socio-Economic Planning Sciences*. 2019. Vol. 68. P. 100620. DOI: 10.1016/j.seps.2018.02.007
4. *Loosemore M., Alkilani S.Z., Murphy R.* The institutional drivers of social procurement implementation in Australian construction projects // *International Journal of Project Management*. 2021. Vol. 39. Issue 7. Pp. 750–761. DOI: 10.1016/j.ijproman.2021.07.002
5. *Gallego J., Rivero G., Martínez J.* Preventing rather than punishing: An early warning model of malfeasance in public procurement // *International Journal of Forecasting*. 2021. Vol. 37. Issue 1. Pp. 360–377. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2020.06.006
6. *Khoso A.R., Yusof A.M., Chen Z.-S., Skibniewski M.J., Chin K.-S., Khahro S.H.* Comprehensive analysis of state-of-the-art contractor selection models in construction environment-A critical review and future call // *Socio-Economic Planning Sciences*. 2021. Vol. 79. P. 101137. DOI: 10.1016/j.seps.2021.101137
7. *Maréchal F., Morand P.-H.* Are social and environmental clauses a tool for favoritism? Analysis of French public procurement contracts // *European Journal of Political Economy*. 2021. Pp. 102140. DOI: 10.1016/j.ejpoleco.2021.102140
8. *Li J., Kassem M.* Applications of distributed ledger technology (DLT) and Blockchain-enabled smart contracts in construction // *Automation in Construction*. 2021. Vol. 132. P. 103955. DOI: 10.1016/j.autcon.2021.103955
9. *McNamara A.J., Sepasgozar S.M.* Intelligent contract adoption in the construction industry: Concept development // *Automation in Construction*. 2021. Vol. 122. P. 103452. DOI: 10.1016/j.autcon.2020.103452
10. *Yevu S.K., Yu A.T.W., Darko Y.A.* Digitalization of construction supply chain and procurement in the built environment: Emerging technologies and opportunities for sustainable processes // *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 322. P. 129093. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.129093
11. *Owusu E.K., Chan A.P.C., Ameyaw E.* Toward a cleaner project procurement: Evaluation of construction projects' vulnerability to corruption in developing countries // *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 216. Pp. 394–407. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.01.124
12. *Rodríguez M.J.G., Montequín V.R., Fernández F.O., Balsera J.V.* Spanish Public Procurement: legislation, open data source and extracting valuable information of procurement announcements // *Procedia Computer Science*. 2019. Vol. 164. Pp. 441–448. DOI: 10.1016/j.procs.2019.12.204
13. Юзвович Л.И., Исакова Н.Ю., Истомина Ю.В., Харжавин К.Е., Гоголина И.Н. Система государственных закупок: теоретический и практический аспекты: монография. Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2019. 233 с.
14. *Кауфова Ф.Б.* Проблемы контрактной системы государственных закупок и пути совершенствования законодательства // *Молодой ученый*. 2017. № 50 (184). С. 296–298.
15. *Береженцева И.О.* Международный опыт проведения подрядных торгов в строительстве // *Молодой ученый*. 2018. № 48 (234). С. 370–372.
16. *Парфильева Е.Н., Нуруллина А.И.* Анализ контрактной системы в сфере государственных закупок за рубежом // *Вопросы экономики и управления*. 2018. № 1 (12). С. 14–17.
17. *Семенова Ф.З., Борлакова М.Б., Боташева Л.С.* Зарубежный опыт организации государственных закупок // *Фундаментальные исследования*. 2016. № 6–2. С. 465–469.
18. *Жигит А.А., Хамидуллина К.И., Лашкин С.А.* Комплексная оценка проведения электронного аукциона при проведении государственных закупок услуг (на примере строительного подряда) // *Russian Economic Bulletin*. 2020. Т. 3. № 1. С. 68–74.
19. *Камалян А.М.* Правовое регулирование государственных закупок в Европейском Союзе : автореф. дис. ... канд. юр. наук. М., 2018.
20. *Федорова И.Ю., Пупия Ю.С.* Организация системы государственных закупок в Японии и возможности опыта их применения в России // *МИР (Модернизация. Инновации. Развитие)*. 2021. Т. 12. № 1. С. 34–55. DOI: 10.18184/2079-4665.2021.12.1.34-55
21. *Анчишкина О.В.* Контрактная система Российской Федерации: особенности функционирования сферы государственных и муниципальных закупок, закупок отдельных видов юридических лиц // *Экономическая теория, анализ, практика*. 2017. № 4. С. 53–88.
22. *Смотрицкая И.И.* Контрактная система закупок в контексте российских реформ // *Вестник Института экономики Российской академии наук*. 2019. № 6. С. 9–25. DOI: 10.24411/2073-6487-2019-10067

Поступила в редакцию 25 января 2022 г.

Принята в доработанном виде 4 апреля 2022 г.

Одобрена для публикации 4 апреля 2022 г.

О Б АВТОРАХ: Александр Сергеевич Павлов — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры строительства объектов тепловой и атомной энергетики; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; заместитель руководителя Департамента экспертизы и оптимизации проектных решений; **Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций (ВНИИАЭС)**; 109507, г. Москва, ул. Ферганская, д. 25; РИНЦ ID: 79850, Scopus: 57212719485, ResearcherID: AАН-4585-2021, ORCID: 0000-0001-6638-5554; PavlovAS@mgsu.ru;

Роман Вадимович Островский — аспирант кафедры строительства объектов тепловой и атомной энергетики; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; РИНЦ ID: 920855, Scopus: 57221052924, ORCID: 0000-0001-7886-4659; rchkp@rambler.ru.

Вклад авторов:

Павлов А.С. — разработка концепции контрактных отношений, подготовительных этапов, заключения контракта, определения цены контракта.

Островский Р.В. — разработка концепции договорной продолжительности строительства, исполнения контракта.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. Boadu E.F., Sunindijo R.Y., Wang C.C., Frimpong S. Client-led promotion of health and safety through the procurement process on public construction projects in developing countries. *Safety Science*. 2022; 147:105605. DOI: 10.1016/j.ssci.2021.105605
2. Martin L., Benson L. Relationship quality in construction projects: A subcontractor perspective of principal contractor relationships. *International Journal of Project Management*. 2021; 39(6):633-645. DOI: 10.1016/j.ijproman.2021.05.002
3. Cheaitou A., Larbi R., Housani B.A. Decision making framework for tender evaluation and contractor selection in public organizations with risk considerations. *Socio-Economic Planning Sciences*. 2019; 68:100620. DOI: 10.1016/j.seps.2018.02.007
4. Loosemore M., Alkilani S.Z., Murphy R. The institutional drivers of social procurement implementation in Australian construction projects. *International Journal of Project Management*. 2021; 39(7):750-761. DOI: 10.1016/j.ijproman.2021.07.002
5. Gallego J., Rivero G., Martínez J. Preventing rather than punishing: An early warning model of malfeasance in public procurement. *International Journal of Forecasting*. 2021; 37(1):360-377. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2020.06.006
6. Khoso A.R., Yusof A.M., Chen Z.-S., Skibniewski M.J., Chin K.-S., Khahro S.H. Comprehensive analysis of state-of-the-art contractor selection models in construction environment-A critical review and future call. *Socio-Economic Planning Sciences*. 2021; 79:101137. DOI: 10.1016/j.seps.2021.101137
7. Maréchal F., Morand P.-H. Are social and environmental clauses a tool for favoritism? Analysis of French public procurement contracts. *European Journal of Political Economy*. 2021; 102140. DOI: 10.1016/j.ejpolco.2021.102140
8. Li J., Kassem M. Applications of distributed ledger technology (DLT) and Blockchain-enabled smart contracts in construction. *Automation in Construction*. 2021; 132:103955. DOI: 10.1016/j.autcon.2021.103955
9. McNamara A.J., Sepasgozar S.M. Intelligent contract adoption in the construction industry: Concept development. *Automation in Construction*. 2021; 122:103452. DOI: 10.1016/j.autcon.2020.103452
10. Yevu S.K., Yu A.T.W., Darko Y.A. Digitalization of construction supply chain and procurement in the built environment: Emerging technologies and opportunities for sustainable processes. *Journal of Cleaner Production*. 2021; 322:129093. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.129093
11. Owusu E.K., Chan A.P.C., Ameyaw E. Toward a cleaner project procurement: Evaluation of construction projects' vulnerability to corruption in developing countries. *Journal of Cleaner Production*. 2019; 216:394-407. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.01.124
12. Rodríguez M.J.G., Montequín V.R., Fernández F.O., Balsera J.V. Spanish Public Procurement: legislation, open data source and extracting valuable information of procurement announcements. *Procedia Computer Science*. 2019; 164:441-448. DOI: 10.1016/j.procs.2019.12.204

13. Yuzvovich L.I., Isakova N.Yu., Istomina Yu.V., Kharzhavin K.E., Gogolina I.N. *Public procurement system: theoretical and practical aspects: monograph*. Ekaterinburg, Ural Federal University, 2019; 233. (rus.).
14. Kaufova F.B. Problems of the contract system of public procurement and ways to improve legislation. *Young Scientist*. 2017; 50(184):296-298. (rus.).
15. Beryozhentseva I.O. International experience of contract bidding in construction. *Young Scientist*. 2018; 48(234):370-372. (rus.).
16. Parfileva E.N., Nurullina A.I. Analysis of the contract system in the field of public procurement abroad. *Issues of Economics and Management*. 2018; 1(12):14-17. (rus.).
17. Semenova F.Z., Borlakova M.B., Botasheva L.S. Foreign experience of state procurement. *Fundamental Research*. 2016. 6-2:465-469. (rus.).
18. Zhigit A.A., Khamidullina K.I., Lashkin S.A. Comprehensive evaluation of electronic auction at the purchase of public services purchases (on the example of construction contract). *Russian Economic Bulletin*. 2020; 3(1):68-74. (rus.).
19. Kamalyan A.M. *Legal regulation of public procurement in the European Union. Diss. PhD*. Moscow, 2018. (rus.).
20. Fedorova I.Yu., Pipiya Yu.S. Organization of the public procurement system in Japan and the possibilities of experience of their application in Russia. *MIR (Modernization. Innovation. Research)*. 2021; 12(1):34-55. DOI: 10.18184/2079-4665.2021.12.1.34-55 (rus.).
21. Anchishkina O.V. Russian Federation contract system: functioning peculiarities of state and municipal procurement and certain types of legal entities procurement. *Economic theory, analysis, practice*. 2017; 4:53-88. (rus.).
22. Smotritskaya I.I. Contract procurement system in the context of Russian reforms. *Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences*. 2019; 6:9-25. DOI: 10.24411/2073-6487-2019-10067 (rus.).

Received January 25, 2022.

Adopted in revised form on April 4, 2022.

Approved for publication on April 4, 2022.

BIONOTES: **Alexander S. Pavlov** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Construction of Thermal and Nuclear Power Facilities; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; Deputy Head of the Department of Expertise and Optimization of Design Solutions; **All-Russian Research Institute for Nuclear Power Plants Operation (VNIIAES)**; 25 Ferganskaya st., Moscow, 109507, Russian Federation; ID RISC: 79850, Scopus: 57212719485, ResearcherID: AAH-4585-2021, ORCID: 0000-0001-6638-5554; PavlovAS@mgsu.ru;

Roman V. Ostrovskii — postgraduate of the Department of Construction of Thermal and Nuclear Power Facilities; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ID RISC: 920855, Scopus: 57221052924, ORCID: 0000-0001-7886-4659; rchkp@rambler.ru.

Contributions of the authors:

Alexander S. Pavlov — development of the concepts of contractual relations, preparatory stages, awarding of the contract, determination of the contract price.

Roman V. Ostrovskii — development of the concept of contractual duration of construction, contract execution.

The authors declare that they have no conflicts of interest.

Организационно-технологическая платформа строительства

Азарий Абрамович Липидус

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(НИИ МГСУ); г. Москва, Россия*

АННОТАЦИЯ

Введение. В настоящее время вследствие активного внедрения цифровых технологий активно развиваются технологические платформы, цель которых — реализация различных продуктов. Рассматривается организационно-технологическая платформа крупномасштабных проектов строительства — совокупность материальных и трудовых ресурсов, организационно-технологических решений, позволяющих посредством их взаимодействия с использованием современных технологий информационного моделирования создавать строительные объекты с заданными техническими и экономическими характеристиками.

Материалы и методы. С целью формирования организационно-технологической платформы применяются методы дерева целей и анализа иерархий. Приведена декомпозиция сложной системы, представленная на трех уровнях дерева целей и описанная при помощи анализа иерархий. На верхнем уровне цель проекта, далее следует проблема (задача), и на последнем, нижнем уровне дерева целей находятся направления решений.

Результаты. Для наиболее адекватного аналитического описания предложено использовать метод анализа иерархий, который дает возможность осуществить декомпозицию перечисленных факторов, составляющих дерево целей, и получить конкретные критерии и альтернативы, присущие крупномасштабным проектам в строительстве, опираясь на принцип формирования смарт-критериев. Создавать математическую модель организационно-технологической платформы следует с помощью построения векторов весов приоритетов, учитывающих значимость всех критериев, на основании этих данных взвешивается каждый критерий. Интегральная оценка взвешенных по каждому критерию оценок показателей может являться итоговым весом в структуре критерия. Детальная разработка математического аппарата получения интегральной оценки станет предметом дальнейших исследований.

Выводы. Организационно-технологическая платформа крупномасштабных проектов в строительстве — это инструмент взаимодействия всех участников реализации таких проектов, направленный на успешную реализацию поставленных целей: достижения проектных показателей по продолжительности строительства, бюджету, надежности и безопасности возводимого объекта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: организационно-технологическая платформа строительства, крупномасштабный проект, метод дерева целей, метод анализа иерархий, цели, задачи, направления решений, критерии, смарт-критерии, альтернативы

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Липидус А.А. Организационно-технологическая платформа строительства // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. Вып. 4. С. 516–524. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.516-524

Автор, ответственный за переписку: Азарий Абрамович Липидус, Lapidusaa@mgsu.ru.

Organizational and technological platform of construction

Azariy A. Lapidus

*Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU); Moscow,
Russian Federation*

ABSTRACT

Introduction. At present, due to the active introduction of digital technologies, technological platforms are actively developing, the purpose of which is the implementation of various products. The presented study considers the organizational and technological platform of large-scale construction projects — a set of material and labor resources, organizational and technological solutions that allow, through their interaction, using modern information modeling technologies, to create construction objects with specified technical and economic characteristics.

Materials and methods. For the formation of the organizational and technological platform, the methods of the goal tree and the analysis of hierarchies are used. A decomposition of a complex system is presented, presented at three levels of the goal tree and described using the analysis of hierarchies. At the top level, the goal of the project, followed by the problem (task), and at the last, lower level of the tree of goals are directions for solutions.

Results. For the most adequate analytical description, it is proposed to use the hierarchy analysis method, which makes it possible to decompose the above factors that make up the goal tree and obtain specific criteria and alternatives inherent in large-scale construction projects, based on the principle of smart criteria formation. The creation of a mathematical model of an organizational and technological platform should be carried out using the possibility of constructing priority weight vectors that take into account the significance of all criteria, and each criterion is weighted based on these data. The integral

assessment of indicators weighted for each criterion can be the final weight in the criterion structure. Detailed development of the mathematical apparatus for obtaining an integral estimate will be the subject of further research.

Conclusions. The organizational and technological platform of large-scale projects in construction is a tool for the interaction of all participants in the implementation of such projects, aimed at the successful implementation of the set goals — achieving design indicators in terms of duration.

KEYWORDS: organizational and technological platform of construction, large scale project, goal tree method, method of analysis of hierarchies, goals, tasks, directions of decisions, criteria, smart criteria, alternatives

FOR CITATION: Lapidus A.A. Organizational and technological platform of construction. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2022; 17(4):516-524. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.516-524 (rus.).

Corresponding author: Azariy A. Lapidus, Lapidusaa@mgsu.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Реализация крупномасштабных инвестиционных проектов в строительстве в современных условиях представляет сложный процесс. В него вовлечено значительное количество участников, привлечены значительные материальные и трудовые ресурсы [1]. Их взаимодействие, направленное на успешное достижение поставленных в проекте целей, невозможно без цифровизации всех или большинства процессов [2].

Выполнение стоящих перед застройщиками и подрядчиками задач без модернизации подходов к внутреннему и внешнему содержанию организационно-технологических процессов приводит к увеличению продолжительности строительства, завышению планируемых бюджетов, а нередко и к снижению качества конечной продукции.

На сегодняшний день возникла необходимость создать новый формат взаимоотношений участников и использования вовлеченных трудовых и материальных ресурсов в течение всего жизненного цикла реализации строительного объекта, начиная от идеи его создания и заканчивая утилизацией. Такая модель выполнения строительного проекта должна была бы учитывать большой объем факторов, которые позволяют [3, 4]:

- обеспечивать успешное выполнение поставленных в проекте задач;
- опираться на внешнюю и внутреннюю среды проекта [5];
- осуществлять постоянный мониторинг состояния проекта;
- устранять возникающие ошибки [6];
- применяя технологии информационного моделирования, оцифровать процессы и ресурсы проекта [7];
- защищать цифровые данные [8].

В последние годы каждое из сформулированных выше направлений являлось предметом глубоких исследований, но, как правило, предлагалось их реализовывать по отдельности, при помощи соответствующих технологических платформ [9–12]. Однако до сих пор не разработан механизм, который дает возможность учитывать как единое целое все эти составные элементы проекта, хотя попытки их комплексного учета предпринимались. Например, появи-

лись исследования, связанные с различными технологическими платформами, такими как многосторонние платформы (multi-sided platforms) [13] — технологии, продукты или сервисы, которые создают ценность, в основном предоставляя возможность прямого взаимодействия между двумя и более пользователями или группами пользователей.

По мнению автора, требуется ввести, обосновать и разработать универсальный инструмент, позволяющий оптимизировать реализацию крупномасштабных инвестиционно-строительных проектов (ИСП). Для этого введем понятие организационно-технологической платформы строительства. Данный термин уже появлялся в профессиональной литературе¹. Главное, что сказано в приведенном источнике, — организационно-технологическая платформа строится на «намерении к сотрудничеству и взаимодействию на определенных условиях и принципах в реализации совместных мероприятий (проектов)». Такое определение абсолютно не раскрывает внутренней сути рассматриваемого понятия, и именно решению задачи создания и описания организационно-технологической платформы строительства посвящены представленные исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Постановка задачи настоящего исследования основана на необходимости сформулировать и обосновать термин «организационно-технологическая платформа в строительстве» и предложить пути построения ее модели. В приведенных в введении источниках литературы имеются многочисленные формулировки понятия «индустриальные платформы», но, как правило, без привязки к той или иной отрасли производства. Для нас важна именно строительная отрасль, как объект исследования, а предмет исследования — организационно-технологическая платформа крупномасштабных ИСП.

Крупномасштабный ИСП изучается как сложная система, подчиняющаяся всем основным положениям системотехники [14]. Это означает, что для опи-

¹ Положение об организационно-технологической платформе «Смарт-индустрия Беларуси» // Министерство экономики Республики Беларусь. URL: <https://economy.gov.by/uploads/files/ObsugdaemNPA/proekt-Polozhenija.pdf>

сания системы следует осуществить ее декомпозицию на подсистемы, являющиеся наиболее значимыми для достижения конечного результата — успешной реализации проекта.

В настоящем исследовании рассматриваются крупномасштабные ИСП без акцентов на существующие особенности жилищного, гражданского или промышленного строительства. Хотя, безусловно, у каждого из названных направлений строительства существуют индивидуальные признаки, присущие только им, и в следующих работах будет проведено их детальное изучение.

Необходимо определить, что понимается под главным понятием данного исследования. Организационно-технологическая платформа в строительстве — это основанная на использовании современных технологий информационного моделирования совокупность материальных, трудовых ресурсов и организационно-технологических решений, позволяющих посредством их взаимодействия стремиться к достижению единой цели — созданию строительных объектов с заданными техническими и экономическими характеристиками.

В силу многофакторности организационно-технологических решений крупномасштабного ИСП достаточно сложно описать их взаимодействие без использования различных методов формализации сложных систем. По нашему мнению, наиболее адекватно описывает структуру организационно-технологической платформы в строительстве метод дерева целей [15], который дает возможность рассматривать подсистемы проекта на трех базовых уровнях: цели – проблемы – направления решений (рис. 1).



Рис. 1. Базовые уровни дерева целей организационно-технологической платформы строительства

Fig. 1. Basic levels of the goal tree of the organizational and technological construction platform

Последовательность взаимодействия организационно-технологических решений на каждом уровне может обуславливать сложность решаемых в каждом конкретном случае задач, но для всех проектов без исключений сначала устанавливаются цели, на их основе формируются проблемы, а затем создаются направления решений. Все эти действия осуществля-

ются в условиях использования технологии информационного моделирования и обеспечиваются наличием инструментов кибербезопасности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для формирования исследуемой платформы необходимо более детально определить понятия цели, проблем и направлений решений крупномасштабного проекта строительства.

Начнем с цели, которая может рассматриваться как в единичном формате, так и во множественном. Например, целью реализации функционирования организационно-технологической платформы является успешное завершение крупномасштабного проекта (ЦГЛ). Однако кто-то из участников этого проекта в соответствии с профессиональной заинтересованностью может рассматривать в качестве цели организационно-технологические аспекты — сокращение продолжительности проекта (ЦСП), для других наиболее важная цель — достижение финансовых результатов — снижение запланированного бюджета (ЦБЮ). Могут быть и другие цели, но всех объединяет стремление участников проекта достичь их в результате окончания возведения строительного объекта.

В процессе достижения конечного результата возникают проблемы (задачи), среди которых можно выделить следующие основные:

- учет внешних факторов проекта (ВНЕ — K_1);
- учет внутренних факторов проекта (ВНУ — K_2);
- выполнение изысканий (ИЗЫ — K_3);
- наличие проектной документации (ПРО — K_4);
- возможность привлечения трудовых ресурсов необходимого для реализации проекта уровня — квалифицированной рабочей силы и инженерно-технических работников (ИТР) (ТРУ — K_5);
- возможность использования высокопроизводительных машин и механизмов (МЕХ — K_6);
- возможность своевременной поставки современных материалов и оборудования (МАТ — K_7);
- применение технологий информационного моделирования (ТИМ — K_8);
- информационная безопасность проекта (БЕЗ — K_9).

Все перечисленные проблемы (задачи) должны быть успешно решены в течение реализации проекта, и их решения можно представить в виде метода анализа иерархий [16, 17], построив следующую иерархическую последовательность: цель (ЦЕЛЬ — Ц) – критерий (ПРОБЛЕМА/ЗАДАЧА — К) – альтернатива (НАПРАВЛЕНИЕ/РЕШЕНИЕ — А).

Выше мы рассмотрели цели (ЦЕЛИ) и сформулировали критерии (ПРОБЛЕМЫ/ЗАДАЧИ). При разработке и формализации целей организационно-технологической платформы требуется помнить, что цели достигаются благодаря пяти основным свойствам, присущим критериям, — смарт-критериям [18].

Смарт (smart) в переводе с английского означает «умный», смысл этого термина в данном контексте возникает от аббревиатуры следующих слов, характеризующих свойства критериев, направленных на реализацию целей: конкретность/ясность (specific) целей платформы; измеримость (measurable); достижимость/реализуемость (achievable) целей платформы; важность (relevant); определенность по срокам (timed/timed-bound) целей платформы.

Для построения модели организационно-технологической платформы с использованием метода анализа иерархий необходимо создать базы альтернатив (НАПРАВЛЕНИЙ/РЕШЕНИЙ). Последовательно рассмотрим альтернативы, относящиеся к конкретным критериям.

Учет внешних факторов проекта (ВНЕ — К₁)

Под внешними факторами подразумеваем наличие следующих альтернатив:

- политическая ситуация в стране и мире (ПОЛ — А₁₁);
- экономическая ситуация в стране и мире (ЭКО — А₁₂);
- наличие соответствующих директивных решений (ДИР — А₁₃);
- наличие соответствующей юридической базы (ЮРИ — А₁₄);
- наличие соответствующей нормативной базы (НОР — А₁₅);
- экологическая ситуация вокруг проекта (ЭКЛ — А₁₆);
- культурологическая ситуация вокруг проекта (КУЛ — А₁₇);
- наличие воздействующих природных факторов (ПРИ — А₁₈);
- отношение местного населения к проекту (НАС — А₁₉).

Учет внутренних факторов проекта (ВНУ — К₂)

- выбор правильного месторасположения объекта строительства (МРА — А₂₁);
- наличие дорожной инфраструктуры (ДИН — А₂₂);
- наличие социальной инфраструктуры (СИН — А₂₃).

Выполнение изысканий (ИЗЫ — К₃)

- подбор квалифицированных исполнителей (ИСИ — А₃₁);
- корректная постановка задачи (ТЗИ — А₃₂);
- наличие современного оборудования для изысканий (ОБИ — А₃₃).

Наличие проектной документации (ПРО — К₄)

- подбор квалифицированных исполнителей (ИСП — А₄₁);
- корректная постановка задачи (ТЗП — А₄₂);
- наличие компьютерного оборудования для проектирования (ОБП — А₄₃);
- наличие программного обеспечения (ПО) для проектирования (ПРП — А₄₄).

Возможность привлечения трудовых ресурсов необходимого для реализации проекта уровня — квалифицированной рабочей силы и ИТР (ТРУ — К₅)

- подготовка персонала требуемого уровня (ПЕР — А₅₁);
- наличие такого персонала в достаточном количестве в месте возведения объекта (НПЕ — А₅₂);
- возможность переподготовки персонала в соответствии с возникающими задачами (ПЕП — А₅₃).

Возможность использования высокопроизводительных машин и механизмов (МЕХ — К₆)

- подготовка персонала для работы на высокопроизводительных машинах (МЕП — А₆₁);
- наличие высокопроизводительных машин (МЕН — А₆₂);
- наличие баз обслуживания высокопроизводительных машин (МЕБ — А₆₃).

Возможность своевременного использования современных материалов и оборудования (МАТ — К₇)

- подготовка персонала для работы с современными материалами (МАП — А₇₁);
- возможность обеспечения строительства современными материалами (МАО — А₇₂);
- качественное выполнение работ с современными материалами (МАК — А₇₃).

Применение технологий информационного моделирования (ТИМ — К₈)

- наличие специалистов в области технологий информационного моделирования (ИСТ — А₈₁);
- наличие компьютерного оборудования для реализации технологий информационного моделирования (ОБТ — А₈₂);
- наличие ПО для технологий информационного моделирования (ПРТ — А₈₃).

Информационная безопасность проекта (БЕЗ — К₉)

- наличие специалистов в области безопасности проекта (БЕС — А₉₁);
- наличие ПО для безопасности проекта (БЕП — А₉₂).

В общем виде матрица организационно-технологической платформы, работа с которой позволит продолжить формирование математической модели, представлена в таблице.

Декомпозиция организационно-технологической платформы строительства дает возможность сформировать исходные материалы для формирования математической модели реализации проекта, осуществляемой посредством подробного изучения элементов матрицы, их взаимодействий и влияния на конечный показатель. Графически представленная выше матрица может быть отображена в следующем виде (рис. 2).

Проведя приведенную выше декомпозицию элементов организационно-технологической платформы, можно приступить к построению ее модели.

Матрица организационно-технологической платформы

Matrix of the organizational and technological platform

Цели Goals		Критерии Criteria	Альтернативы Alternatives
ЦГЛ / GMN (The main goal)	ЦБЮ / GBU (Reduction of the planned budget — Central Bank)	ВНЕ / EXT (taking into account the external factors of the project)	ПОЛ / POL (the political situation in the country and the world)
			ЭКО / ECN (economic situation in the country and the world)
			ДИР / DIR (availability of appropriate directive decisions)
			ЮРИ / LEG (availability of an appropriate legal framework)
			НОР / REG (availability of an appropriate regulatory framework)
			ЭКЛ / ECL (ecological situation around the project)
			КУЛ / CUL (cultural situation around the project)
			ПРИ / NAT (presence of influencing natural factors)
			НАС / POP (attitude of the local population to the project)
	ЦСП / GRW (Reducing the duration of the project)	ВНУ / INT (consideration of internal factors of the project)	МРА / LOC (choosing the correct location of the construction object)
			ДИН / RIN (availability of road infrastructure)
			СИН / SIN (availability of social infrastructure)
		ИЗЫ / RES (execution of surveys)	ИСИ / PER (selection of qualified performers)
			ТЗИ / TTS (correct problem statement)
			ОБИ / EQS availability of modern equipment for surveys
		ПРО / PRO (availability of project documentation)	ИСП / PER (selection of qualified performers)
			ТЗП / TTP (correct statement of the problem)
			ОБП / EQD (availability of computer equipment for design)
			ПРИП / SOD (availability of software (software) for design)

Окончание таблицы / End of the Table

Цели Goals		Критерии Criteria	Альтернативы Alternatives
ЦГЛ / GMN (The main goal)	ЦСР / GRW (Reducing the duration of the project)	ТРУ / LAB (the possibility of attracting labor resources)	ПЕР / PER (training of personnel of the required level)
			НПЕ / PPE (the presence of such personnel in sufficient numbers at the site of the construction of the facility)
			ПЕР / PER (the possibility of retraining personnel in accordance with emerging tasks)
		МЕХ / MCH (the possibility of using high-performance machines and mechanisms)	МЕХ / MET training of personnel to work on high-performance machines
			МЕБ / MEA availability of high—performance machines
			МЕП / MEB (availability of service bases for high-performance machines)
		МАТ / MAT (the possibility of timely use of modern materials and equipment)	МАП / MAT (training of personnel to work with modern materials)
			МАО / MAP (the possibility of providing construction with modern materials)
			МАК / MAC (high-quality work with modern materials)
		ТИМ / IMT (application of information modeling technologies)	ИСТ / IST (availability of specialists in the field of information modeling technologies)
			ОБТ / EQT (availability of computer equipment for the implementation of information modeling technologies)
			ПРТ / SFT (availability of software for information modeling technologies)
		БЕЗ / SEC (information security of the project)	БЕС / SES (availability of project security specialists)
			БЕП / SSF (availability of project security software)

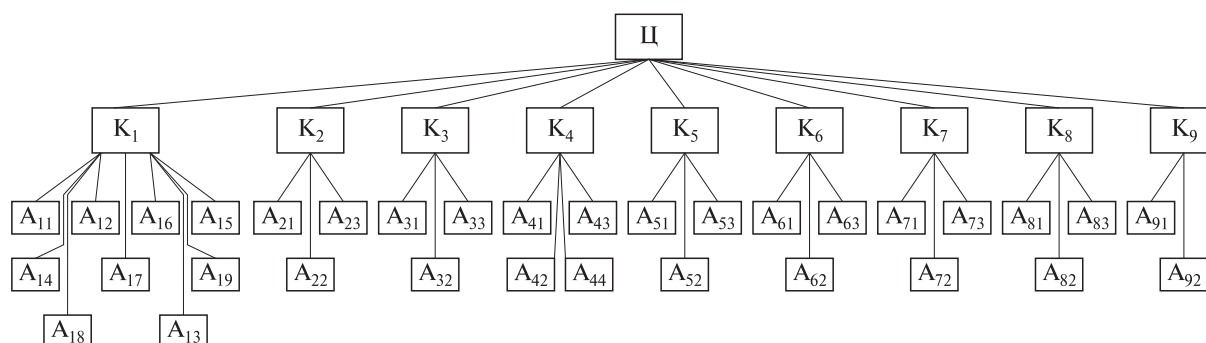


Рис. 2. Графическое изображение целей, критериев и альтернатив организационно-технологической платформы строительства

Fig. 2. Graphical representation of the goals, criteria and alternatives of the organizational and technological platform for construction

Как было отмечено, наиболее доступным оказывается применение математической формализации модели при помощи метода анализа иерархий [19, 20]. Для этого строится матрица попарных сравнений критериев и девять матриц альтернатив с привлечением экспертов — специалистов в области реализации крупномасштабных проектов в строительстве. В основу рассуждений положена статистическая обработка высказываний экспертов по парным сравнениям матриц с целью формирования относительной значимости, выражаемой численно в виде векторов приоритета, показателей по всем критериям (задачам) иерархии [21].

Используется возможность построения векторов весов приоритетов, учитывающих значимость всех критериев, на основании этих данных взвешивается каждый критерий и размещается в соответствии с оговоренным правилом ранжирования.

Интегральный результат взвешенных по каждому критерию оценок показателей может быть итоговым весом в структуре критерия. Детальная разработка математического аппарата получения интегральной оценки должна стать предметом дальнейших исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Предложенный подход к созданию организационно-технологических платформ крупномасштабных проектов в строительстве даст возможность реализовать такие проекты с наибольшим эффектом, избежать материальных и моральных потерь и обеспечить требуемую надежность и безопасность возводимых объектов.

В исследовании применяются метод дерева целей и метод анализа иерархий в совокупности с элементами положений системотехники, как наиболее

адекватно описывающие сложную систему крупномасштабных проектов в строительстве.

Перспектива развития дальнейших исследований представляется в виде детального изучения организационно-технологических платформ для различных видов строительства: гражданского, жилищного и промышленного. При этом, если цели реализации проектов являются, как правило, одинаковыми — достижение проектных показателей по продолжительности строительства, надежности, безопасности и финансовым результатам, то критерии и альтернативы их достижения и будут предметом детального рассмотрения.

Интересными можно считать и исследования, связанные с созданием организационно-технологических платформ отдельных направлений в строительстве. Например, перспективно создание организационно-технологической платформы строительного контроля. Здесь можно изучить строительный контроль не только для отдельных направлений строительства, но также и для особенных аспектов внутри этих направлений.

Можно предложить, что особенно актуальными окажутся исследования по формированию организационно-технологической платформы строительного контроля при возведении объектов атомной промышленности.

Еще одно перспективное направление — формирование организационно-технологических платформ научно-технического сопровождения.

Как следует из вышесказанного, описанное в настоящей работе направление исследований является очень значимым для достижения требуемых результатов при реализации крупномасштабных проектов в строительстве, и его развитие представляет актуальную научную проблему.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Овчинников А.Н., Лapidус А.А. Методические основы формирования организационно-управленческой модели деятельности заказчика при реализации крупномасштабного инвестиционно-строительного проекта // *Строительное производство*. 2021. № 1. С. 2–6. DOI: 10.54950/26585340_2021_1_2
2. Бабкин А.В., Буркальцева Д.Д., Костень Д.Г., Воробьев Ю.Н. Формирование цифровой экономики в России: сущность, особенности, техническая нормализация, проблемы развития // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*. 2017. Т. 10. № 3. С. 9–25. DOI: 10.18721/JE.10301
3. Добрынин А.П., Черных К.Ю., Куприяновский В.П., Куприяновский П.В., Синягов С.А. Цифровая экономика — различные пути к эффективному применению технологий (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA и другие) // *International journal of open information technologies*. 2016. Т. 4. № 1. С. 4–11.
4. Лapidус А.А. Формирование интегрального потенциала организационно-технологических решений посредством декомпозиции основных элементов строительного проекта // *Вестник МГСУ*. 2016. № 12. С. 114–123. DOI: 10.22227/1997-0935.2016.12.114-123
5. Теличенко В.И., Лapidус А.А., Морозенко А.А. Информационное моделирование технологий и бизнес-процессов в строительстве. М.: Издательство АСВ, 2008. 144 с.
6. Чернухина Г.Н. Современные технологии управления в цифровой экономике // *Вестник Академии*. 2017. № 4. С. 24–28.
7. Клочков В.В. Влияние технологий «Цифровой экономики» на индустриальный сектор // *Дружковский вестник*. 2018. № 2 (22). С. 59–67.
8. Shaabany G., Grimm M., Anderl R. Secure Information Model for Data Marketplaces enabling Global Distributed Manufacturing // *Procedia CIRP*. 2016. Vol. 50. Pp. 360–365. DOI: 10.1016/j.procir.2016.05.003
9. Тимиргалеева Р.Р., Гришин И.Ю. Обоснование структуры организационно-технологической платформы отраслевой экосистемы цифровой экономики // *Научный вестник: финансы, банки, инвестиции*. 2019. № 4 (49). С. 179–185.
10. Moustafa N., Adi E., Turnbull B., Hu J. A New Threat Intelligence Scheme for Safeguarding Industry 4.0 Systems // *IEEE Access*. 2018. Vol. 6. Pp. 32910–32924. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2844794
11. Sung T.K. Industry 4.0: A Korea perspective // *Technological Forecasting and Social Change*. 2018. Vol. 132. Pp. 40–45. DOI: 10.1016/j.techfore.2017.11.005
12. Marcon P., Zezulka F., Vesely I., Szabo Z., Roubal Z., Sajdl O. et al. Communication Technology for Industry 4.0 // *2017 Progress in Electromagnetics Research Symposium — Spring (PIERS)*. 2017. DOI: 10.1109/PIERS.2017.8262021
13. Hagi A., Wright J. Multi-sided platforms // *International Journal of Industrial Organization*. 2015. Vol. 43. Pp. 162–174. DOI: 10.1016/j.ijindorg.2015.03.003
14. Лapidус А.А. Потенциал эффективности организационно-технологических решений строительного объекта // *Вестник МГСУ*. 2014. № 1. С. 175–180. DOI: 10.22227/1997-0935.2014.1.175-180
15. Жемчужов А.М., Жемчужов М.К. Современная организация: дерево целей — дерево стратегий // *Проблемы экономики и менеджмента*. 2013. № 5 (21). С. 21–35.
16. Ризванова А.Я. Теоретические аспекты формирования концепции smart-территорий // *Креативная экономика*. 2020. Т. 14. № 12. С. 3307–3320. DOI: 10.18334/ce.14.12.111196
17. Qian F., Zhong W., Du W. Fundamental Theories and Key Technologies for Smart and Optimal Manufacturing in the Process Industry // *Engineering*. 2017. Vol. 3. Issue 2. Pp. 154–160. DOI: 10.1016/J.ENG.2017.02.011
18. Doran G.T. There's a S.M.A.R.T. way to write management's goals and objectives // *Management Review*. 1981. Vol. 70. Pp. 35–36.
19. Саати Т.Л. Принятие решений: Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 314 с.
20. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети. М.: ЛКИ, 2008. 360 с.
21. Дюжева Е.В. Разработка математической модели оценки эффективности деятельности медико-санитарных частей пенитенциарного здравоохранения с использованием метода анализа иерархий // *Евразийский научный журнал*. 2017. № 4. С. 233–240.

Поступила в редакцию 18 марта 2022 г.

Принята в доработанном виде 4 апреля 2022 г.

Одобрена для публикации 4 апреля 2022 г.

ОБ АВТОРЕ: Азарий Абрамович Лapidус — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и организации строительного производства; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; РИНЦ ID: 8192-2653, Scopus: 57192378750, ResearcherID: B-4104-2016; ORCID: 0000-0001-7846-5770; Lapidusaa@mgsu.ru.

REFERENCES

1. Ovchinnikov A.N., Lapidus A.A. Methodological basis for formation the organizational and management model of customer activity in implementation at large-scale investment and construction project. *Construction Production*. 2021; 1:2-6. DOI: 10.54950/26585340_2021_1_2 (rus.).
2. Babkin A.V., Burkaltseva D., Kosten G., Vorobyov N. Formation of digital economy in Russia: essence, features, technical normalization, development problems. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*. 2017; 10(3):9-25. DOI: 10.18721/JE.10301 (rus.).
3. Dobrynin A., Chernykh K., Kupriyanovsky V., Kupriyanovsky P., Sinyagov S. The digital economy — the various ways to the effective use of technology (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA, and others). *International Journal of Open Information Technologies*. 2016; 4(1):4-11. (rus.).
4. Lapidus A.A. Formation of an Integral Potential of Organizational and Technological Solutions through the Decomposition of the Main Elements of a Construction Project. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2016; 12:114-123. DOI: 10.22227/1997-0935.2016.12.114-123 (rus.).
5. Telichenko V.I., Lapidus A.A., Morozenko A.A. *Information modeling of technologies and business processes in construction*. Moscow, ASV publishing house, 2008; 144. (rus.).
6. Chernukhina G.N. Modern management technologies in the digital economy. *Bulletin of the Academy*. 2017; 4:24-28. (rus.).
7. Klochkov V.V. The impact of “Digital Economy” technologies on the industrial sector. *Drucker's Bulletin*. 2018; 2(22):59-67. (rus.).
8. Shaabany G., Grimm M., Anderl R. Secure Information Model for Data Marketplaces enabling Global Distributed Manufacturing. *Procedia CIRP*. 2016; 50:360-365. DOI: 10.1016/j.procir.2016.05.003
9. Timirgaleeva R.R., Grishin I.Yu. Substantiation of the structure of the organizational and technological platform of the sectoral ecosystem of the digital economy. *Scientific Bulletin: Finance, Banks, Investments*. 2019; 4(49):179-185. (rus.).
10. Moustafa N., Adi E., Turnbull B., Hu J. A New Threat Intelligence Scheme for Safeguarding Industry 4.0 Systems. *IEEE Access*. 2018; 6:32910-32924. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2844794
11. Sung T.K. Industry 4.0: A Korea perspective. *Technological Forecasting and Social Change*. 2018; 132:40-45. DOI: 10.1016/j.techfore.2017.11.005
12. Marcon P., Zezulka F., Vesely I., Szabo Z., Roubal Z., Sajdl O. et al. Communication Technology for Industry 4.0. *2017 Progress in Electromagnetics Research Symposium — Spring (PIERS)*. 2017. DOI: 10.1109/PIERS.2017.8262021
13. Hagiu A., Wright J. Multi-sided platforms. *International Journal of Industrial Organization*. 2015; 43:162-174. DOI: 10.1016/j.ijindorg.2015.03.003
14. Lapidus A.A. Efficiency potential of management and technical solutions for a construction object. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2014; 1:175-180. DOI: 10.22227/1997-0935.2014.1.175-180 (rus.).
15. Zhemchugov A.M., Zhemchugov M.K. Modern organization: objectives tree — strategies tree. *Problems of Economics and Management*. 2013; 5(21):21-35. (rus.).
16. Rizvanova A.Ya. Theoretical aspects of the smart territories concept. *Creative Economy*. 2020; 14(12):3307-3320. DOI: 10.18334/ce.14.12.111196 (rus.).
17. Qian F., Zhong W., Du W. Fundamental Theories and Key Technologies for Smart and Optimal Manufacturing in the Process Industry. *Engineering*. 2017; 3(2):154-160. DOI: 10.1016/J.ENG.2017.02.011
18. Doran G.T. There's a S.M.A.R.T. way to write management's goals and objectives. *Management Review*. 1981; 70:35-36.
19. Saati T.L. *Decision making: Method of analysis of hierarchies*. Moscow, Radio and communication, 1993; 314. (rus.).
20. Saati T.L. *Decision making under dependencies and feedbacks: analytical networks*. Moscow, LKI, 2008; 360. (rus.).
21. Dyuzheva E.V. Development of a mathematical model for evaluating the effectiveness of the activities of medical and sanitary units of penitentiary health care using the hierarchy analysis method. *Eurasian Scientific Journal*. 2017; 4:233-240. (rus.).

Received March 18, 2022.

Adopted in revised form on April 4, 2022.

Approved for publication on April 4, 2022.

BIONOTES: Azariy A. Lapidus — Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technology and Organization of Construction Production; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ID RISC: 8192-2653, Scopus: 57192378750, ResearcherID: B-4104-2016; ORCID: 0000-0001-7846-5770; Lapidusaa@mgsu.ru.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Текст статьи набирается в файлах в формате .docx.

СТРУКТУРА НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Научная статья должна состоять из следующих структурных элементов: заголовок, список авторов, аннотация, ключевые слова, основной текст, сведения об авторах, список источников.

Заголовок, список авторов, аннотация, ключевые слова, список литературы указываются последовательно на русском и английском языках.

Заголовок к статье должен соответствовать основному содержанию статьи. Заголовок статьи должен кратко (не более 10 слов) и точно отражать объект, цель и новизну, результаты проведенного научного исследования. Он должен быть информативным и отражать уникальность научного творчества автора.

Список авторов в краткой форме отражает всех авторов статьи и указывается в следующем формате:

Имя Отчество Фамилия¹, Имя Отчество Фамилия²

¹ Место работы первого автора; город, страна

² Место работы второго автора; город, страна

* если авторов не более четырех, то необходимо указывать полные ФИО, от пяти авторов и более — допустимо использовать инициалы.

АННОТАЦИЯ

Основной принцип создания аннотации — информативность. Объем аннотации — от 200 до 250 слов.

Структура и содержание аннотации должны соответствовать структуре и содержанию основного текста статьи.

Аннотация к статье должна представлять краткую характеристику научной статьи. Задача аннотации — дать возможность читателю установить ее основное содержание, определить ее релевантность и решить, следует ли обращаться к полному тексту статьи.

Четкое структурирование аннотации позволяет не упустить основные элементы статьи. Структура аннотации аналогична структуре научной статьи и содержит следующие основные разделы:

- **Введение** — содержит описание предмета, целей и задач исследования, актуальность.
- **Материалы и методы** (или методология проведения работы) — описание использованных в исследовании информационных материалов, научных методов или методики проведения исследования
- **Результаты** — приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. Предпочтение отдается новым результатам и выводам, которые, по мнению автора, имеют практическое значение.
- **Выводы** — четкое изложение выводов, которые могут сопровождаться рекомендациями, оценками, предложениями, описанными в статье.
- **Ключевые слова** — перечисляются через запятую, количество — от 7 до 10 слов.

Благодарности. Краткое выражение благодарности персонам и/или организациям, которые оказали помощь в выполнении исследования или высказывали критические замечания в адрес вашей статьи. Также в разделе указывается источники финансирования исследования от организаций и фондов организациям и фондам, т.е. за счет каких грантов, контрактов, стипендий удалось провести исследование. Раздел приводится при необходимости.

Аннотация не должна содержать:

- избыточных вводных фраз («Автор статьи рассматривает...», «В данной статье...» и т.д.);
- абстрактного указания на время написания статьи («В настоящее время...», «На данный момент...», «На сегодняшний день...» и т.д.);
- общего описания;
- цитат, таблиц, диаграмм, аббревиатур;
- ссылок на источники литературы;
- информацию, которой нет в статье.

Англоязычная аннотация пишется по тем же правилам. Отметим, что английская аннотация не обязательно должна быть точным переводом русской.

Следует обращать особое внимание на корректность употребления терминов. Избегайте употребления терминов, являющихся прямой калькой русскоязычных. Необходимо соблюдать единство терминологии в пределах аннотации.

Ключевые слова – прообраз статьи в поисковых системах, те точки, по которым читатель может найти вашу статью и определить предметную область текста. Чтобы определить основные ключевые слова для статьи, рекомендуется представить, по каким поисковым запросам читатели могут искать вашу статью. Как правило, ключевые слова также могут включать основную терминологию.

ОСНОВНОЙ ТЕКСТ

Основной текст научной статьи, представляемой в журнал, должен быть оформлен в соответствии со стандартом IMRaD и включать следующие разделы:

- Введение;
- Материалы и методы;
- Результаты исследования;
- Заключение и обсуждение.

РИСУНКИ И ТАБЛИЦЫ

Рисунки и таблицы следует вставлять в текст статьи сразу после того абзаца, в котором рисунок впервые упоминается. Рисунки и таблицы должны быть оригинальными (либо с указанием источника), хорошего качества (не менее 300 dpi). Оригиналы рисунков предоставляются в файлах формата .jpg, .tiff (название файла должны соответствовать порядковому номеру рисунка в тексте). Размер шрифта должен соответствовать размеру шрифта основного текста статьи. Линии обязательно не тоньше 0,25 пунктов.

Заголовки таблиц и рисунков выравниваются по левому краю. Заголовок таблицы располагается над ней, начинаясь с сокращения «Табл.» и порядкового номера таблицы, подпись к рисунку располагается под ним, начинаясь с сокращения «Рис.» и порядкового номера. Рисунки и таблицы позиционируются по центру страницы.

Подрисуночные подписи и названия таблиц размещаются на русском и английском языках, каждый на новой строке с выравниванием по левому краю.

Образец:

Рис. 1. Пример рисунка в статье

Figure 1. Example of article image

Табл. 1. Пример таблицы в статье

Table 1. Example of table for article

ФОРМУЛЫ

Формулы должны быть набраны в редакторе формул MathType версии 6 или выше.

Цифры, греческие, готические и кириллические буквы набираются прямым шрифтом; латинские буквы для обозначения различных физических величин (A , F , b и т.п.) — курсивом; наименования тригонометрических функций, сокращенные наименования математических понятий на латинице (max, div, log и т.п.) — прямым; векторы ($\mathbf{a}$, $\mathbf{b}$ и т.п.) — жирным курсивом; символы химических элементов на латинице (Cl, Mg) — прямым.

Запись формулы выполняется автором с использованием всех возможных способов упрощения и не должна содержать промежуточные преобразования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Список источников составляется в порядке упоминания в тексте. Порядковый номер источника в тексте (ссылка) заключается в квадратные скобки. Текст статьи должен содержать ссылки на все источники из списка источников. При наличии ссылки должны содержать идентификаторы DOI.

Список источников на русском языке оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.5–2008.

Список источников на английском языке (reference) оформляется в соответствии с международным стандартом цитирования Vancouver — последовательный численный стиль: ссылки нумеруются по ходу

их цитирования в тексте, таблицах и рисунках. ФИО авторов, название статьи на английском языке, наименование журнала, год выпуска; Том (выпуск): страницы.

Список источников и сведения об авторах указываются последовательно на русском и английском языках.

Нормативные документы (постановления, распоряжения, уставы), ГОСТы, справочная литература не указываются в списках источников, оформляются в виде сносок.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

В **Сведениях об авторах (Bionotes)** представляется основная информация об авторском коллективе в следующем формате.

Имя, Отчество, Фамилия (полностью) — ученая степень, ученое звание, должность, подразделение; **название организации** (обязательно приводить в полной и краткой официально установленной форме, в именительном падеже), в которой работает (учится) автор; почтовый адрес организации; адрес электронной почты; ORCID, ResearcherID и др. (при наличии).

Сведения об авторах представляются на русском и английском языках.

Сведения об авторах на английском языке даются в полном виде, без сокращений слов. Приводятся официально установленные англоязычные названия организаций и их подразделений. Опускаются элементы, характеризующие правовую форму учреждения (организации) в названиях вузов.

Автор должен придерживаться единообразного написания фамилии, имени, отчества во всех статьях. Эта информация для корректной индексации должна быть указана в других статьях, профилях автора в Международных базах данных Scopus/WoS и т.д.

СВЕДЕНИЯ О ВКЛАДЕ КАЖДОГО АВТОРА

Сведениям предшествуют слова «Вклад авторов:» (Contribution of the authors:). После фамилии и инициалов автора в краткой форме описывается его личный вклад в написание статьи (идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи, научное редактирование текста и т.д.).

Сведения об отсутствии или наличии конфликта интересов и детализацию такого конфликта в случае его наличия указывают после всех данных о вкладе каждого автора.

Образец:

Вклад авторов:

Фамилия И.О. — научное руководство; концепция исследования; развитие методологии; участие в разработке учебных программ и их реализации; написание исходного текста; итоговые выводы.

Фамилия И.О. — участие в разработке учебных программ и их реализации; доработка текста; итоговые выводы.

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

Фамилия И.О. — scientific management; research concept; methodology development; participation in development of curricula and their implementation; writing the draft; final conclusions.

Фамилия И.О. — participation in development of curricula and their implementation; follow-on revision of the text; final conclusions.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

КАК ПОДГОТОВИТЬ ОСНОВНОЙ ТЕКСТ СТАТЬИ, ЧТОБЫ ЕЕ ПРИНЯЛИ К ПУБЛИКАЦИИ?

ЗАГОЛОВОК

Заголовок статьи должен **кратко и точно** (не более 10 слов) отражать объект, цель и новизну, результаты проведенного научного исследования. В него необходимо как вложить информативность, так и отразить привлекательность, уникальность научного творчества автора.

ОСНОВНОЙ ТЕКСТ СТАТЬИ

Основной текст научной статьи, представляемой в журнал для рассмотрения вопроса о ее публикации, должен быть оформлен в соответствии со стандартом IMRaD и включать следующие разделы: введение (Introduction), материалы и методы (Materials and methods), результаты исследования (Result), заключение и обсуждение (Conclusion and discussion).

Введение (Introduction). Отражает то, какой проблеме посвящено исследование. Осуществляется постановка научной проблемы, ее актуальность, связь с важнейшими задачами, которые необходимо решить, значение для развития определенной отрасли науки или практической деятельности.

Во введении должна содержаться информация, которая позволит читателю понять и оценить результаты исследования, представленного в статье без дополнительного обращения к другим литературным источникам. Во введении автор осуществляет обзор проблемной области (литературный обзор), в рамках которой осуществлено исследование, обозначает проблемы, не решенные в предыдущих исследованиях, которые призвана решить данная статья. Кроме этого, в нем выражается главная идея публикации, которая существенно отличается от современных представлений о проблеме, дополняет или углубляет уже известные подходы к ней; обращается внимание на введение в научное обращение новых фактов, выводов, рекомендаций, закономерностей. Цель статьи вытекает из постановки научной проблемы.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ЛИТЕРАТУРНОГО ОБЗОРА

В Список источников рекомендуется включать от 20 до 40 источников, не учитывая ссылки на нормативные документы, интернет-ресурсы (сайты сети Интернет, не являющиеся периодическими изданиями), отчеты, а также источники, отсутствующие в каталогах ведущих российских библиотек-депозитариев (ГПНТБ, РНБ, РГБ), архивах и т.п. Подобные источники приводят в сносках внизу страницы сверх минимально рекомендуемого порога.

Не рекомендуется ссылаться на интернет-ресурсы, не содержащие научную информацию, учебники, учебные и методические пособия. В числе источников должно быть не менее 10 иностранных источников (для статей на английском языке не менее трех российских). Не менее шести из иностранных и не менее шести из российских источников должны быть включены в один из ведущих индексов цитирования: Web of Science/Scopus или Ядро РИНЦ. Состав источников должен быть актуальным и содержать не менее восьми статей из научных журналов не старше 10 лет, из них четыре — не старше трех лет. В списке источников должно быть не более 10 % работ, автором либо соавтором которых является автор статьи.

Материалы и методы (Materials and methods). Отражает то, как изучалась проблема. Описываются процесс организации эксперимента, примененные методики, обосновывается их выбор. Детализация описания должна быть настолько подробной, чтобы любой компетентный специалист мог воспроизвести их, пользуясь лишь текстом статьи.

Результаты (Result). В разделе представляется систематизированный авторский аналитический и статистический материал. Результаты проведенного исследования необходимо описывать достаточно полно, чтобы читатель мог проследить его этапы и оценить обоснованность сделанных автором выводов. Это основной раздел, цель его — при помощи анализа, обобщения и разъяснения данных доказать рабочую гипотезу (гипотезы). Результаты при необходимости подтверждаются иллюстрациями (таблицами, графиками, рисунками), которые представляют исходный материал или доказательства в свернутом виде. Важно, чтобы проиллюстрированная информация не дублировала уже приведенную в тексте. Представленные в статье результаты сопоставляются с предыдущими работами в этой области как автора, так и других исследователей.

Заключение (Conclusion and discussion) содержит краткую формулировку результатов исследования. В нем в сжатом виде повторяются главные мысли основной части работы. Повторы излагаемого материала лучше оформлять новыми фразами, отличающимися от высказанных в основной части статьи. В этом разделе необходимо сопоставить полученные результаты с обозначенной в начале работы целью. В заключении суммируются результаты осмысления темы, делаются выводы, обобщения и рекомендации, вытекающие из работы, подчеркивается их практическая значимость, а также определяются основные направления для дальнейшего исследования в этой области. В заключительную часть статьи желательно включить попытки прогноза развития рассмотренных вопросов.

КАК ОФОРМИТЬ СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Список источников на русском языке оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.5–2008.

Образец:

Список источников

1. Голицын Г.С. Парниковый эффект и изменения климата // Природа. 1990. № 7. С. 17–24.

2. Шелушин Ю.А., Макаров К.Н. Проблемы и перспективы гидравлического моделирования волновых процессов в искаженных масштабах // Строительство: наука и образование. 2019. Т. 9. Вып. 2. Ст. 4. URL: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2019.2.4

Список источников на английском языке (reference) оформляется в соответствии с международным стандартом цитирования Vancouver — последовательный численный стиль: ссылки нумеруются по ходу их цитирования в тексте, таблицах и рисунках. ФИО авторов, название статьи на английском языке, наименование журнала, год выпуска; Том (выпуск): страницы.

Образец:

Reference

Названия публикаций, изданий и других элементов библиографического описания для не англоязычных материалов должны приводиться в официальном варианте перевода (т.е. том, который размещен в самом издании; при наличии).

Примеры оформления распространенных типов библиографических ссылок:

Книги до трех авторов: Фамилия (Фамилии) Инициалы авторов. Заголовок. Город издания, Издатель*, Год издания; Общее количество страниц.

Образец:

Todinov M. *Reliability and risk models*. 2nd ed. Wiley, 2015; 80.

Книги более трех авторов: Фамилии Инициалы авторов (первых шести) et al. Заголовок. Город издания, Издатель, Год издания; Общее количество страниц.

Статья в печатном журнале: Фамилия (Фамилии) Инициалы авторов. Заголовок. Название журнала. Год публикации; Том* (Выпуск): Страницы. DOI (при наличии — обязательно).

Образец:

Pupyrev E. Integrated solutions in storm sewer system. *Vestnik MGSU*. 2018; 13(5):651-659. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.5.651-659

Статья в электронном журнале: Фамилия (Фамилии) Инициалы авторов. Заголовок. Название журнала. Дата публикации [дата цитирования]; Том* (Выпуск): Страницы. URL.

Образец:

Chertes K., Tupitsyna O., Martynenko E., Pystin V. Disposal of solid waste into soil-like remediation and building. *Stroitel'stvo nauka i obrazovanie* [Internet]. 2017 [cited 24 July 2018]; 7(3):3-3. URL: http://www.nso-journal.ru/public/journals/1/issues/2017/03/03_03_2017.pdf DOI: 10.22227/2305-5502.2017.3.3

Статья, размещенная на интернет-сайте: Фамилия (Фамилии) Инициалы автора (авторов)*. Название [Internet]. Город, Издатель*, Год издания [Дата последнего обновления*; дата цитирования]. URL

Образец: *How to make a robot* [Internet]. *Design Academy*. 2018 [cited 24 July 2018]. URL: <https://academy.autodesk.com/how-make-robot>

* указываются при наличии.

Все даты указываются в формате ДД-Месяц (текстом)-Год

Для формирования англоязычного списка источников редакция рекомендует использовать ресурс Citethisforme.com.

ШАБЛОН СТАТЬИ

Тип статьи

Тип статьи — научная статья, обзорная статья, редакционная статья, дискуссионная статья, персоналии, редакторская заметка, рецензия на книгу, рецензия на статью, спектакль и т.п., краткое сообщение.

УДК 11111

DOI

ЗАГОЛОВОК СТАТЬИ

должен кратко (не более 10 слов) и точно отражать объект, цель и новизну, результаты проведенного научного исследования. В него необходимо как вложить информативность, так и отразить привлекательность, уникальность научного творчества автора.

Имя Отчество Фамилия¹, Имя Отчество Фамилия²...

¹ Место работы первого автора; город, страна

² Место работы первого автора; город, страна

* если авторов не более четырех, то необходимо указывать полные ФИО, от пяти авторов и более — допустимо использовать инициалы.

Аннотация (должна содержать от 200 до 250 слов), в которую входит информация под заголовками: **Введение, Материалы и методы, Результаты, Выводы.**

Введение: приводятся характеристики работы — если не ясно из названия статьи, то кратко формулируются предмет исследования, его актуальность и научная новизна, а также практическая значимость (общественная и научная), цель и задачи исследования. Лаконичное указание проблем, на решение которых направлено исследование, или научная гипотеза исследования.

Материалы и методы: описание применяемых информационных материалов и научных методов.

Результаты: развернутое представление результатов исследования. Приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. При этом отдается предпочтение новым результатам и данным долгосрочного значения, важным открытиям, выводам, которые опровергают существующие теории, а также данным, которые, по мнению автора, имеют практическое значение.

Выводы: аргументированное обоснование ценности полученных результатов, рекомендации по их использованию и внедрению. Выводы могут сопровождаться рекомендациями, оценками, предложениями, новыми гипотезами, описанными в статье.

Приведенные части аннотации следует выделять соответствующими подзаголовками и излагать в данных разделах релевантную информацию. См. рекомендации по составлению аннотации.

Ключевые слова: 7–10 ключевых слов.

Ключевые слова являются поисковым образом научной статьи. Во всех библиографических базах данных возможен поиск статей по ключевым словам. В связи с этим они должны отражать основную терминологию научного исследования и не повторять название статьи.

Благодарности (если нужно).

В этом разделе следует упомянуть людей, помогавших автору подготовить настоящую статью, организации, оказавшие финансовую поддержку. Хорошим тоном считается выражение благодарности анонимным рецензентам.

Автор, ответственный за переписку: Имя Отчество Фамилия, адрес электронной почты для связи.

ЗАГОЛОВОК СТАТЬИ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

И.О. Фамилия¹, И.О. Фамилия²... на английском языке

¹ Место работы первого автора; город, страна — на английском языке

² Место работы первого автора; город, страна — на английском языке

* если авторов не более четырех, то необходимо указывать полные ФИО, от пяти авторов и более — допустимо использовать инициалы.

Abstract (200–250 слов)

Introduction: text, text, text.

Materials and methods: text, text, text.

Results: text, text, text.

Conclusions: text, text, text.

Key words: text, text, text.

Acknowledgements: text, text, text.

Corresponding author: Имя Отчество Фамилия, адрес электронной почты для связи — на английском языке.

ВВЕДЕНИЕ

Задача введения — обзор современного состояния рассматриваемой в статье проблематики, обозначение научной проблемы и ее актуальности.

Введение должно включать обзор современных оригинальных российских и зарубежных научных достижений в рассматриваемой предметной области, исследований и результатов, на которых базируется представляемая работа (Литературный обзор). Литературный обзор должен подчеркивать актуальность и новизну рассматриваемых в исследовании вопросов.

Во введении должна содержаться информация, которая позволит читателю понять и оценить результаты исследования, представленного в статье.

Литературный обзор. Список источников включает от 20 до 50 источников, не учитывая ссылки на нормативные документы (ГОСТ, СНИП, СП), интернет-ресурсы (сайты сети Интернет, не являющиеся периодическими изданиями), отчеты, а также источники, отсутствующие в каталогах ведущих российских библиотек-депозитариев (ГПНТБ, РНБ, РГБ), архивах и т.п. Подобные источники следует указывать в списке источников сверх минимально установленного порога. Не рекомендуется ссылаться на интернет-ресурсы, не содержащие научную информацию, учебники, учебные и методические пособия.

Уровень публикации определяют полнота и представительность источников. Не менее шести из иностранных и не менее шести из российских источников должны быть включены в один из ведущих индексов цитирования:

- Web of Science <http://webofknowledge.com>
- Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
- ядро Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) <http://elibrary.ru>

Англоязычных источников включают в список не менее 50 %, за последние три года — не менее половины. Рекомендуется использовать оригинальные источники не старше 10 лет.

Ссылки на источники приводятся в статье в квадратных скобках. Источники нумеруются по порядку упоминания в статье.

Завершают введение к статье постановка и описание цели и задачи приведенной работы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Раздел описывает методику проведения исследования. Обоснование выбора темы (названия) статьи. Сведения о методе, приведенные в разделе, должны быть достаточными для воспроизведения его квалифицированным исследователем.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В этой части статьи должен быть представлен систематизированный авторский аналитический и статистический материал. Результаты проведенного исследования необходимо описывать так, чтобы читатель мог проследить его этапы и оценить обоснованность сделанных автором выводов. Это основной раздел, цель которого — при помощи анализа, обобщения и разъяснения данных доказать рабочую гипотезу (гипотезы). Результаты при необходимости подтверждаются иллюстрациями (таблицами, графиками, рисунками), которые представляют исходный материал или доказательства в свернутом виде. Важно, чтобы проиллюстрированная информация не дублировала уже приведенную в тексте. Представленные в статье результаты следует сопоставить с предыдущими работами в этой области как автора, так и других исследователей. Такое сравнение дополнительно раскроет новизну проведенной работы, придаст ей объективность. Результаты исследования должны быть изложены кратко, но при этом содержать достаточно информации для оценки сделанных выводов. Не принято в данном разделе приводить ссылки на литературные источники.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Заключение содержит краткую формулировку результатов исследования (выводы). В этом разделе показывают, как полученные результаты обеспечивают выполнение поставленной цели исследования, указывают, что поставленные задачи авторами были решены. Приводятся обобщения и даются рекомендации, вытекающие из работы, подчеркивается их практическая значимость, а также определяются основные направления для дальнейшего исследования в этой области. В рамках обсуждения желательно раскрыть перспективы развития темы.

В данном разделе не приводят ссылки на источники.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ (REFERENCES)

Оформляется на русском и английском языках.

Расположение источников в списке – в строгом соответствии с порядком упоминания в тексте статьи.

Библиографическое описание документов (в том числе и электронных) на русском языке оформляется в соответствии с требованиями **ГОСТа Р 7.0.5–2008**.

Библиографическое описание документов (в том числе и электронных) на английском языке оформляется в стиле «Ванкувер».

Русскоязычные источники необходимо приводить в официальном варианте перевода (т.е. том, который размещен в самом издании; при наличии). Название города издания приводится полностью, в английском написании. Названия журналов и издательств приводятся либо официальные английские (если есть), либо транслитерированные. В конце описания источника в скобках указывается язык источника (rus.).

Для изданий следует указать фамилии авторов, журнал (электронный адрес), год издания, том (выпуск), номер, страницы, DOI или адрес доступа в сети Интернет. Интересующийся читатель должен иметь возможность найти указанный литературный источник в максимально сжатые сроки.

Если у статьи (издания) есть DOI, его обязательно указывают в библиографическом описании источника.

Важно правильно оформить ссылку на источник.

Пример оформления:

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Самарин О.Д. О расчете охлаждения наружных стен в аварийных режимах теплоснабжения // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 2. С. 46–50. URL: <http://izvuzstr.sibstrin.ru/uploads/publication/fulltext/2-2007.pdf> (дата обращения: 04.12.18).

2. Мусорина Т.А., Петриченко М.Р. Математическая модель тепломассопереноса в пористом теле // Строительство: наука и образование. 2018. Т. 8. № 3. С. 35–53. DOI: 10.22227/2305-5502.2018.3.3

REFERENCES

1. Samarin O.D. On calculation of external walls coling in emergency condition of heat supply. *Proceedings of Higher Educational Institutions. Construction*. 2007; 2:46-50. URL: <http://izvuzstr.sibstrin.ru/uploads/publication/fulltext/2-2007.pdf> (Accessed 19th June 2015). (rus.).

2. Musorina T.A., Petrichenko M.R. Mathematical model of heat and mass transfer in porous body. *Construction: science and education*. 2018; 8(3):35-53. DOI: 10.22227/2305-5502.2018.3.3 (rus.).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Оформляются на русском и английском языках.

Об авторах: **Имя, отчество, фамилия** (полностью) — ученая степень, ученое звание, должность, подразделение; **название организации** (обязательно приводить в полной и краткой официально установленной форме, в именительном падеже), в которой работает (учится) автор; почтовый адрес организации; адрес электронной почты;

Имя, отчество, фамилия (полностью) — ученая степень, ученое звание, должность, подразделение, **название организации** (обязательно приводить в полной и краткой официально установленной форме, в именительном падеже), в которой работает (учится) автор, почтовый адрес организации, адрес электронной почты.

Вклад авторов: Фамилия И.О. — описание личного вклада в написание статьи в краткой форме (идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи, научное редактирование текста и т. д.).

Пример:

Артемова С.С. — научное руководство; концепция исследования; развитие методологии; участие в разработке учебных программ и их реализации; написание исходного текста; итоговые выводы. Митрохин В.В. — участие в разработке учебных программ и их реализации; доработка текста; итоговые выводы.

После «Информации об авторах» приводят сведения об отсутствии или наличии конфликта интересов и детализацию такого конфликта в случае его наличия. Если в статье приводят данные о вкладе каждого автора, то сведения об отсутствии или наличии конфликта интересов указывают после них.

Пример:

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об авторах на английском языке приводятся в полном виде, без сокращений слов. Приводятся официально установленные англоязычные названия организаций и их подразделений. Опускаются элементы, характеризующие правовую форму учреждения (организации) в названиях вузов.

Автор должен придерживаться единообразного написания фамилии, имени, отчества во всех статьях. Эта информация для корректной индексации должна быть указана в других статьях, профилях автора в Международных базах данных Scopus / WoS и т.д.

Bionotes: **Имя, отчество, фамилия** (полностью) — ученая степень, ученое звание, должность, подразделение; **название организации** (обязательно приводить в полной и краткой официально установленной форме), в которой работает (учится) автор; почтовый адрес организации (в последовательности: офис, дом, улица, город, индекс, страна); адрес электронной почты;

Имя, отчество, фамилия (полностью) — ученая степень, ученое звание, должность, подразделение; **название организации** (обязательно приводить в полной и краткой официально установленной форме), в которой работает (учится) автор; почтовый адрес организации (в последовательности: офис, дом, улица, город, индекс, страна); адрес электронной почты.

Contribution of the authors: Фамилия И.О. — описание личного вклада в написание статьи в краткой форме (идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи, научное редактирование текста и т.д. / conceptualization, methodology, data gathering and processing, writing of the article, scientific editing of the text, supervision etc.) на английском языке.

После «Информации об авторах» приводят сведения об отсутствии или наличии конфликта интересов и детализацию такого конфликта в случае его наличия. Если в статье приводят данные о вкладе каждого автора, то сведения об отсутствии или наличии конфликта интересов указывают после них.

ВНИМАНИЕ! Все названия, подписи и структурные элементы рисунков, графиков, схем, таблиц оформляются на русском и английском языках.

	Форма № ПД-4					
Извещение Кассир	УФК по г. Москве г. Москва (НИУ МГСУ, л/с 20736Х29560) КПП 771601001 (наименование получателя платежа) <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">7 7 1 6 1 0 3 3 9 1</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">0 3 2 1 4 6 4 3 0 0 0 0 0 0 0 1 7 3 0 0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">(ИНН получателя платежа)</td> <td style="text-align: center;">(номер счета получателя платежа)</td> </tr> </table> в <u>ГУ Банка России по ЦФО</u> БИК <u>0 0 4 5 2 5 9 8 8</u> (наименование банка получателя платежа) КБК <u>0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 3 0</u> ОКТМО <u>4 5 3 6 5 0 0 0</u> Вестник МГСУ - 637.00 руб. х 6 экз. подписка на январь, февраль, март, апрель, май, июнь 2022 г. Вестник МГСУ (наименование платежа) (номер лицевого счета (код) плательщика) Ф.И.О. _____ плательщика _____ Адрес _____ плательщика _____ Сумма платы за Сумма платежа <u>3 822</u> руб. <u>00</u> коп. услуги _____ руб. _____ коп. Итого _____ руб. _____ коп. « _____ » _____ 20 ____ г. С условиями приема указанной в платежном документе суммы, в т.ч. с суммой взимаемой платы за услуги банка, ознакомлен и согласен. Подпись плательщика _____	7 7 1 6 1 0 3 3 9 1	0 3 2 1 4 6 4 3 0 0 0 0 0 0 0 1 7 3 0 0	(ИНН получателя платежа)	(номер счета получателя платежа)	
	7 7 1 6 1 0 3 3 9 1	0 3 2 1 4 6 4 3 0 0 0 0 0 0 0 1 7 3 0 0				
	(ИНН получателя платежа)	(номер счета получателя платежа)				
	Квитанция Кассир	Форма № ПД-4 УФК по г. Москве г. Москва (НИУ МГСУ, л/с 20736Х29560) КПП 771601001 (наименование получателя платежа) <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">7 7 1 6 1 0 3 3 9 1</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">0 3 2 1 4 6 4 3 0 0 0 0 0 0 0 1 7 3 0 0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">(ИНН получателя платежа)</td> <td style="text-align: center;">(номер счета получателя платежа)</td> </tr> </table> в <u>ГУ Банка России по ЦФО</u> БИК <u>0 0 4 5 2 5 9 8 8</u> (наименование банка получателя платежа) КБК <u>0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 3 0</u> ОКТМО <u>4 5 3 6 5 0 0 0</u> Вестник МГСУ - 637.00 руб. х 6 экз. подписка на январь, февраль, март, апрель, май, июнь 2022 г. Вестник МГСУ (наименование платежа) (номер лицевого счета (код) плательщика) Ф.И.О. _____ плательщика _____ Адрес _____ плательщика _____ Сумма платы за Сумма платежа <u>3 822</u> руб. <u>00</u> коп. услуги _____ руб. _____ коп. Итого _____ руб. _____ коп. « _____ » _____ 20 ____ г. С условиями приема указанной в платежном документе суммы, в т.ч. с суммой взимаемой платы за услуги банка, ознакомлен и согласен. Подпись плательщика _____	7 7 1 6 1 0 3 3 9 1	0 3 2 1 4 6 4 3 0 0 0 0 0 0 0 1 7 3 0 0	(ИНН получателя платежа)	(номер счета получателя платежа)
		7 7 1 6 1 0 3 3 9 1	0 3 2 1 4 6 4 3 0 0 0 0 0 0 0 1 7 3 0 0			
		(ИНН получателя платежа)	(номер счета получателя платежа)			

Бланк для оплаты полугодовой подписки через редакцию (оплата в банке).

ВНИМАНИЕ!

Если вы оплатили подписку по форме ПД-4 в банке, то для своевременной отправки вам номеров журнала безотлагательно пришлите копию платежного документа и сообщите ваш адрес с почтовым индексом, Ф.И.О. на e-mail: podpiska@mgsu.ru.

Подписчики — работники НИУ МГСУ могут заполнить бланк на свое имя и обратиться в отдел распространения и развития Издательства МИСИ — МГСУ для оформления подписки.

Телефон: (495)287-49-14 (вн. 22-47), podpiska@mgsu.ru.

Подробную информацию о вариантах подписки на «Вестник МГСУ» для физических и юридических лиц смотрите на сайте журнала <http://vestnikmgsu.ru/>



