

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

12+

IZVESTIYA VUZOV
Investitsii
Stroitelstvo
Nedvizhimost

ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ
ИНВЕСТИЦИИ
СТРОИТЕЛЬСТВО
НЕДВИЖИМОСТЬ

Том 11 № 2
2021

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

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



ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

IRKUTSK NATIONAL RESEARCH TECHNICAL UNIVERSITY

ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ ИНВЕСТИЦИИ. СТРОИТЕЛЬСТВО. НЕДВИЖИМОСТЬ

PROCEEDINGS OF UNIVERSITIES
INVESTMENT. CONSTRUCTION. REAL ESTATE

Izvestiya vuzov
Investitsii. Stroitelstvo. Nedvizhimost

Том 11 № 2
Vol.



ИЗДАТЕЛЬСТВО
Иркутского национального исследовательского
технического университета

PUBLISHERS
of Irkutsk National Research Technical University
2021



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

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

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

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

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

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

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство ПИ № ФС77-62787 от 18 августа 2015 г.

Учредитель-издатель:

Иркутский национальный исследовательский технический университет

Подписной индекс в каталоге Агентства ЗАО ИД «Экономическая газета»

«Объединенный каталог. Пресса России. Газеты и журналы» - 41511 (ОК + ЭК)

Адрес Агентства ЗАО ИД «Экономическая газета»: (499) 152-09-89; izdatcat@ideg.ru

Адрес учредителя, издателя и редакции:

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: izv_isn@istu.edu

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Founder, publisher: Irkutsk National Research Technical University

Subscription index in the catalog of JSC "Economic Newspaper"
Publishing House "The united catalog. Russian press.
Newspapers and journals"- 41511 (OK + EC) Address of JSC «Economic Newspaper»
Publishing House: (499) 152-09-89; izdatcat@ideg.ru

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

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

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

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

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

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

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

Воропай Н.И., доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, научный руководитель Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (г. Иркутск, Российская Федерация)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

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

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

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

Voropai N.I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Scientific Advisor of Melentiev Energy Systems Institute SB RAS (Irkutsk, Russian Federation)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

Известия вузов
Инвестиции. Строительство. Недвижимость

Том 11 № 2 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- Чубаркина И.Ю., Шумихина В.А., Самсонова Д.М.** Актуальные аспекты управления строительным предприятием при замещении традиционного менеджмента интерактивным 218

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. СТРОИТЕЛЬСТВО

- Алексеев В.В., Суханова К.М., Шестаков А.Н., Яценко В.П.** Разработка методики испытаний гибких шлангов на основе пластифицированного ПВХ, армированного спиралью из жесткого ПВХ 232
- Баженова С.И., Мельниченко А.А.** Интенсификация процессов набрызгбетонирования для подземных конструкций с учетом подбора компонентов смеси 242
- Жеребцов Ю.В., Ельшаева Д.М., Лухнёва Ю.Н., Доценко Н.А., Самофалова М.С., Курасанов П.Р., Фаталиев А.А.** Влияние рецептурных факторов на прочностные свойства тяжелых сталефибробетонов 250
- Кауров А.И.** Деформативность предварительно напряженных изгибаемых железобетонных элементов с высокопрочной арматурной сталью класса Ат1200 260
- Коваленко Г.В., Дудина И.В., Нестер Е.В.** Вероятностный подход к контролю качества и оценке начальной надежности сборных железобетонных конструкций 274
- Корнеева И.Г., Пинус Б.И.** Исследование влияния предыстории деформирования на усталостное сопротивление бетона и фибробетона 284
- Цховребов Э.С., Ниязгулов У.Д.** Методы комплексной оценки и мониторинга отходообразующих процессов коммунальной и транспортной инфраструктуры городских округов 290

АРХИТЕКТУРА. ДИЗАЙН

- Большаков А.Г., Скрыбин П.В.** Опорные узлы как условие пространственного развития Байкало-Ангарского бассейна расселения 302
- Глебова Н.М., Кламер М.** Эволюция и модернизм церковной архитектуры Вены 314
- Грязнова Н.В., Сайтибрагимов А.Э.** Цифровая параметрическая градостроительная документация 330
- Зайчук М.Б., Верещагина Е.И.** Регенерация территории жилой застройки с применением Стандарта комплексного развития на примере микрорайона Юбилейный г. Иркутска 342
- Копёнкина О.Ю.** Силикатное стекло: портрет в материале 354
- Сивова А.О., Горщарук А.В., Кузьмин Б.В., Митичкина А.Е., Русанов М.А., Сазонова А.П.** Иркутская «боль»: 1-335 серия – сейсмоопасное жилье, снос или реконструкция. Поиск возможных решений на примере района Ново-Ленино в Иркутске 368
- Чистякова А.В., Шабиев С.Г.** Архитектурная концепция экопоселения в Челябинской области 386
- Шабиев С.Г., Прилукова Е.Г., Чудинова В.Г., Бокова О.Р.** Тектоническое «прочтение» архитектуры неоклассицизма в вечерне-ночное время (на примере г. Челябинска) 398

CONTENTS

Proceedings of Universities Investment. Construction. Real estate

Том 11 № 2 2021

CONTENTS

ECONOMICS AND MANAGEMENT

- Chubarkina I.Yu., Shumikhina V.A., Samsonova D.M.** Construction enterprise management topical is issue when implementing interactive management instead of traditional one 218

TECHNICAL SCIENCES. CONSTRUCTION

- Alekseenko V.V., Suhanova K.M., Shestakov A.N., Yashchenko V.P.** An experimental procedure for flexible hoses based on plasticised PVC reinforced with a rigid PVC spiral 232
- Bazhenova S.I., Melnichenko A.A.** Intensification of concrete spraying for buried structures, including composition selection 242
- Zherebtsov Yu.V., El'shaeva D.M., Lukhneva Yu.N., Dotsenko N.D., Samofalova M.S., Kurasanov P.R., Fataliev A.A.** Effect of recipe factors on mechanical properties of heavyweight steel fibre reinforced concrete 250
- Kaurov A.I.** Deformability of prestressed flexural reinforced concrete elements with high-tensile reinforcement steel of At1200 class 260
- Kovalenko G.V., Dudina I.V., Nester E.V.** A probabilistic approach to quality control and assessing initial reliability precast reinforced constructions 274
- Korneeva I.G., Pinus B.I.** Impact of deformation history on the resistance of concrete and fibre-reinforced concrete to fatigue damage 284
- Tshovrebov E.S., Niyazgulov U.D.** Methods for comprehensive assessment and monitoring of waste-generation processes associated with the municipal and transport infrastructure of urban districts 290

ARCHITECTURE. DESIGN

- Bol'shakov A.G., Skryabin P.V.** Supporting nodes as a condition for the spatial development of the Baikal-Angara settlement area 302
- Glebova N.M., Klamer M.** Evolution and modernism of church architecture in Vienna 314
- Griaznova N.V., Saytibragimov A.E.** Digital parametric urban planning documentation 330
- Zaychuk M.B., Vereshchagina E.I.** Regeneration of housing sector using the Integrated Area Development Standard on the example of the Yubileyniy microdistrict of Irkutsk 342
- Kopenkina O.Yu.** Silicate glass: a portrait in material 354
- Sivova A.O., Gorshcharuk A.V., Kuzmin B.V., Mitichkina A.E., Rusanov M.A., Sazonova A.P.** Irkutsk "pain point": 1-335 series – houses in seismic areas, demolition or renewal. Finding potential solutions on the example of Novo-Lenino district in Irkutsk 368
- Chistiakova A.V., Shabiev S.G.** Architectural concept of an ecovillage in the Chelyabinsk region 386
- Shabiev S.G., Prilukova E.G., Chudinova V.G., Bokova O.R.** Tectonic "interpretation" of neoclassicism in the evening and nighttime (on the example of Chelyabinsk) 398



Актуальные аспекты управления строительным предприятием при замещении традиционного менеджмента интерактивным

© И.Ю. Чубаркина, В.А. Шумихина, Д.М. Самсонова

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
г. Москва, Россия

Резюме: В настоящее время строительные предприятия России все чаще сталкиваются с проблемой отсутствия качественной системы управления персоналом. Многие из них привержены традиционному менеджменту. Данный подход препятствует привнесению инноваций и снижает уровень мотивации каждого сотрудника. Такие негативные последствия являются причиной снижения экономической эффективности предприятий. Наряду с традиционным существует инновационный менеджмент, результатом которого является максимальная вовлеченность сотрудников в рабочий процесс, ощущение собственной ценности, внимание со стороны руководителей. Цель работы заключается в проведении комплексного анализа традиционного и интерактивного менеджмента и определении наиболее эффективного подхода к управлению персоналом. Для проведения исследования по выявлению зависимости стабильности функционирования предприятия от сильных и слабых сторон кадровой политики был осуществлен SNW-анализ строительного предприятия. Также в процессе работы использовались методы логического анализа. В результате проведенного анализа и выявления слабых сторон внутренней структуры строительного предприятия были сформированы пути улучшения организации работы за счет использования интерактивного менеджмента. Анализ позиций интерактивного менеджмента показал, что данный подход позволяет обеспечить каждого сотрудника возможностью самореализации в его профессиональной деятельности. Можно заключить, что интеллектуальное и эмоциональное признание сотрудников является важной составляющей при построении эффективной стратегии предприятия. Такое взаимодействие способствует улучшению внутреннего климата предприятия, что благотворно сказывается на объемах производимой продукции и положительно влияет на весь масштаб управления в сфере недвижимости.

Ключевые слова: традиционный менеджмент, интерактивный менеджмент, управление персоналом, стратегия, корпоративные ценности

Для цитирования: Чубаркина И.Ю., Шумихина В.А., Самсонова Д.М. Актуальные аспекты управления строительным предприятием при замещении традиционного менеджмента интерактивным. *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2021. Т. 11. № 2. С. 218–231. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-218-231>

Current aspects of managing a construction company when replacing conventional management with interactive management

Irina Yu. Chubarkina, Valeriya A. Shumikhina, Darya M. Samsonova

National Research University Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

Abstract: Currently, construction companies in Russia are increasingly facing a lack of a high-quality human resources (HR). Many such companies apply the principles of conventional management. This approach hinders innovation and reduces employees' motivation, which factors eventually decrease the cost-effectiveness of enterprises. Conversely, innovative management implies the maximum involvement of employees in the work process, a feeling of self-esteem and attention from managers. In this work, an analysis of conventional and interactive management is conducted to determine the most effective approach to HR management. An SNW-analysis of a construction company was carried out to reveal the dependence between the stable functioning of an enterprise and the strengths and weaknesses of HR policy. In addition, the methods of logical analysis were used. The analysis and identification of weaknesses in the internal structure of the construction company resulted in an improvement

strategy of work organisation by using interactive management. Interactive management provides each employee with an opportunity to realise their potential in profession and career. It can be concluded that both the intellectual and emotional recognition of employees is an important component in building an effective enterprise strategy. Such cooperation contributes to the improvement of the domestic climate in the enterprise, which has a beneficial effect on the production and standards in real estate management.

Keywords: traditional management, innovation management, personnel management, strategy, corporate values

For citation: Chubarkina IYu, Shumikhina VA, Samsonova DM. Current aspects of managing a construction company when replacing conventional management with interactive management. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(2):218–231. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-218-231>

Введение

Российские организации все чаще сталкиваются с проблемой отсутствия эффективного менеджмента. В настоящее время существует определенное несоответствие между возрастающей необходимостью в качественном выполнении функций управления коллективом и состоянием кадрового состава, осуществляющего данные функции.

Вопрос управления персоналом достаточно важен и для самого коллектива. Совершенная модель взаимодействия подразумевает качественное и своевременное выполнение работы каждым сотрудником и отсутствие чрезмерной требовательности руководителя. Однако в современном мире все чаще встречаются ситуации, при которых работодатель ставит в приоритет увеличение эффективности и производительности предприятия, жертвуя при этом внутренней корпоративной политикой и должной реализацией потенциала каждого отдельного сотрудника [1].

На сегодняшний день качественное управление персоналом является главной составляющей эффективной экономической политики предприятия. Недостаток должного уровня управления приводит к падению качества производимых товаров и оказанных услуг, что сказывается на смещении позиции компании в худшую сторону и повышает вероятность банкротства [2].

Строительство считается одной из наиболее емких и масштабных отраслей. Ее характерной особенностью является большая вовлеченность трудовых ресурсов и профессиональных кадров. Принимая во внимание этот фактор, система управления должна обеспечивать высокий уровень взаимодействия работников между собой и с руководством и одновременно с этим учитывать специфику производства, выраженную следующими особенностями:

1. Обеспечение качественного управления рабочим коллективом вызывает определенные трудности, так как велик масштаб работ.

2. Строительные работы осуществляются в часто меняющихся климатических условиях, которые влияют на технологию выполнения данных работ. В таких условиях необходим высокий уровень мотивации сотрудников и объективная оценка результатов их деятельности.

Для строительства каждого конкретного объекта достаточно трудно подобрать команду специалистов, обладающих высокой квалификацией, с учетом особенностей этого объекта. Основная проблема заключается в неполной реализации потенциала кадрового состава.

Наиболее актуальными проблемами являются:

- уход специалистов высокого уровня (им не делегируют решение важных задач);
- отсутствие надлежащего уровня управления персоналом;
- существование «квалификационной ямы» и некомпетентность руководителей;
- напряженная атмосфера в коллективе;
- слабая система мотивации сотрудников, и, как следствие, низкая инициативность работников.

Материалы и методы исследования

Реальная практика работы показывает, что часто в управлении персоналом отсутствует качественное взаимодействие между сотрудниками и руководителями. Логичным последствием является возникновение сложностей с планированием долгосрочных целей и реализацией стратегий развития предприятия. Суть проблемы заключается в том, что руководители имеют искаженное отношение к персоналу, как к издержкам, и в основном не учитывают личные потребности, мотивы поступков, проблемы и цели своих подчиненных. Результа-

том такого отношения является низкая мотивация и слабая реализация собственного потенциала кадрового состава, что приводит к потере заинтересованности сотрудников в успешной реализации стратегий предприятия. Решить данную проблему можно, изменив отношение руководства к персоналу: оно должно воспринимать сотрудников не как издержки, а как ресурс, что, несомненно, повысит результативность управления [3].

Грамотное управление персоналом с применением социальных, психологических аспектов кадров может изменить качество работы сотрудников, что позволит каждому осознать ценность и значимость личного профессионального вклада в развитие компании и ее устойчивое функционирование на рынке, а также будет способствовать увеличению прибыли строительного предприятия [4].

Основным инструментом развития строительного предприятия и управления им является грамотно разработанная и реализуемая стратегия.

Стратегия в менеджменте – это управленческие действия, которые необходимы для постановки задач с целью поддержания нормального функционирования предприятия и поддержки его взаимоотношений с внешними элементами [5]. Важной составляющей является разработка политики, планирования и распределения ресурсов предприятия. Данный процесс сопровождается контролем промежуточных результатов и своевременное изменение стратегического плана на будущее [6]. При выборе стратегии важно выделить конкретные мероприятия, направленные на достижение поставленных целей, и ресурсы, необходимые для их реализации.

Безусловно, для успешной реализации стратегии необходимо, чтобы она сопровождалась грамотным выполнением управленческих функций [7]. На менеджеров возложена большая ответственность при проведении планирования, организации рабочего процесса, мотивации персонала и контроле выполнения микро- и макрозадач.

На сегодняшний день многие предприятия привержены традиционному менеджменту. В его основе лежит такая иерархическая структура, при которой основные организационные и стратегические решения принимаются определенным привилегированным кругом людей.

Характерной чертой традиционного менеджмента являются директивные методы управления. Данный тип менеджмента не подразумевает роль сотрудника как части единой команды. Менеджер является силь-

ным руководителем, но чрезмерная независимость, авторитарность и отсутствие делегирования обязанностей приводят к разобщенности внутри коллектива. Разногласия неизбежны, так как менеджер просто передает инструкции исполнителям. Основная масса сотрудников предприятия с традиционной системой управления являются лишь исполнителями, владеющими только таким количеством ограниченной информации, которое необходимо для выполнения их задач в данный момент [8]. Минимальное количество информации не позволяет сотрудникам принимать участие в корректировке и обсуждении главных задач предприятия и стратегических решений.

При эффективном построении организационной структуры система управления должна иметь обратную связь для того, чтобы оперативно реагировать на запросы потребителя. Однако в данный момент четко прослеживается тенденция отсутствия качественного и регулярного мониторинга этих изменений.

Иерархия традиционного менеджмента (рис. 1) наглядно показывает ситуацию, при которой важные стратегические задачи решаются на верхнем уровне и далее направляются руководством как указания, не подлежащие корректировкам.

В организационной структуре предприятий на данный момент прослеживается тенденция отсутствия специализации команд для решения различных задач. Даже самая слаженная и компетентная команда специалистов не в состоянии идеально справиться со всеми поставленными задачами и охватить полный комплекс проблем развития предприятия. Таким образом, функционирование одной команды для организации среднего размера совершенно недостаточно. Не менее важной составляющей устойчивого развития предприятия является способность команд гибко менять свою структуру и состав [9]. Традиционное управление не учитывает многовариантность развития событий, являющихся следствием принимаемых решений, в рамках него цели рассматриваются не в совокупности, а изолированно. Планирование осуществляется по готовым шаблонам, что влечет за собой ошибки и приводит к снижению результативности работы предприятия. Жестко формализованный механизм традиционного управления препятствует привнесению инноваций и кардинальным изменениям привычного образа управления, не давая возможности проявиться положительным результатам гибких подходов, сопровождающих позитивные перемены.

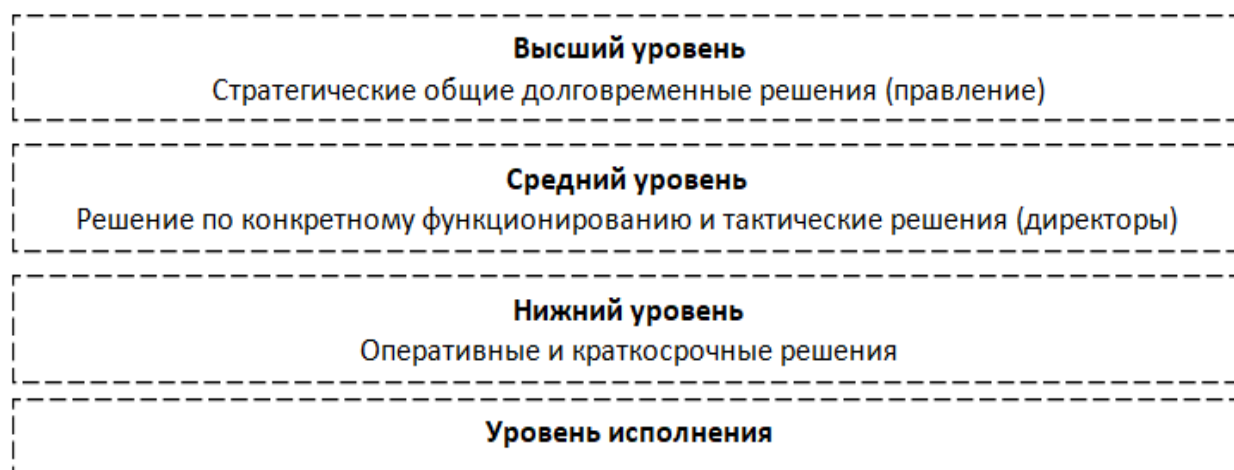


Рис. 1. Иерархия традиционного менеджмента

Fig. 1. Hierarchy of traditional management

Таким образом, можно выделить несколько характерных черт управления, присущих традиционному менеджменту:

1. *Запрос на более быструю работу сотрудников*, что влечет за собой отсутствие должного уровня информирования сотрудников о стратегическом развитии предприятия и поставленных глобальных целях, оправданное нейтрализацией отягощения сотрудников сложностями внедряемой концепции и отсутствием перерывов в их работе;

2. *Отсутствие обратной связи*, что приводит к возникновению двусмысленных ситуаций в отношениях между сотрудниками, снижению их вовлеченности в работу;

3. *Нет механизма контроля за работой руководителей и их подразделений* в связи с отсутствием регулярных собраний и отчетности (руководитель не заинтересован в перспективной работе своей команды, так как это не влечет за собой определенных санкций, применимых конкретно к нему) [10]. Собственник, цель которого – максимизация прибыли и увеличение эффективности работы строительного предприятия, вынужден постоянно договариваться с заинтересованными лицами, чтобы обеспечить необходимый прогресс в развитии. В роли заинтересованных лиц выступают: *работники компании*, которые хотят получать достойную заработную плату за свой труд и своевременное информирование, которое способствует вовлечению их в качественное исполнение своих обязанностей; *инвесторы*, цель которых – получение стабильного дохода с минимальным уровнем риска; *потребители*, желающие приобрести товар (услугу) по приемлемой для них цене [11]. Залогом правильного принятия управленческих решений явля-

ется тщательный анализ внутренней среды предприятия. Инструментом для выражения процессов, происходящих внутри предприятия, является экономическая информация. Данная информация и её анализ способствуют успешному функционированию и развитию производственно-сбытовой деятельности предприятия [12]. Успешное функционирование предприятия на рынке, обеспечение должного уровня конкурентоспособности и степень реализации его потенциала зависят от качественного состояния внутренней среды организации. Внутреннюю среду можно изучить и описать с помощью такого способа, как *SNW-анализ* (рис. 2).

Деятельность предприятия можно оценить по ряду критериев, каждый из которых получает одну из трех оценок:

- сильная;
- нейтральная;
- слабая.

Для проведения исследования по выявлению зависимости стабильности функционирования предприятия от сильных и слабых сторон кадровой политики был проведен *SNW-анализ* строительного предприятия. Выбор организации был сделан на основе следующих критериев:

- предприятие является субъектом среднего предпринимательства;
- располагается в Москве и Московской области;
- предоставляет широкий спектр услуг в области строительства;
- положение компании стабильно, наблюдается падение по основным финансовым показателям за последний год.

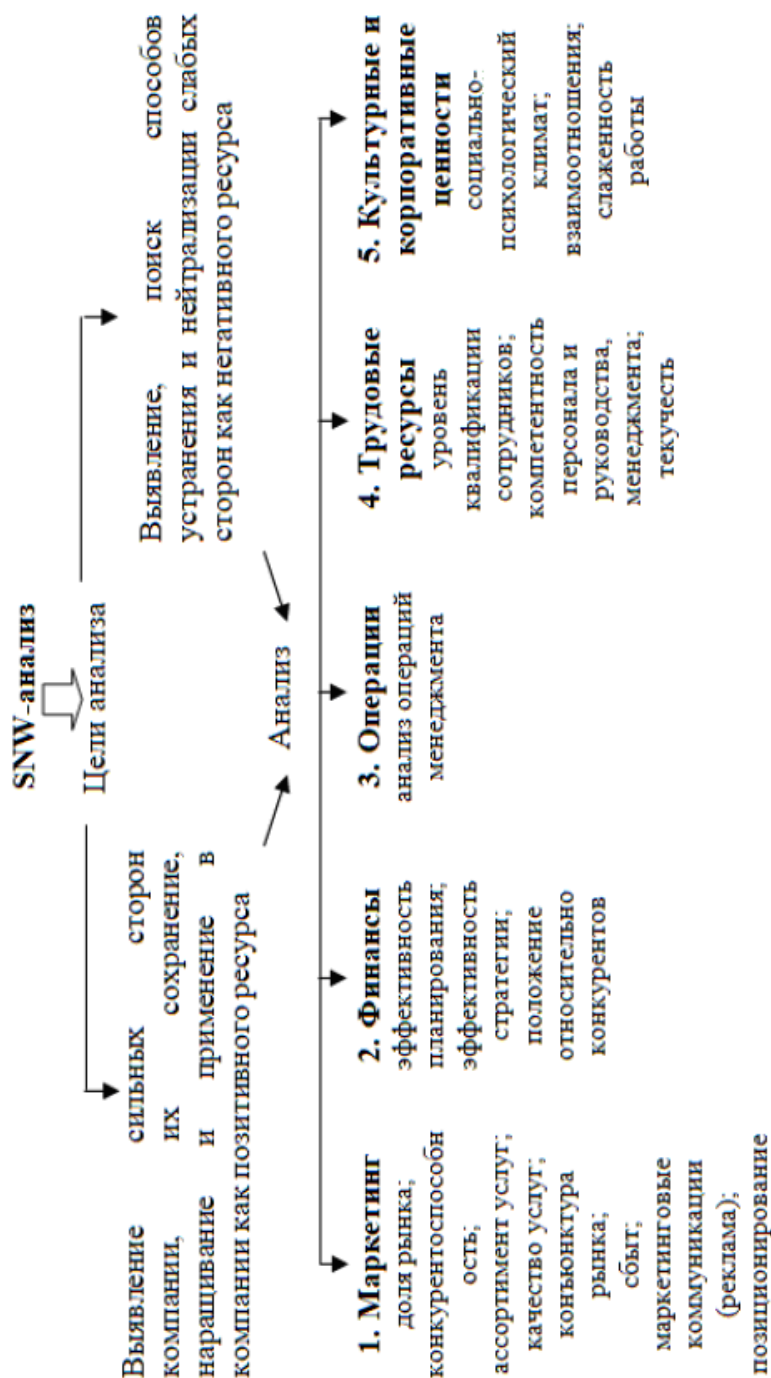


Рис. 2. Алгоритм исследования и ключевые моменты SNW-анализа
Fig. 2. Research algorithm and key points of SNW analysis

Вертикально интегрированная структура данного предприятия информирует о возможности реализации им всех стадий инвестиционно-строительного процесса: от освоения

земельного участка до эксплуатации готовой недвижимости. SNW-анализ был проведен согласно анализу следующих факторов, представленных в виде совокупности:

$$SNW - \text{анализ} = \left\{ \sum_{i=1}^n M_{1n} + \sum_{i=1}^n F_{1n} + \sum_{i=1}^n O_{1n} + \sum_{i=1}^n TR_{1n} + \sum_{i=1}^n CCV_{1n} \right\}. \quad (1)$$

В результате получены оценочные значения, обобщенные в табл. 1.

Таблица 1. Оценка строительного предприятия «Эталон» посредством SNW-анализа

Table 1. Evaluation of the construction company "Etalon" by means of SNW-analysis

№	Факторы	Оценка		
		Сильные	Нейтральные	Слабые
МАРКЕТИНГ (M_{1n})				
1	M_{11} . Доля рынка	–	50	–
2	M_{12} . Конкурентоспособность		60	
3	M_{13} . Ассортимент услуг	80	–	
4	M_{14} . Качество услуг	70		
5	M_{15} . Конъюнктура рынка	80		
6	M_{16} . Сбыт	–	60	
7	M_{17} . Маркетинговые коммуникации		60	
8	M_{18} . Позиционирование		40	
ФИНАНСЫ (F_{1n})				
9	F_{11} . Эффективность планирования	–	40	–
10	F_{12} . Эффективность стратегии		50	
11	F_{13} . Положение относительно конкурентов		60	
ОПЕРАЦИИ (O_{1n})				
12	O_{11} . Анализ операций менеджмента	–	–	30
ТРУДОВЫЕ РЕСУРСЫ (TR_{1n})				
13	TR_{11} . Уровень квалификации сотрудников	90	–	–
14	TR_{12} . Компетентность руководства менеджмента	–	50	
15	TR_{13} . Текучесть	70	–	
КУЛЬТУРНЫЕ И КОРПОРАТИВНЫЕ ЦЕННОСТИ (CCV_{1n})				
16	CCV_{11} . Социально-психологический климат	–	60	–
17	CCV_{12} . Взаимоотношения		50	
18	CCV_{13} . Сложенность работы		40	

Комментарии к показателям данных факторов представлены в табл. 2.

После изучения материалов из открытых источников [13], было решено для проведения исследования рассмотреть строительное предприятие «Эталон», так как оно отвечает вышеупомянутым критериям и обладает полным перечнем необходимой отчетной документации в свободном доступе, что имеет первостепенную важность для реализации исследования.

Строительное предприятие «Эталон» специализируется на девелопменте жилой недвижимости, ее проектировании, строительстве, сервисе и эксплуатации. Компания фокусируется на строительстве жилья ком-

форт- и бизнес-класса в Москве и Московской области.

Результаты и их обсуждение

Главная задача SNW-анализа – это выявление «актива» (S) и «пассива» (W) предприятия [14], а задачей стратегии развития является грамотное использование актива для нейтрализации пассива. В данном случае под «активом» и «пассивом» предприятия понимаются показатели, приведенные в табл. 3. В результате проведенного SNW-анализа было выявлено, что состояние компании стабильно, но преобладание слабых сторон в перспективе может отрицательно сказаться на положении предприятия среди конкурентов.

Таблица 2. Обоснование полученных оценок строительного предприятия «Эталон» посредством SNW-анализа

Table 2. Justification of the obtained estimates of the construction company "Etalon" by means of SNW-analysis

№	Факторы	Комментарии к оценкам факторов строительного предприятия
МАРКЕТИНГ		
1	M_{11}	Относится к субъектам среднего предпринимательства
2	M_{12}	Цены средние по рынку. Использование научно-технических инноваций позволяет улучшать многие показатели, которые в дальнейшем сокращают продолжительность выполнения различного рода работ
3	M_{13}	Предоставляет широкий выбор услуг в области строительства и девелопмента недвижимости
4	M_{14}	Состоит во всех необходимых для реализуемой деятельности СРО, что гарантирует клиентам высокое качество предоставляемых услуг
5	M_{15}	Строительство является отдельной самостоятельной отраслью экономики страны, которая специализируется на вводе новых, а также реконструкции, расширении, ремонте и техническом перевооружении функционирующих объектов производственного и непроизводственного назначения. Данная отрасль обеспечивает базовые потребности человека, поэтому актуальна всегда
6	M_{16}	Реализация строительной продукции легитимна и соответствует всем требуемым нормативным документам. Заблаговременно определяются все исходные данные, необходимые для строительства. Также предприятие предоставляет возможность оформления ипотечного кредитования, которое расширяет платежеспособный спрос населения на жилье и тем самым позволяет вовлекать внебюджетные средства в жилищную сферу
7	M_{17}	Выше среднего, использование инструментов маркетинга по продвижению услуг нерегулярное и неполное
8	M_{18}	При позиционировании не фокусируется на узком сегменте и размыто доносит свою позицию до потенциального заказчика
ФИНАНСЫ		
9	F_{11}	Планирование строительного производства не осуществляется на основе таких принципов, как конкретность, стабильность, непрерывность и демократичность. Отсутствуют рационализаторские предложения работников предприятия
10	F_{12}	Реакция на рыночные изменения не отличается высокой скоростью и гибкостью, нет стратегии выхода на первые позиции рынка, много ошибок в позиционировании на рынке
11	F_{13}	Репутация хорошая, имидж средний
ОПЕРАЦИИ		
12	O_{11}	Организация внутреннего взаимодействия определяется системой традиционного менеджмента, сотрудники низшего уровня не получают возможности участвовать в принятии стратегических решений
ТРУДОВЫЕ РЕСУРСЫ		
13	TR_{11}	Высокий
14	TR_{12}	Компетентность менеджеров высокая в плане решения их профессиональных задач. Однако отделение работы руководителей от работы непосредственных исполнителей и отсутствие обратной связи приводит к возникновению двусмысленных ситуаций в отношениях между сотрудниками, снижению вовлеченности в процесс работы
15	TR_{13}	Текущий кадровый состав такой же, как и у конкурентов
КУЛЬТУРНЫЕ И КОРПОРАТИВНЫЕ ЦЕННОСТИ		
16	CCV_{11}	Обучение персонала проводится, но нерегулярно. Мотивации как системы нет
17	CCV_{12}	Харизма руководящего состава присутствует, уважение высокое, только как к профессионалам и знатокам своего дела. Дни рождения и праздники отмечаются, имеется дресс-код
18	CCV_{13}	Каждый выполняет свою работу хорошо, не проявляя инициативу сделать что-то «сверх нормы». Коммуникация между сотрудниками как в профессиональном, так и в личном плане находится на среднем уровне

Каждый сотрудник имеет возможность получения информации о выбранной стратегии перед началом реализации проекта, что позволяет ему оценить достоинства,

недостатки принятых решений и определить для себя наиболее оптимальную модель выполнения поставленных перед ним задач.

Таблица 3. «Актив» и «пассив» предприятия
Table 3. "Asset" and "liability" of the enterprise

«Актив» предприятия	«Пассив» предприятия
1. Ассортимент реализуемой продукции. 2. Конкурентоспособность. 3. Качество услуг. 4. Сбыт. 5. Обучение персонала. 6. Ценовая политика. 7. Социально-психологический климат. 8. Квалификация персонала. 9. Удобное расположение офиса	1. Организация маркетинга на предприятии. 2. Деловая репутация предприятия. 3. Позиционирование. 4. Эффективность планирования. 5. Маркетинговые коммуникации. 6. Слаженность работы

Важно исключить принуждение в принятии решений. Руководителям необходимо указывать на проблемы, а не решать их.

Рассмотрим основные различия в подходах традиционного и интерактивного менеджмента (табл. 4) [15] и выделим отличительные черты обоих видов менеджмента и представим их на рис. 3.

Можно заключить, что принципы интерактивного менеджмента позволяют обес-

печить каждого сотрудника возможностью самореализации в его профессиональной деятельности. При таком взаимодействии в коллективе поддерживается активность и положительная рабочая атмосфера, которая влияет на становление здоровых межличностных отношений и формирует команду из заинтересованных, творческих, продуктивных сотрудников.

Таблица 4. Основные различия в подходах традиционного и интерактивного менеджмента
Table 4. Main differences in traditional and interactive management approaches

Традиционный менеджмент	Интерактивный менеджмент
Предполагает видение ситуации из прошлого	Предполагает видение ситуации из будущего
Базируется на прошлом опыте, инструкциях, утвержденном плане	Формирует план действий и «правила игры» по ситуации
Полагается на факты	Доверяет интуиции
Доводит задачу до понимания персоналом	Формирует образы и зажигает людей
Принуждает к действию	Вызывает желание действовать
Минимизация риска	Рассматривает риск как необходимость
Исходит из того, что сотрудник пассивен	Исходит из того, что сотрудник может самореализовываться в труде
Наказывает за ошибки	Выносит уроки из ошибок и старается свести их к минимуму в будущем
Добивается повторяемости результатов	Стимулирует инновационные решения



Рис. 3. Отличительные черты интерактивного и традиционного менеджмента
Fig. 3. Distinctive features of interactive and traditional management

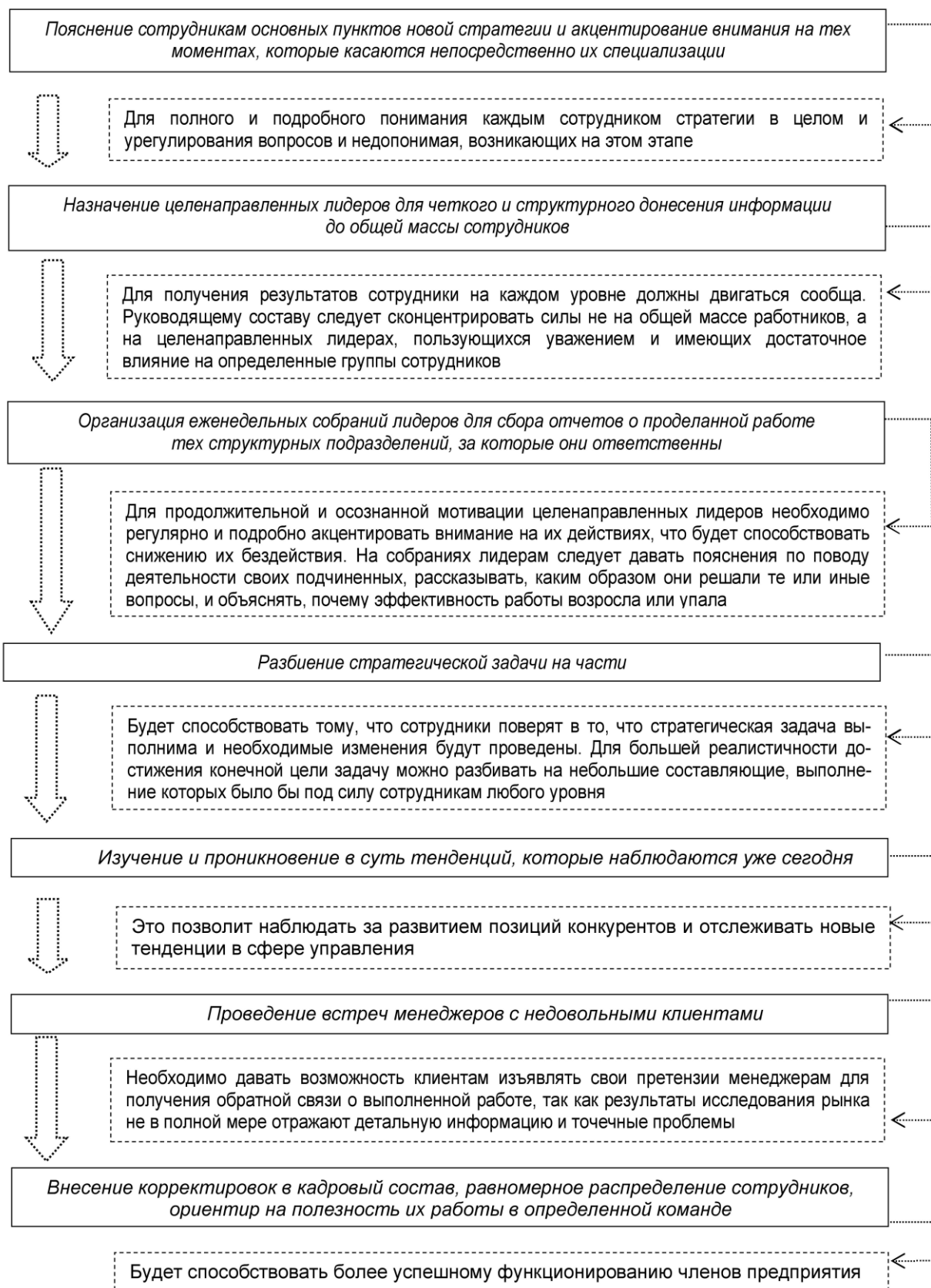


Рис. 4. Способы улучшения организации работы за счет использования интерактивного менеджмента
Fig. 4. Ways to improve the organization of work through the use of interactive management

На сегодняшний день залогом успешного функционирования компании является высокое качество управления. Квалификация кадрового состава становится важнейшим фактором обеспечения эффективности инновационного процесса [13].

В отличие от традиционного менеджмента, в основе которого лежат директивные методы управления, инновационный менеджмент ставит своей целью применение новых подходов в психологии управления персоналом.

Результатом данного метода является эффективная работа сотрудников, которые максимально вовлечены в рабочий процесс, чувствуют свою ценность и одобрение со стороны руководителей. Вследствие применения этого подхода устанавливается благоприятная атмосфера в коллективе и доверительные отношения между руководящим звеном и исполнителями в целом.

Заключение

В результате проведенного анализа и выявления слабых сторон внутренней структуры строительного предприятия появилась возможность сформировать пути улучшения организации работы за счет использования интерактивного менеджмента [16; 17, с. 71–75, 119–122] (рис. 4).

При рассмотрении основных позиций интерактивного менеджмента четко видно, что преданность, доверие руководству и добровольное проявление инициативы общей массы сотрудников – это неосоздаваемый капитал [18; 19, с. 18–23; 20, с. 66–68].

Когда знания сотрудников не ценятся, это вызывает возмущение, выражающееся в том, что они не стремятся делиться своими идеями и опытом и вкладывать в свои действия должное количество энергии. В таких условиях данное обстоятельство будет тормозить работу всего предприятия и создавать все возможные препятствия на пути к достижению поставленных целей [21].

Однако если есть доверие, работники более уверены в намерениях или действиях друг друга, то именно при таком подходе предприятие сможет выстроить успешное воплощение новой стратегии [22]. В ином случае сотрудники, как правило, поддерживают ранее выбранную стратегию, даже если она на их взгляд несовершенна и расхождается с их пониманием рабочего процесса.

Интеллектуальное и эмоциональное признание сотрудников является важной составляющей при построении эффективной стратегии строительного предприятия. Используя интерактивный менеджмент, руководство компании конкретными действиями доказывает свое стремление доверять сотрудникам, а также глубокую веру в знания, таланты и опыт каждого работника [23; 24, с. 28–33; 25, с. 76–91]. Такое взаимодействие способствует улучшению внутреннего климата предприятия, что сказывается на объемах производимой продукции и положительно влияет на весь масштаб управления в сфере недвижимости [26, с. 38–46; 27, с. 189–194].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ганчеренок И.И. К вопросу педагогики интеллектуального лидерства: новая модель подготовки научных кадров // Фундаментальные и прикладные исследования: от теории к практике: сб. мат-лов II междунар. научн.-практ. конференции, приуроченной ко Дню российской науки (05–09 февраля 2018 года, Воронеж – Кызыл-Кия). Воронеж: АМиСта, 2018. С. 43–54.
2. Магеррамова А.В., Шахова А.В., Кузнецова Л.М., Усаева С.А., Лысенко Е.В. Комплексное внедрение талант-менеджмента систему HR-менеджмента организации // Экономическое развитие региона: управление, инновации, подготовка кадров. 2019. № 6. С. 266–281.
3. Булатова Ю.В. Инновационный кадровый менеджмент: понятие, принципы, задачи, методы и функции инновационного менеджмента в кадровой работе // Финансы, учет и менеджмент: теоретические и практические разработки: сб. науч. трудов по мат-лам I Междунар. науч.-практ. конф. (30 июня 2017 года, Пермь). Пермь: НОО «Профессиональная наука», 2017. С. 350–356.
4. Филин С.А., Чайковская Л.А. Инновационный менеджмент предприятия и инновационный налоговый менеджмент как его составная часть // Аудит и финансовый анализ. 2012. № 6. С. 326–335.
5. Кутузова А.В., Яркова С.А., Якимов Л.Д., Мельникова Е.В. Инновационный менеджмент: к вопросу о повышении инновационной восприимчивости персонала // Наука Красноярья. 2020. Т. 9. № 1. С. 125–145. <https://doi.org/10.12731/2070-7568-2020-1-125-145>

6. Манджаева О., Парахина В. Инновационный менеджмент: поощрение людей к инновационной активности // *Danish Scientific Journal*. 2020. № 42-3. С. 8–10.
7. Тесленко И.Б., Кирьянова Е.С. Понятие, цели, функции стратегии управления персоналом и значение подсистемы управления персоналом в общей системе управления организацией // *Молодой ученый*. 2020. № 30 (320). С. 127–130.
8. Павлова Ю.В. Управление персоналом в организации: современные подходы к построению системы управления персоналом // *Актуальные научные исследования в современном мире*. 2020. № 8-3 (64). С. 5–11.
9. Беликов Д.С., Журавлева Т.А. Управление маркетингом персонала в практике управления мотивацией персонала // *Теория и практика современной науки*. 2018. № 1 (31). С. 127–131.
10. Волков И.Н., Скрыльникова К.Ю. Стратегии управления персоналом как основной рабочий инструмент системы управления персоналом // *Социально-политические процессы в современном мире: взгляд молодых: сб. мат-лов 3-й студенческой науч.-практ. конф. (03 декабря 2018 года, Воронеж)*. Воронеж: Воронежский филиал РАНХиГС, 2018. С. 33–36.
11. Зарубина С.Д., Ямалова К.И., Калошина Т.Ю. Принципы управления персоналом как основа системы управления персоналом организации // *Современный взгляд на будущее управленческой науки: сб. трудов Всероссийской (национальной) студенческой науч.-практ. конф. (03 июня 2019 года, Новосибирск)*. Новосибирск: Золотой колос, 2019. С. 83–85.
12. Коломоец А.С. Основные проблемы современного стратегического развития в управлении персоналом, разработка мероприятий в сфере управления персоналом // *Стратегия научно-технического развития России: проблемы и перспективы реализации: сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. (12 апреля 2020 года, Петрозаводск)*. Петрозаводск: Новая Наука, 2020. С. 20–22.
13. Воропаева К.М. SNW-анализ стратегического положения компании: практика использования // *Модели и методы повышения эффективности инновационных исследований: сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. (03 декабря 2019, Воронеж)*. Уфа: ОМЕГА САЙНС, 2019. С. 52–56.
14. Логинова К.А., Цветкова Л.А. SNW-анализ как инструмент стратегического анализа на примере К(Ф)Х Трутнев А.С. // *Современные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса региона: сб. трудов науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов (03–05 июня 2019 года, Новосибирск)*. Новосибирск: Золотой колос, 2019. С. 355–359.
15. Семина К.С. Эволюция моделей менеджмента: от традиционного менеджмента к менеджменту 3.0 // *Международный журнал прикладных наук и технологий Integral*. 2019. № 4-2. С. 65. <https://doi.org/10.24411/2658-3569-2019-14062>
16. Фалько С.Г. Традиционные, гибкие и гибридные модели и стандарты проектного менеджмента // *Управление научно-техническими проектами: сб. мат-лов Второй Междунар. науч.-техн. конф. (06 апреля 2018 года, Москва)*. М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2018. С. 258–261.
17. Kotler P., Keller K.L. *Marketing Management*. 6th edition. N.J.: Prentice Hall, 2012. 657 p.
18. Ворник Е.А. Менеджмент тогда и сейчас: новые парадигмы в традиционных целях // *Современные тенденции развития в области экономики и управления: сб. мат-лов Междунар. науч.-практ. конф. (19–21 марта 2018 года, Москва)*. М.: Государственный университет управления, 2018. С. 158–162.
19. Damodaran A. *Investment Philosophies: Successful Strategies and the Investors Who Made Them Work*. Wiley, 2012. 608 p.
20. Brealey R.A., Myers S.C. *Principles of Corporate Finance*. 7th edition. McGraw-Hill Irwin, 2003. 1120 p.
21. Масловский В.П. Применение инструментов традиционного проектного менеджмента для гибкого и гибридного подхода // *Актуальные психолого-педагогические, философские, экономические и юридические проблемы современного российского общества: коллективная монография / Астапов В.В., Афанасова Е.Н., Белокопытов Ю.Н., Панасенко Г.В., Король Л.Г., Логунова О.В. и др. Ульяновск: Зебра, 2020*. С. 161–196.
22. Русина В.Н. Инновация в современном менеджменте // *Актуальные вопросы управления социально-экономическими системами: сб. науч. трудов II науч.-практ. конф., посвящ. Дню менеджера (08–09 ноября 2018 года, Ставрополь)*. Ставрополь: АГРУС, 2018. С. 273–278.
23. Кобзева Е.В., Тодорова К.С. Этапы разработки инновационной стратегии развития предприятия // *Аналитические инструменты коммерческих организаций в инновационной экономике: сб. науч. трудов круглого стола, посвящ. юбилейному году РГУ им. А.Н. Косыгина (14 мая 2020 года, Москва)*. М.: Российский гос-

ударственный университет имени А.Н. Косыгина, 2020. С. 147–151.

24. Chan Kim W., Mauborgne R. Blue Ocean Strategy. Harvard Business Review Press, 2017. 464 p.

25. Tulgan B. The 27 challenges managers face. Wiley, 2014. 256 p.

26. Kotler P., Armstrong G. Principles of Marketing. London: Pearson education, 2011. 744 p.

27. Hollensen S. Marketing Management: A Relationship Approach. 4th edition. Harlow: Pearson Education, 2019. 520 p.

REFERENCES

1. Gancherenok II. To the question of pedagogy of intellectual leadership: a new model of scientific staff training. *Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya: ot teorii k praktike: sb. mat-lov II mezhdunar. nauchn.-prakt. konferentsii, priurochennoi ko Dnyu rossiiskoi nauki* (05–09 February 2018, Voronezh – Kyzyl-Kiya). Voronezh: AMiSta; 2018. p. 43–54. (In Russ.)

2. Magerramova AV, Shakhova AV, Kuznetsova LM, Usaeva SA, Lysenko EV. Integrated implementation of talent management in the HRM-system of organization. *Ekonomicheskoe razvitie regiona: upravlenie, innovatsii, podgotovka kadrov*. 2019;6:266–281. (In Russ.)

3. Bulatova JV. Innovative personnel management: the concept, principles, tasks, methods and functions of innovative management in personnel work. *Finansy, uchet i menedzhment: teoreticheskie i prakticheskie razrabotki: sb. nauch. trudov po mat-lam I Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* (30th June 2017, Perm). Perm: NOO "Professional'naya nauka"; 2017. p. 350–356. (In Russ.)

4. Filin SA, Chaikovskaya LA. Enterprise innovation management and innovative tax management as its integral part. *Audit i finansovyi analiz*. 2012;6:326–335. (In Russ.)

5. Kutuzova AV, Yarkova SA, Yakimova LD, Melnikova EV. Innovative management: to the question of increasing innovative sustainability of personnel. *Nauka Krasnoyars'ya = Krasnoyarsk Science*. 2020;9(1):125–145. <https://doi.org/10.12731/2070-7568-2020-1-125-145> (In Russ.)

6. Mandzhaeva O., Parakhina V. Innovative management: promoting people to innovative activity. *Danish Scientific Journal*. 2020;42-3: 8–10. (In Russ.)

7. Teslenko IB, Kiryanova ES. Concept, goals, functions of the personnel management strategy and the significance of the personnel management subsystem in the general management system of the organization. *Molodoi uchenyi = Young scientist*. 2020;30(320):127–130. (In Russ.)

8. Pavlova JV. Personnel management in an organization: modern approaches to building a

personnel management system. *Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire*. 2020; 8-3(64):5–11. (In Russ.)

9. Belikov DS, Zhuravleva TA. Management of staff marketing in practice management. *Teoriya i praktika sovremennoi nauki*. 2018;1(31):127–131. (In Russ.)

10. Volkov IN, Skrylnikova KY. Personnel management strategies as a principal working tool of the personnel management system. *Sotsial'nopoliticheskie protsessy v sovremennom mire: vzglyad molodykh: sb. mat-lov 3-i studencheskoi nauch.-prakt. konf.* (03rd December 2018, Voronezh). Voronezh: The Voronezh branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration; 2018. p. 33–36. (In Russ.)

11. Zarubina SD, Yamalova KI, Kaloshina TY. The principles of personnel management as the basis of the organization's personnel management system. *Sovremennyyi vzglyad na budushchee upravlencheskoi nauki: sb. Trudov Vserossiiskoi (natsional'noi) studencheskoi nauch.-prakt. konf.* (03rd June 2019, Novosibirsk). Novosibirsk: Zolotoikos; 2019. p. 83–85. (In Russ.)

12. Kolomoets AS. Main problems of modern strategic development in the field of personnel management, development of measures in the field of personnel management. *Strategiya nauchnotekhnicheskogo razvitiya Rossii: problemy i perspektivy realizatsii: sb. Statei Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* (12th April 2020, Petrozavodsk). Petrozavodsk: Novaya Nauka; 2020. p. 20–22. (In Russ.)

13. Voropaeva KM. SNW-analysis of the company's strategic position: practice of use. *Modeli i metody povysheniya effektivnosti innovatsionnykh issledovaniy: sb. Statei Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* (03rd December 2019, Voronezh). Ufa: OMEGA SAINS; 2019. p. 52–56. (In Russ.)

14. Loginova KA, Tsvetkova LA. SNW-analysis as a strategic analysis tool on the example of K(F)X Trutnev A.S. *Sovremennye problemy i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa regiona: sb. trudov nauch.-prakt. konf. prepodavatelei, aspirantov, magistrantov i studentov* (03–05th June

- 2019, Novosibirsk). Novosibirsk: Zolotoikolos; 2019. p. 355–359. (In Russ.)
15. Semina KS. Evolution of management models: from traditional management to management 3.0. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh nauk i tekhnologii Integral = International Journal of Applied Science and Technology Integral*. 2019;4-2:65. <https://doi.org/10.24411/2658-3569-2019-14062> (In Russ.)
16. Falko SG. Traditional, flexible and hybrid models and standards of project management. *Upravlenie nauchno-tekhnicheskimi proektami: sb. mat-lov Vtoroi Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* (06 April 2018, Moscow). Moscow: Bauman Moscow State Technical University; 2018. p. 258–261. (In Russ.)
17. Kotler P, Keller KL. Marketing Management. 6th edition. N.J.: Prentice Hall; 2012. 657 p.
18. Vornik EA. Management before and now: new paradigms for traditional purposes. *Sovremennye tendentsii razvitiya v oblasti ekonomiki i upravleniya: sb. mat-lov Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* (19–21nd Mart 2018, Moscow). Moscow: State University of Management; 2018. p. 158–162. (In Russ.)
19. Damodaran A. Investment Philosophies: Successful Strategies and the Investors Who Made Them Work. Wiley, 2012. 608 p.
20. Brealey RA, Myers SC. Principles of Corporate Finance. 7th edition. McGraw-Hill Irwin, 2003. 1120 p.
21. Maslovskii VP. Application of traditional project management tools for a flexible and hybrid approach. *Aktual'nye psikhologo-pedagogicheskie, filosofskie, ekonomicheskie i yuridicheskie problem sovremennogo rossiiskogo obshchestva: collective monograph*. Ulyanovsk: Zebra; 2020. p. 161–196. (In Russ.)
22. Rusina VN. Innovation in modern management. *Aktual'nye voprosy upravleniya sotsial'no-ekonomicheskimi sistemami: sb. nauch. trudov II nauch.-prakt. konf., posvyashch. Dnyu menedzhera* (08–09th November 2018, Stavropol). Stavropol: AGRUS; 2018. p. 273–278. (In Russ.)
23. Kobzeva EV, Todorova KS. Stages of development of innovative enterprise development strategy. *Analiticheskie instrumenty kommercheskikh organizatsii v innovatsionnoi ekonomike: sb. nauch. trudov kruglogo stola, posvyashch. yubileinomu godu RGU im. A.N Kosygina* (14 May 2020, Moscow). Moscow: Russian State University named after A.N. Kosygin; 2020. p. 147–151. (In Russ.)
24. Chan Kim W, Mauborgne R. Blue Ocean Strategy. Harvard Business Review Press, 2017. 464 p.
25. Tulgan B. The 27 challenges managers face. Wiley, 2014. 256 p.
26. Kotler P, Armstrong G. Principles of Marketing. London: Pearson education; 2011. 744 p.
27. Hollensen S. Marketing Management: A Relationship Approach. 4th edition. Harlow: Pearson Education; 2019. 520 p.

Информация об авторах

Чубаркина Ирина Юрьевна,
старший преподаватель
кафедры организации строительства
и управления недвижимостью,
Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет,
129337, г. Москва, Ярославского шоссе, 26,
Россия,
e-mail: ChubarkinalY@mgsu.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6969-6187>

Шумихина Валерия Александровна,
студентка,
Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет,
129337, г. Москва, Ярославского шоссе, 26,
Россия,
e-mail: lera.shumikhina.99@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6598-4034>

Information about the authors

Irina Yu. Chubarkina,
Senior lecturer of the Department
of Construction Organization
and Real Estate Management,
National Research Moscow State
University of Civil Engineering,
26 Yaroslavskoye shosse, Moscow, 129337,
Russia,
e-mail: ChubarkinalY@mgsu.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6969-6187>

Valeriya A. Shumikhina,
Student,
National Research Moscow State
University of Civil Engineering,
26 Yaroslavskoye shosse, Moscow, 129337,
Russia,
e-mail: lera.shumikhina.99@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6598-4034>

Самсонова Дарья Михайловна,
студентка,
Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет,
129337, г. Москва, Ярославского шоссе, 26,
Россия,
✉ e-mail: dasha.samsonova.99@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6374-7214>

Darya M. Samsonova,
Student,
National Research Moscow State
University of Civil Engineering,
26 Yaroslavskoye shosse, Moscow, 129337,
Russia,
✉ e-mail: dasha.samsonova.99@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6374-7214>

Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад
в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта
интересов.

Все авторы прочитали и одобрили оконча-
тельный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 06.04.2021.
Одобрена после рецензирования 10.05.2021.
Принята к публикации 11.05.2021.

Conflict of interests

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

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

The article was submitted 06.04.2021.
Approved after reviewing 10.05.2021.
Accepted for publication 11.05.2021.



Разработка методики испытаний гибких шлангов на основе пластифицированного ПВХ, армированного спиралью из жесткого ПВХ

© В.В. Алексеенко, К.М. Суханова, А.Н. Шестаков, В.П. Яценко

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Резюме: Цель исследования – разработка лабораторных методик, которые позволяют оценить эксплуатационные свойства полимерных гибких шлангов. Основные параметры, которые ограничивают применение гибких полимерных шлангов – это гибкость при низких температурах и стойкость к перегибам при положительных температурах. Для исследования гибкости шлангов при низких температурах была создана установка, которая позволяет измерять деформативность шланга при консольном нагружении. Охлаждение шлангов производилось в специальной холодильной камере. Для измерения стойкости шланга к перегибам использовалась стандартная трехточечная схема нагружения на испытательной машине *Instron 5980*. Измерения проводились при температуре 20°C. Измерения гибкости полимерных шлангов при отрицательных температурах показали, что шланги, изготовленные из пластифицированного поливинилхлорида, сохраняют гибкость при минус 30°C. Стойкость к перегибам зависит от шага армирующей спирали и толщины стенки шланга. Таким образом, апробированы две лабораторные методики измерения гибкости и стойкости к перегибу ПВХ шлангов. Показано, что с помощью этих методик можно прогнозировать температурный диапазон эксплуатации и физико-механические характеристики промышленно выпускаемых полимерных гибких шлангов.

Ключевые слова: пластифицированные полимеры, гибкие шланги, поливинилхлорид, морозостойкость

Благодарности: Авторы благодарят руководство ООО «Химсервис» за предоставленные образцы ПВХ-шлангов.

Для цитирования: Алексеенко В.В., Суханова К.М., Шестаков А.Н., Яценко В.П. Разработка методики испытаний гибких шлангов на основе пластифицированного ПВХ, армированного спиралью из жесткого ПВХ. *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2021. Т. 11. № 2. С. 232–241. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-232-241>

An experimental procedure for flexible hoses based on plasticised PVC reinforced with a rigid PVC spiral

Victor V. Alekseenko, Ksenija M. Suhanova, Aleksandr N. Shestakov, Vladimir P. Yashchenko

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Abstract: In this work, we develop laboratory techniques for evaluating service properties of flexible polymer hoses. The main parameters limiting the application of flexible polymer hoses are low-temperature flexibility and kink resistance at positive temperatures. To study the flexibility of hoses at low temperatures, a setup measuring deformability of a hose under cantilever loading was built. Cooling of hoses was carried out in a special refrigerating chamber. A standard three-point loading configuration was used to measure the hose kink resistance on an *Instron 5980* testing machine. The measurements were performed at a temperature of 20°C. Flexibility measurements performed on polymer hoses at negative temperatures showed that hoses from plasticised PVC remain flexible at –30°C. Kink resistance depends on the pitch of spiral reinforcement and the wall thickness of the hose. Thus, two laboratory procedures for measuring the flexibility and kink resistance of PVC hoses were tested. It was shown that these techniques are capable of predicting the service temperature range and physical and mechanical characteristics of commercial polymer flexible hoses.

Keywords: plasticized polymers, flexible hoses, polyvinyl chloride, frost resistance

Acknowledgments: The authors are grateful to the management of the company “Chemservice” for the provided samples of PVC hoses.

For citation: Alekseenko VV, Suhanova KM, Shestakov AN, Yashchenko VP. An experimental procedure for flexible hoses based on plasticised PVC reinforced with a rigid PVC spiral. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(2):232–241. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-232-241>

Введение

На сегодняшний день гибкие полимерные шланги незаменимы в быту, сельском хозяйстве, строительстве, во многих сферах промышленности [1–5]. Одним из наиболее перспективных материалов для производства шлангов является поливинилхлорид (ПВХ). Данный материал нерастворим в воде, устойчив к действию слабых кислот, щелочей, спиртов, минеральных масел. Среди преимуществ ПВХ-шлангов следует выделить сравнительно высокую механическую прочность, гибкость, небольшой вес и низкую стоимость [6–12]. Тем не менее шланги, имеющие однородную структуру, не обладают необходимыми потребительскими

свойствами. Хорошие механические характеристики имеют только армированные изделия. Композитная структура шлангов постоянно совершенствуется и представляет собой продукт высоких технологий. Проблема выбора структуры и типа материала для армирования гибких шлангов имеет два аспекта: оптимальная механическая прочность арматуры и физико-химическая совместимость арматуры и материала основы шланга в процессе изготовления и эксплуатации. Наиболее удобным при изготовлении и не вызывающим вопросов при эксплуатации является выбор в качестве армирующего материала спирали из жёсткого ПВХ. Схема конструкции таких шлангов представлена на рис. 1.

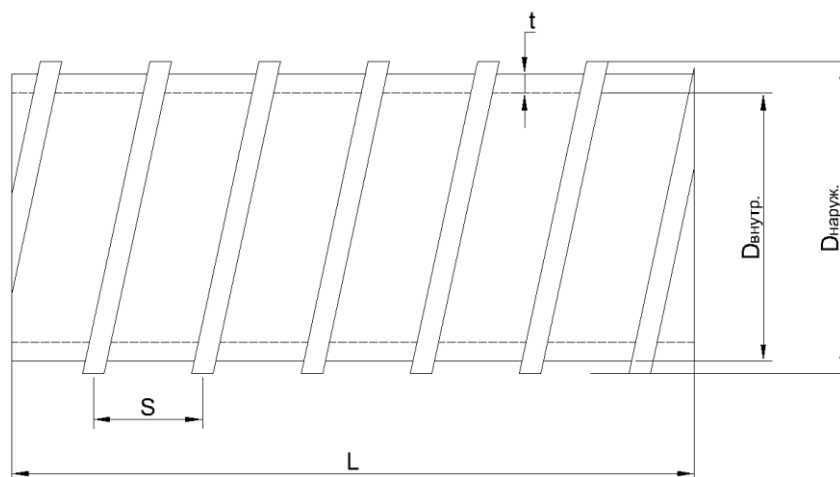


Рис. 1. Схема конструкции исследуемых шлангов: S – шаг спирали; t – толщина стенки; L – длина шланга

Fig. 1. Scheme of the structure of the studied hoses: S – spiral pitch; t – wall thickness; L – hose length

Для эффективной эксплуатации ПВХ-шлангов необходимо решать такие важные задачи, как обеспечение их надежности, работоспособности, долговечности и ряда других характеристик. Поэтому важное значение имеют экспериментальные исследования, которые позволяют верно оценить прочностные и деформационные характеристики готовых изделий и найти оптимальные конструктивные решения применительно к различным условиям эксплуатации.

Данная работа посвящена лабораторным испытаниям армированных ПВХ-шлангов, имеющих различные геометрические характеристики и разный материал основы шланга, позволяющим измерить параметры гибкости при отрицательных температурах и стойкости к перегибу при положительных температурах. Полученные результаты позволяют оценить прочностные и деформационные характеристики гибкого шланга исходя из геометрических параметров и физико-механических свойств материала арматуры и основы шланга.

В настоящее время исследователями предлагаются различные подходы к методам испытаний и расчетов¹ [13–18] для определения физико-механических характеристик гибких шлангов, которые позволили бы оценить работоспособность шлангов при различных механических нагрузках и температурах. Поскольку эксплуатация гибких ПВХ-шлангов может происходить как в зимние морозы, так и в летнюю жару, большое значение имеет задача определения деформационных и прочностных характеристик шлангов в зависимости от температуры. Основные проблемы, возникающие при эксплуатации гибких шлангов, – это потеря гибкости при низких температурах и излом шланга, лежащего на углу твёрдой поверхности. С целью решения этих проблем мы исследовали две методики, которые позволяют измерить сравнительные физико-механические характеристики шлангов: одна

методика позволяет сравнить гибкость шлангов при низких температурах, вторая – стойкость шлангов к перегибу при положительных температурах.

Методы

С целью определения деформационных характеристик гибкого шланга создана лабораторная установка для проведения испытаний ПВХ-шлангов на изгиб. Общий вид и расчетная схема установки для определения гибкости представлены на рис. 2 и 3, для определения стойкости к перегибу – на рис. 4 и 5. Установка представляет собой станину, на которой установлены два жестких разъемных зажима, диаметр которых регулируется по размерам шланга. В зажимы устанавливается исследуемый шланг таким образом, чтобы он консольно выступал за пределы зажимов. На конце консоли к шлангу подвешивается груз фиксированной величины.



Рис. 2. Общий вид лабораторной установки для определения гибкости шлангов
Fig. 2. General view of the laboratory test set for determining flexibility of hoses

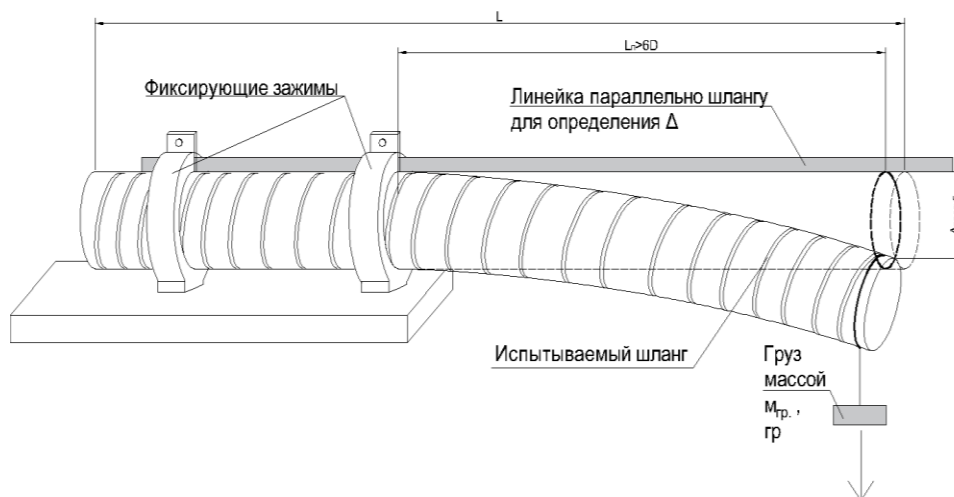


Рис. 3. Схема лабораторной установки
Fig. 3. Scheme of the laboratory test set

¹ГОСТ 11262-2017 (ISO 527-2:2012). Пластмассы. Метод испытания на растяжение: введ. 01.10.2018. М.: Стандартинформ, 2018. 20 с.

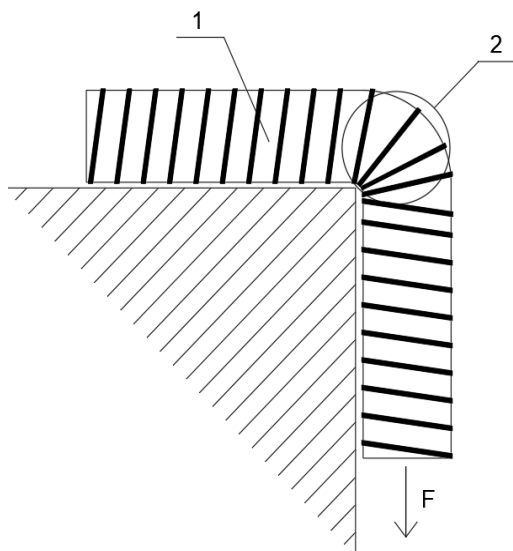


Рис. 4. Шланг, свешенный с уступа твердой поверхности, перекачивающий жидкости:

1 – шланг; 2 – место возникновения перегиба

Fig. 4. A hose hanging from a ledge of a solid surface for pumping liquids:

1 – hose; 2 – the place where the bend occurs

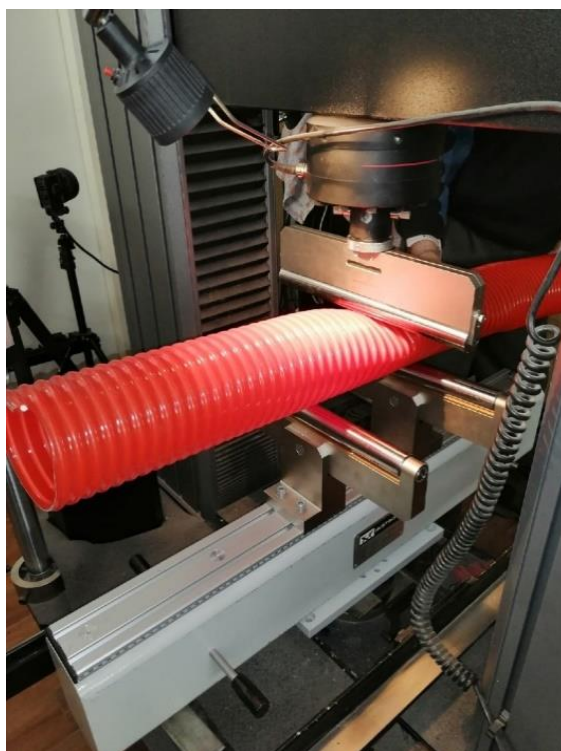


Рис. 5. Общий вид испытания на Instron 5980 до перегиба шланга

Fig. 5. General view of the test on the Instron 5980 before kinking the hose

Исследуемый шланг выдерживается при заданной температуре в термической камере в течение трёх часов, а затем устанавливается в испытательное устройство. Производится ступенчатое нагружение шланга,

при этом на каждой ступени определяется величина прогиба консоли Δ . Схема конструкции шлангов представлена на рис. 6. Параметры исследуемых шлангов указаны в табл. 1.

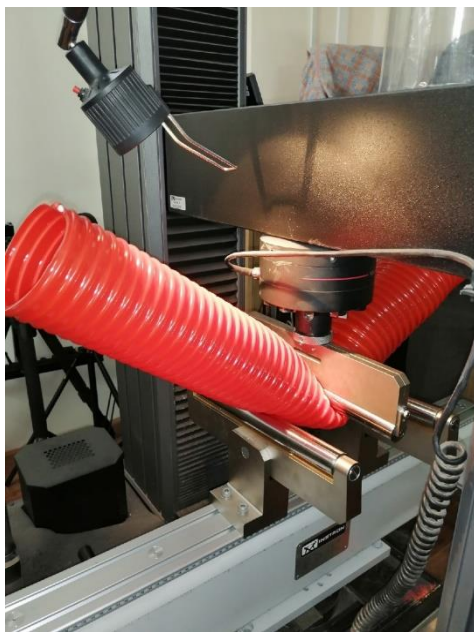


Рис. 6. Общий вид испытания на *Instron 5980* после перегиба шланга
Fig. 6. General view of the test on *Instron 5980* after kinking the hose

Таблица 1. Геометрические характеристики шлангов, испытываемых на гибкость
Table 1. Geometrical characteristics of flexibility of tested hoses

Характеристика	Зимняя модификация	Летняя модификация
Цвет	Тёмно-синий	Синий
Наружный диаметр D (мм)	114,4	114,4
Внутренний диаметр d (мм)	101,3	102,3
Толщина основы шланга t (мм)	4,7	4,9
Диаметр армирующей проволоки d_w (мм)	6,4	7,14
Шаг спирали армирующей проволоки s_w (мм)	12	11,4
Длина консоли l (мм)	590	600

Постановка эксперимента для исследования стойкости шлангов на перегиб представляет собой схему трехточечного изгиба на испытательной машине *Instron 5980* (рис. 3 и 4). Расстояние между нижними опорами равнялось 2 диаметрам шланга. Это минимальная длина, при которой возможен перегиб, если свесить шланг с уступа на 90 градусов с перекачкой жидкости. При такой схеме эксперимента моделируется

нагрузка на шланг, когда он лежит на краю твёрдой поверхности (рис. 4).

Перед испытанием исследуемый шланг выдерживается при температуре 20–25°C в течение трёх часов, а затем устанавливается в испытательное устройство. Производится нагружение шланга с постоянной скоростью, равной 3 мм/сек, до момента разрушения шланга, который фиксируется по спаду нагрузки. Параметры исследуемых шлангов указаны в табл. 2.

Таблица 2. Геометрические характеристики шлангов, испытываемых на перегиб
Table 2. Geometric characteristics of hoses tested for kink

Характеристика	Летняя модификация, тип I	Летняя модификация, тип II	Зимняя модификация, тип I	Зимняя модификация, тип II
Цвет	Красный	Голубой	Светло-синий	Темно-синий
Наружный диаметр D (мм)	112	113		
Внутренний диаметр d (мм)	92			

Результаты и их обсуждение

Все испытания проводились на ПВХ-шлангах, промышленно выпускаемых ООО «Химсервис» в г. Иркутске. Для опре-

деления сравнительной гибкости ПВХ-шлангов были проведены эксперименты по схеме, указанной на рис. 2, при различных температурах и нагрузках (табл. 3). Это позволило определить

температуру, при которой шланг теряет гибкость, а значит и температурный диапазон эксплуатации шланга. Зимняя модификация шланга, изготовленная с повышенным содержанием пластификатора диоктилсебацината (ДОС), демонстрирует гибкость даже при температуре -30°C , в то время как летняя модификация с использованием пластификатора диоктилфталата (ДОФ) – ма-

лую гибкость при -10°C . Жёсткая спираль из наполненного ПВХ в летнем и зимнем шланге сделана из одного и того же материала. Результаты испытаний показывают, что на гибкость шланга при пониженных температурах основное влияние оказывает качество и количество пластификатора, содержащегося в материале основы шланга.

Таблица 3. Значения нагрузки и прогибов при испытании шлангов на гибкость

Table 3. Values of loads and deflections when testing hoses for flexibility

Нагрузка (Н)	Зимняя модификация	Летняя модификация
	Прогиб Δ (мм)	Прогиб Δ (мм)
<i>Температура -30°C</i>		
2,825	11	7
7,73	24	7,5
12,64	41	8
22,39	72	9
32,157	106	10
<i>Температура -10°C</i>		
2,825	30	17
7,73	46	22
12,64	63	28
19,04	89	36
<i>Температура 0°C</i>		
2,825	58	22
6,5	76	30
10,79	101	39
15,696	133	54

Для определения сравнительной стойкости ПВХ-шлангов к перегибам были проведены эксперименты по схеме, указанной на рис. 7. Они позволили определить механические нагрузки, при которых шланг теряет устойчивость и необратимо деформируется (табл. 4). Скорость деформирования шланга была выбрана 1 мм/сек. Испытания

проводились для двух видов шлангов для зимней эксплуатации и двух видов шлангов для летней эксплуатации. Шланги различались количеством пластификатора в материале основы, материал армирующей спирали был идентичен для всех четырёх видов шлангов.

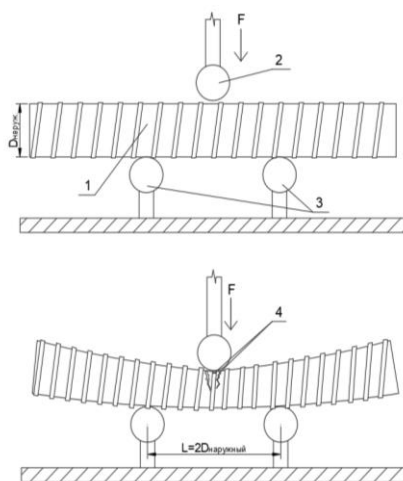


Рис. 7. Схема испытания перегиба: 1 – испытываемый шланг; 2 – подвижная опора; 3 – опоры; 4 – трещины и разрывы

Fig. 7. Scheme of kink test: 1 – test the hose; 2 – movable support; 3 – supports; 4 – cracks and breaks

Таблица 4. Значения разрушающей нагрузки при испытании шлангов на перегиб
Table 4. Values of breaking load when testing hoses for kink

Метка образца	Диаметр внешний, мм	Шаг спирали, $t_{сп}$, мм	Диаметр спирали, $d_{сп}$, мм	Расстояние между опорами, мм	Погонный вес шланга, г/м	Максимальная нагрузка, H
Зимняя модификация, тип I (светло-синий)	113	113	4,9	185	2414,2	1052
Зимняя модификация, тип II (темно-синий)		113			2435,7	843
Летняя модификация, тип I (красный)		143			2324,3	943
Летняя модификация, тип II (голубой)		135			2081,8	826

На рис. 8 представлен график «нагружение – перемещение», характерный для экспериментов на перегиб. Результаты испытаний показывают, что на стойкость шланга к перегибу влияет как плотность материала,

так и шаг армирующей спирали. Например, зимние шланги I и II типов по техническим характеристикам (диаметр шланга, шаг спирали, толщина спирали) не отличаются друг от друга ничем, кроме веса на погонный метр.

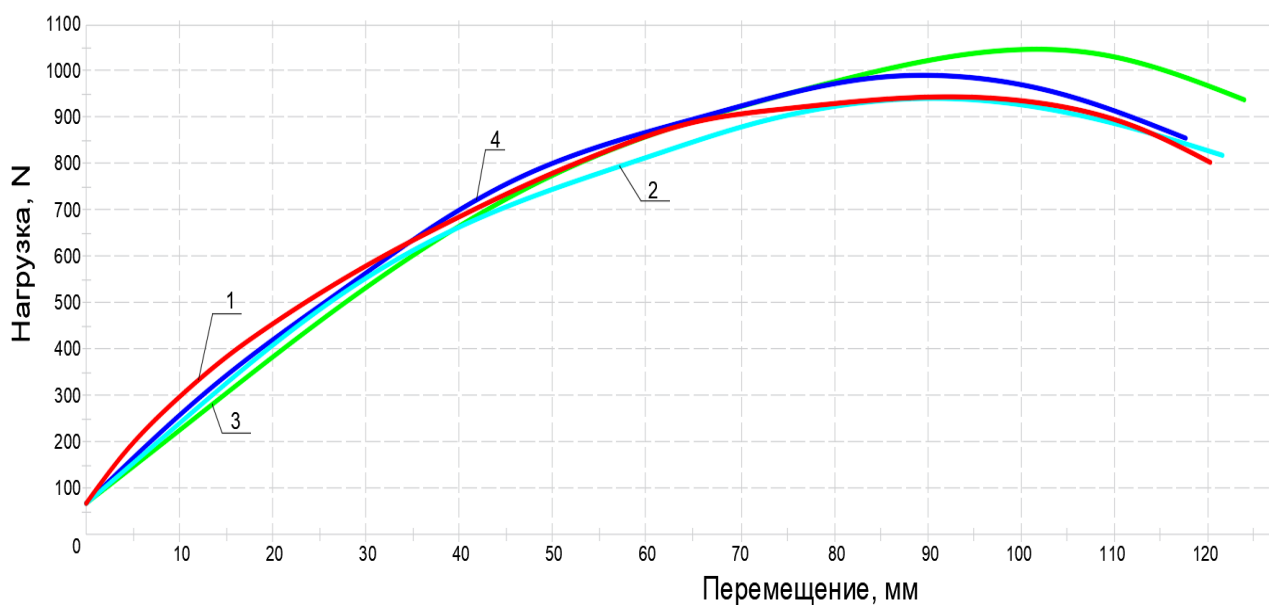


Рис. 8. График зависимости «нагрузка – перемещение»: 1 – летняя модификация шланга, тип I; 2 – летняя модификация, тип II; 3 – зимняя модификация, тип I; 4 – зимняя модификация, тип II

Fig. 8. Graph of dependence of load – displacement: 1 – summer modification hose type I; 2 – summer modification hose type II; 3 – winter modification hose type I; 4 – winter modification hose type II

Вес, а значит и плотность материала у шланга II типа больше, чем у шланга I типа, соответственно, и прочность у него выше. Сравним зимний шланг типа I с летним типа I: технические характеристики у данных шлангов отличаются шагом спирали и плотностью материала. При этом летний шланг почти не уступает в прочности зимнему. Обусловлено

это тем, что при нагружении армирующая спираль не полностью воспринимает нагрузку из-за большого шага спирали, значительная часть приходится на пластифицирующую зону шланга, что позволяет воспринимать большие нагрузки. Таким образом, можно сказать, что на прочность влияет и плотность, и шаг спирали, которые коррелируют друг с другом. Измерен-

ная прочность шлангов на перегиб показывает, что шланг, наполненный водой, не сломается под весом жидкости, лёжа на углу 90° при глубине колодца 6–7 метров. Ввиду наличия у материалов типа ПВХ ползучести долгое нахождение в сильно изогнутом состоянии под нагрузкой нежелательно.

Заключение

В результате выполненных исследований были проанализированы лабораторные методики определения гибкости шлангов при пониженных температурах и стойкости

шлангов к перегибу. Эти методики позволяют измерить сравнительную гибкость шлангов при отрицательных температурах и стойкость к перегибу при положительных температурах. Показано, что ПВХ-шланги, основа которых пластифицирована ДОО, обладают хорошей гибкостью при пониженных температурах (морозостойкость), летние шланги зимой теряют гибкость. Стойкость шлангов к перегибам зависит от качества армирующей спирали и толщины стенки шланга, поэтому и зимние, и летние шланги демонстрируют достаточную прочность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корнев В.А., Рыбаков Ю.Н. Композитные напорно-всасывающие рукава для перекачивания нефтепродуктов // Проблемы современной науки и образования. 2017. № 10 (92). С. 36–40.
2. Khalid H.U., Ismail M.C., Nosbi N. Permeation Damage of Polymer Liner in Oil and Gas Pipelines: A Review // *Polymers*. 2020. Vol. 12. p. 2307. <https://doi.org/10.3390/polym12102307>
3. Сиренко Е.Р. Применение полипропиленовых труб в промышленном водоснабжении // Известия ТулГУ. Технические науки. 2020. Вып. 6. С. 107–110.
4. Рыбаков Ю.Н., Харламова О.Д., Чириков С.И. Вопросы использования термопластичных рукавов для нефтепродуктов в условиях холодного климата // Научный вестник МГТУ ГА. 2014. № 206. С. 107–110.
5. Егоров Д.А. Использование труб из полимерных материалов // Евразийский научный журнал. 2016. № 6. С. 317–328.
6. Шаравара А.М., Христофорова И.А. ПВХ-композиции и их применение // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 2 (80). С. 84–86. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.80.2.015>
7. Khan A., Malvi C.S. PVC Pipe Designer Furniture // *Journal of Polymer and Composites*. 2016. № 4 (2). p. 29–33.
8. Шыхалиев К.С. Физико-механические свойства пластифицированного сшитого не-предельными эпоксисоединениями ПВХ и изделия на их основе // Инновации в науке. 2017. № 12 (73). С. 54–58.
9. Makris K.F., Langeveld J., Clemens F.H.L.R. A review on the durability of PVC sewer pipes: research vs. practice // *Journal Structure and Infrastructure Engineering Maintenance, Management, Life-Cycle Design and Performance*. 2020. Vol. 16. Iss. 6. P. 880–897. <https://doi.org/10.1080/15732479.2019.1673442>
10. Asrasal A., Wahyudi S.I., Adi H.P., Heikoop R. Analysis of floating house platform stability using polyvinyl chloride (PVC) pipe material // *MATEC Web of Conferences*. 2018. Vol. 195. p. 8. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819502025>
11. Гуткович С.А., Михаленко М.Г. Особенности пластифицированных композиций на основе поливинилхлорида (ПВХ) с различной молекулярной массой // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2013. Т. 10. № 2. С. 251–253.
12. Fenollar O., Garcia-Sanoguera D., Sanchez-Nacher L., Boronat T., López J., Balart R. Mechanical and Thermal Properties of Polyvinyl Chloride Plasticized with Natural Fatty Acid Esters // *Polymer-Plastics Technology and Engineering*. 2013. Vol. 52. p. 761–767. <https://doi.org/10.1080/03602559.2013.763352>
13. Аношкин А.Н. Пospelov A.B. Якушев Р.М. Особенности деформирования и разрушения комбинированных полимерных труб при низких температурах // Вестник ПНИПУ. Механика. 2014. № 2. С. 5–20.
14. Железняк И.И., Стетюха В.А. Расчет трубы из полимерного материала под действием внешней нагрузки в скважине в массиве многолетнемерзлых пород // Известия УГГУ. 2018. Вып. 3 (51). С. 121–125. <https://doi.org/10.21440/2307-2091-2018-3-121-125>
15. Синюгин А.А., Опарин В.Б., Петровская М.В. Определение механических характеристик полимерных материалов, входящих в конструкцию гибкой полимерно-металлической трубы // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2015. № 4 (48). С. 116–123.
16. Huang D., Tang A., Darli C.M. Pipe-soil interaction at pipe bend under seismic load // *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*. 2020. Vol. 11. № 3. p. 04020023. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)PS.1949-1204.0000457](https://doi.org/10.1061/(ASCE)PS.1949-1204.0000457)

17. Frank A., Messiha M., Koch T., Poduška J., Hutař P., Arbeiter F., et al. Correlation of the cyclic cracked round bar test and hydrostatic pressure test for unplasticized polyvinylchloride // *Polimer testing*. 2021. Vol. 95. p. 107125. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2021.107125>

18. Alhamati A.A.N., Ghazali A.H., Norzaie J., Mohammed N.A., Kadir M.R.A. Investigation on the behavior of rigid polyvinylchloride pipes subjected to uniaxial compression loads // *American Journal of Applied Science*. 2006. Vol. 7. No. 3. p. 1916–1923. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2006.1916.1923>

REFERENCES

1. Kornev VA, Rybakov YuN. Composite pressure-suction hoses for pumping petroleum products. *Problemy sovremennoj nauki i obrazovaniya*. 2017;10(92):36–40. (In Russ.)
 2. Khalid HU, Ismail MC, Nosbi N. Permeation Damage of Polymer Liner in Oil and Gas Pipelines: A Review. *Polymers*. 2020;12:2307. <https://doi.org/10.3390/polym12102307>
 3. Sirenko ER. Application of polypropylene pipes in industrial water supply. *Izvestiya TUGU. Tekhnicheskie nauki*. 2020;6:107–110. (In Russ.)
 4. Ribakov YN, Harlamova OD, Chirikov SI. Problems of using flexible thermoplastic hoses in cold climate. *Nauchnyj vestnik MGTU GA = Civil Aviation High Technologies*. 2014;206:107–110. (In Russ.)
 5. Egorov DA. The use of pipes made of polymer materials. *Evrasijskij nauchnyj zhurnal*. 2016;6:317–328. (In Russ.)
 6. Sharavara AM, Khristoforova IA. PVC compositions and their application. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal = International Research Journal*. 2019;2(80):84–86. (In Russ.) <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.80.2.015>
 7. Khan A, Malvi CS. PVC Pipe Designer Furniture. *Journal of Polymer and Composites*. 2016;4(2):29–33.
 8. Shykhaliyev KS. Physical and mechanical properties of PVC product plasticized and sewed by non-limiting epoxy compounds and their basis. *Innovatsii v nauke*. 2017;12(73):54–58. (In Russ.)
 9. Makris KF, Langeveld J, Clemens FHLR. A review on the durability of PVC sewer pipes: research vs. practice. *Journal Structure and Infrastructure Engineering Maintenance, Management, Life-Cycle Design and Performance*. 2020;16(6):880–897. <https://doi.org/10.1080/15732479.2019.1673442>
 10. Asrasal A, Wahyudi SI, Adi HP, Heikoop R. Analysis of floating house platform stability using polyvinyl chloride (PVC) pipe material. *MATEC Web of Conferences*. 2018;195:8. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201819502025>

11. Gutkovich SA, Mihalenko MG. Features of plasticized compositions based on polyvinyl chloride (PVC) with different molecular weights. *Fundamental'nye problemy sovremennogo materialovedeniya*. 2013;10(2):251–253. (In Russ.)
 12. Fenollar O, Garcia-Sanoguera D, Sanchez-Nacher L, Boronat T, López J, Balart R. Mechanical and Thermal Properties of Polyvinyl Chloride Plasticized with Natural Fatty Acid Esters. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*. 2013;52:761–767. <https://doi.org/10.1080/03602559.2013.763352>
 13. Anoshkin AN, Pospelov AB, Iakushev RM. Features of low-temperature deformation and fracture of combined plastic pipes. *Vestnik PNIPU. Mekhanika = PNRPU Mechanics Bulletin*. 2014;2:5–20. (In Russ.)
 14. Zheleznyak II, Stetyuha VA. Calculation of a pipe from a polymer material under an external load in a well in the rock mass of permafrost. *Izvestiya UGGU = News of the Ural State Mining University*. 2018;3(51):121–125. <https://doi.org/10.21440/2307-2091-2018-3-121-125> (In Russ.)
 15. Sinugin AA, Oparin VB, Petrovskaya MV. The determination of mechanical characteristics of polymers comprising a flexible pipe. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Tekhnicheskie nauki = Vestnik of Samara State Technical University. Technical Sciences Series*. 2015;4(48):116–123.
 16. Huang D, Tang A, Darli CM. Pipe-soil interaction at pipe bend under seismic load. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*. 2020;11(3):04020023. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)PS.1949-1204.0000457](https://doi.org/10.1061/(ASCE)PS.1949-1204.0000457)
 17. Frank A, Messiha M, Koch T, Poduška J, Hutař P, Arbeiter F, et al. Correlation of the cyclic cracked round bar test and hydrostatic pressure test for unplasticized polyvinylchloride. *Polimer testing*. 2021;95:107125. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2021.107125>
 18. Alhamati AAN, Ghazali AH, Norzaie J, Mohammed NA, Kadir MRA. Investigation on the behavior of rigid polyvinylchloride pipes subjected to uniaxial compression loads. *American Journal of Applied Science*. 2006;7(3):1916–1923. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2006.1916.1923>

Сведения об авторах

Алексеев Виктор Викторович,
кандидат химических наук,
доцент кафедры строительного
производства,
Иркутский национальный
исследовательский технический
университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
✉e-mail: alavic59@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9867-0496>

Суханова Ксения Михайловна,
магистрант,
Иркутский национальный
исследовательский технический
университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: sova_nu@mail.ru

Шестаков Александр Николаевич,
магистрант,
Иркутский национальный
исследовательский технический
университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: shestakov.14@mail.ru

Яценко Владимир Петрович,
кандидат технических наук,
доцент кафедры механики и сопротивления
материалов,
Иркутский национальный
исследовательский технический
университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: vp_yashenko@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3800-0570>

Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 26.03.2021.
Одобрена после рецензирования 28.04.2021.
Принята к публикации 03.05.2021.

Information about the authors

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

Ksenia M. Sukhanova,
Undergraduate student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: sova_nu@mail.ru

Alexandr N. Shestakov,
Undergraduate student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: shestakov.14@mail.ru

Vladimir P. Yashchenko,
Cand. Sci (Eng.), Associate Professor
of the Department of Mechanics and Strength
of Materials,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: vp_yashenko@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3800-0570>

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Conflict of interests

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

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

The article was submitted 26.03.2021.
Approved after reviewing 28.04.2021.
Accepted for publication 03.05.2021.



Интенсификация процессов набрызгбетонирования для подземных конструкций с учетом подбора компонентов смеси

© С.И. Баженова, А.А. Мельниченко

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
г. Москва, Россия

Резюме: Цель работы – обосновать возможность применения технологии набрызгбетонирования как способа не только укрепления грунта и шахт при ведении горнодобывающих работ, но и пере-профилирования подземных пространств для дальнейшего целевого использования (например, в качестве спортивных объектов и памятников культурного наследия, что реализовано в некоторых странах Европы). Рассмотрены достоинства и недостатки технологии набрызгбетонирования. С учетом необходимости использования набрызгбетона, отвечающего высоким эксплуатационным требованиями, авторами предлагаются композиции набрызгбетона с повышенными физико-механическими характеристиками. Оптимизация свойств смесей при этом достигается путём добавления микронаполнителей с самостоятельной гидравлической активностью. В опытных работах производились исследования набора прочности образцов набрызгбетона с ускорителями схватывания (А1 и А2 на основе алюминатов и Б1 и Б2 – бесщелочных ускорителей) разнообразного генезиса. По результатам работ отмечена высокая степень эффективности бесщелочных ускорителей схватывания по сравнению с ускорителями на основе алюминатов, что может объясняться более высоким уровнем вовлечения ускорителей схватывания в процесс структурообразования цементного камня и созданием новообразований, способствующих гидратации цемента, в больших объёмах. Высокая эффективность совместной работы ускорителей твердения вяжущих и микронаполнителя позволяет подбирать составы набрызгбетона с учетом любых показателей горного давления для грунтов средней устойчивости и выработок среднего сечения.

Ключевые слова: набрызгбетон, торкретбетон, бетонная смесь, бетонная крепь

Для цитирования: Баженова С.И., Мельниченко А.А. Интенсификация процессов набрызгбетонирования для подземных конструкций с учетом подбора компонентов смеси. *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2021. Т. 11. № 2. С. 242–249. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-242-249>

Intensification of concrete spraying for buried structures, including composition selection

Sof'ya I. Bazhenova, Alexandra A. Melnicnenko

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia

Abstract: The study aims to substantiate the application of concrete spraying technologies, which allow the soil and mines during the mining operation to be strengthened and underground spaces to be repurposed for further use (e.g., sports facilities and cultural heritage sites, as implemented in some European countries). The advantages and disadvantages of concrete spraying technologies are considered. Following the need for sprayed concrete to meet high operational requirements, the authors offer sprayed concrete compositions with increased physical and mechanical properties. The properties of the mixtures are optimised by adding microfillers with hydraulic activity. In experimental work, concrete strength development of sprayed concrete samples with setting agents of various origins (A1 and A2 aluminates based and B1 and B2 nonalkaline accelerators) was investigated. It was determined that nonalkaline setting agents are more efficient than those based on aluminates. This can be explained by the higher activity of these setting accelerators in the structure formation of cement brick and the formation of new growth that promote cement hydration in large volumes. The high-efficiency cooperation of setting agents and microfiller allows the composition of sprayed concrete to be selected, taking into account any rock pressure values for medium-stable soil and medium section mine roadway.

Keywords: shotcrete, sprayed concrete, mix concrete, concrete support

For citation: Bazhenova SI, Melnichenko AA. Intensification of concrete spraying for buried structures, including composition selection. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(2):242–249. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-242-249>

Введение

Многие промышленные регионы характеризуется высокой концентрацией горнодобывающих и промышленных объектов, причем высокий вклад в таких субъектах в экономические показатели вносит угледобыча. Динамику мощностей горнодобывающей отрасли в настоящий момент можно охарактеризовать как стагнирующую, ввиду перехода на «зеленую» энергетику и альтернативные источники топлива часть шахт со временем становится полузаполненной, текущий ремонт в этих шахтах не осуществляется [1]. Все это способствует деструкции объема грунта вмещающего массива, расположению больших объемов отвалов в зоне шахт пустой породы, требующих отдельных путей решения (выделения больших площадей под отвалы вокруг шахт, разработки программ по вторичному использованию пустых пород, поддержки законсервированных или ликвидации шахтных выработок с целью исключения аварийных ситуаций – особенно при наличии на данных участках зданий и сооружений). Ввиду того, что в районах расположения шахт часто находятся объекты инфраструктуры, жилые и нежилые здания, потенциальное разрушение подземных выработок может сопровождаться деформациями грунтового массива и ненормативными осадками в соответствующих зонах. Мероприятия по предотвращению аварийных ситуаций для гражданских и жилых объектов весьма затратные и требуют специальных технологий [2, 3], поэтому необходима тщательная оценка эффективности каждой угольной выработки с целью принятия решения по возобновлению угледобычи или ее ликвидации.

Опыт зарубежных стран в создании на базе угольных предприятий спортивных объектов и памятников культурного наследия (Великобритания), библиотек и национальных парков (Германия), торгово-развлекательных центров, офисных и складских площадей (Китай) [1, 4] можно адаптировать к российским условиям. Также данная строительная практика может быть полезной для Донецкой

Народной Республики ввиду высокой концентрации населения на ее территории (порядка 200 чел./км², что сравнимо с европейскими странами) в плане потенциального освоения и использования подземного пространства и ликвидации опасной предаварийной ситуации в небезопасных и неконтролируемых подземных выработках [5–8].

Методы

Одним из самых эффективных способов реконструкции подземных выработок является устройство набрызгбетонной крепи, являющейся постоянной конструкцией, обеспечивающей целостность, водонепроницаемость и воспринимающей постоянные нагрузки.

Особенностями процесса набрызгбетонирования являются:

а) снижение толщины слоя обделки, за счет чего можно уменьшить сечение сооружаемой выработки;

б) возможность формирования слоя набрызгбетона непосредственно на обнажаемой породе с отказом от применения опалубки и исключением опалубочных работ;

в) отсутствие необходимости тампонажных работ, т.к. при формировании слоя набрызгбетона обеспечивается достаточно плотный контакт набрызгбетона с грунтом;

г) сокращение объемов работ и числа случаев установки опалубки, цементационного оборудования, а соответственно, снижение транспортных издержек;

д) возможность создания многослойных и многофункциональных набрызгбетонных конструкций, при необходимости сочетающихся с анкерной, сеточной, арочной крепью;

е) создание модифицированных покрытий высокой степени водонепроницаемости и долговечности, обеспечивающих требуемый срок службы тоннельных сооружений (рис. 1);

ж) возможность механизации и автоматизации технологии набрызгбетонирования, в том числе с применением 3D-моделирования;

з) высокая степень адаптации технологии к инновационным способам возведения тоннелей (НАТМ).



Рис. 1. Создание объёмной конструкции по металлическому армокаркасу
Fig. 1. Creating a three-dimensional concrete structure based on a metal frame

Однако технология набрызгбетонирования имеет и недостатки:

- высокий отскок (в первую очередь крупных фракций заполнителя) в процессе нанесения смеси на поверхность, достигающий до 35% в зависимости от технологических параметров процесса;
- высокий коэффициент пылеобразования, что требует защиты органов дыхания и соответствующей системы фильтрации.

Однако назначив оптимальные технологические параметры, снижая удельный процент крупного заполнителя в смеси и осуществив рациональный подбор составов, можно резко повысить эффективность технологии набрызгбетонирования.

Полностью избавиться от этих недостатков невозможно, но с помощью рациональных мероприятий (выдерживания оптимальных технологических параметров нанесения, уменьшения количества крупного заполнителя, подачи воды в материальный шланг за несколько метров до вылета материала из сопла при «сухом» способе нанесения) можно значительно их сократить. Обычно различают две основные технологии набрызгбетонирования: так называемые «сухой» и «мокрый» способы. При «сухом» способе из сопла вылетают два направленных потока – сухой смеси и воды, смешивающихся в полёте, скорость вылета смеси из сопла составляет до 50 м/с. Однако такая технология характеризуется повышенным пылеобразованием, большим процентом отскока и высокими требованиями к квалификации рабочих-сопловщиков. «Сухой» метод набрызгбетонирования оптимален при небольших объёмах работ, при нанесении на грунты низкой степени устойчивости, а также при частых перерывах для циклических работ. При мокром способе набрызгбетонирования из сопла вылетает предварительно подготовленная

смесь (рис. 2), что позволяет сократить процент отскока и пылеобразование, проконтролировать точное соотношение компонентов, улучшить условия работы и снизить трудоёмкость. «Мокрая» технология набрызгбетонирования требует применения смесей более высокой степени подвижности и пластичности, при этом имеет более низкий показатель скорости вылета смеси, чем при «сухом» способе, снижает плотность, проницаемость и физико-механические характеристики затвердевшего набрызгбетона. Кроме того, технология «мокрого» набрызгбетонирования требует использования высокотехнологичного оборудования, ежедневной прочистки систем растворопроводов. Тем не менее, несмотря на свою большую трудоёмкость, «мокрый» способ весьма эффективен при сооружении подземных конструкций в устойчивых грунтах, для больших объёмов работ и для устойчивых циклических работ без длительных технологических перерывов. Это объясняется более высокой производительностью «мокрого» метода, удобством работ в выработках и тоннелях большого сечения ввиду наличия телескопируемых стрел на большинстве комплексов, однако при длительных технологических остановках и перерывах в работе эффективность «мокрого» способа набрызгбетонирования падает из-за необходимости консервации оборудования и промывки всех технологических трубопроводов и бетононасосов перед каждым циклом остановки. При создании крупных объектов в настоящий момент тендерная система предусматривает большие штрафы за срывы графиков строительства, поэтому «мокрый» способ может эффективно использоваться в случае соответствующих обоснований. Имеющиеся жёсткие требования к соблюдению графика строительства предполагают интенсификацию строительных производств, что влечёт за собой необходимость оптимизации свойств набрызгбетонных композиций [5].



Рис. 2. Набрызгбетонирование «мокрым» способом
Fig. 2. Wet spray concreting

При назначении конструкций из набрызгбетона необходимо определять фактические усилия горного давления, зависящие от типа вмещающего грунта и сечения выработок [9]. Нормативно-технической документацией предусматриваются оптимальные параметры набрызгбетонных конструкций при изменении прочностных показателей пород, однако такая концепция зачастую не реализуется ввиду сложности перехода от одного типа крепи к другому или изменения его параметров из-за низкой технологичности и трудоёмкости вспомогательных переделов. При использовании «мокрой» технологии набрызга за счёт нанесения бетонных смесей с требуемыми характеристиками возможна высокая степень адаптации технологии набрызгбетонирования к строительству в любых типах грунтов.

С учетом необходимости использования набрызгбетона, отвечающего высоким требованиям, авторами предлагаются композиции набрызгбетона с повышенными физико-механическими характеристиками. Оптимизация свойств смесей при этом достигается путём добавок микронаполнителей с самостоятельной гидравлической активностью [9]. В рамках экспериментальных изысканий были исследованы образцы модифицированной набрызгбетонной композиции с целью определения ее основных физико-механических свойств.

Результаты и их обсуждение

В опытных работах производились исследования набора прочности образцов набрызгбетона с ускорителями схватывания (А1 и А2 на основе алюминатов и Б1 и Б2 – бесщелочных ускорителей) разнообразного генезиса. Так как в подземных конструкциях механизм нарастания критических напряжений во вмещающем грунте и конструкциях достигает максимума на 7–10 сутки, нужно использовать набрызгбетон с повышенными физико-

механическими параметрами в ранние сроки твердения. Из этого следует необходимость обеспечения требуемых показателей набора прочности набрызгбетона при расчете подземных конструкций из набрызгбетона с учетом горного давления. Добавки на основе алюминатов кальция повышают кинетику твердения цементных растворов, взаимодействуя с водой без прямого содействия гидратирующихся компонентов цемента. Наиболее часто такие добавки базируются на аморфных алюминатах кальция типа С12А7 или смеси алюминатов кальция с сульфатсодержащим компонентом, как правило с безводной формой гипса – ангидритом. Действие этих комплексов основывается на образовании этtringита, в результате чего, как и в случае с сульфоалюминатами кальция, сокращаются сроки схватывания и происходит возрастание начальной прочности. Добавлением ангидрита ограничивается содержание свободных ионов алюминия, оказывающих сильный замедляющий эффект на процесс гидратации алита. Сульфоалюминаты и алюминаты кальция способны как ускорять схватывание и компенсацию усадки, так и «самозалечивать» поверхностные трещины с шириной раскрытия 250–400 мкм. Данный эффект обусловлен повышением содержания ионов кальция в поровой жидкости, в результате чего происходит образование карбоната кальция на поверхности излома трещины и заполнение им всего её объёма. Источником сульфат-ионов является как сама добавка, аналогично случаю с сульфоалюминатами кальция или смешанными системами алюминатов кальция, так и компоненты цемента: регулятор твердения – гипс, ангидрит; примесные сульфаты натрия и калия.

Высокая гигроскопичность описываемых добавок вынуждает устанавливать сушильные устройства в комплексе применяемой технологической цепи, что является основным недостатком ускорителей схватывания на основе алюминатов.

Бесщелочные ускорители схватывания имеют в своём составе: сульфат алюминия 20-40, сульфаты двухвалентных металлов 4-6, органический буферобразующий компонент 6-12, комплексообразователь 2-10, воду и т.д. В качестве соединений алюминия данные ускорители содержат стабилизированный органическим буферобразующим компонентом на основе кислоты с константой ионизации $pK_a = 2 \div 4$ основной сульфат алюминия, а в качестве комплексообразователя – многоатомные спирты $\text{HOCH}_2(\text{CHON})_n\text{CH}_2\text{OH}$, где $n = 0 \div 4$, пентаэритрит, замещенные спирты $\text{RCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$, где R содержит элемент со свободной неподеленной парой электронов или смесь нескольких указанных продуктов, способных образовывать пяти- и шестичленные хелаты при дополнительном введении водорастворимых сульфатов двухвалентных металлов. Для оптимизации свойств набрызгбетона исследовались тонкомолотые наполнители с составом: тонкомолотый портландцемент ($Sy_d = 12000 \text{ см}^2/\text{гр}$) с тонкодисперсным порошком карбоната кальция ($Sy_d = 20000 \text{ см}^2/\text{гр}$) – и их влияние на свойства растворной смеси. В лабораторных опытах использовался алитовый портландцемент СЕМІ 32,5 Н Оскольского цементного завода с общим содержанием Al_2O_3 не более 4,3% по массе. В качестве мелкого заполнителя использовался песок Рузского (Богаевского) карьера с модулем крупности $M_k = 2,5$.

Испытания эффективности действия ускорителей на схватывание и твердение проводились на цементно-песчаном растворе. Со-

став раствора – 1:3 (цемент:песок); В/Ц – 0,45, содержание добавки, % от массы цемента: суперпластификатора – 0,1%; ускорителя – 6,5%.

В процессе приготовления раствора химические добавки смешивали с водой затворения. Добавляли остальные компоненты в указанной ниже последовательности, после чего перемешивали по режиму: цемент – 30 с, песок – 60 с, остановка – 90 с, окончательное перемешивание – 30 с. Из смеси готовили образцы-балочки с размерами 40x40x160 мм для определения прочностных характеристик. Образцы хранили в камере нормального твердения (при 100-процентной относительной влажности и $t = 20^\circ\text{C}$) и испытывали на сжатие в возрасте 1, 7, 14 и 28 суток. На основе анализа графика (рис. 3) можно сделать вывод, что стандартный набрызгбетон В30 без добавок не удовлетворяет требованиям восприятия горного давления в грунтах средней крепости (по М.М. Протоdjяконову) и сечениях до 4–5 м в начальные периоды затвердевания, требуя модификации данного параметра. Добавка в портландцемент типа М500 Д0 микронаполнителей, имеющих в составе наночастицы со средним диаметром до 100 нм, позволяет достигать повышенных физико-механических характеристик набрызгбетона. В ряде исследований по данной тематике с использованием микронаполнителей, обладающих различной степенью самостоятельной гидравлической активности, было определено повышение плотности затвердевшего бетона, адгезии и прочностных показателей, снижение процента отскока) [9–13].

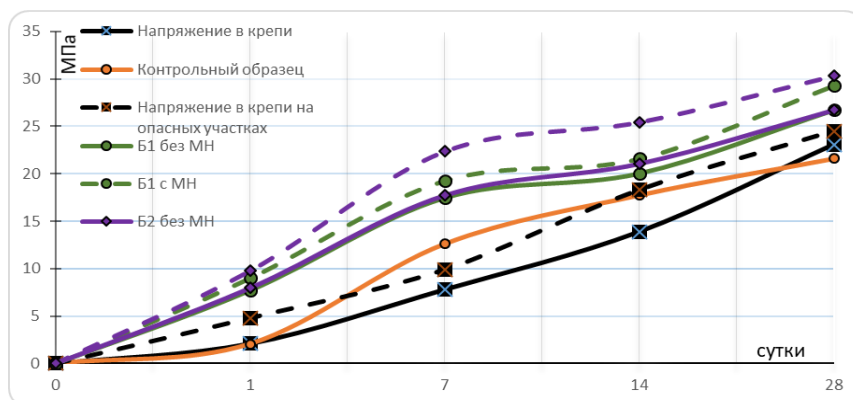


Рис. 3. Сравнение прочности на сжатие набрызгбетонных композиций

Fig. 3. Comparison of the compressive strength of various concrete compositions for shotcrete

Также использование микронаполнителя стабилизирует смесь за счет уменьшения пористости вяжущего (повышения плотности упаковки частиц минеральных композиций), снижая нормальную густоту вяжущего за счет меньшей водопотребности [14, 15]. При ис-

пользовании ускорителей схватывания можно оптимально регулировать кинетику набора прочности бетона, не допуская превышения критических значений напряжения в крепи. По результатам работ отмечена высокая степень эффективности бесщелочных ускорителей схватывания по

сравнению с ускорителями на основе алюминатов, что может объясняться более высоким уровнем вовлечения бесщелочных ускорителей в процесс структурообразования цементного камня и созданием новообразований, способствующих гидратации цемента, в больших объемах [16, 17].

Заключение

Полученные выводы позволяют констатировать более сильный эффект влияния на гидратацию бесщелочных ускорителей схва-

тывания по сравнению с ускорителями-алюминатами, что необходимо учитывать в процессах назначения оптимальных составов для набрызгбетонирования. Высокая эффективность совместной работы ускорителей твердения вяжущих и микронаполнителя позволяет подбирать составы набрызгбетона с учетом любых показателей горного давления для грунтов средней устойчивости и выработок среднего сечения [18–21].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоног Ю.Г., Лобов И.М. Использование пространств шахтной выработки при реновации недействующих шахт // Современное промышленное и гражданское строительство. 2018. Т. 14. № 2. С. 81–88.
2. Нефедьева А.К., Нефедьев А.П., Баженов М.И., Александров А.В., Алексеев В.А. Комплексные решения при применении технологии компенсационного нагнетания // Метро и тоннели. 2020. № 3. С. 32–33.
3. Алексеев В.А., Баженова С.И. Оптимизация бетонных составов для набрызгбетонирования при сооружении подземных конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 1. С. 8–17. <https://doi.org/10.34031/2071-7318-2020-5-1-8-17>
4. Saade M.R.M., Passer A., Mittermayr F. A Preliminary Systematic Investigation onto Sprayed Concrete's Environmental Performance // Procedia CIRP. 2018. Vol. 69. p. 212–217. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.108>
5. Харченко И.Я., Алексеев В.А., Ибрафимов К.А., Бетербиев А.С.-Э. Современные технологии цементационного закрепления грунтов // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. № 5 (104). С. 552–558. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2017.5.552-558>
6. Пат. № 2622057 С, Российская Федерация, МПК C04B 28/02, C04B 7/00, C04B 111/20. Сухая смесь для приготовления бетона и строительного раствора и применение сухой смеси / Алексеев В.А., Харченко И.Я., Харченко А.И., Матвеев К.Н.: заявитель и патентообладатель ООО "Научно-исследовательский центр". № 2015146093; заявл. 27.10.2015; опубл. 09.06.2017.
7. Алексеев В.А., Харченко А.И., Соловьев В.Г., Никоноров Р.Н. Набрызгбетон в шахтном строительстве // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. № 7 (106). С. 780–787. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2017.7.780-787>
8. Bernard E.S., Thomas A.H. Fibre reinforced sprayed concrete for ground support // Tunnelling and Underground Space Technology. 2020. Vol. 99. p. 103302. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2020.103302>
9. Ginouse N., Jolin M. Investigation of Spray Pattern in Shotcrete Applications // Construction and Building Materials. 2015. Vol. 93. pp. 966–972. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.05.061>
10. Alekseev V.A., Bazhenov Yu.M., Bazhenova S.I., Bazhenova O.Yu., Golovashchenko N.A., Mironchuk N.S. Modified binder for sprayed concrete // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 5 (1005). С. 18–19.
11. Pan-Pan Sun, Xu-Xu Yang, De-Kang Sun. Optimally designed shotcrete material and its cooperating performance when integrated with sandstone // Construction and Building Materials. 2020. Vol. 249. p. 118742. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118742>
12. Kalhori H., Bagherzadeh B., Akhlaghi M.A. Experimental study on the influence of the different percentage of nanoparticles on strength and freeze-thaw durability of shotcrete // Construction and Building Materials. 2020. Vol. 256. p. 119470. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119470>
13. Winnefeld F., Kaufmann J., Leemann A. Influence of shotcrete accelerators on the hydration of cement pastes and their impact on sulfate resistance // Construction and Building Materials. 2021. Vol. 266. Part A. p. 120782. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120782>
14. Алексеев В.А., Баженов Ю.М., Баженова С.И., Баженова О.Ю., Бисембаев Р.С., МIRONЧУК Н.С. Добавки с самостоятельной гидравлической активностью для набрызгбетона // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 8 (1008). С. 61–63.
15. Naotaka Kikkawa, Sinya Ito, Nobutaka Hiraoka. Punching fracture mechanism and strength formula of early-age shotcrete // Tunnelling and Underground Space Technology. 2021. Vol. 110. p. 103765. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2020.103765>

16. Kaufmann J., Loser R., Leemann A. Sulfate resistance testing of shotcrete – Sample preparation in the field and under laboratory conditions // *Construction and Building Materials*. 2021. Vol. 276. p. 122233. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.122233>

17. Jiadong Qiu, Lin Luo, Yong Luo. Numerical investigation on the tensile fracturing behavior of rock-shotcrete interface based on discrete element method // *International Journal of Mining Science and Technology*. 2020. Vol. 30. Iss. 3. pp. 293–301. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2020.03.007>

18. Guler S., Öker B., Akbulut Z.F. Workability, strength and toughness properties of different types of fiber-reinforced wet-mix shotcrete // *Structures*. 2021. Vol. 31. pp. 781–791. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.02.031>

19. Yifei Wang, Caijun Shi, Yi Liu. Accelerators for shotcrete – Chemical composition and their effects on hydration, microstructure and properties of cement-based materials // *Construction and Building Materials*. 2021. Vol. 281. p. 122557. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122557>

20. Харченко А.И., Харченко И.Я., Алексеев В.А., Баженова С.И. Применение расширяющихся цементов для набрызгбетона в тоннельном строительстве // *Вестник МГСУ*. 2019. Т. 14. № 11 (134). С. 1438–1448. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2019.11.1438-1448>

21. Bjureland W., Johansson F., Larsson S. Influence of spatially varying thickness on load-bearing capacity of shotcrete // *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2020. Vol. 98. p. 103336. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2020.103336>

REFERENCES

1. Belonog YuG, Lobov IM. Use of space mine roadway at renovation of out-of-service mines. *Sovremennoe promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo = Modern industrial and civil construction*. 2018;14(2):81–88. (In Russ.)

2. Nefedieva AK, Nefediev AP, Bazhenov MI, Alexandrov AV, Alekseev VA. Complex solutions in the application of compensation injection technology. *Metro i tonneli*. 2020;3:32–33. (In Russ.)

3. Alekseev VA, Bazhenova SI. Optimization of concrete compositions for sprayed concrete in the construction of underground structures. *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova = Bulletin of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*. 2020;1:8–17. <https://doi.org/10.34031/2071-7318-2020-5-1-8-17> (In Russ.)

4. Saade MRM, Passer A, Mittermayr F. A Preliminary Systematic Investigation onto Sprayed Concrete's Environmental Performance. *Procedia CIRP*. 2018;69:212–217. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.108>

5. Kharchenko IYa, Alekseev VA, Israfilov KA, Beterbiev AS-E. Modern technologies of cement grouting. *Vestnik MGSU*. 2017;12(5):552–558. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2017.5.552-558> (In Russ.)

6. Alekseev VA, Kharchenko IYa, Kharchenko AI, Matveev KN. Dry mixture for preparing concrete and building mortar and use of dry mixture. Patent RF, no. 2622057 C, 2017. (In Russ.)

7. Alekseev VA, Kharchenko AI, Solovyev VG, Nikonorov RN. Shotcrete in Mine Construction. *Vestnik MGSU*. 2017;12(7):780–787. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2017.7.780-787> (In Russ.)

8. Bernard ES, Thomas AH. Fibre reinforced sprayed concrete for ground support. *Tunnelling*

and Underground Space Technology. 2020;99:103302. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2020.103302>

9. Ginouse N, Jolin M. Investigation of Spray Pattern in Shotcrete Applications. *Construction and Building Materials*. 2015;93:966–972. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.05.061>

10. Alekseev VA, Bazhenov YuM, Bazhenova SI, Bazhenova OYu, Golovashchenko NA, Mironchuk NS. Modified binder for sprayed concrete. *BST: Byulleten' stroitel'noj tekhniki*. 2018;5(1005):18–19.

11. Pan-Pan Sun, Xu-Xu Yang, De-Kang Sun. Optimally designed shotcrete material and its cooperating performance when integrated with sandstone. *Construction and Building Materials*. 2020;249:118742. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118742>

12. Kalhori H, Bagherzadeh B, Akhlaghi MA. Experimental study on the influence of the different percentage of nanoparticles on strength and freeze-thaw durability of shotcrete. *Construction and Building Materials*. 2020;256:119470. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119470>

13. Winnefeld F, Kaufmann J, Leemann A. Influence of shotcrete accelerators on the hydration of cement pastes and their impact on sulfate resistance. *Construction and Building Materials*. 2021;266(A):120782. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120782>

14. Alekseev VA, Bazhenov YuM, Bazhenova SI, Bazhenova OYu, Bisembaev RS, Mironchuk NS. Additive having hydraulic activity for shotcrete. *BST: Byulleten' stroitel'noj tekhniki*. 2018;8(1008):61–63. (In Russ.)

15. Naotaka Kikkawa, Sinya Ito, Nobutaka Hiraoka. Punching fracture mechanism and strength formula of early-age shotcrete. *Tunnelling and Underground*

Space Technology. 2021;110:103765.
<https://doi.org/10.1016/j.tust.2020.103765>

16. Kaufmann J., Loser R., Leemann A. Sulfate resistance testing of shotcrete – Sample preparation in the field and under laboratory conditions. *Construction and Building Materials.* 2021;276:122233. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.122233>

17. Jiadong Qiu, Lin Luo, Yong Luo. Numerical investigation on the tensile fracturing behavior of rock-shotcrete interface based on discrete element method. *International Journal of Mining Science and Technology.* 2020;30(3):293–301. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2020.03.007>

18. Guler S, Öker B, Akbulut ZF. Workability, strength and toughness properties of different types of fiber-reinforced wet-mix

shotcrete. *Structures.* 2021;31:781–791. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.02.031>

19. Yifei Wang, Caijun Shi, Yi Liu. Accelerators for shotcrete – Chemical composition and their effects on hydration, microstructure and properties of cement-based materials. *Construction and Building Materials.* 2021;281:122557. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122557>

20. Kharchenko AI, Kharchenko IYa, Alekseev VA, Bazhenova SI. Application of expanding cements for sprayed concrete in tunnel construction. *Vestnik MGSU.* 2019;14(11):1438–1448. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2019.11.1438-1448> (In Russ.)

21. Bjureland W, Johansson F, Larsson S. Influence of spatially varying thickness on load-bearing capacity of shotcrete. *Tunnelling and Underground Space Technology.* 2020;98:103336. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2020.103336>

Сведения об авторах

Баженова Софья Ильдаровна,
кандидат технических наук, доцент кафедры технологий вяжущих веществ и бетонов, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, e-mail: sofia.bazhenova@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6111-201X>

Мельниченко Александра Александровна,
студент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, Россия, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0690-9763>

Information about the authors

Sof'ya I. Bazhenova,
Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department of Technologies of Binders and Concretes, Moscow State University of Civil Engineering, 26 Yaroslavskoye Shosse, Moscow, 129337, Russia, e-mail: sofia.bazhenova@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6111-201X>

Alexandra A. Melnichenko,
Undergraduate student, Moscow State University of Civil Engineering, 26 Yaroslavskoye Shosse, Moscow, 129337, Russia, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0690-9763>

Заявленный вклад авторов

Баженова С.И., Мельниченко А.А. имеют равные авторские права. Баженова С.И. несет ответственность за плагиат.

Contribution of the authors

Bazhenova S.I., Melnichenko A.A. have equal author's rights. Bazhenova S.I. bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 09.04.2021.
Одобрена после рецензирования 11.05.2021.
Принята к публикации 17.05.2021.

Conflict of interests

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

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

The article was submitted 09.04.2021.
Approved after reviewing 11.05.2021.
Accepted for publication 17.05.2021.



Влияние рецептурных факторов на прочностные свойства тяжелых сталефибробетонов

© Ю.В. Жеребцов, Д.М. Ельшаева, Ю.Н. Лухнёва, Н.А. Доценко,
М.С. Самофалова, П.Р. Курасанов, А.А. Фаталиев

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Резюме: На сегодняшний день стальная фибра является одним из наиболее перспективных компонентов, применяемых при производстве фибробетонов. С целью улучшения прочностных свойств тяжелых сталефибробетонов было изучено влияние на эти свойства рецептурных факторов, а именно процента фибрового армирования и длины волокон фибры. Всего было изготовлено и испытано 18 серий базовых образцов стандартного размера: 27 кубов с размерами 100x100x100 мм для испытаний на сжатие; 27 призм с размерами 100x100x400 мм для испытаний на растяжение при изгибе. Были проведены расчеты прочностных характеристик в зависимости от рецептурных факторов, расчеты производились методом математического планирования эксперимента (полнофакторный эксперимент – ПФЭ 2^k). На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что наиболее эффективным будет применение стальной фибры с длиной волокон 30 мм и проценте объемного армирования 1,5%.

Ключевые слова: фибра, стальные волокна, фиброволокно, фибровое армирование, сталефибробетон, прочность на сжатие, прочность на растяжение при изгибе, плотность, морозостойкость

Для цитирования: Жеребцов Ю.В., Ельшаева Д.М., Лухнёва Ю.Н., Доценко Н.А., Самофалова М.С., Курасанов П.Р. и др. Влияние рецептурных факторов на прочностные свойства тяжелых сталефибробетонов. *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2021. Т. 11. № 2. С. 250–259. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-250-259>

Effect of recipe factors on mechanical properties of heavyweight steel fibre reinforced concrete

Yuriy V. Zherebtsov, Diana M. El'shaeva, Yuliya N. Lukhneva, Natal'ya A. Dotsenko,
Mariya S. Samofalova, Pavel R. Kurasanov, Asif A. Fataliev
Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Abstract: Today, steel fibre is one of the most promising components used to produce fibre reinforced concrete. To improve the mechanical properties of heavyweight steel fibre reinforced concrete, the influence of recipe factors, namely the percentage of fibre reinforcement and the fibre length, on these properties was studied. 18 series of reference samples of a standard size were manufactured and tested: 27 cubes with dimensions of 100x100x100 mm for compression tests and 27 prisms with dimensions of 100x100x400 mm for bending under tension test. We calculated mechanical strength characteristics depending on the recipe factor. The calculations were performed using a numerical experimental design (full factorial experiment 2^k). Based on the obtained results, it can be concluded that the utilisation of steel fibre with a fibre length of 30 mm or the percentage of three-dimensional reinforcement of 1.5% is the most effective.

Keywords: fiber, steel fibers, fiberglass, fiber reinforcement, steel fiber concrete, compressive strength, flexural tensile strength, density, frost resistance

For citation: Zherebtsov YuV, El'shaeva DM, Lukhneva YuN, Dotsenko ND, Samofalova MS, Kurasanov PR, et al. Effect of recipe factors on mechanical properties of heavyweight steel fibre reinforced concrete. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost* = *Proceedings of*

Введение

Основываясь на данных мировой строительной практики и опыте таких развитых стран, как США, Япония, Германия, Италия, Великобритания, можно отметить, что фибробетон считается одним из наиболее перспективных строительных материалов нашего столетия [1].

За рубежом фибробетоны нашли наиболее широкое применение в строительстве жилых и промышленных зданий в сейсмоопасных районах, морских газонефтедобывающих платформ, автодорог, туннелей, плотин и дамб [2–4].

Для повышения прочностных характеристик фибробетонов, оптимизации процесса приготовления фибробетонной смеси и способов ее укладки важно классифицировать применяемую стальную фибру по физико-механическим и геометрическим параметрам (длина волокна, диаметр, прочность волокна на растяжение). Жесткость является одной из наиболее важных характеристик фибры, определяется модулем упругости E_f . По модулю упругости всю фибру делят на 2 группы: 1) высокомодульная фибра $E_f = (70–250) \cdot 10^3$ МПа, к данной группе относится стальная и неметаллическая фибра (базальтовая, асбестовая, стеклянная, углеродная и так далее); 2) низкомодульная фибра $E_f = (2–10) \cdot 10^3$ МПа. Применение высокомодульной фибры способствует значительному повышению прочности и трещиностойкости фибробетона, также повышенной ударной стойкости, истираемости, водонепроницаемости и морозостойкости. Низкомодульная фибра оказывает минимальное влияние на прочностные характеристики, однако способствует повышению морозостойкости, ударной вязкости и снижению усадки¹ [2, 3, 5].

В технологии производства наиболее весомое значение имеет равномерность распределения фиброволокон по всему объему бетонной смеси. Так, при традиционных методах перемешивания наблюдается скопление волокон в виде комков (ежей). Чтобы обеспечить более равномерное распределение фиброволокон по всему объему необходимо учитывать длину волокон, процент их содержания, размеры крупного заполни-

теля и способ перемешивания. Для приготовления фибробетонных смесей наиболее эффективным будет применение турбулентных и спирально-вихревых смесителей [6–8].

Еще одной важной проблемой фибробетонных смесей является сниженная удобоукладываемость, поэтому для достижения необходимой удобоукладываемости прибегают к применению пластифицирующих добавок и увеличению водоцементного отношения (В/Ц).

Что касается сталефибробетона, то на сегодняшний день он имеет широкую сферу применения. Сталефибробетоны имеют ряд достоинств: более высокие показатели прочности на сжатие, на растяжение при изгибе, по предельным деформациям при осевом сжатии и растяжении, модулю упругости, трещиностойкости [9–11].

Технология производства стальной фибры зависит от требуемого диаметра (толщины) волокна. Выделяют механический и электромеханический способы изготовления волокон, а также формование из расплава. Среди механических способов производства стальной фибры наиболее широкое распространение получили такие, как волочение, экструдирование стального расплава, фрезерование стального сляба, протяжка и резка стальной фольги и проволоки [12–15].

Целью исследования является изучение основных прочностных характеристик сталефибробетона (прочность на сжатие и прочность на растяжение при изгибе) в зависимости от изменения рецептурных факторов, а именно длины стальных фиброволокон и процента фибрового армирования.

Методы

В данном исследовании была применена стальная фибра, основные физико-механические характеристики которой представлены в табл. 1.

Всего было изготовлено и испытано 18 серий базовых образцов стандартного размера:

– 27 кубов с размерами 100x100x100 мм для испытаний на сжатие;

– 27 призм с размерами 100x100x400 мм для испытаний на растяжение при изгибе;

Все образцы были изготовлены из бетона с одинаковым составом, расход материалов на 1 м³ составил: Ц = 315 кг, Щ = 1205 кг, П = 689 кг, В = 190 л.

¹Стерин В.С. Промышленная технология дисперсно-армированных железобетонных конструкций: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. СПб, 2002. 33 с.;
Ивлев В.А. Фибробетон в тонкостенных изделиях кольцевой конфигурации: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Уфа, 2009. 167 с.

Таблица 1. Физико-механические характеристики фибры
Table 1. Physical and mechanical characteristics of fiber

Толщина стальных фиброволокон, мм	Ширина стальных фиброволокон, мм	Длина стальных фиброволокон, мм	Временное сопротивление стальных фиброволокон растяжению, МПа, не менее	Модуль упругости стальных фиброволокон, МПа
0,3	0,5	20	460	$2,1 \cdot 10^5$
		25		
		30		

Для исследований было применено технологическое оборудование (бетоносмеситель лабораторный БЛ-10), средства измерений (весы лабораторные и линейки) и испытательное оборудование (пресс гидравлический). Испытания на сжатие и растяжение при изгибе проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 10180 [16–20].

Также были проведены расчеты прочностных характеристик сталефибробетона в зависимости от рецептурных факторов. Расчеты осуществлялись методом математического планирования эксперимента (полнофакторный эксперимент – ПФЭ 2^k) с использованием программы *MathCAD*. Длина стальных фиброволокон изменялась в следующих пределах: 20 мм, 25 мм, 30 мм. Процент фибрового армирования изменялся от 0,5 до 1,5 % с интервалом варьирования 0,5.

Результаты и их обсуждение

Результаты экспериментальных исследований влияния рецептурных факторов на прочностные характеристики сталефибробетона представлены в табл. 2 и на рис. 1 и 2.

Определение прочностных характеристик сталефибробетона произведено с помощью регрессионных зависимостей, вид и значения коэффициентов которых устанавливаются методами математического планирования эксперимента.

В качестве функций примем изменяющиеся из-за рецептурных факторов прочностные характеристики сталефибробетона.

В качестве же аргументов примем рецептурные факторы (процент фибрового армирования; длина волокон стальной фибры) в абсолютных показателях с различными уровнями варьирования.

За функцию отклика были приняты параметры:

– $R_{сж}(\mu, l)$ – прочность на сжатие, МПа;

– $R_{изг}(\mu, l)$ – прочность на растяжение при изгибе, МПа.

Данные значения факторов варьирования ПФЭ 2^k представлены в табл. 3.

В табл. 4 приведены расчетные коэффициенты уравнений регрессии для опытных образцов.

Таблица 2. Результаты экспериментальных исследований влияния рецептурных факторов на прочностные характеристики сталефибробетона

Table 2. Results of experimental studies of the influence of recipe factors on the strength of characteristics of steel fiber reinforced concrete

Номер опыта	Армирование стальной фиброй (μ), %	Длина волокон стальной фибры (l), мм	Прочность сталефибробетона на сжатие ($R_{сж}$), МПа	Прочность сталефибробетона на растяжение при изгибе ($R_{изг}$), МПа
1	0,5	20	59,8	7,2
2	1,5	20	67,1	8,1
3	0,5	30	63,8	7,7
4	1,5	30	70,8	8,5
5	0,5	25	62,7	7,5
6	1,5	25	69,6	8,3
7	1	20	64,3	7,7
8	1	30	68,8	8,2
9	1	25	67,5	8,1

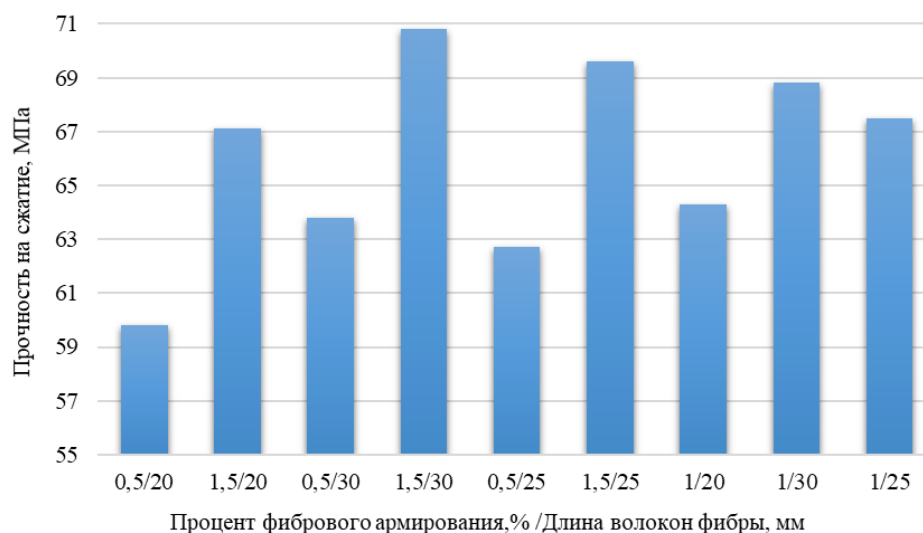


Рис. 1. Зависимость прочности сталефибробетона на сжатие от процента фибрового армирования и длины стальных волокон

Fig. 1. Compressive strength of steel fiber reinforced concrete versus the percentage of fiber reinforcement and the length of steel fibers

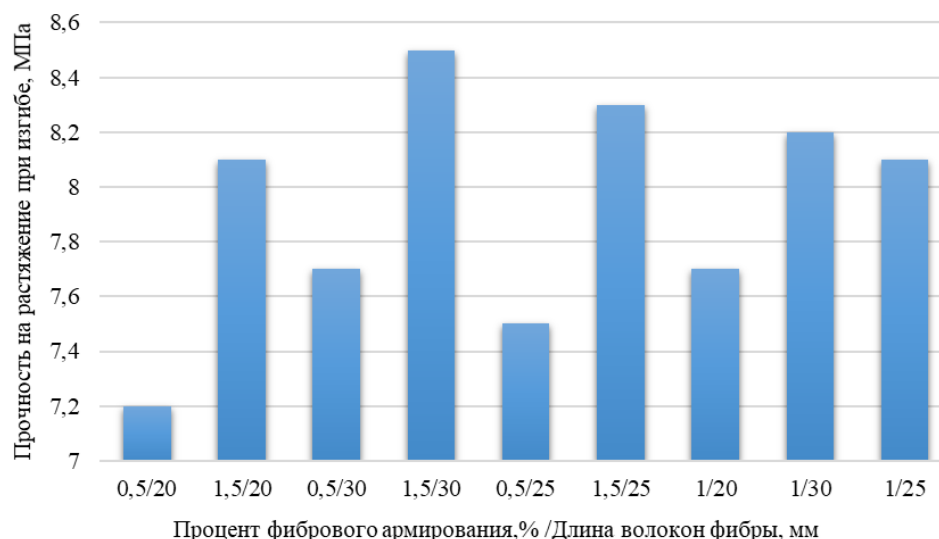


Рис. 2. Зависимость прочности сталефибробетона на растяжение при изгибе от процента фибрового армирования и длины стальных волокон

Fig. 2. Dependence of the tensile strength of steel fiber reinforced concrete in bending on the percentage of fiber reinforcement and the length of steel fibers

Таблица 3. Значения факторов варьирования ПФЭ 2^к

Table 3. The values of the factors of variation of the PFE 2^k

№ п/п	Рецептурные факторы	Уровни фактора		
		минимальный	нулевой	максимальный
1	Армирование стальной фиброй (μ), %	0,5	1	1,5
2	Длина волокон стальной фибры (l), мм	20	25	30

Таблица 4. Расчетные коэффициенты уравнений регрессии для опытных образцов сталефибробетона

Table 4. Calculated coefficients of regression equations for prototypes of steel fiber reinforced concrete

Характеристики	R_0	μ	l	$\mu \cdot l$	μ^2	l^2
Прочность на сжатие, МПа	66,04	0,3927	0,226	-0,15	-0,4145	0,2811
Прочность на растяжение при изгибе, МПа	7,92	0,0463	0,0259	-0,05	-0,0393	-0,0226

По результатам исследования методом наименьших квадратов были получены базовые уравнения регрессии, которые пред-

$$R_{сж}(\mu; l) = 66,04 + 0,3927 \cdot \mu + 0,226 \cdot l - 0,15 \cdot \mu \cdot l - 0,4145 \cdot \mu^2 + 0,2811 \cdot l^2;$$

$$R_{изг}(\mu; l) = 7,92 + 0,0463 \cdot \mu + 0,0259 \cdot l - 0,05 \cdot \mu \cdot l - 0,0393 \cdot \mu^2 - 0,0226 \cdot l^2.$$

Графическая интерпретация математических зависимостей представлена на рис. 3 и 4. По результатам экспериментальных исследований прочностных характеристик ста-

ставлены в виде полиномов 2-ой степени:

лефибробетона были получены их значения в зависимости от влияния длины стальных фиброволокон и процента фибрового армирования.

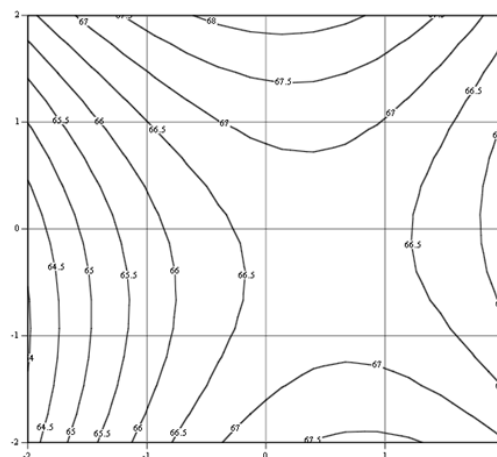
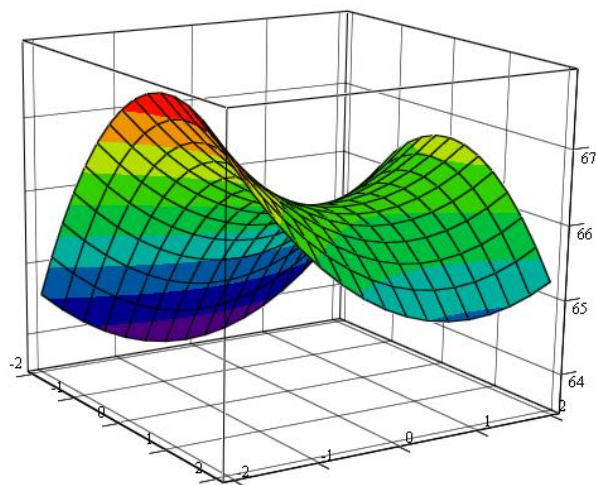


Рис. 3. Графическая зависимость изменения прочности сталефибробетона на сжатие от процента фибрового армирования и длины стальных волокон

Fig. 3. Graphical dependence of the change in the compressive strength of steel fiber reinforced concrete on the percentage of fiber reinforcement and the length of steel fibers

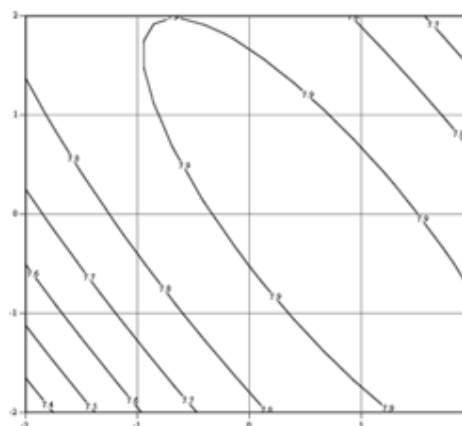
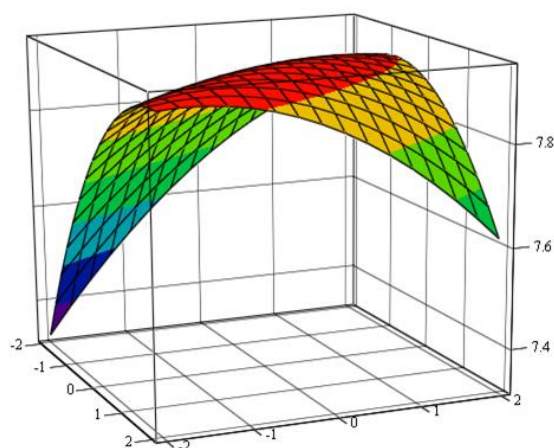


Рис. 4. Графическая зависимость изменения прочности сталефибробетона на растяжение при изгибе от процента фибрового армирования и длины стальных волокон

Fig. 4. Graphical dependence of the change in the tensile strength of steel fiber reinforced concrete during bending on the percentage of fiber reinforcement and the length of steel fibers

Как видно на рис. 1 и 2, максимальные значения прочности на сжатие и прочности на растяжение при изгибе достигаются при проценте фибрового армирования стальной фиброй, равном 1,5 %, и длине стальной фибры, равной 30 мм.

Полученные в ходе расчетов полиномиальные уравнения регрессии оценивали по значимости коэффициентов, среднеквадратичному отклонению, также с помощью критерия Фишера была проведена оценка адекватности.

Заключение

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что наиболее эффективным будет применение стальной фибры с длиной волокон 30 мм при проценте фибрового армирования 1,5 %.

Полученные результаты показывают перспективность и целесообразность проведенных исследований, а данные о прочностных свойствах тяжелых сталефибробетонов расширяют информационную базу проектирования бетонов данного вида.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков И.В. Фибробетон – состояние и перспективы применения в строительных конструкциях // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2004. № 5 (64). С. 24–25.
2. Моргун Л.В. Теоретическое обоснование и экспериментальная разработка технологии высокопрочных фибропенобетонов // Строительные материалы. 2005. № 6. С. 59–64.
3. Моргун Л.В. Анализ закономерностей формирования оптимальных структур дисперсно-армированных бетонов // Известия вузов. Строительство. 2003. № 8. С. 58–61.
4. Рахимов Р.З. Фибробетон – строительный материал 21 века // Экспозиция. Бетон и сухие смеси. 2008. № 26 (54). С. 35–42.
5. Баженов Ю.М. Технология бетонов XXI века // Новые научные направления в строительном материаловедении: сб. трудов Академических чтений РААСН, посвящ. 75-летию со дня рождения Ю.М. Баженова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2005. Ч. 1. С. 9–19.
6. Ведищев К.А. Фибробетон – строительный материал XXI века // Молодежь и научно-технический прогресс: сборник докладов X Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (20 апреля 2017 года, Губкин): в 4 т. Губкин, 2017. Т. 3. С. 50–53.
7. Коротких Д.Н. Трещиностойкость современных цементных бетонов (проблемы материаловедения и технологии): монография. Воронеж: Воронежский ГАСУ, 2014. 141 с.
8. Саламанова М.Ш., Исмаилова З.Х., Бисултанов Р.Г., Арцаева М.С. Влияние композиционного вяжущего на формирование физико-механических и эксплуатационных свойств фибробетона // Эффективные строительные композиты: науч.-практ. конф. к 85-летию заслуж. деятеля науки РФ, академика РААСН, д-ра техн. наук Ю.М. Баженова (02–03 апреля 2015 года, Белгород). Белгород, 2015. С. 592–598.
9. Kim J.-J., Yoo D.-Y. Effects of fiber shape and distance on the pullout behavior of steel fibers embedded in ultra-high-performance concrete // Cement and Concrete Composites. 2019. Vol. 103. p. 213–223. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.05.006>
10. Chen L., Sun W., Chen B., Shi Z., Lai J., Feng J. Multiscale study of fibre orientation effect on pullout and tensile behavior of steel fibre reinforced concrete // Construction and Building Materials. 2021. Vol. 283. p. 122506. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122506>
11. Yoo D.-Y., Shin W., Chun B., Banthia N. Assessment of steel fiber corrosion in self-healed ultra-high-performance fiber-reinforced concrete and its effect on tensile performance // Cement and Concrete Research. 2020. Vol. 133. p. 106091. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2020.106091>
12. Zeng W., Ding Y., Zhang Y., Dehn F. Effect of steel fiber on the crack permeability evolution and crack surface topography of concrete subjected to freeze-thaw damage // Cement and Concrete Research. 2020. Vol. 138. p. 106230. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2020.106230>
13. Eduardo T., Buttignol T. A load induced thermal strain (LITS) semi-empirical model for plain and steel fiber reinforced concrete subjected to uniaxial compressive load // Cement and Concrete Research. 2020. Vol. 127. p. 105896. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.105896>
14. Zhang X., Zhang W., Cao C., Xu F., Yang C. Positive effects of aligned steel fiber on bond behavior between steel rebar and concrete // Cement and Concrete Composites. 2020. Vol. 114. p. 103828. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103828>
15. Balendran R.V., Zhou F.P., Nadeem A., Leung A.Y.T. Influence of steel fibres on strength and ductility of normal and lightweight high strength concrete // Building and Environment. 2002. Vol. 37. Iss. 12. p. 1361–1367. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(01\)00109-3](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(01)00109-3)
16. Маилян Л.П., Стельмах С.А., Холодняк М.Г., Халюшев А.К., Щербань Е.М., Нажуев М.П. Рекомендации по учету вариативности при расчете, проектировании и изготовлении центрифугированных конструкций из тяжелого бетона [Электронный ресурс] // Вестник Евразийской науки. 2018. Т. 10. № 4. С. 6. URL: <https://esj.today/PDF/07SAVN418.pdf> (03.04.2021)

17. Стельмах С.А., Щербань Е.М., Холод-
няк М.Г., Нажуев М.П., Тароян А.Г., Янов-
ская А.В. Сравнение влияния армирования
фибровыми волокнами различных видов на
свойства центрифугированных и вибриро-
ванных изделий из тяжелого бетона класса
В35 [Электронный ресурс] // Инженерный
вестник Дона. 2018. № 4 (51). С. 167. URL:
[http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_6_S
telmakh_Shcherban.pdf_cc9dfa618.pdf](http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_6_Stelmakh_Shcherban.pdf_cc9dfa618.pdf)
(03.04.2021)

18. Стельмах С.А., Щербань Е.М., Насе-
вич А.С., Нажуев М.П., Тароян А.Г., Янов-
ская А.В. Сравнение влияния армирования
фибровыми волокнами различных видов на
свойства центрифугированных и вибриро-
ванных изделий из тяжелого бетона класса
В50 [Электронный ресурс] // Вестник
Евразийской науки. 2018. Т. 10. № 5. С. 66.

URL: <https://esj.today/PDF/29SAVN518.pdf>
(03.04.2021).

19. Щербань Е.М., Стельмах С.А., Нажуев М.П.,
Насевич А.С., Гераскина В.Е., Пошев А.У.-Б.
Влияние различных видов фибры на физико-
механические свойства центрифугированного
бетона [Электронный ресурс] // Вестник
Евразийской науки. 2018. Т. 10. № 6. С. 73. URL:
<https://esj.today/PDF/14SAVN618.pdf> (03.04.2021)

20. Стельмах С.А., Щербань Е.М., Холод-
няк М.Г., Нажуев М.П., Тароян А.Г., Чебура-
ков С.В. Сравнение влияния армирования
фибровыми волокнами различных видов на
свойства центрифугированных и вибрирован-
ных изделий из тяжелого бетона класса В20
[Электронный ресурс] // Инженерный вестник
Дона. 2018. № 4 (51). С. 166. URL:
[http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_5_Stel
makh_Shcherban.pdf_9004eb63bd.pdf](http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_5_Stelmakh_Shcherban.pdf_9004eb63bd.pdf)
(03.04.2021)

REFERENCES

1. Volkov IV. Fiber-reinforced concrete-the state and prospects of application in building structures. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka*. 2004;5(64):24–25. (In Russ.)
2. Morgun LV. Theoretical justification and experimental development of high-strength fiber-foam concrete technology. *Stroitel'nye Materialy*. 2005;6:59–64. (In Russ.)
3. Morgun LV. Analysis of the patterns of formation of optimal structures of dispersed-reinforced concrete. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo = News of higher educational institutions. Construction*. 2003;8:58–60. (In Russ.)
4. Rahimov RZ. Fibrobeton – building material of the 21st century. *Ekspozitsiya. Beton i sukhie smesi*. 2008;26(54): 35–42. (In Russ.)
5. Bazhenov YuM. Concrete technology of the XXI century. *Novye nauchnye napravleniya v stroitel'nom materialovedenii: sb. trudov Akademicheskikh chtenii RAASN, posvyashchennykh 75-letiyu so dnya rozhdeniya Yu.M. Bazhenova*. Part 1. Belgorod: BSTU; 2005. pp. 9–19. (In Russ.)
6. Vedishchev KA. Fiber concrete – building material of the XXI century. *Molodezh' i nauchno-tekhnicheskii progress: sbornik dokladov X Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh* (20 April 2017, Gubkin): in 4 vol. Gubkin, 2017. Vol. 3. p. 50–53. (In Russ.)
7. Korotkikh DN. Crack resistance of modern cement concretes (problems of materials science and technology): monograph. Voronezh: Voronezhskii GASU; 2014. 141 p. (In Russ.)

8. Salamanova MSh, Ismailova ZKh, Bisultanov RG, Artsaeva MS. Influence of a composite binder on the formation of physical, mechanical and operational properties of fiber-reinforced concrete. *Effektivnye stroitel'nye kompozity: nauch.-prakt. konf. k 85-letiyu zasluzh. deyatelya nauki RF, akademika RAASN, d-ra tekhn. nauk Yu.M. Bazhenova* (02–03 April 2015, Belgorod). Belgorod, 2015. p. 592–598. (In Russ.)
9. Kim J-J, Yoo D-Y. Effects of fiber shape and distance on the pullout behavior of steel fibers embedded in ultra-high-performance concrete. *Cement and Concrete Composites*. 2019;103:213–223. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.05.006>
10. Chen L, Sun W, Chen B, Shi Z, Lai J, Feng J. Multiscale study of fibre orientation effect on pullout and tensile behavior of steel fibre reinforced concrete. *Construction and Building Materials*. 2021;283:122506. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122506>
11. Yoo D-Y, Shin W, Chun B, Banthia N. Assessment of steel fiber corrosion in self-healed ultra-high-performance fiber-reinforced concrete and its effect on tensile performance. *Cement and Concrete Research*. 2020;133:106091. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2020.106091>
12. Zeng W, Ding Y, Zhang Y, Dehn F. Effect of steel fiber on the crack permeability evolution and crack surface topography of concrete subjected to freeze-thaw damage. *Cement and Concrete Research*. 2020;138:106230. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2020.106230>

13. Eduardo T, Buttignol T. A load induced thermal strain (LITS) semi-empirical model for plain and steel fiber reinforced concrete subjected to uniaxial compressive load. *Cement and Concrete Research*. 2020;127:105896. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.105896>

14. Zhang X, Zhang W, Cao C, Xu F, Yang C. Positive effects of aligned steel fiber on bond behavior between steel rebar and concrete. *Cement and Concrete Composites*. 2020;114:103828. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103828>

15. Balendran RV, Zhou FP, Nadeem A, Leung AYT. Influence of steel fibres on strength and ductility of normal and lightweight high strength concrete. *Building and Environment*. 2002;37(12):1361–1367. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(01\)00109-3](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(01)00109-3)

16. Mailyan LR, Stel'makh SA, Kholodnyak MG, Khalyushev AK, Shcherban' EM, Nazhnev MP. Recommendations on accounting variability in the calculation, design and manufacture of centrifuged structures of heavy concrete. *Vestnik Evraziiskoi nauki = The Eurasian Scientific Journal*. 2018;4(10):6. Available at: <https://esj.today/PDF/07SAVN418.pdf> [Accessed 03 April 2021] (In Russ.)

17. Stelmakh SA, Shcherban' EM, Kholodnyak MG, Nazhnev MP, Taroyan AG, Yanovskaya AV. Comparison of the effect of fiber reinforcement of various types on the properties of centrifuged and vibrated products

from heavy concrete class B35. *Inzhenernyi vestnik Dona = Engineering journal of Don*. 2018;4(51):167. Available at: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_6_Stelmakh_Shcherban.pdf_cc9dfda618.pdf [Accessed 03 April 2021] (In Russ.)

18. Stel'makh SA, Shcherban' EM, Nasevich AS, Nazhnev MP, Taroyan AG, Yanovskaya AV. Comparison of the effect of fiber reinforcement of various types on the properties of centrifuged and vibrated products from heavy concrete class B50. *Vestnik Evraziiskoi nauki = The Eurasian Scientific Journal*. 2018;5:66. Available at: <https://esj.today/PDF/29SAVN518.pdf> [Accessed 03 April 2021] (In Russ.)

19. Shcherban' EM, Stel'makh SA, Nazhnev MP, Nasevich AS, Geras'kina VE, Poshev AU-B. The effect of various types of fibers on the physico-mechanical properties of centrifuged concrete. *Vestnik Evraziiskoi nauki = The Eurasian Scientific Journal*. 2018;10(6):73. Available at: <https://esj.today/PDF/14SAVN618.pdf> [Accessed 03 April 2021] (In Russ.)

20. Stelmakh SA, Shcherban' EM, Kholodnyak MG, Nazhnev MP, Taroyan AG, Cheburakov SV. Comparison of the effect of fiber reinforcement of various types on the properties of centrifuged and vibrated products from heavy concrete class B20. *Inzhenernyi vestnik Dona = Engineering journal of Don*. 2018;4(51):166. Available at: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_5_Stelmakh_Shcherban.pdf_9004eb63bd.pdf [Accessed 03 April 2021] (In Russ.)

Сведения об авторах

Жеребцов Юрий Владимирович, магистрант, Донской государственный технический университет, 344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162, Россия, ✉e-mail: yuri.zharebtsov@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6162-0049>

Ельшаева Диана Михайловна, магистрант, Донской государственный технический университет, 344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162, Россия, e-mail: diana.elshaeva@yandex.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8086-6300>

Information about the authors

Yuriy V. Zharebtsov, Undergraduate, Don State Technical University, 162 Sotsialisticheskaya St., Rostov-on-Don, 344022, Russia, ✉e-mail: yuri.zharebtsov@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6162-0049>

Diana M. El'shaeva, Undergraduate, Don State Technical University, 162 Sotsialisticheskaya St., Rostov-on-Don, 344022, Russia, e-mail: diana.elshaeva@yandex.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8086-6300>

Лухнёва Юлия Николаевна,
магистрант,
Донской государственный технический
университет,
344022, г. Ростов-на-Дону,
ул. Социалистическая, 162, Россия,
e-mail: drugawi4@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5034-4029>

Yuliya N. Lukhneva,
Undergraduate,
Don State Technical University,
162 Sotsialisticheskaya St., Rostov-on-Don,
344022, Russia,
e-mail: drugawi4@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5034-4029>

Доценко Наталья Александровна,
магистрант,
Донской государственный технический
университет,
344022, г. Ростов-на-Дону,
ул. Социалистическая, 162, Россия,
e-mail: natalya_1998_dotsenko@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7829-6401>

Natal'ya A. Dotsenko,
Undergraduate,
Don State Technical University,
162 Sotsialisticheskaya St., Rostov-on-Don,
344022, Russia,
e-mail: natalya_1998_dotsenko@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7829-6401>

Самофалова Мария Сергеевна,
магистрант,
Донской государственный технический
университет,
344022, г. Ростов-на-Дону,
ул. Социалистическая, 162, Россия,
e-mail: mary.ss17@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9950-8696>

Mariya S. Samofalova,
Undergraduate,
Don State Technical University,
162 Sotsialisticheskaya St., Rostov-on-Don,
344022, Russia,
e-mail: mary.ss17@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9950-8696>

Курасанов Павел Романович,
магистрант,
Донской государственный технический
университет,
344022, г. Ростов-на-Дону,
ул. Социалистическая, 162, Россия,
e-mail: gibbs107@bk.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3758-464X>

Pavel R. Kurasanov,
Undergraduate,
Don State Technical University,
162 Sotsialisticheskaya St., Rostov-on-Don,
344022, Russia,
e-mail: gibbs107@bk.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3758-464X>

Фаталиев Асиф Агаяр оглы,
магистрант,
Донской государственный технический
университет,
344022, г. Ростов-на-Дону,
ул. Социалистическая, 162, Россия,
e-mail: asif.fataliev@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5296-6091>

Asif A. Fataliev,
Undergraduate,
Don State Technical University,
162 Sotsialisticheskaya St., Rostov-on-Don,
344022, Russia,
e-mail: asif.fataliev@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5296-6091>

Заявленный вклад авторов

Жеребцов Ю.В., Ельшаева Д.М., Лухнева Ю.Н., Доценко Н.А., Самофалова М.С., Курасанов П.Р., Фаталиев А.А. имеют равные авторские права. Жеребцов Ю.В. несет ответственность за плагиат.

Contribution of the authors

Zherebtsov Y.V., El'shaeva D.M., Lukhneva Yu.N., Dotsenko N.A., Samofalova M.S., Kurasanov P.R., Fataliev A.A. have equal author's rights. Zherebtsov Yu.V. bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

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

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

All authors have read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию 05.04.2021.
Одобрена после рецензирования 10.05.2021.
Принята к публикации 12.05.2021.

The article was submitted 05.04.2021.
Approved after reviewing 10.05.2021.
Accepted for publication 12.05.2021.



Деформативность предварительно напряженных изгибаемых железобетонных элементов с высокопрочной арматурной сталью класса Ат1200

© А.И. Кауров

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления,
г. Улан-Удэ, Россия

Резюме: Отечественная инновационная разработка высокопрочной термомеханически упрочненной арматурной стали класса Ат1200 марок 30ХГС2 и 30ХС2 позволяет повысить эффективность применения предварительно напряженного железобетона в различных отраслях строительства. Анализ деформативности преднапряженных изгибаемых железобетонных элементов с данным эффективным видом арматурной стали является основной целью настоящей работы. Для изучения особенностей напряженно-деформированного состояния изгибаемых элементов с арматурной сталью Ат1200 проведены испытания железобетонных балочных элементов прямоугольного сечения, обычных и предварительно напряженных. Контрольный прогиб опытных элементов, являющийся критерием их деформативности, фиксировался механическими и тензометрическими измерительными устройствами. В данной работе, как отдельная часть комплексного изучения стали Ат1200 и конструкций на ее основе, представлены результаты экспериментально-теоретических исследований воздействия преднапряжения на деформативность изгибаемых железобетонных элементов. По результатам проведенных исследований констатируется, что предварительное напряжение, при соответствующем его уровне, существенно повышает жесткость (снижает деформативность) изгибаемых элементов. Обоснована возможность распространения методики действующих норм, базирующейся на общих правилах строительной механики и позволяющей учитывать не только изгибные, но и сдвиговые деформационные характеристики элементов в сечении по их длине, для расчетной оценки прогибов преднапряженных изгибаемых элементов с исследуемой сталью Ат1200. Влияние на деформативность и трещиностойкость изгибаемых элементов с напрягаемой сталью Ат1200 начальных доэксплуатационных трещин обжатия (трещин от выгиба в сжатой при эксплуатации зоне) рекомендуется осуществлять посредством полученных эмпирических зависимостей для коэффициента λ .

Ключевые слова: арматурная сталь, железобетонные изгибаемые элементы, предварительное напряжение, деформативность и жесткость, прогиб

Для цитирования: Кауров А.И. Деформативность предварительно напряженных изгибаемых железобетонных элементов с высокопрочной арматурной сталью класса Ат1200. *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2021. Т. 11. № 2. С. 260–273. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-260-273>

Deformability of prestressed flexural reinforced concrete elements with high-tensile reinforcement steel of At1200 class

Anatoliy I. Kaurov

East Siberia State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia

Abstract: A homegrown innovation of thermo-mechanically treated high-tensile reinforced steel (AT1200 class, 30HGS2 and 30HS2 types) increases the efficiency of prestressed reinforced concrete in the construction industry. This paper analyses the deformability of prestressed flexural reinforced concrete elements with the AT1200 reinforcement steel. To study the characteristics of the stress-strain behaviour in flexural elements with the AT1200 reinforcement steel, rectangular-sectioned, conventional and prestressed reinforced concrete beam elements were tested. Reference deflection of the test elements, which was used as a deformability criterion, was recorded by me-

chanical and strain-gauge measuring equipment. This work is part of a comprehensive study on AT1200 steel and constructional steelworks. The findings of experimental and theoretical studies are presented, addressing the effect of prestressing on the deformability in flexural reinforced concrete elements. The obtained results indicate that prestress, if applied correctly, significantly increases the stiffness (reduces the deformability) of the flexural elements. The methodology of current standards is based on a general structural theory and includes both flexural and shear strain characteristics of structures in the section over their length. The possibility of extending the method to assess deflections of the prestressed flexural elements with the studied AT1200 steel is substantiated. Empirical dependencies obtained for the μ coefficient are recommended for affecting the deformability and cracking resistance of flexural elements comprising prestressed AT1200 steel and initial preoperational prestressing cracks (deflection cracks in the zone, pressed during operation).

Keywords: reinforced steel, reinforced concrete bending elements, prestressing, deformability and rigidity, deflection

For citation: Kaurov A.I. Deformability of prestressed flexural reinforced concrete elements with high-tensile reinforcement steel of At1200 class. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost* = *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(2):260–273. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-260-273>

Введение

Железобетон, в первую очередь предварительно напряженный, в настоящее время является и, по прогнозам специалистов [1–8], в обозримой перспективе сохранит свои позиции доминирующего конструкционного материала.

Применение преднапряженного железобетона на основе высокопрочной арматурной стали открывает более широкие возможности для возведения современных и уникальных зданий и сооружений, одновременно способствуя значительному снижению металлоемкости несущих железобетонных конструкций при сохранении заданных параметров надежности. Поэтому разработка и освоение отечественной металлургической промышленностью высокопрочной арматурной стали является гарантом дальнейшего развития предварительно напряженного железобетона.

Технология прокатки термомеханически упрочненной арматурной стали класса At1200 марок 30ХГС2 и 30ХС2 в полном сортаменте была отработана автором на Западно-Сибирском («ЕВРАЗ ЗСМК») и Криворожском («Криворожсталь») металлургических комбинатах. Данный класс стали до настоящего времени остается наиболее высокопрочным видом отечественной стержневой арматуры с условным пределом текучести $\sigma_{0.2} \geq 1200$ Н/мм² и временным сопротивлением $\sigma_u \geq 1450$ Н/мм².

Несомненным достоинством данного арматурного проката является то, что, наряду с высокой прочностью, он обладает

и высокими показателями пластичности – среднестатистические значения относительно удлинения составляют: $\delta_5 = 12\%$ и $\delta_p = 4\%$.

Особенно важным данное обстоятельство представляется для ответственного строительства, в том числе в сейсмически опасных регионах, в высотном строительстве и мостостроении, так как сталь, сочетающая высокую прочность и пластичность, способна поглощать и рассеивать при воздействии динамических нагрузок (сейсмических, ветровых и другой природы) большое количество разрушительной энергии [9–14].

В силу указанного можно констатировать, что масштабное внедрение в практику строительного проектирования напрягаемой высокопрочной экономно-легированной стали At1200 является исключительно актуальной задачей, решение которой будет способствовать достижению уровня лучших мировых стандартов в области преднапряженного железобетона.

Экономическая эффективность от применения высокопрочных материалов в строительстве к тому же хорошо коррелируется с одной из непреходящих задач человечества, а именно с задачей ресурсосбережения. Однако, высокие прочностные параметры напрягаемой арматуры At1200, особенно крупных диаметров, определяют специфику ее применения в преднапряженных элементах.

Данное обстоятельство диктует необходимость создания дополнительной нормативно-расчетной базы, отсутствие которой является одним из сдерживающих факторов широкого применения таких перспективных материалов в железобетонных конструкциях. Основываясь

на данном основополагающем принципе, в рамках работ¹ [15–20] проведены комплексные экспериментально-теоретические исследования физико-механических свойств арматурной стали Ат1200 и напряженно-деформированного состояния преднапряженных изгибаемых элементов на ее основе.

Основной же целью настоящей работы является более детальное и обстоятельное исследование деформативности предварительно напряженных изгибаемых железобетонных элементов, армированных сталью Ат1200, и обоснование возможности распространения методики действующих норм для расчета данных элементов по деформациям (прогибам).

Достоверность расчетных параметров деформативности, а также прочности и трещиностойкости опытных элементов балочного типа, в том числе полученных по разработанным оригинальным методикам, подтверждается результатами проведенных физических экспериментов².

При этом основным условием правдивости экспериментальных данных являлось обязательное дублирование тензометрических измерений деформаций материалов показаниями традиционных механических приборов высокого класса точности, таких как прогибомеры БПАО, индикаторные устройства (мессуры) и т.д., основными измерительными элементами которых служат индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм и 0,001 мм.

Материалы и методы исследования

Для достижения поставленной цели проведены серийные испытания крупно-размерных опытных изгибаемых элементов с исследуемой арматурой диаметром $d_s = 12, 18$ и 25 мм.

Опытные образцы представляли собой железобетонные балки прямоугольного сечения, как обычные, так и предварительно напряженные. Номинальные размеры данных балок, изготовленных из бетона класса В40, составляли: длина $l = 2800$ мм, ширина $b = 150$ мм, высота $h = 300$ мм и 325 мм. Конструкция опытных балок I группы, предназначенных для исследования прочности нормальных сечений, трещиностойкости и

деформативности, представлена на рис. 1. Балки этой группы разбиты на серии I и II, которые отличались величиной пролета среза a и размерами поперечного сечения. К числу других варьируемых при испытании параметров относится уровень преднапряжения продольной арматуры $\sigma_{sp} / \sigma_{0,2}^{sup}$.

Общий вид силового стенда рамного типа, на котором производились испытания опытных образцов на прямой поперечный изгиб, представлен на рис. 2.

Образцы испытывались как свободно опертые однопролетные балки с зоной чистого изгиба при нагружении двумя сосредоточенными силами P .

Принципиальная схема расположения тензометрических и механических измерительных устройств, позволяющих фиксировать прогиб f опытных балок, приводится на рис. 2 и 3. Задействованная в эксперименте система измерительных устройств позволяла также определять момент образования M_{crc} , ширину раскрытия нормальных a_{crc} и наклонных $a_{crc,inc}$ трещин, деформации бетона сжатой зоны ε_{bm} и другие параметры.

Полная номенклатура экспериментального измерительного оборудования и устройств с указанием их марок и моделей и фиксируемых с их помощью параметров сведена в табл. 1.

Контрольный прогиб опытных балок f_k , как критерий их деформативности, фиксировался в середине пролета в сечении с максимальным изгибающим моментом (f_{max}), а также под местами приложения сосредоточенных нагрузок ($f_{p,1}$ и $f_{p,2}$).

Нагружение задавалось гидравлическим домкратом ДГ-50 через распределительную траверсу (рис. 2). Величина нагрузки контролировалась по манометру насосной станции, прошедшей тарировку. Нагрузка прикладывалась поэтапно и на каждом из этапов составляла не более 1/10 от прогнозируемой разрушающей нагрузки. На этапах, граничащих с моментом трещинообразования M_{crc} и исчерпанием несущей способности образца, нагрузка уменьшалась соответственно в два и три раза.

¹Кауров А.И. Влияние предварительного напряжения высокопрочной арматурной стали класса Ат1200 (Ат-УИ) на напряженно-деформированное состояние изгибаемых железобетонных элементов: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.01. Улан-Удэ, 2017. 324 с.

²Там же.

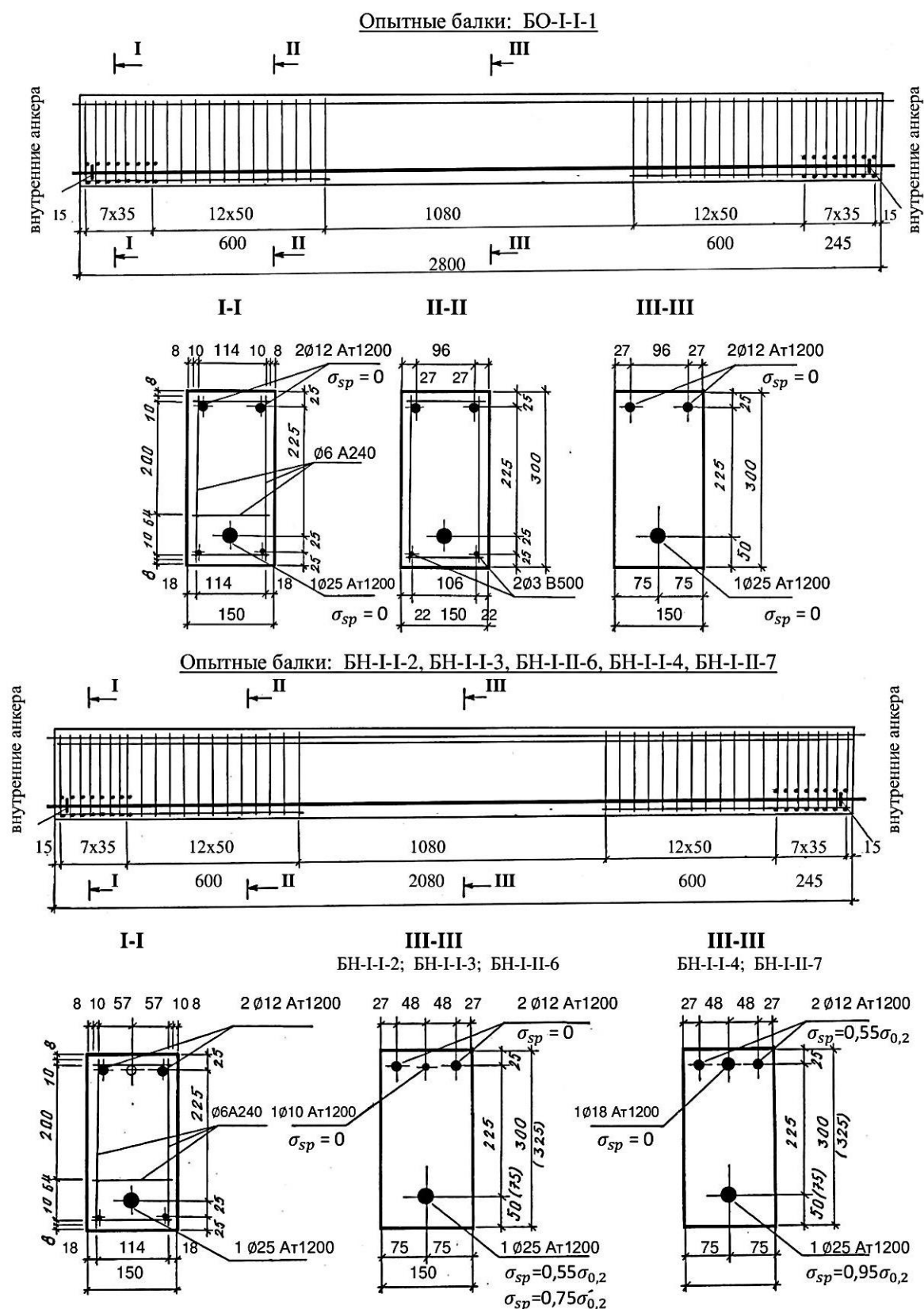
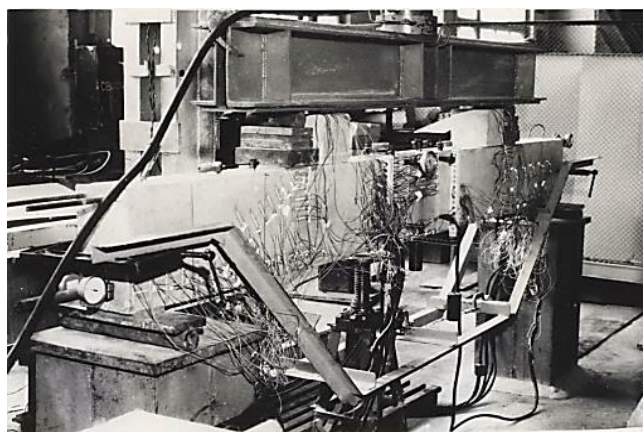
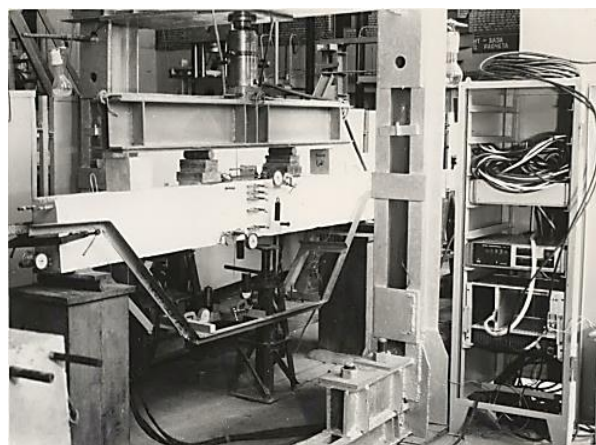


Рис. 1. Конструкция опытных балок I группы, предназначенных для исследования прочности нормальных сечений, трещиностойкости и деформативности
Fig. 1. The design of the experimental beams of group I, designed to study the strength of normal sections, crack resistance and deformability



a



b

Рис. 2. Испытание на изгиб опытных элементов, вид со стороны: а – тензометрические датчики; б – механические измерительные приборы, справа тензометрическая станция ЛАСНИ-TOP 2,2
Fig. 2. Bending test of experimental elements, view from the side: а – strain gauges; б – mechanical measuring instruments, right strain gauge station LASNI-TOP 2.2

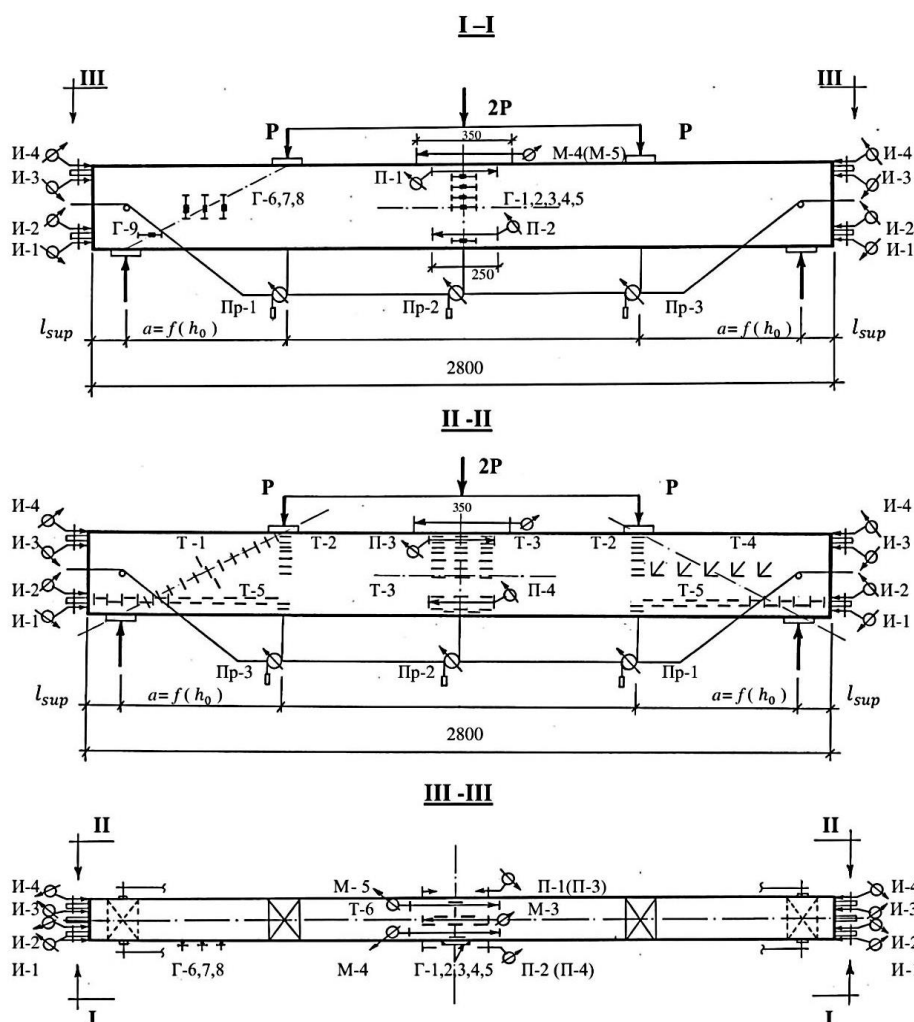


Рис. 3. Принципиальная схема размещения измерительных средств при испытании на изгиб опытных элементов
Fig. 3. Schematic diagram of the placement of measuring instruments during bending test of experimental elements

Таблица 1. Номенклатура измерительного оборудования и устройств, используемых при испытании опытных изгибаемых элементов с арматурной сталью Ат1200

Table 1. Nomenclature of measuring equipment and devices used when testing experimental bending elements with reinforcing steel Ат1200

№ п/п	Измерительное оборудование и устройства		Фиксируемые параметры
	Принятое обозначение	Наименование, марка и модель	
1	И-1,2,3,4	Симметричные пары индикаторов часового типа с ценой деления 0,001 мм на напрягаемой арматуре	Смещение арматуры относительно бетона на торце балки (втягивание арматуры в бетон)
2	П-1,2	Прогибомеры конструкции Мокина на базе 250 мм с индикаторами часового типа 0,01 мм, закрепленные на нижней арматуре $\varnothing 25$ мм при помощи реперов	Деформации растянутой арматуры
3	П-3,4	Прогибомеры конструкции Мокина на базе 250 мм с индикаторами часового типа 0,01 мм, закрепленные на верхней арматуре $\varnothing 12$ мм при помощи реперов	Деформации сжатой арматуры
4	М-3	Мессуры на базе 250 мм с индикаторами часового типа 0,01 мм, закрепленные на верхних дополнительных арматурных стержнях при помощи реперов	Деформации сжатой напрягаемой арматуры
5	М-4,5	Мессуры на базе 350 мм с индикаторами часового типа 0,01 мм, закрепленные на бетонной поверхности верхней грани балок при помощи реперов	Деформации сжатой зоны бетона
6	Пр-1,2,3	Прогибомеры 6-ПАО, закрепленные для исключения влияния на прогибы осадки опор на металлической ферме («обноске»)	Прогиб балки в местах приложения сосредоточенной нагрузки и в середине пролета
7	Г-1,2,3,4,5	Рычажные тензометры Гугенбергера на базе 100 мм, закрепленные на бетонной поверхности в зоне чистого изгиба	Деформации в сжатой и растянутой зонах бетона
8	Г-6,7,8	Рычажные тензометры Гугенбергера на базе 100 мм, закрепленные (через «окна») на поперечной арматуре в зоне опасного наклонного сечения	Деформации поперечной арматуры
9	Г-9	Рычажные тензометры Гугенбергера на базе 100 мм, закрепленные (через «окна») на напрягаемой нижней арматуре $\varnothing 25$ мм в зоне опасного наклонного сечения	Деформации продольной арматуры
10	Т-1	Цепочки тензодатчиков с базой 50 мм на бетонной поверхности, перекрывающие зону опасного наклонного сечения	Деформации бетона и определения момента образования наклонных трещин
11	Т-2	Ряды тензодатчиков с базой 50 мм на бетонной поверхности по высоте сечения под сосредоточенной нагрузкой	Деформации бетона
12	Т-3	Ряды тензодатчиков с базой 50 мм на бетонной поверхности по высоте сечения в зоне чистого изгиба	Деформации бетона
13	Т-4	«Розетки» тензодатчиков с базой 50 мм в зоне опасного наклонного сечения	Деформации бетона и момент образования наклонных трещин
14	Т-5	Цепочки тензодатчиков с базой 50 мм на бетонной поверхности на уровне нижней напрягаемой арматуры в зоне передачи напряжений с арматуры на бетон l_p	Распределение деформаций бетона по длине l_p и момент образования нормальных трещин в растянутой зоне
15	Т-6	Тензодатчики с базой 50 мм на бетонной поверхности верхней грани балок	Деформации крайнего волокна сжатой зоны бетона

Отсчеты по измерительным приборам снимались сразу после приложения нагрузки и в конце выдержки. Время выдержки под

нагрузкой составляло 10 минут до появления в образце трещин и увеличивалось до 15 минут после появления трещин.

Результаты и их обсуждение

Экспериментальные значения контрольных прогибов опытных элементов f_k^{exp} как фактические перемещения, фиксируемые в

процессе испытаний в середине пролета при уровне нагрузки $M_{ser} = 73,77$ кН·м, приводятся в табл. 2.

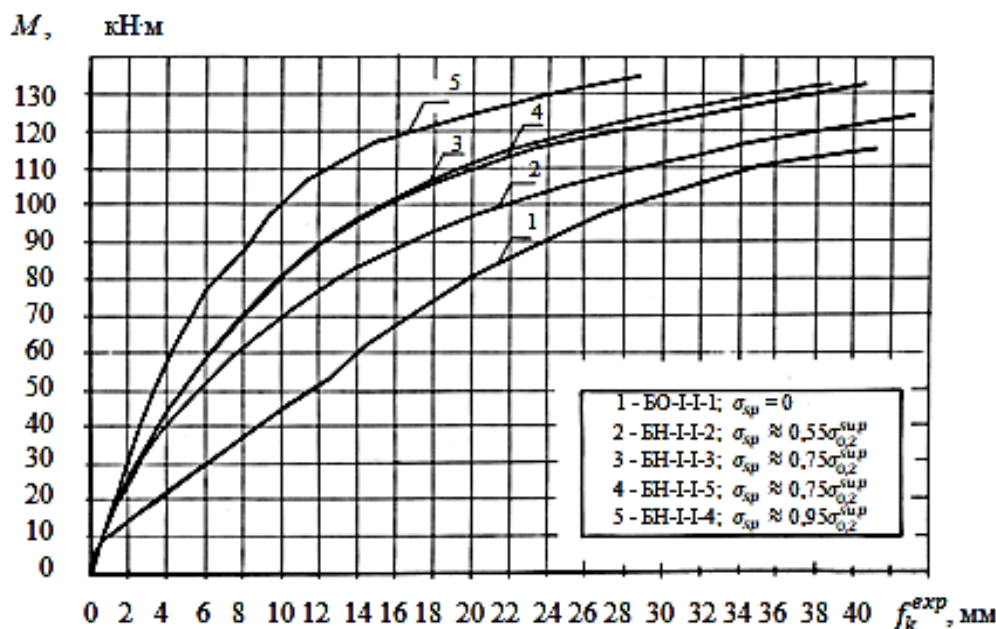
Таблица 2. Опытные и расчетные контрольные прогибы изгибаемых элементов I группы с высокопрочной арматурной сталью класса Ат1200 (при $M_{ser} = 0,6 \div 0,7 M_u$)

Table 2. Experimental and calculated control deflections of the bending elements of group I with high-strength reinforcing steel of At1200 class ($M_{ser} = 0,6 \div 0,7 M_u$)

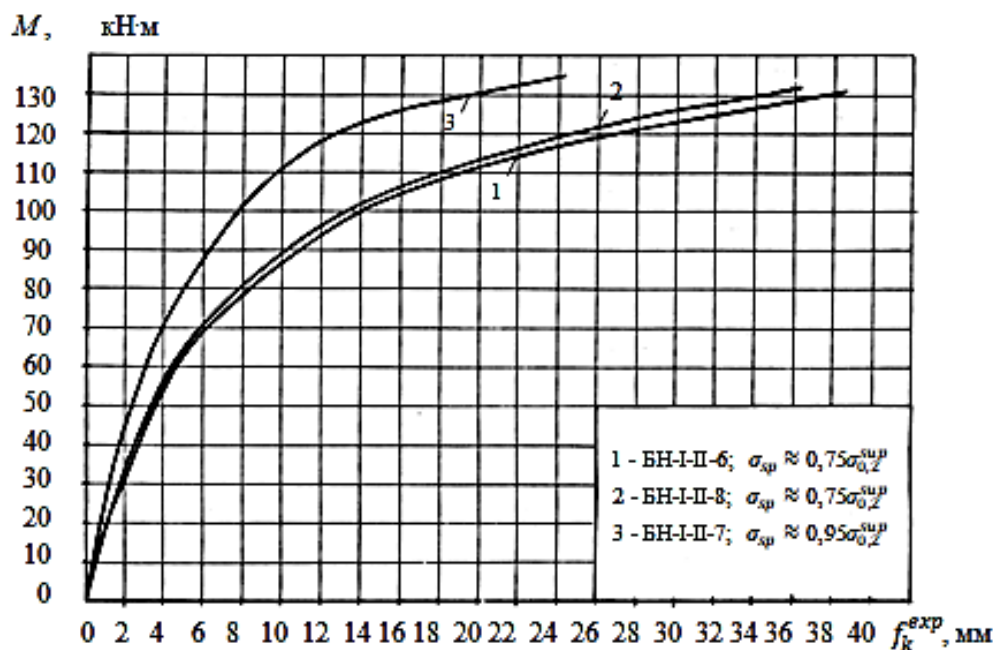
Опытные элемен- ты	$\frac{\sigma_{sp}}{\sigma_{0,2}^{sup}}$	Опытный контроль- ный прогиб f_k^{exp} , мм	Усилие обжа- тия $P_{0,2}$, кН	Кривизна $\left(\frac{1}{r}\right) \times 10^{-5}$, см ⁻¹	Прогиб от дефор- маций изгиба f_m , мм	Прогиб от дефор- маций сдвига f_q , мм	Выгиб от усилия обжатия f_p^{th} , мм	Расчетный контроль- ный прогиб f_k^{th} , мм	Погрешность расчета* Δf_k , %
Опытные элементы без предварительного напряжения									
БО-I-I-1	0,00	18,10	–	21,12	14,31	2,94	–	17,25	+4,93
БО-II-I-10		18,41		20,97	17,50	2,84		20,34	–9,49
БО-II-II-13		19,33		20,97	17,50	2,87		20,37	–5,11
БО-II-III-16		19,52		20,25	15,24	2,84		18,08	+7,96
БО-II-IV-19		19,05		20,44	15,39	2,81		18,20	+4,67
БО-II-V-22		17,09		21,46	12,90	2,99		15,89	+7,55
*средняя величина расхождения $\bar{\Delta} f_k = \frac{f_k^{exp} - f_k^{th}}{f_k^{th}} \times 100\%$									$\Delta = +1,75\%$ $ \bar{\Delta} = 6,62\%$
Предварительно напряженные опытные элементы									
БН-I-I-2	≈0,55	11,20	185,33	8,744	5,93	1,19	4,82	11,95	–6,28
БН-II-Y-23		10,83	204,72	8,376	5,04	1,15	3,46	9,65	+12,23
БН-II-I-11		12,15	217,98	7,982	6,66	1,10	4,87	12,63	–3,80
БН-II-III-17		12,05	223,59	8,039	6,05	1,12	4,33	11,49	+4,87
БН-II-II-14		12,90	229,95	7,908	6,60	1,08	4,63	12,31	+1,54
БН-II-IV-20		12,67	237,29	7,903	5,95	1,10	3,97	11,02	+14,97
БН-I-I-3	≈0,75	8,62	290,32	3,96	2,68	0,54	7,26	10,48	–17,75
БН-I-I-5		8,69	312,14	3,98	2,70	0,55	6,66	9,91	–12,31
БН-I-II-6		6,97	301,46	3,22	2,43	0,54	5,12	8,09	–13,84
БН-I-II-8		6,73	307,56	3,33	2,50	0,55	4,98	8,03	–16,19
БН-I-I-4	≈0,95	5,74	525,87	1,57	1,06	0,21	6,36	7,63	–24,77
БН-II-IV-24		5,49	573,28	2,51	1,51	0,35	4,18	6,04	–9,11
БН-I-II-7		4,30	546,92	2,66	2,00	0,45	3,74	6,19	–30,53
БН-I-II-9		4,33	564,04	3,31	2,49	0,56	3,26	6,31	–31,38
БН-II-I-12		–	528,52	2,54	2,11	0,35	5,72	8,18	$M_{ser} > 0,8 M_u$
БН-II-II-15		7,44	513,62	2,25	1,88	0,31	6,44	8,64	–13,89
БН-II-III-18		7,03	531,44	2,31	1,74	0,32	5,62	7,68	–8,46
БН-II-IV-21		7,01	494,19	2,33	1,75	0,33	5,91	7,99	–12,26
*средняя величина расхождения $\bar{\Delta} f_k = \frac{f_k^{exp} - f_k^{th}}{f_k^{th}} \times 100\%$									$\Delta = -9,82\%$ $ \bar{\Delta} = 13,78\%$

Выбранное значение нагрузки соответствует целочисленному значению манометра задающей нагружение насосной станции $P = 50$ условных единиц и к тому же попадает в диапазон эксплуатационных нагрузок для балок I группы: $M_{ser} = 0,6 \div 0,7 M_u$. Развитие кривых прогибов при испытании и влияние предвари-

тельного напряжения, при различных значениях его уровней $\sigma_{sp}/\sigma_{0,2}^{sup}$, на величину контрольного прогиба f_k^{exp} продемонстрировано на рис. 4 на примере отдельных опытных элементов.



a



b

Рис. 4. Кривые развития прогибов в середине пролетов при нагружении для элементов, разрушившихся по нормальному сечению: а – балки I группы, серия I; б – балки I группы, серия II

Fig. 4. Curves of development of deflections in the middle of spans under loading for elements, collapsed along the normal section: а – beams of group I, series I; б – beams of group I, series II

В соответствии с нормами строительного проектирования³ теоретический контрольный прогиб опытных балок f_k^{th} определялся как:

$$f_k^{th} = f_1 + f_2,$$

где f_1 – суммарный прогиб от действия всей внешней нагрузки, в том числе от собственного веса балок, а также от усилия предварительного обжатия напрягаемой арматурой; f_2 – выгиб для предварительно напряженных балок.

В целях обеспечения корректности при сопоставлении экспериментальных f_k^{exp} и теоретических f_k^{th} значений прогибов последние также рассчитывались при едином значении изгибающего момента $M_{ser} = 73,77 \text{ кН}\cdot\text{м}$.

Расчетные значения прогибов определяли по методике⁴, которая базируется на общих принципах строительной механики. При этом учитывались изгибные (кривизна $1/r$) и сдвиговые (угол сдвига γ_x) деформационные характеристики опытных балок в сечении по их длине.

Соотношение расчетного пролета и высоты поперечного сечения испытуемых элементов составляло $l_0/h < 10$, поэтому во внимание принималось влияние поперечных сил на прогиб.

В силу этого выражение для определения полного прогиба f имеет вид:

$$f = f_m + f_q, \quad (1)$$

где f_m – прогиб, обусловленный деформацией изгиба и определяемый функциональной зависимостью (3), исходя из значения кривизны $1/r$ (4); f_q – прогиб, являющийся результатом деформаций сдвига и вычисляемый согласно (9).

В соответствии с нормами⁵ формула для определения прогиба преднапряженных элементов, вызванного деформациями

изгиба, в общем виде записывается как:

$$f_m = \int_0^l M_x \left(\frac{1}{r} \right)_x dx, \quad (2)$$

где M_x – изгибающий момент от единичной силы в сечении x , где определяется прогиб; $\left(\frac{1}{r} \right)_x$ – суммарная кривизна от нагрузки в сечении x .

Однако допускается для свободно опертых балок постоянного сечения для сечения с максимальным изгибающим моментом использовать выражение:

$$f_m = \left(\frac{1}{r} \right) \cdot Sl_0^2, \quad (3)$$

$$\text{где } \left(\frac{1}{r} \right) = \left(\frac{1}{r} \right)_1 - \left(\frac{1}{r} \right)_2 + \left(\frac{1}{r} \right)_3 - \left(\frac{1}{r} \right)_4. \quad (4)$$

При этом принималось $(1/r)_2 = (1/r)_3 = 0$, так как при испытаниях опытных элементов вся нагрузка являлась кратковременной. Вызванная же выгибом балок кривизна $(1/r)_4$, как следствие усадки и ползучести бетона от усилия предварительного обжатия P_{02} , уменьшает их полную кривизну и, соответственно, прогиб.

Так как во всех опытных балках при заданном значении эксплуатационной нагрузки M_{ser} наличествовали нормальные трещины в растянутой зоне ($M_{ser} > M_{crc}$), а в отдельных балках имели место и начальные трещины от выгиба при обжатии усилием $P_{0,2}$, для определения кривизны $(1/r)_1$ при непродолжительном воздействии нагрузки использовались следующие выражения:

$$\left(\frac{1}{r} \right)_1 = \frac{M_{tot}}{\varphi_c b h_0^3 E_{b,red}}, \quad (5)$$

$$\text{где } M_{tot} = M_{ser} - P_{02} (1 - \lambda) e_{sp}, \quad (6)$$

$$N_{tot} = P_{02} (1 - \lambda). \quad (7)$$

³Пособие по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций из тяжелого бетона (к СП 52-102-2004) / ЦНИИПромзданий, НИИЖБ. М.: ОАО ЦНИИПромзданий, 2005. 158 с.;
Методическое пособие по расчету предварительно напряженных железобетонных конструкций (к СП 63.13330) / ЦНИИПромзданий, НИИЖБ. М.: АО ЦНИИПромзданий, 2015. 171 с.

⁴Там же.

⁵Там же.

Из выражений (5)–(7) следует, что кривизна $(1/r)_1$ и соответствующий ей прогиб балок отражают воздействие на них кратковременного момента M_{ser} , а также учитывают противодействие усилия обжатия P_{02} от напрягаемой арматуры.

Влияние на прогиб доэксплуатационных начальных трещин обжатия (трещин выгиба в сжатой при эксплуатации зоне), отмеченных в отдельных балках при высоком уровне преднапряжения $\sigma_{sp}/\sigma_{0,2}^{sup}$ продольной арматуры, учитывалось посредством коэффициента λ .

Данный коэффициент корректирует усилие обжатия⁶ P_{02} .

Кривизна от остаточного выгиба $\left(\frac{1}{r}\right)_4$ определялась на основе выражения:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\sigma_{sb} - \sigma'_{sb}}{E_s h_0}. \quad (8)$$

Примененное для определения прогиба от сдвиговых деформаций f_q выражение имеет общий вид:

$$f_q = \int_0^l Q_x \gamma_x d_x, \quad (9)$$

где Q_x – поперечная сила от единичной силы в сечении x , где определяется прогиб; γ_x – угол сдвига в сечении x .

Расчетные значения контрольных прогибов f_k^{th} опытных элементов сведены в табл. 2.

Приведенное в табл. 2 сопоставление теоретических f_k^{th} и экспериментальных f_k^{exp} значений прогибов позволяет констатировать, что расхождение данных величин для обычных (без преднапряжения) элементов проявляется в меньшей степени, чем для предварительно напряженных.

Так, для предварительно напряженных

балок превышение расчетных прогибов f_k^{th} над опытными f_k^{exp} в среднем равняется $\bar{\Delta f}_k = -9,8\%$ при величине погрешности в абсолютном выражении $|\bar{\Delta f}_k| = 13,8\%$. В то время как для обычных элементов средняя величина расхождения указанных параметров составила $\bar{\Delta f}_k = +1,75\%$ (при отклонении в ту и другую стороны), погрешность в абсолютном выражении достигает $|\bar{\Delta f}_k| = 6,6\%$.

Тем не менее выявленную погрешность расчетной оценки деформативности изгибаемых элементов с высокопрочной сталью Ат1200 надлежит признать допустимой.

Основополагающим аргументом в пользу данного утверждения является то обстоятельство, что принятая расчетная методика норм для оценки деформативности содержит ряд допущений, заведомо предопределяющих ее приближенный характер.

Основными из числа таких допущений являются следующие: расчет прогибов производится при минимальной жесткости элементов; упрощенный алгоритм определения доли прогиба f_q , обусловленного деформациями сдвига. Данные допущения заведомо предполагают некоторое превышение расчетных прогибов над фактическими в пользу «запаса» надежности.

Общеизвестно, что предварительное напряжение повышает трещиностойкость и снижает деформативность железобетонных изгибаемых элементов.

Если в качестве критерия для практической оценки деформативности (жесткости) принять величину контрольного прогиба f_k^{exp} , то картина влияния предварительного напряжения на деформативность опытных балок с высокопрочной сталью Ат1200 в количественном выражении выглядит следующим образом. Уменьшение контрольного прогиба f_k^{exp} преднапряженных балок (при уровнях преднапряжения $\sigma_{sp}/\sigma_{0,2}^{sup} \approx 0,55; 0,75$ и $0,95$) по от-

⁶Кауров А.И. Влияние предварительного напряжения высокопрочной арматурной стали класса Ат1200 (Ат-УИ) на напряженно-деформированное состояние изгибаемых железобетонных элементов: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.01. Улан-Удэ, 2017. 324 с.

ношению к обычным балкам ($\sigma_{sp} = 0$) в среднем составило 1,6; 2,4 и 3,2 раза, соответственно. Следует заметить, что в балочных элементах с самым высоким уровнем преднапряжения нижней арматуры $\sigma_{sp} \approx 0,95 \sigma_{0,2}^{sup}$ задавалось преднапряжение верхней арматуры $\sigma'_{sp} \approx 0,55 \sigma_{0,2}^{sup}$, призванное ограничивать недопустимый выгиб балок при обжатии усилием P_{02} и оказывающее в последующем нивелирующее воздействие на величину прогиба f_k^{exp} .

Заключение

Результаты исследований изгибаемых элементов с инновационной высокопрочной сталью Ат1200 позволяют заключить,

что методику действующих норм⁷ по определению прогибов f_k^{th} надлежит признать приемлемой для расчетной оценки деформативности предварительно напряженных изгибаемых элементов с высокопрочной сталью Ат1200 при условии обязательного учета доэксплуатационных начальных трещин обжатия (трещин от выгиба в сжатой при эксплуатации зоне). Влияние на прогиб трещин обжатия, являющихся следствием выгиба балок при высоком уровне преднапряжения $\sigma_{sp} / \sigma_{0,2}^{sup}$, рекомендуется учитывать посредством коэффициента⁸ λ , корректирующего усилие обжатия P_{02} .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Звездов А.И., Михайлов К.В., Волков Ю.С. Предварительно напряженный железобетон: состояние и перспективы развития // Бетон и железобетон. 2000. № 5 (506). С. 2–4.
2. Мадатян С.А. Основы применения в железобетоне высокопрочной стальной арматуры // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 1. С. 17–20.
3. Мадатян С.А. Общие тенденции производства и применения обычной и напрягаемой арматуры // Бетон и железобетон. 1997. № 1. С. 2–5.
4. Митасов В.М. Повышение эффективности применения арматурных сталей // Бетон и железобетон. 1990. № 6. С. 19–20.
5. Тамразян А.Г. Бетон и железобетон – взгляд в будущее // Вестник МГСУ. 2014. № 4. С. 181–189.
6. Тихонов И.Н. Разработка, производство и внедрение инновационных видов арматурного проката для строительства // Строительные материалы. 2019. № 9. С. 67–75. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-774-9-67-75>
7. Тихонов И.Н., Блажко В.П., Тихонов Г.И., Казарян В.А., Краковский М.В., Цыба О.О. Инновационные решения для эффективного армирования железобетонных конструкций // Жилищное строительство. 2018. № 8. С. 3–10.
8. Тихонов И.Н., Мешков В.З., Расторгуев Б.С. Проектирование армирования железобетона. М.: Изд-во Центрального института типового проектирования им. Г.К. Орджоникидзе, 2015. 273 с.
9. Звездов А.И., Снимщиков С.В., Харитонов В.А., Суриков И.Н. Проблемы и пути развития современного железобетона // Бетон и железобетон. 2015. № 4 (595). С. 2–8.
10. Кугушин А.А., Узлов И.Г., Калмыков В.В., Мадатян С.А., Ивченко А.В. Высокопрочная арматурная сталь. М.: Металлургия, 1986. 272 с.
11. Мадатян С.А. Арматура железобетонных конструкций. М.: Воентехлит, 2000. 256 с.
12. Мадатян С.А. Технология натяжения арматуры и несущая способность железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1980. 196 с.
13. Jayaseelan H., Russel B.W. Reducing cambers and prestress losses by including fully ten-

⁷Пособие по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций из тяжелого бетона (к СП 52-102-2004) / ЦНИИПромзданий, НИИЖБ. М.: ОАО ЦНИИПромзданий, 2005. 158 с.; Методическое пособие по расчету предварительно напряженных железобетонных конструкций (к СП 63.13330) / ЦНИИПромзданий, НИИЖБ. М.: АО ЦНИИПромзданий, 2015. 171 с.

⁸Кауров А.И. Влияние предварительного напряжения высокопрочной арматурной стали класса Ат1200 (Ат-YII) на напряженно-деформированное состояние изгибаемых железобетонных элементов: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.01. Улан-Удэ, 2017. 324 с.

sioned top prestressing strands and mild reinforcing steel // Journal of the Precast/Prestressed Concrete Institute (PCI Journal). 2019. Vol. 64. Iss. 3. pp. 29–46. <https://doi.org/10.15554/pcij64.3-05>

14. Seguirant SJ, Brice R, Khaleghi B. Making sense of minimum flexural reinforcement requirements for reinforced concrete members // Journal of the Precast/Prestressed Concrete Institute (PCI Journal). 2010. Vol. 55. Iss. 3. pp. 64–85. <https://doi.org/10.15554/pcij.06012010.64.85>

15. Кауров А.И. К методике экспериментального исследования деформативности изгибаемых железобетонных элементов с высокопрочной арматурной сталью класса Ат1200 // Образование и наука: сборник статей национальной научно-практической конференции (13-17 апреля 2020 г., Улан-Удэ). Улан-Удэ, 2020. С. 38–52. <https://doi.org/10.18101/978-5-9793-1496-9-38-52>

16. Кауров А.И. Влияние предварительного напряжения высокопрочной термомеханически упрочненной арматурной стали класса Ат1200 на прочность наклонных сечений

изгибаемых элементов // Образование и наука: материалы национальной конференции (15–23 апреля 2019 г., Улан-Удэ). Улан-Удэ, 2019. С. 93–104.

17. Кауров А.И., Аюшеев Т.В. Расчет прочности нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов с учетом влияния эффекта упрочнения напрягаемой арматурной стали // Вестник ВСГУТУ. 2018. № 2 (69). С. 94–100.

18. Кауров А.И. Влияние предварительного напряжения высокопрочной арматурной стали класса Ат1200 (Ат-VII) на несущую способность изгибаемых железобетонных элементов // Вестник ВСГУТУ. 2015. № 4 (55). С. 31–37.

19. Кауров А.И. Высокопрочная арматурная сталь класса Ат1200 (Ат-VII): свойства, особенности работы в предварительно-напряженных изгибаемых элементах // Бетон и железобетон. 2015. № 4 (595). С. 8–13.

20. Мадатян С.А., Кауров А.И. Расчетная оценка эффекта деформационно-температурного упрочнения арматурной стали класса Ат1200 (Ат-VII) при предварительном напряжении // Вестник ВСГУТУ. 2013. № 5 (44). С. 113–119.

REFERENCES

1. Zvezdov AI, Mikhajlov KV, Volkov YuS. Prestressed reinforced concrete: state and development prospects. *Beton i zhelezobeton*. 2000;5(506):2–4. (In Russ.)

2. Madatyan SA. Basis for the use of high-strength steel reinforcement in reinforced concrete. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo = Industrial and civil engineering*. 2013;1:17–20. (In Russ.)

3. Madatyan SA. General trends in the production and use of conventional and prestressed fittings. *Beton i zhelezobeton*. 1997;1:2–5. (In Russ.)

4. Mitsov VM. Improving the effectiveness the use of reinforced steels. *Beton i zhelezobeton*. 1990;6:19–20. (In Russ.)

5. Tamrazyan AG. Concrete and reinforced concrete – glance at future. *Vestnik MGSU*. 2014;4:181–189. (In Russ.)

6. Tikhonov IN. Development, production and implementation of innovative types of reinforcing bars for construction. *Stroitel'nye materialy = Construction Materials*. 2019;9:67–

75. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-774-9-67-75>. (In Russ.)

7. Tikhonov IN, Blazhko VP, Tikhonov GI, Kazaryan VA, Krakovsky MB, Tsyba OO. Innovative solutions for efficient reinforcement of reinforced concrete structures. *Zhilishchnoe stroitel'stvo = Housing construction*. 2018;8:3–10. (In Russ.)

8. Tikhonov IN, Meshkov VZ, Rastorguev BS. Design of concrete structures reinforcement. Moscow: Publishing House of the Central Institute for Typical Design G.K. Ordzhonikidze; 2015. 273 p. (In Russ.)

9. Zvezdov AI, Snimshchikov SV, Kharitonov VA., Surikov IN. Problems and development paths of modern reinforced concrete. *Beton i zhelezobeton*. 2015;4(595):2–8. (In Russ.)

10. Kugushin AA, Uzlov IG, Kalmykov VV, Madatyan SA, Ivchenko AV. High Strength Reinforced Steel. Moscow: Metallurgy; 1986. 272 p. (In Russ.)

11. Madatyan SA. Reinforcement of concrete structures. Moscow: Voentekhlit; 2000. 256 p. (In Russ.)

12. Madatyan SA. Reinforcement tension technology and bearing capacity of reinforced concrete structures. Moscow: Strojizdat; 1980. 196 p. (In Russ.)
13. Jayaseelan H, Russel BW. Reducing cambers and prestress losses by including fully tensioned top prestressing strands and mild reinforcing steel. *Journal of the Precast/Prestressed Concrete Institute (PCI Journal)*. 2019;64(3):29–46. <https://doi.org/10.15554/pcij64.3-05>
14. Seguirant SJ, Brice R, Khaleghi B. Making sense of minimum flexural reinforcement requirements for reinforced concrete members. *Journal of the Precast/Prestressed Concrete Institute (PCI Journal)*. 2010;55(3):64–85. <https://doi.org/10.15554/pcij.06012010.64.85>
15. Kaurov AI. To the method of experimental study of deformativity of bended reinforced concrete elements with high-strength reinforced steel of At1200 class. *Obrazovanie i nauka: sbornik statej nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii*. 13–17th April 2020, Ulan-Ude. Ulan-Ude, 2020. pp. 38–53. <https://doi.org/10.18101/978-5-9793-1496-9-38-52> (In Russ.)
16. Kaurov AI. Effect of preliminary voltage high-strength thermomechanically strength armature steel class At1200 for durability of inclined sections of bended elements. *Obrazovanie i nauka: materialy nacional'noj konferencii*. 15–23rd April 2019, Ulan-Ude. Ulan-Ude, 2019. pp. 93–104. (In Russ.)
17. Kaurov AI, Ayusheev TV. Normal sections' strength calculation of bending RC elements taking into account the hardening effect of prestressing reinforced steel. *Vestnik VSGUTU = ESSUTM Bulletin*. 2018;2(69):94–100. (In Russ.)
18. Kaurov A.I. The influence of prestressed high-strength reinforced At-1200 (At-VII) steel on the bearing capacity of flexural reinforced members. *Vestnik VSGUTU = ESSUTM Bulletin*. 2015;4(55):31–37. (In Russ.)
19. Kaurov A.I. High-strength reinforced steel of the At1200 (At-VII) class: properties, features of work in prestressed bendable elements. *Beton i zhelezobeton*. 2015;4(595):8–13. (In Russ.)
20. Madatyan SA, Kaurov AI. Assessment of strain & thermal hardening effect of reinforced steel At-1200 (At-VII) during prestressing. *Vestnik VSGUTU = ESSUTM Bulletin*. 2013;5(44):113–119. (In Russ.)

Сведения об авторе

Кауров Анатолий Иванович,
кандидат технических наук,
доцент кафедры промышленного и
гражданского строительства,
Восточно-Сибирский государственный
университет технологий и управления,
670013, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40 В,
Россия,
✉e-mail I: kai-rb@yandex.ru
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5101-5144>

Information about the author

Anatoliy I. Kaurov,
Cand. Sci. (Eng.),
Associate Professor of the Department of
Industrial and Civil Engineering,
East Siberia State University
of Technology and Management,
40B Klyuchevskaya St., Ulan-Ude, 670013,
Russia,
✉e-mail I: kai-rb@yandex.ru
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5101-5144>

Заявленный вклад авторов

Кауров А.И. провел исследования, подготовил статью к публикации, владеет авторскими правами на статью и несет ответственность за плагиат.

Contribution of the authors

Kaurov A.I. has conducted the studies, prepared the article for publication, owns the copyright to the article and is responsible for plagiarism.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов относительно публикации данной статьи.

Conflict of interests

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

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

The author has read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию 30.03.2021.

The article was submitted 30.03.2021.

Одобрена после рецензирования 29.04.2021.

Approved after reviewing 29.04.2021.

Принята к публикации 03.05.2021.

Accepted for publication 03.05.2021.



Вероятностный подход к контролю качества и оценке начальной надежности сборных железобетонных конструкций

© Г.В. Коваленко, И.В. Дудина, Е.В. Нестер

Братский государственный университет, г. Братск, Россия

Резюме: Цель – совершенствование методов оценки эксплуатационной пригодности железобетонных конструкций заводского изготовления на основе интегральной оценки их надежности по результатам текущего контроля отдельных параметров. Предварительно устанавливаются критерии эксплуатационной пригодности исследуемых конструкций на вероятностной основе, в которых учитывается основная методология их натурных испытаний согласно ГОСТ 8829-94. Предложенный способ неразрушающего контроля качества выпускаемых конструкций осуществляется с помощью ЭВМ ежесменно с учетом изменчивости технологических факторов. Результаты расчета по программе оценки надежности являются основанием для приемки партии изделий по требованиям прочности, жесткости, трещиностойкости. Для разработки вероятностного алгоритма оценки надежности конструкций необходимо выбрать оптимальную расчетную модель, которая наиболее точно описывает их напряженно-деформированное состояние (НДС) при нагружении. Доказано, что в качестве таких моделей может использоваться расчет по нормам проектирования и модель с учетом нелинейного характера деформирования железобетона как упруго-пластического материала. Достоверность и адекватность выбранных моделей подтверждается сопоставлением расчетных данных с результатами натурных испытаний конструкций, проводимых на комбинате «Братскжелезобетон». В качестве примера выполнено обоснование выбора расчетной модели для оценки НДС несущих стеновых панелей, испытывающих сложное напряженное состояние (косой изгиб). В результате проведенных исследований были разработаны методика и регламент автоматизированного ежесменного контроля качества сборных железобетонных конструкций с учетом технологической изменчивости. Внедрение предложенной системы контроля качества на заводах железобетонных изделий позволяет сократить объем натурных испытаний конструкций в 6–10 раз и снизить себестоимость выпущенной продукции почти на 2,5%.

Ключевые слова: контроль качества, железобетонные конструкции, вероятностный расчет, начальная надежность, эксплуатационная пригодность

Для цитирования: Коваленко Г.В., Дудина И.В., Нестер Е.В. Вероятностный подход к контролю качества и оценке начальной надежности сборных железобетонных конструкций. *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2021. Т. 11. № 2. С. 274–283. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-274-283>

A probabilistic approach to quality control and assessing initial reliability precast reinforced constructions

Galina V. Kovalenko, Irina V. Dudina, Elena V. Nester

Bratsk State University, Bratsk, Russia

Abstract: The study aims to improve methods for assessing the serviceability of prefabricated reinforced concrete structures based on an integral estimation of their reliability following the operational monitoring of individual parameters. The serviceability criteria of the investigated structures are set on a probabilistic basis, addressing the main methodology for their field tests according to GOST 8829-94. The proposed non-destructive testing of output is computerised and is carried out every shift together with the versatility of technological factors. The calculation results on the reliability assessment program are a basis for the acceptance of a batch according to the required strength, stiffness, cracking resistance. To develop a probabilistic algorithm for assessing the reliability of works, an optimal calculation model accurately describing stress-strain behaviour (SSB) under loading is necessary. It is demon-

strated that a calculation based on design standards and a model with account non-linear nature of deformation occurring in reinforced concrete as elastoplastic material can be used. The reliability and adequacy of the selected models were confirmed by comparing the theoretical data with the results of work field tests performed at the *Bratskzhelezbeton* plant. As an example, a calculation model for the SSB assessment in load-bearing wall panels with applied combined stress (biaxial bending) was substantiated. A methodology and regulations for automated every-shift quality control of precast reinforced constructions were developed following the versatility of technological factors. Introducing the proposed quality control system to factories manufacturing reinforced concrete products allows the number of structure field tests to be reduced by 6-10 times and the cost of manufactured products by approximately 2.5%.

Keywords: quality control, reinforced concrete structures, probabilistic calculation, initial reliability, serviceability

For citation: Kovalenko GV, Dudina IV, Nester EV. A probabilistic approach to quality control and assessing initial reliability precast reinforced constructions. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost* = *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(2):274–283. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-274-283>

Введение

Проблема выбора метода оценки эксплуатационной пригодности строительных конструкций и повышения их качества всегда уделялось самое серьезное внимание [1–7].

Особенно актуальна эта задача при реализации контроля качества железобетонных конструкций заводского изготовления [1, 2, 8–13], которые в России являются основой современного строительства ввиду сложности климатических условий.

При производстве сборных железобетонных конструкций в условиях рыночной экономики одним из главных требований является обеспечение их надежности при минимуме затрат, что повышает актуальность рассматриваемой в статье технико-экономической проблемы, связанной с совершенствованием системы технологического контроля и управления качеством выпускаемой продукции с заданными потребительскими свойствами¹ [1, 2, 14].

В настоящее время на заводах железобетонных изделий (ЖБИ) оценка эксплуатационной пригодности выпускаемых изделий, согласно действующим стандартам, осуществляется в несколько этапов:

1. Выполняется текущий контроль отдельных показателей качества (прочностные и деформативные характеристики материалов, данные по геометрическим параметрам и армированию).

2. На стадии приемки готовой продукции проводятся периодические контрольные

испытания натурных конструкций с помощью силового нагружения до разрушения (ГОСТ 8829-94) [15], которые носят выборочный характер.

В целом эти испытания дают возможность обнаружить некоторые погрешности в технологическом процессе, внести в него коррективы, улучшить качество выпускаемых изделий. В то же время следует отметить, что контроль качества конструкций с помощью силового нагружения имеет следующие недостатки:

- действующая система выборочного заводского контроля, помимо экономической неэффективности, практически не учитывает технологическую изменчивость конкретного производства и не обеспечивает гарантии качества и надежности всех конструкций из контролируемой партии [1–3, 12, 13];

- испытание крупноразмерных конструкций требует оснащения специализированных дорогостоящих стендов и значительных затрат времени;

- в условиях испытательных цехов заводов ЖБИ затруднительным является проведение испытаний ряда ответственных конструкций, например колонн, из-за специфики приложения к ним испытательной нагрузки [8, 11].

Как показывают выполненные исследования [1, 3, 8–10, 12], стоимость проведения испытаний при контроле отдельных показателей качества гораздо ниже, чем стоимость проведения контрольных испытаний самих конструкций.

В связи с этим актуальным является решение задачи интегральной оценки надежности

¹Чирков В.П. Прикладные методы теории надежности в расчетах строительных конструкций: учеб. пособ. М.: Маршрут, 2006. 620 с.

конструкций на стадии изготовления по результатам дифференцированного контроля отдельных параметров, которая может быть решена с использованием вероятностных методов, оценивающих влияние технологических факторов и их изменчивости на потребительские свойства выпускаемой продукции [10, 12, 13, 16].

Методы

С учетом указанных недостатков выборочного метода контроля качества железобетонных конструкций на стадии изготовления, на кафедре строительных конструк-

ций и технологии строительства Братского государственного университета при использовании экспериментальной базы комбината «Братскжелезобетон» была предложена и разработана физическая модель автоматизированного способа неразрушающего контроля качества железобетонных конструкций с помощью ЭВМ (рис.1) [1, 3, 8–10].

Получаемая ежемесячно интегральная оценка эксплуатационной пригодности должна являться основанием для приемки и паспортизации изделий [10, 12, 13].

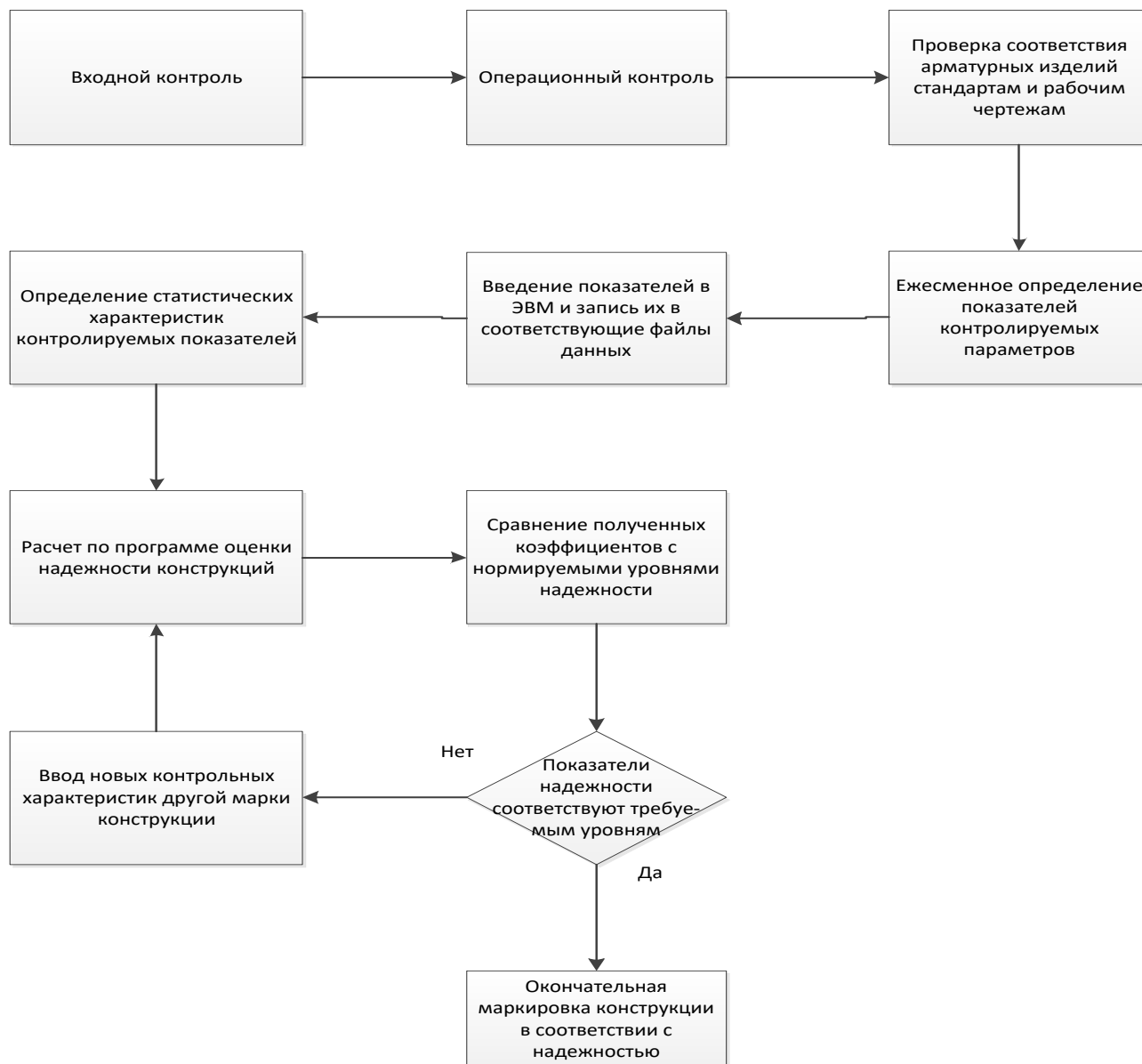


Рис. 1. Блок-схема автоматизированного способа заводского контроля железобетонных конструкций

Fig. 1. Block diagram of the automated method of factory control of reinforced concrete structures

При расчете показателей надежности конструкций на вероятностной основе учитываются два понятия надежности: начальная и эксплуатационная [1, 2, 8, 11]. Начальная надежность H_0 устанавливается на ста-

дии проектирования и изготовления, т.е. на начальный момент эксплуатации. При этом принимается во внимание влияние технологических, производственных и других факторов с учетом их изменчивости² (рис. 2) [16].



Рис. 2. Основные факторы, влияющие на начальную надежность железобетонных конструкций на стадии изготовления

Fig. 2. The main factors affecting the initial reliability of reinforced concrete structures at the manufacturing stage

Критерии оценки эксплуатационной пригодности конструкций устанавливаются на основании вероятностного расчета по каждому предельному состоянию [1, 2, 3, 9].

Например, для изгибаемых элементов (плит, балок) показатели начальной надежности H_i определяются следующим образом:

а) по прочности конструкции по нормальному сечению в предельном состоянии:

$$H_1 = 0,5 + 0,5\Phi\left(\frac{M_u - M_0}{S_{Mu}}\right) \geq [H_1], \quad (1)$$

б) по жесткости:

$$H_2 = 0,5 + 0,5\Phi\left(\frac{f_0 - f}{S_f}\right) \geq [H_2], \quad (2)$$

в) по трещиностойкости:

$$H_3 = 0,5 + 0,5\Phi\left(\frac{a_0 - a}{S_a}\right) \geq [H_3]. \quad (3)$$

В данных формулах

$$\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-t^2/2} dt \quad - \quad \text{функция Лапласа;}$$

M_u – предельный момент внутренних усилий, определяемый по выбранной расчетной модели; f , a – прогиб и ширина раскрытия трещин, определяемые по расчетной модели; M_0 – момент от расчетной нагрузки; f_0 , a_0 – соответственно, контрольные нормативы значения прогиба и ширины раскрытия трещин; S_{Mu} , S_f , S_a – среднеквадратические отклонения величин M_u , f , a , которые определяются вероятностным расчетом по выбранной модели с учетом изменчивости основных технологических параметров; $[H_1]$, $[H_2]$, $[H_3]$ – нормативные уровни надежности, которые принимаются для основных несущих конструкций [1–3]: $[H_1] = 0,9986$; $[H_2] = [H_3] = 0,90$.

²Чирков В.П. Прикладные методы теории надежности в расчетах строительных конструкций: учеб. пособ. М.: Маршрут, 2006. 620 с.

Результаты и их обсуждение

На основании сформулированных вероятностных критериев эксплуатационной пригодности конструкций заводского изготовления разработаны комплексы программ для оценки начальной надежности основных типов сборных железобетонных конструкций (плит, балок, ферм, ригелей, стеновых панелей, колонн и др.). В соответствии с блок-схемой (рис. 1) ежемесячно осуществляется оценка начальной надежности исследуемых конструкций с учетом изменчивости технологических факторов. По полученным показателям надежности выполняется маркировка и паспортизация принятых отделом технического контроля конструкций заводского изготовления [1, 8, 10, 12, 13].

Особенно актуальным является рекомендуемый способ автоматизированной оценки эксплуатационной пригодности для конструкций, испытывающих сложное напряженное состояние (косой изгиб и косое внецентренное сжатие) [8, 17]. Косой изгиб возникает при действии на конструкцию нагрузок в 2-х плоскостях, например, в стеновых панелях [8] при совместном действии вертикальной и горизонтальной нагрузок (от собственного веса и ветровой). Косое внецентренное сжатие возникает в колоннах при наличии эксцентриситетов сжимающей силы относительно двух осей в поперечном сечении элемента. Также косое внецентренное обжатие может возникнуть в момент отпуска напрягаемой арматуры в нижнем поясе фермы, что неблагоприятно сказывается на развитии дальнейшего напряженно-деформированного состояния (НДС) данной конструкции в стадии эксплуатации [17, 18].

Для достоверной оценки НДС железобетонных конструкций со сложным напряженным состоянием необходимо правильно выбрать математическую модель их поведения под нагрузкой [3, 8, 9, 17, 18], например, учитывающую нелинейность характера деформирования. Это обеспечивается при математическом моделировании НДС железобетонных конструкций с помощью введения в расчетный алгоритм фактических диаграмм деформирования материалов, полученных при обработке экспериментальных данных для исходных классов бетона и арматуры [1, 2, 8, 9, 16, 19]. Учитывая эти обстоятельства, для вероятностной оценки начальной надежности стеновых панелей, работающих на совместное действие вертикальных и горизонтальных нагру-

зок, на кафедре строительных конструкций и технологии строительства написаны и зарегистрированы в Роспатенте две программы:

- по нормативной модели (СНиП) на основе метода линеаризации функций³ [1, 2, 3, 14];

- по методу статистического моделирования на основе нелинейно-деформационной модели с учетом диаграмм деформирования материалов [1, 3, 8, 9]. Адекватность разработанных вероятностных алгоритмов установлена сопоставлением результатов вычислительного и натурного экспериментов по оценке надежности стеновых панелей. В результате натурных испытаний, которые проводились на комбинате «Братскжелезобетон» [1, 3, 8, 15], были определены фактические значения разрушающих нагрузок (первая группа предельных состояний) и фактические значения прогибов и ширины раскрытия трещин (вторая группа предельных состояний). При этом следует отметить, что при анализе испытаний выбранных марок стеновых панелей было установлено, что расчет по СНиП занижает несущую способность стеновых панелей примерно на 15%; расчет с учетом нелинейности дает расхождение с фактическими данными порядка 3...8% [8]. Фактические значения ширины раскрытия трещин попадают в границы доверительного интервала каждой модели с обеспеченностью 0,95...0,98. При сравнении прогибов в горизонтальных сечениях (табл. 1) показано, что для марки стеновой панели ПС 60.12.25–5Л–31Ф1 жесткость не обеспечивается, т.к. фактический прогиб, а также расчетный по деформационной модели превышают значение контрольного прогиба. Об этом же свидетельствуют расчеты, выполненные на вероятностной основе (табл. 2), которые показывают, что показатель начальной надежности по жесткости H_2 по каждой из моделей меньше требуемого уровня надежности $[H_2] = 0,90$.

Таким образом, на основании результатов анализа расчетных и экспериментальных данных, полученных при натурных испытаниях стеновых панелей (табл. 1–2), было установлено, что для контроля качества и оценки начальной надежности конструкций со сложным напряженным состоянием на стадии изготовления будет более объективной и достоверной математическая модель на основе реальных диаграмм деформирования конструкционных материалов [8, 9, 16–18]. Заметим, что данная расчетная модель может с такой же высокой степенью достоверности быть применима и к колоннам как при простом, так и при косом внецентренном сжатии [8].

³Чирков В.П. Прикладные методы теории надежности в расчетах строительных конструкций: учеб. пособ. М.: Маршрут, 2006. 620 с.

Таблица 1. Параметры, учитываемые при оценке горизонтальных прогибов
Table 1. Parameters taken into account when estimating horizontal deflections

Марка конструкции	Значение прогиба, мм			
	контрольное	фактическое	расчетное	
			по СНиП	по деформационной модели
ПС 60.12.25-5Л-31Ф1	18,70	20,40	17,87	19,18
ПС 60.18.25-6Л-44Ф1	18,30	8,02	7,57	11,25
ПС 600.12.30	2,20	1,11	0,52	1,63
ПС 60.12.30-3Л-31Ф1	2,50	2,10	1,37	2,17
ПС 600.12.25	6,50	1,71	1,34	2,57

Таблица 2. Показатели начальной надежности испытанных стеновых панелей
Table 2. Indicators of the initial reliability of the tested wall panels

Марка конструкции	Модель СНиП			Нелинейно-деформационная модель		
	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃
ПС 60.12.25-5Л-31Ф1	0,9987	0,8842	0,9226	0,9998	0,8693	0,9054
ПС 60.18.25-6Л-44Ф1	0,9990	0,9688	0,9405	0,9988	0,9798	0,9176
ПС 600.12.30	0,9989	0,9999	0,9506	0,9992	0,9564	0,9289
ПС 60.12.30-3Л-31Ф1	0,9988	0,9217	0,9999	0,9999	0,9466	0,9989
ПС 600.12.25	0,9990	0,9999	0,9999	0,9994	0,9999	0,9999

Использование компьютерных технологий дает возможность при организации основного процесса контроля качества создать файлы для хранения информации по всем контролируемым параметрам. Автоматизированная ежемесячная оценка эксплуатационной пригодности исследуемых конструкций начинается с введения в ЭВМ указанных контролируемых показателей качества (рис. 1), после чего выполняется их статистическая обработка с учетом априорных результатов испытаний, полученных за определенный период наблюдений [1, 8, 10]. Затем производится расчет по разработанной программе оценки начальной надежности данного вида выпускаемых железобетонных изделий с учетом технологической изменчивости. Результаты расчета могут служить критерием для паспортизации и приемки указанной партии изделий по требованиям прочности, жесткости, трещиностойкости [1, 10, 12, 15].

Заключение

Предложенный неразрушающий способ приемочной системы заводского контроля качества железобетонных конструкций дает возможность [3, 8, 9, 10, 12]:

- ежемесячно выполнять контроль качества выпускаемых изделий на основе интегральной оценки их надежности, учитывая технологическую изменчивость производства;
- выявлять резервы снижения материалоемкости и решать производственные вероятностно-оптимизационные задачи с использованием разных расчетных моделей, кото-

рые наиболее достоверно оценивают фактическое НДС исследуемых конструкций;

- определять основополагающие предпосылки для оперативного управления технологическим процессом в целях улучшения его стабильности.

Для внедрения автоматизированной системы заводского контроля качества основной номенклатуры сборных железобетонных конструкций главным условием является наличие разработанных программных комплексов по оценке их эксплуатационной пригодности. На кафедре строительных конструкций и технологии строительства Братского государственного университета с использованием экспериментальных исследований, выполненных на комбинате «Братскжелезобетон», разработаны программные комплексы по оценке НДС и надежности основных видов несущих железобетонных конструкций массового заводского изготовления, которые зарегистрированы в Роспатенте, прошли апробацию на комбинате «Братскжелезобетон» и в проектных институтах г. Братска «Братскгражданпроект» и СибЭНТЦ, внедрены в учебный процесс (при обучении магистрантов и аспирантов) [3, 8, 9, 16].

Экономическая эффективность разработанной системы приемочного заводского контроля обусловлена значительным снижением (от 6 до 10 раз) объема проводимых натурных испытаний [1, 12, 15], что приводит к снижению себестоимости выпущенной продукции почти на 2,5% [12].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тамразян А.Г., Дудина И.В. Обеспечение качества сборных железобетонных конструкций на стадии изготовления // Жилищное строительство. 2001. № 3. С. 8–10.
2. Райзер В.Д. Теория надежности сооружений: науч. издание. М.: Изд-во АСВ, 2010. 384 с.
3. Kovalenko G.V., Samarin Y.A., Mitsov V.M. Evaluation of the stress-strain state of cracked slabs different settlement patterns // Proceedings of the Universities. Construction. Architecture. Transport. 1990. № 11. p. 116–121.
4. Слюсарев Г.В. Модифицированный вибрационный метод интегральной оценки качества железобетонных изделий с применением продольных колебаний // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1995. № 5-6. С. 122–125.
5. Ruborutuka I.A. Challenges of the quality of reinforced concrete buildings in Dar es Salaam // Tanzania International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). 2013. Vol. 2. Iss. 12. p. 820–827.
6. Abdelouafi E.G., Benaissa K., Abdellatif K. Reliability analysis of reinforced concrete building: comparison between FORM and ISM // Procedia Engineering. 2015. Vol. 114. p. 650–657.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.006>
7. Филатов А.В. Контроль качества железобетонных конструкций // European science. 2015. № 9 (10). p. 28–29.
8. Коваленко Г.В., Жердева С.А., Дудина И.В. Контроль качества и оценка надежности сборных железобетонных конструкций со сложным напряженным состоянием // Системы. Методы. Технологии. 2014. № 3 (23). С. 161–174.
9. Kovalenko G.V., Dudina I.V., Nester E.V. Chance models and estimators of primary reliability of constructions with mixed reinforcement // European Science and Technology: materials of the international research and practice conference (31st January 2012, Wiesbaden). Vol. I. Wiesbaden: Bildungszentrum Rodnik E.V. Publ., 2012. P. 237–243.
10. Пат. 2015128114, Российская Федерация, МПК G01N 3/32. Автоматизированный способ неразрушающего контроля качества железобетонных конструкций на основе интегральной оценки их надежности / Коваленко Г.В., Люблинский В.А., Дудина И.В., Жердева С.А., Нестер Е.В.; заявитель ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет»; заявл. 10.07.2015; опубл. 12.01.2017. Бюл. № 2. М.: Роспатент, 2017.
11. Кумпяк О.Г., Галяутдинов З.Р., Пахмулин О.Р. Эксплуатационная надежность железобетонного каркаса с дефектами стыков колонн // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 3 (44). С. 88–95.
12. Kaverzina L., Kovalenko G., Dudina I., Bel'skii O. Cost efficiency assessment of automated quality control of precast structures // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 143. p. 04006.
<https://doi.org/10.1051/mateconf/201814304006>
13. Каверзина Л.А., Коваленко Г.В., Дудина И.В., Бельский О.К. Автоматизированный контроль качества конструкций заводского изготовления // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Интеллектуальный город: устойчивость, управление, архитектура, реновация, технологии» (08–10 ноября 2018 г., Казань). Казань: ООО «Новое знание», 2018. С. 132–136.
14. Spaethe G. Die Sicherheit tragender Baukonstruktionen. Zweite, neubearbeitete Auflage. Wien: Springer-Verlag, 1992. 303 s.
15. Дудина И.В., Нестер Е.В. Методика натурных испытаний железобетонных ребристых плит покрытия // Системы. Методы. Технологии. 2011. № 1 (9). С. 113–118.
16. Дудина И.В., Рамазанова Г.А., Нестер Е.В. Влияние некоторых конструктивных параметров совмещенного армирования железобетонных балок при оценке их предельных состояний // Системы. Методы. Технологии. 2018. № 2 (38). С. 139–145.
<https://doi.org/10.18324/2077-5415-2018-2-139-145>
17. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат, 1996. 416 с.
18. Плевков В.С., Балдин И.В., Балдин С.В., Ласковенко А.Г., Ласковенко Г.А. Прочность и трещиностойкость железобетонных элементов при совместном действии изгибающих моментов, продольных и поперечных сил // Сборник

трудов международной научной конференции «Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия»

(19–20 апреля 2016 года, Москва). М.: НИ МГСУ, 2016. С. 323–328.

19. Voss J. An Introduction to Statistical Computing: a simulation-based approach. Chichester: Wiley, 2013. 396 p.

REFERENCES

1. Tamrazjan AG, Dudina IV. Quality assurance of precast concrete structures at the manufacturing stage. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo = Housing Construction*. 2001;3:8–10. (In Russ.)
2. Raizer VD. Theory of structural safety. Moscow: Association of Civil Engineering Universities; 2010. 384 p. (In Russ.)
3. Kovalenko GV, Samarin YA, Mitsov VM. Evaluation of the stress-strain state of Rissed Slabs different settlement patterns. *Proceedings of the Universities. Construction. Architecture. Transport*. 1990;11:116–121.
4. Slyusarev GV. Modified vibration method for integral assessment of the quality of reinforced concrete products using longitudinal vibrations. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura = News of higher educational institutions. Construction*. 1995;5-6:122–125. (In Russ.)
5. Ruboratuka IA. Challenges of the quality of reinforced concrete buildings in Dar es Salaam. *Tanzania International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. 2013;2(12):820–827.
6. Abdelouafi EIG, Benaissa K, Abdellatif K. Reliability analysis of reinforced concrete building: comparison between FORM and ISM. *Procedia Engineering*. 2015;114:650–657. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.006>
7. Filatov AV. Quality control of concrete constructions. *European science*. 2015;9(10):28–29. (In Russ.)
8. Kovalenko GV, Zherdeva SA, Dudina IV. Quality control and evaluation of reliability of precast concrete structures with combined stress state. *Sistemy. Metody. Tekhnologii = Systems. Methods. Technologies*. 2014;3:161–167. (In Russ.)
9. Kovalenko GV, Dudina IV, Nester EV. Chance models and estimators of primary reliability of constructions with mixed reinforcement. *European Science and Technology: materials of the international research and practice conference* (31st January 2012, Wiesbaden). Vol. I. Wiesbaden: Bildungszentrum Rodnik E.V. Publ., 2012. P. 237–243.
10. Kovalenko GV, Ljublinskij VA, Dudina IV, Zherdeva SA, Nester EV. Automated method for non-destructive quality control of reinforced concrete structures based on an integral assessment of their reliability. Patent RF, no. 2015128114, 2017. (In Russ.)
11. Kumpyak OG, Galyautdinov ZR, Pakhmurin OR. Serviceability of reinforced concrete frame with joint defects of columns. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2014;3:88–95. (In Russ.)
12. Kaverzina L, Kovalenko G, Dudina I, Bel'skii O. Cost efficiency assessment of automated quality control of precast structures. *MATEC Web of Conferences*. 2018;143:04006. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201814304006>
13. Kaverzina LA, Kovalenko GV, Dudina IV, Bel'skii OK. Automated quality control of prefabricated structures. *Sbornik trudov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Intel'ktual'nyi gorod: ustoychivost', upravlenie, arkhitektura, renovatsiya, tekhnologii"* (08–10 November 2018, Kazan). Kazan: Novoe znanie; 2018. p. 132–136. (In Russ.)
14. Spaethe G. Die Sicherheit tragender Baukonstruktionen. Zweite, neubearbeitete Auflage. Wien: Springer-Verlag; 1992. 303 s.
15. Dudina IV, Nester EV. Methodology of real researches of ferro-concrete covering plates. *Sistemy. Metody. Tekhnologii = Systems. Methods. Technologies*. 2011;9:113–118. (In Russ.)
16. Dudina IV, Ramazanova GA, Nester EV. Influence of some design parameters of the combined reinforcement of concrete beams in assessing their limit states. *Sistemy. Metody. Tekhnologii = Systems. Methods. Technologies*. 2018;2:139–145. <https://doi.org/10.18324/2077-5415-2018-2-139-145> (In Russ.)

17. Karpenko NI. General models of mechanics of reinforced concrete. Moscow: Stroiizdat; 1996. 416 p. (In Russ.)
18. Plevkov VS, Baldin IV, Baldin SV, Laskovenko AG, Laskovenko GA. Strength and crack resistance of reinforced concrete elements under the combined action of bending moments, longitudinal and transverse forces. *Proceedings of the international scientific con-*

ference "Modern problems of calculating reinforced concrete structures, buildings and structures for emergency impacts". Moscow: NI MGSU; 2016. pp. 323–328. (In Russ.)
19. Voss J. *An Introduction to Statistical Computing: a simulation-based approach.* Chichester: Wiley; 2013. 396 p.

Сведения об авторах

Коваленко Галина Владимировна,
кандидат технических наук,
заведующий кафедрой строительных
конструкций и технологии строительства,
Братский государственный университет,
665709, г. Братск, ул. Макаренко, 40,
Россия,
✉e-mail: kovalenkogv1949@mail.ru
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9727-1568>

Дудина Ирина Васильевна,
кандидат технических наук,
доцент кафедры строительных
конструкций и технологии строительства,
Братский государственный университет,
665709, г. Братск, ул. Макаренко, 40,
Россия,
e-mail: dydina_irina@mail.ru
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6047-4839>

Нестер Елена Валерьевна,
доцент кафедры строительных
конструкций и технологии строительства,
Братский государственный университет,
665709, г. Братск, ул. Макаренко, 40,
Россия,
e-mail: elena_nester@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5958-7630>

Information about the authors

Galina V. Kovalenko,
Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor
of the Department of Building Structures and
Construction Technologies,
Bratsk State University,
40 Makarenko St., Bratsk, 665709, Russia,
✉e-mail: kovalenkogv1949@mail.ru
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9727-1568>

Irina V. Dudina,
Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor
of the Department of Building Structures and
Construction Technologies,
Bratsk State University,
40 Makarenko St., Bratsk, 665709, Russia,
e-mail: dydina_irina@mail.ru
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6047-4839>

Elena V. Nester,
Associate Professor of the Department
of Building Structures and Construction
Technologies,
Bratsk State University,
40 Makarenko St., Bratsk, 665709, Russia,
e-mail: elena_nester@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5958-7630>

Заявленный вклад авторов

Коваленко Г.В., Дудина И.В., Нестер Е.В.
имеют равные авторские права. Коваленко
Г.В. несет ответственность за плагиат.

Contribution of the authors

Kovalenko G.V., Dudina I.V., Nester E.V. have
equal author's rights. Kovalenko G.V. bears the
responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта
интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

All authors have read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию 18.03.2021.

The article was submitted 18.03.2021.

Одобрена после рецензирования 23.04.2021.

Approved after reviewing 23.04.2021.

Принята к публикации 29.04.2021.

Accepted for publication 29.04.2021.



Исследование влияния предыстории деформирования на усталостное сопротивление бетона и фибробетона

© И.Г. Корнеева, Б.И. Пинус

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Резюме: Цель работы заключается в экспериментально-аналитической оценке влияния предыстории нагружения на деформационный отклик обычных и фиброармированных бетонов. Исследования включали монотонные квазистатические и динамические испытания двух серий образцов. Механическим испытаниям предшествовал ультразвуковой и весовой контроль однородности по массе. Испытания контрольных призматических образцов велись в режиме постоянства скорости деформирования (0,004 мм/с) на комплексе *Instron 5989* с автоматической записью деформаций, усилий, времени и энергии поглощения. Деформации в обоих направлениях измерялись на полной базе с помощью системных (*Instron*) экстензометров. В работе анализируются результаты экспериментальных исследований усталостного поведения обычного и фиброполипропилен армированного бетона, подвергнутого 2-этапным циклическим нагружениям различной амплитуды. В качестве контролируемых критериальных показателей малоциклового усталости приняты показатели линейной и объемной деформативности. Усталостная устойчивость бетона и фибробетона оценивалась сравнением соответствующих критериальных параметров деформирования образцов при различных режимах циклических воздействий. При сравнительном сходстве динамики контролируемых параметров малоциклового усталости имеются существенные отличия в количественных значениях. Установлено, что частота и последовательность умеренных ($\eta \leq R_{cr}^v$) воздействий не оказывают существенного влияния на усталостное сопротивление. Поведение композита при высоких уровнях циклических воздействий зависит от предыстории деформирования.

Ключевые слова: бетон, фибробетон, малоцикловая усталость, деформативность

Для цитирования: Корнеева И.Г., Пинус Б.И. Исследование влияния предыстории деформирования на усталостное сопротивление бетона и фибробетона. *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2021. Т. 11. № 2. С. 284–289. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-284-289>

Impact of deformation history on the resistance of concrete and fibre-reinforced concrete to fatigue damage

Inna G. Korneeva, Boris I. Pinus

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Abstract: An experimental and analytical study into the impact of deformation history on the deformation response of conventional and fibre-reinforced concrete was conducted. Experiments included monotonic quasi-static and dynamic tests of two series of samples. Ultrasonic and gravimetric homogeneity control by mass was performed prior to mechanical tests. Prismatic reference samples were tested under uniform deformation velocity (0.004 mm/s) on an *Instron 5989* complex with automatic recording of deformations, loadings, time and absorption energy. Deformations were measured in both directions at the total base using system (*Instron*) extensometers. The paper analyses the experimental results on the fatigue behaviour of conventional and polypropylene fibre-reinforced concrete subjected to two-stage cyclic stress with various amplitudes. Parameters of linear and bulk deformability were used as a characteristic under control for low-cyclic fatigue. The fatigue resistance of concrete and fibre-reinforced concrete was assessed by comparing the corresponding characteristics of sample deformation under various modes of cyclic action. Relative similarities in the parameter dynamics of controlled low-cyclic fatigue show significant differences in quantitative values. It was established that the frequency and sequence of moderate ($\eta \leq R_{cr}^H$) actions have a limited effect on fatigue resistance. The composite behaviour at high-level cyclic stress depends on the deformation history.

Keywords: concrete, fibre concrete, low-cycle fatigue, deformability

For citation: Korneeva IG, Pinus BI. Impact of deformation history on the resistance of concrete and fibre-reinforced concrete to fatigue damage. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(2):284–289. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-284-289>

Введение

Одной из базовых предпосылок нормативного метода расчета строительных конструкций является принцип независимости действия сил. Априори предполагается, что потенциал внутреннего сопротивления не зависит от последовательности приложения внешних нагрузок.

Как следствие, исключается значимое влияние предистории предшествующего отклика на последующую работу конструкций под нагрузкой.

Многочисленные исследования малоцикловой усталости бетонов и фибробетонов [1–8] позволяют предполагать проблематичность такого подхода, не учитывающего временных кумулятивных процессов, интенсивность и последствия которых неоднозначны и зависят от уровня, амплитуды, частоты флуктуационных напряжений. Вызываемая ими трансформация структуры цементно-матричных композитов обусловлена локальными деформациями разрыва и сдвига в зонах концентрации напряжений. То есть, существуют объективные предпосылки для изменения внутреннего сопротивления при действии усилий, существенно ниже расчетных. Экспериментально-аналитическая оценка влияния предистории нагружения на деформационный отклик обычных и фиброармированных бетонов определяет основное содержание настоящей работы.

Методы

Программа исследований включала монотонные квазистатические и динамические испытания двух серий образцов:

– «ОБ», изготовленных из мелкозернистого бетона с соотношением компонентов Ц:П:Щ:В = 1:1,42:3,57:0,55 и расходом цемента М400 Д20 – 380 кг/м³;

– «ФПБ» – бетона аналогичного состава с 1,5% объемным содержанием полипропиленовых волокон диаметром 0,8 мм и длиной 40 мм. Механическим испытаниям предшествовал ультразвуковой и весовой контроль однородности по массе при соответствующем коэффициенте изменчивости 4 и 2%.

Испытания контрольных призматических образцов в возрасте более 60 суток велись в режиме постоянства скорости деформирования (0,004 мм/с) на комплексе *Instron 5989* с автоматической записью деформаций, усилий, времени и энергии поглощения. Деформации в обоих направлениях измерялись на полной базе с помощью системных (*Instron*) экстензометров и с точностью $1 \cdot 10^5$ е.о.д., крепление приборов не ограничивало перемещений и позволяло фиксировать деформации вплоть до разрушения образцов. Подвижность опорных механизмов испытательного комплекса исключала необходимость «ручного» центрирования образцов и позволяла контролировать начальные деформации уплотнения ε_0 . Средние значения исходных параметров прочности и деформативности приведены в табл. 1.

Таблица 1. Показатели монотонного статического сопротивления

Table 1. Indicators of monotonic static resistance

Параметры	Единицы измерения	Серия		Модель
		ОБ	ФПБ	
σ_u	МПа	43,4	35,8	
$E_b \times 10^3$		26,5	22,7	
ε_0	‰	0,15	0,63	
$\varepsilon_{\max}$		2,47	2,60	
$\varepsilon_{u,pl}$		0,78	0,50	
ε_e		1,65	1,63	
ε_{pl}		0,73	0,55	
$\varepsilon_{ult,0.8}$		3,13	3,18	
ν	—	0,112	0,148	

Здесь же представлена модель деформационного отклика в виде компонентов с различными физическими закономерностями

ми развития. Качественная картина монотонного деформирования образцов обеих серий представлена на рис. 1, 2.

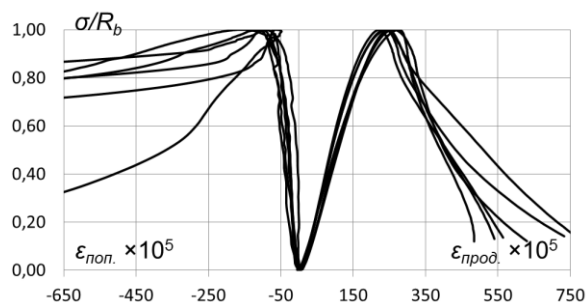


Рис. 1. Диаграммы сжатия бетонов серии ОБ
Fig. 1. Concrete compression diagrams of the OB series

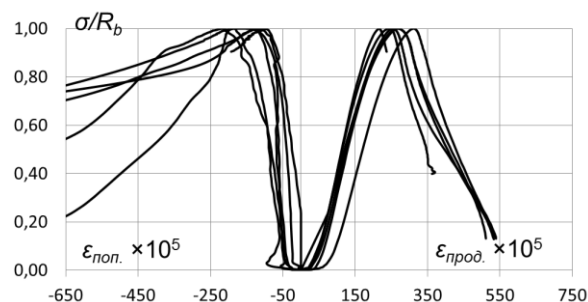


Рис. 2. Диаграммы сжатия бетонов серии ФПБ
Fig. 2. Concrete compression diagrams of the FPB series

Результаты и их обсуждение

При относительном сходстве деформационного отклика имеются существенные различия в количественных показателях компонентов, что свидетельствует об отличии их поведения в усталостных режимах.

Одна группа образцов обеих серий была подвергнута 100 циклам воздействий с параметрами $\eta = 0,6$; $\rho = 0$ и после месячного «отдыха» – аналогичным циклам подобной продолжительности. Вторая группа на начальном этапе испытала 100 циклов с $\eta = 0,7$; $\rho = 0$, и после месячного «отдыха»

была подвергнута циклическому нагружению $\sigma_{\max} = 0,9 R_b$ до момента разрушения (табл. 2). Усталостная устойчивость бетона и фибробетона оценивалась сравнением соответствующих критериальных параметров деформирования образцов при различных режимах циклических воздействий. С учетом ранее выполненных исследований [9] и статистической однородности опытных данных в качестве таковых рассматриваются продольные и объемные деформации, в том числе их чувствительные и значимые компоненты (начальные, остаточные и максимальные значения).

Таблица 2. К оценке влияния предыстории циклового нагружения
Table 2. To assess the influence of the prehistory of cyclic loading

Соотношение критериальных показателей	100 ($\eta = 0,6$) + 100 ($\eta = 0,6$)						100 ($\eta = 0,7$) + ... ($\eta = 0,9$)			
	ОБ-циклы			ФПБ-циклы			ОБ-циклы		ФПБ-циклы	
	1	50	100	1	50	100	1	10	1	10
а) продольные деформации										
$\varepsilon_0(N)/\varepsilon_0$	0,14	–	–	0,33	–	–	0,57	–	0,67	–
$\varepsilon_{res}(N)/\varepsilon_{res}$	–	0,18	0,21	–	0,32	0,34	–	0,82	–	0,93
$\varepsilon_{\max}(N)/\varepsilon_{\max}$	0,83	0,78	0,76	0,67	0,63	0,63	0,8	0,9	0,92	0,99
$\Delta\varepsilon_{\max}(N)/\Delta\varepsilon_{\max}$	–	0,27	0,27	–	0,35	0,38	–	1,5	–	1,64
$\Delta\varepsilon_{res}(N)/\Delta\varepsilon_{res}$	–	0,28	0,35	–	0,29	0,35	–	2,54	–	2,0
б) объемные показатели										
$\theta(N)/\theta_0$	0,23	–	–	–	–	–	0,78	–	0,73	–
$\theta_{res}(N)/\theta_{res}$	–	0,21	0,23	–	0,34	0,34	–	0,97	–	0,71
$\theta_{\max}(N)/\theta_{\max}$	0,84	0,78	0,77	0,72	0,6	0,61	0,91	1,05	0,95	0,94
$\Delta\theta_{\max}(N)/\Delta\theta_{\max}$	–	0,27	0,29	–	0,15	0,17	–	3,92	–	2,0
$\Delta\theta_{res}(N)/\Delta\theta_{res}$	–	0,15	0,21	–	0,13	0,15	–	2,69	–	0,92
Примечания:										
1. Показатели без индекса относятся к соответствующему однотонному циклу нагружения.										
2. Индекс «res» соответствует остаточному значению параметра, «max» – максимальному напряжению										

Прежде всего, обращает на себя внимание неоднозначность изменений контролируемых параметров малоциклового усталости (МУ) при неизменных воздействиях, что объясняется различием физических факторов, их определяющих. Причем указанные закономерности прослеживаются в кинетике продольных и объемных показателей деформативности.

На втором (после месячного отдыха образцов) этапе испытаний существенно снижается величина начальных деформаций $\varepsilon_0(N)$. Причем в обычном бетоне она больше, что является косвенным свидетельством необратимости накопленных структурных трансформаций на первых этапах умеренных воздействий. Это подтверждается также пониженной кинетикой прироста остаточных линейных и объемных изменений.

Повышенный (и практически предельный) уровень повторных нагружений характеризуется другим откликом на предшествующие воздействия. При незначительных отличиях абсолютных значений контролируемых параметров ($\epsilon_{\max}$, $\theta_{\max}$) наблюдается кратное увеличение прироста этих показателей на вторых этапах циклического нагружения. Можно предположить, что это связано с частичной обратимостью усталостных последствий начального уплотнения при действии нагрузок, превышающих верхнюю границу микроразрушения композитов R_{cr}^V . Кинетика объемных деформаций является дополнительным подтверждением этой гипотезы.

Представляет несомненный интерес сопоставление усталостного поведения обычных и фиброармированных цементно-матричных композитов. При сравнительном сходстве динамики контролируемых параметров МУ имеются существенные отличия в количественных значениях. В частности,

для умеренных нагружений вероятно повышенная чувствительность фибробетонов, а для повышенных – наоборот. Полагаем, что это связано с различием физических закономерностей усталостной деградации рассматриваемых композитов [10–14] и возможностью использования в испытаниях потенциала пластического деформирования.

Заключение

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Последовательность и уровень циклических воздействий флуктуационного характера сказываются на усталостном поведении обычных и фибросодержащих композитов.

2. Частота и последовательность умеренных воздействий ($\eta \leq R_{cr}^V$) не оказывают существенного влияния на динамическую усталость цементно-матричных композитов.

3. Поведение композитов при высоких ($\eta > R_{cr}^V$) уровнях и амплитудах зависит от предистории деформирования и наличия дисперсного армирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов: вопросы теории и проектирования, технология, конструкции: монография. М.: ACB, 2004. 563 с.
2. Барашиков А.Я., Шевченко Б.Н., Валовой А.И. Малоцикловая усталость при сжатии // Бетон и железобетон. 1985. № 4. С. 27–28.
3. Кузовчикова Е.А., Яшин А.В. Исследование влияния малоцикловых сжимающих воздействий на деформативность, прочность и структурные изменения бетона // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1986. № 10. С. 30–33.
4. Cachim P.B., Figueiras J.A., Pereira P.A.A. Fatigue behavior of fiber-reinforced concrete in compression // Cement and Concrete Composites. 2002. Vol. 24 (9). p. 211–217. [https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(01\)00019-1](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(01)00019-1)
5. Lee M.K., Barr B.I.G. An overview of the fatigue behavior of plain and fiber reinforced concrete // Cement and Concrete Composites. 2004. Vol. 26. p. 299–305. [https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(02\)00139-7](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(02)00139-7)
6. Paskova T., Meyer C. Low-cycle fatigue of plain and fiber reinforced concrete // Aci Materials Journal. 1997. Vol. 94 (4). p. 273–285.
7. Liu F., Zhou J. Research on fatigue strain and fatigue modulus of concrete // Advances in Civil Engineering. 2017. Vol. 2017. p. 6272906. <https://doi.org/10.1155/2017/6272906>
8. Korneeva I.G. Cyclic testing of polypropylene fiber reinforced concrete // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 880. p. 012006. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/880/1/012006>
9. Wang H.L., Song Y.P. Fatigue capacity of plain concrete under fatigue loading with constant confined stress // Materials and Structures. 2011. Vol. 44. P. 253–262. <https://doi.org/10.1617/s11527-010-9624-6>
10. Lubin Gao, Cheng-Tzu Thomas Hsu. Fatigue of concrete under uniaxial compression cyclic loading // Aci Materials Journal. 1998. Vol. 95 (5). p. 575–581.
11. Huang B., Li Q., Xu S., Zhou B. Effect of loading frequency on the fatigue behavior of ultra-high toughness cementitious composites in compression // 14th International Conference on Fracture (ICF 14). 18–23 June 2017, Rhodes. Rhodes: International Congress on Fracture, 2017.
12. Isojeh B., El-Zeghayar M., Vecchio F.J. Concrete damage under fatigue loading in uniaxial compression // Aci Materials Journal. 2017. Vol. 114 (2). P. 225–235. <https://doi.org/10.14359/51689477>
13. Von der Haar C., Marx S. A strain model for fatigue loaded concrete // Structural Concrete. 2017. Vol. 19 (2). P. 463–471. <https://doi.org/10.1002/suco.201700029>

14. Fangping Liu, Jianting Zhou. Fatigue strain and damage analysis of concrete in reinforced concrete beams under constant amplitude fa-

tigue loading // Shock and Vibration. 2016. p. 3950140. <https://doi.org/10.1155/2016/3950140>

REFERENCES

1. Rabinovich FN. Composites based on dispersedly-reinforced concrete: questions on theory and design, technology, constructions: monograph. Moscow: ASV; 2004. 563 p. (In Russ.)
2. Barashikov AYa, Shevchenko BN, Valovoy AI. Low-cycle fatigue in compression. *Beton i zhelezobeton*. 1985;4:27–28 (In Russ).
3. Kuzovchikova EA, Yashin AV. Investigation of influence of low-cycle compression impact on deformability, strength and structural changes of concrete. *Izvestiia vuzov. Stroitelstvo i arkhitektura = News of higher educational institutions. Construction*. 1986;10: 30–33 (In Russ).
4. Cachim PB, Figueiras JA, Pereira PAA. Fatigue behavior of fiber-reinforced concrete in compression *Cement and Concrete Composites*. 2002;24(9):211–217. [https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(01\)00019-1](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(01)00019-1)
5. Lee MK, Barr BIG. An overview of the fatigue behaviour of plain and fibre reinforced concrete. *Cement and Concrete Composites*. 2004;26:299–305. [https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(02\)00139-7](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(02)00139-7)
6. Paskova T, Meyer C. Low-cycle fatigue of plain and fiber reinforced concrete. *Aci Materials Journal*. 1997;94(4):273–285.
7. Liu F., Zhou J. Research on fatigue strain and fatigue modulus of concrete. *Advances in Civil Engineering*. 2017;2017:6272906. <https://doi.org/10.1155/2017/6272906>
8. Kokneeva IG. Cyclic testing of polypropylene fibre reinforced concrete. *IOP Conf. Series:*

- Materials Science and Engineering*. 2020;880:012006. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/880/1/012006>
9. Wang HL, Song YP. Fatigue capacity of plain concrete under fatigue loading with constant confined stress. *Materials and Structures*. 2011;44:253–262. <https://doi.org/10.1617/s11527-010-9624-6>
10. Lubin Gao, Cheng-Tzu Thomas Hsu. Fatigue of concrete under uniaxial compression cyclic loading. *Aci Materials Journal*. 1998;95(5):575–581.
11. Huang B, Li Q, Xu S, Zhou B. Effect of loading frequency on the fatigue behavior of ultra-high toughness cementitious composites in compression. *14th International Conference on Fracture (ICF 14)*. 18–23 June 2017, Rhodes. Rhodes: International Congress on Fracture; 2017.
12. Isojeh B, El-Zeghayar M, Vecchio FJ. Concrete damage under fatigue loading in uniaxial compression. *Aci Materials Journal*. 2017;114(2):225–235. <https://doi.org/10.14359/51689477>
13. Von der Haar C, Marx S. A strain model for fatigue loaded concrete. *Structural Concrete*. 2017;19(2):463–471. <https://doi.org/10.1002/suco.201700029>
14. Fangping Liu, Jianting Zhou. Fatigue strain and damage analysis of concrete in reinforced concrete beams under constant amplitude fatigue loading. *Shock and Vibration*. 2016;2016:3950140. <https://doi.org/10.1155/2016/3950140>

Сведения об авторах

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

Information about the authors

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

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

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

Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

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

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

Статья поступила в редакцию 02.04.2021.
Одобрена после рецензирования 03.05.2021.
Принята к публикации 10.05.2021.

The article was submitted 02.04.2021.
Approved after reviewing 03.05.2021.
Accepted for publication 10.05.2021.



Методы комплексной оценки и мониторинга отхообразующих процессов коммунальной и транспортной инфраструктуры городских округов

© Э.С. Цховребов¹, У.Д. Ниязгулов²

¹Академия безопасности и специальных программ, г. Москва, Россия

²Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва, Россия

Резюме: Цель работы заключается в формировании научно-методических подходов к созданию комплексной оценки и мониторингу отхообразующих процессов и инженерно-технических систем объектов городского хозяйства сферы коммунального, строительного, транспортного комплекса для снижения их негативного воздействия на окружающую среду и здоровье населения, расширения возможностей организации раздельного сбора, повторного использования ресурсного потенциала отходов. Проведенное исследование базируется на применении комплекса логико-аналитических научно-исследовательских методов. Обобщены и систематизированы материалы исследований по проблемам безопасного обращения с ресурсной составляющей отходов в строительном и коммунальном комплексе, инвентаризации и мониторинга источников образования отходов, приведены результаты собственных исследований в области идентификации отхообразующих процессов. Предложена новая методика комплексной оценки и мониторинга отхообразующих процессов и инженерно-технических систем на транспорте, в строительстве и коммунальном хозяйстве. Основное принципиальное отличие данной методики от известных аналогичных документов – это направленность на исследование не опасных отходов, а их ресурсного потенциала, полезных востребованных свойств в экономическом цикле, их движения и обращения. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости формирования единой целостной системы идентификации и мониторинга отхообразующих технологических процессов, инженерных систем, технических средств комплекса городского хозяйства муниципальных образований, раздельного сбора и переработки отходов во вторичное сырье, что обеспечит как экологическую безопасность и благоприятные условия жизнедеятельности населенных территорий, так и сохранение ценных природных ресурсов.

Ключевые слова: обращение с отходами, ресурсосбережение, экологическая безопасность, информационное обеспечение, вторичные ресурсы, мониторинг отходов, строительство и городское хозяйство, транспортный комплекс, геоинформационные методы

Для цитирования: Цховребов Э.С., Ниязгулов У.Д. Методы комплексной оценки и мониторинга отхообразующих процессов коммунальной и транспортной инфраструктуры городских округов. *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2021. Т. 11. № 2. С. 290–301. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-290-301>

Methods for comprehensive assessment and monitoring of waste-generation processes associated with the municipal and transport infrastructure of urban districts

Eduard S. Tshovrebov, Ural D. Niyazgulov

Academy of safety and special programs, Moscow, Russia

Russian university of transport (MIIT), Moscow, Russia

Abstract: The study aims to establish scientific-methodological approaches to a comprehensive assessment and monitoring of waste-generating processes and engineering facilities of municipal engineering and public services in communal, construction, transport complexes to reduce their negative impact on the environment and public health, expand the separate waste collection, recycling of the waste resource potential. The study is based on the application of a set of logical and analytical research methods. We reviewed and generalised publications on the problems associated with safe handling of the waste resource constituent in the construction and municipal complex, inventory checking

and monitoring sources of waste generation. Our research results in the field of identification of waste-generating processes are presented. A new methodology for the comprehensive assessment and monitoring of waste-generating processes and engineering facilities in transport, construction and municipal engineering is proposed. The fundamental difference of this technique from the known documents is the focus on the resource potential of hazardous waste, its useful properties desirable in the economic cycle, their movement and circulation. The results indicate that a single integrated system is required to identify and monitor waste generation in technological processes, engineering systems, facilities of complex municipal engineering entities, separate waste collection and processing into salvageable commodities. These measures will ensure environmental security, favourable living conditions in populated areas and preservation of valuable natural resources.

Keywords: reference with a waste, savings of resources, ecological safety, maintenance of information, secondary resources, monitoring of a waste, building and a municipal services, transport complex, geoinformation methods

For citation: Tshovrebov ES, Niyazgulov UD. Methods for comprehensive assessment and monitoring of waste-generation processes associated with the municipal and transport infrastructure of urban districts. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(2):290-301 (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-290-301>

Введение

Проблемы обращения с отходами производства и потребления, обеспечения экологической безопасности территорий, ресурсосбережения и вовлечения вторичных ресурсов в хозяйственный оборот представляются особенно актуальными в эпоху дефицита природных ресурсов, всевозрастающего воздействия токсичных отходов на окружающую среду [1, 2].

Однако, масштабы и уровень использования различных видов отходов характеризуются значительной неравномерностью и зависят от востребованности и качества получаемого из них вторичного сырья, ресурсной ценности отходов, экологической ситуации, возникающей в связи с обращением с ними как с загрязнителями окружающей среды, от реальных экономических условий, определяющих рентабельность каждого конкретного вида хозяйственной деятельности, использующего вторичные ресурсы для изготовления продукции, выполнения работ, оказания услуг, производства энергии [3–6].

С учетом современных актуальных общемировых тенденций, вызовов, рисков на первый план выходит организация деятельности по идентификации, инвентаризации, мониторингу, комплексному исследованию источников образования отходов – инженерных систем, технических средств, оборудования, процессов производства работ, потребления продукции, сырья, материалов.

Своевременное и полное выявление, фиксирование, учет источников экологической опасности служат эффективным пре-

вентивным методом предупреждения их негативного воздействия на окружающую среду и здоровье людей, позволяют локализовать антропогенные объекты в виде образующихся отходов посредством их перевода во вторичное сырье еще на ранних этапах и стадиях обращения – в источниках образования в результате раздельного сбора и предварительной обработки, извлечения вторичных материальных и энергетических ресурсов.

Постановка обозначенной проблемы определена, с одной стороны, её чрезвычайной актуальностью, с другой – непроработанностью как на государственном, так и на отраслевом уровнях.

Значительные проблемы в области планирования, организации и регулирования деятельности по обращению с вторичными ресурсами связаны с недостатком информации об отходах, в том числе об их составе, ресурсной ценности, возможностях производства из них товаров и других сведений.

Используемая форма федерального статистического наблюдения в области обращения с отходами производства и потребления № 2-ТП (отходы) предназначена, главным образом, для получения балансовых учетных сведений и последующего решения на их основе задач планирования природоохранной деятельности. Не осуществляется систематизация данных о движении отходов и в отраслях экономики в территориальном разрезе – по субъектам Российской Федерации, экономическим районам, промышленным кластерам. В целом по стране не обобщаются либо отсутствуют объективные данные об обработке отходов,

инфраструктуре по их утилизации и обезвреживанию, территориальном расположении таких промышленных объектов, разрозненна официальная статистическая информация по показателям, характеризующим развитие данной инфраструктуры в целом, технологиям, оборудованию, машинам, агрегатам, механизмам, технике и техническим устройствам по обработке, утилизации, обезвреживанию отходов. Какие-либо полноценные достоверные показатели по образованию, движению, использованию вторичных ресурсов в масштабах России для выработки управленческих решений, регулирующего воздействия, осуществления экономической оценки обращения с вторичными ресурсами собрать и обобщить не представляется возможным.

Опасность непринятия эффективных организационно-управленческих решений в данной сфере обуславливается ежегодным ростом площадей захоронения опасных отходов на полигонах и несанкционированных свалках, а также экологического вреда и экономического ущерба в результате загрязнения природной среды [5, 7, 8].

Все это приводит, с одной стороны, к ухудшению экологической ситуации в масштабах страны и с другой – к значительному отставанию России в эффективном использовании резерва экономического роста и увеличения ВВП за счет применения в промышленном масштабе ценных вторичных ресурсов с одновременным сохранением стратегического запаса невозобновляемых полезных ископаемых, природных вод, лесного фонда.

Вместе с тем в странах ЕС, США, Японии уже не одно десятилетие созданы и успешно действуют правовые инструменты по организации эффективной системы регулирования, учета, мониторинга отходов и вторичных ресурсов, отходообразующих процессов и объектов [9–14], а также существуют экономические условия для максимального технического и технологического возможного уровня утилизации (рециклинга, рекуперации, регенерации) промышленных и бытовых отходов, вовлечения вторичных ресурсов в хозяйственную деятельность с достижением высокого уровня рентабельности производства и выпускаемой продукции из вторсырья [15–20].

Инновационным фундаментальным документом в ресурсосберегающей и отходоперерабатывающей сфере впервые за весь более чем 25-летний период развития современной России стала принятая в

2018 году Правительством Российской Федерации Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 г. В документе отраслевого стратегического планирования предусматривается создание фактически новой инфраструктуры промышленности, планируется на перспективу решение большого блока новых задач ресурсосберегающей и отходоперерабатывающей направленности, использование ценных вторичных ресурсов из образующихся отходов в масштабе всей страны как одного из резервов экономического развития.

В связи с вышеизложенным возникает актуальная проблема создания единой системы организации учета, мониторинга обращения с отходами и вторичными ресурсами, источников их образования в наиболее отходоемких секторах: строительной, транспортной и жилищно-коммунальной сферах экономической деятельности. Такая система может стать одним из эффективных механизмов создания и развития в России инновационной высокотехнологичной инфраструктуры по обработке, утилизации, обезвреживанию отходов производства и потребления в рамках реализации принятой Правительством Российской Федерации стратегии.

Материалы и методы исследования

Материалами для проведения исследования послужили: нормативные правовые акты, документы по стандартизации, методические рекомендации, проектная и нормативно-техническая документация в области обращения с отходами, информационные данные Росстата, Росприроднадзора, материалы собственных исследований в области геоинформационного мониторинга объектов обращения с отходами, опубликованные работы ученых и специалистов по изучаемой проблематике.

Научное исследование базируется на применении комплекса научно-исследовательских методов: классификации, идентификации, квалификации, сопоставительном анализе, обобщении.

Результаты и их обсуждение

По результатам проведенных исследований, публикаций, обсуждений на международных, всероссийских конференциях, совещаниях выработаны предложения по методическому обоснованию, правоприменению понятий в рассматриваемой актуальной предметной области.

Мониторинг промышленности по обработке, утилизации, обезвреживанию отходов предлагается определять как комплексную систему непрерывного наблюдения за формированием и состоянием промышленности в данной сфере, прогнозом её перспективного развития,

включая научно обоснованный всесторонний, полноценный объективный анализ и оценку показателей.

Указанный вид мониторинга целесообразно рассматривать как один из принципов промышленной политики, осуществляемый для реализации определенной Федеральным законом «О промышленной политике в Российской Федерации» цели данной политики: формирования высокотехнологичной, конкурентоспособной промышленности, обеспечивающей переход экономики государства от экспортно-сырьевого типа развития к инновационному типу развития – и для исполнения задач промышленной политики, включая:

- стимулирование субъектов деятельности в сфере промышленности рационально и эффективно использовать материальные, природные ресурсы, обеспечивать внедрение импортозамещающих, ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий;

- создание и развитие современной промышленной инфраструктуры, инфраструктуры поддержки деятельности в сфере промышленности, соответствующих целям и задачам, определенным документами стратегического планирования на федеральном уровне.

Мониторинг объектов по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов в строительной, коммунальной и транспортной инфраструктуре служит механизмом реализации основных задач Стратегии промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года, в частности:

- формирования эффективной комплексной системы управления и регулирования в области обработки, утилизации и обезвреживания отходов производства и потребления;

- создания и расширения национальной промышленной индустрии и инфраструктуры обработки, утилизации, обезвреживания отходов производства и потребления, использования отходов в качестве вторичного сырья для производства новой продукции благодаря модернизации, техническому перевооружению существующих производственно-технических комплексов, созданию новых инновационных промышленных производств;

- создания и расширения российской промышленно-технологической базы, обеспечивающей отечественную отрасль обра-

ботки, утилизации и обезвреживания отходов современным российским высокотехнологичным, конкурентоспособным, экологически безопасным оборудованием, техникой, машинами и механизмами, обладающими высоким экспортным потенциалом;

- формирования и перспективного развития отраслевой научно-технической и информационно-аналитической инфраструктуры в сфере обработки, утилизации и обезвреживания отходов, ресурсосбережения.

По своей сути и в соответствии с принципами и приоритетами, заложенными в отходоперерабатывающую стратегию, мониторинг в данной области должен обеспечивать реализацию следующих целей:

- централизации, автоматизации, оптимизации процессов сбора, обработки информации, необходимых для обеспечения реализации промышленной политики в сфере ресурсосбережения и использования вторичных ресурсов в рамках осуществления полномочий Минпромторга России по поддержке и стимулированию деятельности по вовлечению вторичных ресурсов в хозяйственный оборот, ресурсосбережению, обработке, утилизации, обезвреживанию отходов, импортозамещению, созданию и перспективному развитию отечественной технологической и машиностроительной базы, оснащающей промышленность современным высокотехнологичным оборудованием, обладающим высоким экспортным потенциалом, а также для повышения эффективности обмена информацией о состоянии промышленности и прогнозе ее развития;

- информационно-аналитической поддержки управленческих решений в ходе формирования системы комплексного учета, регулирования обращения с промышленными отходами и вторичными ресурсами и ее последующего эффективного функционирования на федеральном и региональном уровнях.

С учетом полноценных, объективных, достоверных данных мониторинга, планирование и экономическую оценку размещения различных объектов инфраструктуры по обработке, утилизации, обезвреживанию отходов на перспективу целесообразно осуществлять, исходя из оценки и анализа следующих показателей:

- видов и количества образующихся отходов, уровня их экологической опасности;

- промышленной специфики и концентрации производства отраслей экономики;

- показателей выпуска продукции при различных сценарных условиях;

- нормативов образования отходов на единицу выпускаемой продукции;

- возможности использования отходов в качестве вторичных ресурсов;
- состояния и уровня использования существующих мощностей по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов;
- назначения и технологической оснащенности предприятий инфраструктуры промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов;
- состояния и перспектив развития объектов дорожно-транспортной инфраструктуры (автомобильных и железных дорог, депо, станций, автостанций, автовокзалов);
- экологической и санитарно-эпидемиологической ситуации;
- экономических условий (рынки сбыта продукции из вторичного сырья, уровень экономического развития отраслей и секторов экономики региона и пр.);
- темпов социально-экономического развития и других факторов.

По результатам исследования авторами подготовлена Методика комплексной оценки отходообразующих процессов и инженерно-технических систем на транспорте, в строительстве и коммунальном хозяйстве.

Она представляет собой совокупность конкретных приемов, способов, алгоритмов, средств, применяемых в ходе исследования функционирования инженерных систем, технологических процессов и операций, технических средств в качестве источников антропогенного воздействия образующихся в результате деятельности транспортных, строительных и коммунальных объектов отходов производства и потребления на окружающую среду, здоровье работающих людей и населения. Также методика предполагает последующую обработку, всестороннюю оценку и системный анализ полученных показателей, результатов в заранее определенной последовательности, подготовку обоснованных выводов и рекомендаций, их использование для достижения поставленной стратегической цели.

Основная цель предлагаемой методики состоит в достижении таких содержания, свойств, характеристик системы обращения с отходами (в качестве одной из основных систем жизнеобеспечения отрасли и населенных пунктов), которые в комплексе обеспечивают: состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности,

чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий, соблюдение благоприятных условий жизнедеятельности людей, а также природоохранных, санитарно-гигиенических и иных требований, нормативов, норм, правил, стандартов.

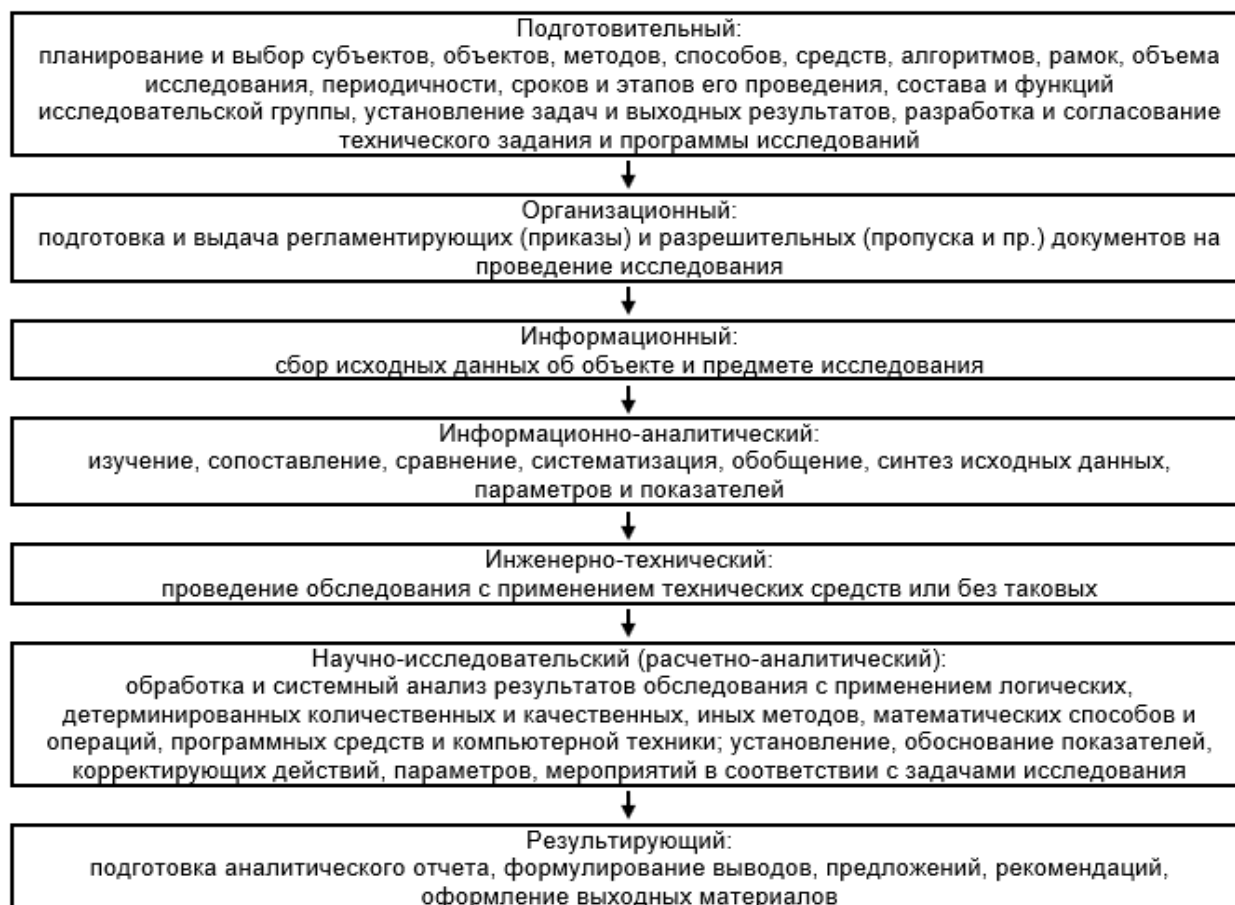
Для достижения поставленной цели задачами методики определены:

- формирование и регулирование комплексной системы исследования функционирования инженерно-технических систем как источников антропогенного воздействия отходов на окружающую среду;
- выявление, исследование и системный анализ источников, причин, условий возникновения отходов производства и потребления;
- типологизация образующихся отходов по установленным признакам;
- оценка количественных и качественных характеристик образующихся отходов, их состава, свойств, степени экологической опасности;
- установка соответствия полученных в ходе исследования фактических данных об образовании и движении отходов, осуществлении деятельности по обращению с ними данным, регламентированным в стандартах, установленным в правилах, требованиях, нормах, документах хозяйствующего субъекта, отражающим количественные, качественные характеристики, показатели, свойства отходов.

Методика базируется на последовательной реализации следующих институциональных инструментов: производственном экологическом контроле, техническом регулировании, экологическом аудите, экологическом мониторинге, нормировании в области охраны окружающей среды, учете объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Основные этапы исследования приведены на схеме (рисунок).

На информационном этапе исследования осуществляется тщательный подбор исчерпывающего перечня информационных источников и данных об объекте и предмете исследования с учетом взаимосвязей с различными аспектами, факторами, условиями, рисками производственно-хозяйственной деятельности, характеристиками, свойствами, особенностями функционирования инженерно-технических систем как источников образования и антропогенного воздействия отходов, взаимовлияния на другие объекты обращения с отходами, действующими ограничениями.



Основные этапы проведения исследования в рамках методики
The main stages of the research within the framework of the Methodology

В качестве основных способов и средств реализации методики на инженерно-техническом этапе исследования определены: визуальное обследование, контроль и осмотр; наземные маршрутные наблюдения; техническое освидетельствование; наблюдение и слежение с применением фиксирующих технических средств (аэро-, видео-, фотосъемка); лабораторно-инструментальные исследования; активирование; документирование; строительная, техническая экспертиза; программное расчетно-аналитическое обеспечение; компьютерное моделирование.

В рамках расчетно-аналитического обеспечения методики приводятся: макеты информационно-аналитических таблиц, различные виды моделей, логические, абстрактные схемы, математические взаимозависимости аналитических показателей, аддитивного влияния установленных факторов, параметров на изменение результирующих показателей, индексов.

В состав методики включена инновационная научно-исследовательская разработка, созданная Э.С. Цховребовым в процессе подготовки диссертации на соискание степе-

ни доктора наук: математическая модель мониторинга, регулирования экологически безопасного обращения с отходами и управления им в системе жизнеобеспечения муниципальных образований.

При разработке модели выделены наиболее опасные факторы, определяющие характерное для твердых муниципальных отходов (ТКО и строительных) механическое и химическое воздействие на компоненты природной среды. В качестве механического выступает захламление земельных, водных ресурсов твердыми кусковыми отходами без вступления их составляющих в химические реакции с компонентами окружающей среды и оказания на них физического, биологического воздействия. К таким группам отходов отнесены крупнотоннажные минеральные: инертные (незагрязненный песок, щебень, гравий, природный камень, глина, отработанные грунты, керамика, стеклобой), при определенных условиях (влажность, pH) – бой кирпича, бетонных конструкций, цементно-песчаных изделий. Маркерными показателями мониторинга негативного воздействия будут являться: s – площадь нарушенного отходами природного объекта, m – масса данных отхо-

дов, t – время негативного воздействия. Механическое загрязнение (r) характеризуется нарушением равновесного состояния природного объекта посредством размещения на площади s материальной массы отходов продолжительностью действия t .

Наиболее опасное для природной среды и здоровья людей химическое загрязнение представлено в модели показателем мощности эмиссии (ω) – массой выделенных в единицу времени с поверхности отходов твердых, газообразных, жидких опасных веществ, образующей химическое загрязнение окружающей среды с учетом свойств токсичности и реакционной способности отходов.

Целевой моделируемый показатель – минимизация антропогенного воздействия, сводимого к нулю в результате планирования и реализации системных мер обеспечения экологической безопасности. Проведенная оценка показала, что аддитивное механическое и химическое загрязнение обеспечивают более 65% исследуемых видов отходов городского хозяйства. При заданных условиях моделирования уравнение материального баланса управления системой экологически безопасного обращения с отходами формализовано в виде:

$$(\partial \tilde{\omega}(s,t) / \partial t) + (\partial \tilde{r}(s,t) / \partial s) + \alpha(s,t) = 0, \quad (1)$$

где $\tilde{\omega}(s,t)$ – эмиссия (выброс, сброс) веществ в единицу времени t (химическое загрязнение); $\tilde{r}(s,t)$ – нарушение природных объектов отходами площадью s взаимодействия с внешней средой и продолжительностью действия t (механическое загрязнение); $\alpha(s,t)$ – возмущение во внешней среде (экологическая опасность), формируемое характерными для ТКО и строительных отходов опасными свойствами: токсичностью, реакционной способностью, пожароопасностью (для горючих видов: полимерных, древесных, текстильных, макулатуры, смешанных).

Система управления процессом экологически безопасного обращения с отходами строительства и городского хозяйства заключается в минимизации, а в идеальном случае – сведении к нулю антропогенного воздействия на компоненты окружающей среды, здоровье человека и вызванных различными факторами отклонений параметров экологической опасности отходов от нормативных значений, регламентируемых нормами предельно допустимых концентраций (ПДК) содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов и рабочей зоны, водных объектах, почве, а также от установленных в нормативах предельно допустимых выбросов (ПДВ) в атмосферу, допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты (НДС), от нормативов образования отходов и лимитов на их размещение.

В качестве управляющего параметра выступает распределенное внутреннее регулирование минимизации образования и размещения отходов в природной среде как превентивный фактор предупреждения экологической опасности, вызванной антропогенным воздействием отходов на окружающую среду. Руководствуясь принципом ситуационного управления системой, в целях ситуационного разрешения поставленной задачи в рассматриваемой модели акцентируется внимание не на истинных фактических значениях переменных, а на их отклонениях от нормативных допустимых значений. С учетом данного подхода они представлены в виде аддитивных функций:

$$\begin{aligned} \tilde{\omega}(s,t) &= \omega_o(s,t) + \omega(s,t); \\ \tilde{r}(s,t) &= r_o(s,t) + r(s,t); \\ \tilde{\eta}(s,t) &= \eta_o(s,t) + \eta(s,t), \end{aligned} \quad (2)$$

где $\omega_o(s,t)$, $r_o(s,t)$, $\eta_o(s,t)$ – нормативные допустимые значения эмиссии (выброса, сброса) веществ, соответствующие нормативам образования и лимитам размещения отходов, достигаемые системой регулирования, нормирования экологически безопасного обращения с отходами и управления им; $\omega(s,t)$, $r(s,t)$, $\eta(s,t)$ – соответственно, отклонения от нормативных допустимых значений эмиссии (выброса, сброса) веществ, размещения отходов, не позволяющие реализовать экологически безопасную систему регулирования, нормирования обращения с отходами и управления им, являющиеся предметом проведения экомониторинга.

Ресурсосберегающий критерий качества системы управления, регулирования и нормирования отходов системы экологически безопасного жизнеобеспечения городского округа представлен величиной отклонения от показателя максимального вовлечения ресурсной составляющей отходов в хозяйственный оборот, направленного на минимизацию массы его поступления в окружающую среду (при снижении количества размещаемых отходов (механическое загрязнение) сокращается и эмиссия опасных/токсичных веществ с поверхности отходов (химическое загрязнение)):

$$\int_{t_o}^{t_y} \int_{s_o}^{s_y} |r(s,t)| ds dt \rightarrow \min. \quad (3)$$

Задача эффективного регулирования и нормирования ресурсосберегающей системы обращения с отходами с учетом идентификации безопасного состояния системы жизнеобеспечения города состоит в системном представлении

нии ресурсосберегающих и природоохран-ных параметров. Ресурсосберегающий определен минимизацией образования и последующего размещения в природной среде отходов посредством трансформации отходов на этапах их раздельного сбора и обработки в категорию вторичных ресурсов как фактором достижения нормативов образования отходов, определенных для мало-отходного или безотходного производственного или хозяйственного процесса.

В качестве управляющего природо-охранного параметра выступает минимизация антропогенного воздействия отходов на окружающую среду сверх установленных нормативов. Определяющее значение для оценки степени этого воздействия при лю-бом виде загрязнения имеет класс опасно-сти (токсичности) отходов для компонентов окружающей среды и здоровья человека. Для математической интерпретации пара-метра впервые предложен коэффициент экологической опасности отходов k . Он рас-считывается как обратная величина числен-ного значения класса опасности отхода ($K_{оп}$) по Федеральному классификационному каталогу отходов и имеет значения по убыва-нию уровня опасности от чрезвычайно до практически неопасного (1; 0,5; 0,33; 0,25; 0,2):

$$k = 1 / K_{оп}. \quad (4)$$

Экологический смысл коэффициента за-ключен в придании значимости, приоритет-ности действиям и мерам по предупрежде-нию образования и минимизации антропо-генного воздействия отходов более высокого класса опасности, соответственно, с более высоким значением показателя. Аналогич-ным образом может быть выведен индекс токсичности отходов для здоровья человека.

Для аналитического отображения пока-зателей ресурсосберегающей системы управления экологически безопасным обра-щением с отходами предложены аналитико-математические формы, характеризующие скорость распространения факторов эколо-гической опасности (токсичность, реакцион-ная способность, пожароопасность) $v(s,t)$ и величину потока (эмиссии) экологической опасности $\omega(s,t)$ в единицу времени t с пло-щади поверхности s материальной массы отходов m при уровне экологической опас-ности k_3 , токсичности выделяемых соедине-ний с поверхности отхода k_m :

$$v(s,t) = -k_3 k_m \chi \int_{t_0}^t \omega(s,t) dt. \quad (5)$$

$$\omega(s,t) = -k_3 k_m \chi \int_{S_0}^S r(m/\rho h, t) dm. \quad (6)$$

Представленные выражения консолидиро-ваны между собой посредством формул расче-та массы и выбросов загрязняющих веществ в единицу времени (при постоянной величине истинной плотности ρ), связанных между собой геометрическими параметрами отходов, опре-деляющих величину как механического, так и химического загрязнения (эмиссию веществ с площади поверхности). Для приведения пере-менных интегрирования при исчислении пло-щади и объема отходов различных геометриче-ских форм введен эмпирический поправочный коэффициент χ .

Зависимость (5) определяет процесс управ-ления (мониторинга, нормирования) величиной скорости распространения опасных факторов – загрязняющих веществ при отклонении факти-ческого показателя эмиссии загрязняющих ве-ществ от установленных нормативов выбросов (сбросов). Экологический смысл выражения (6) заключается в систематизации процессов мо-ниторинга и управления организационно-техническими мероприятиями, направленных на изоляцию образующихся отходов матери-альной массы (объема) от взаимодействия с компонентами окружающей среды с целью ми-нимизации или сведения к нулю площади со-прикосновения поверхности отходов и внешней среды и, соответственно, скорости и мощности распространения опасных экологических фак-торов. Предлагаемые зависимости, основанные на превентивных методах предупреждения эко-логической опасности, вызванной антропоген-ным воздействием отходов, позволяют оценить и заблаговременно планировать меры по раз-дельному сбору, изоляции образующихся отхо-дов в источниках: инженерно-технических си-стемах городского хозяйства.

Процесс регулирования, нормирования, мо-ниторинга экологически безопасного обращения с отходами с обратными связями по отклоне-нию величин $\omega(s,t)$; $r(s,t)$ от нормативных значе-ний формализован системой уравнений (7):

$$\begin{cases} (\partial \omega(s,t)/\partial t) + (\partial r(s,t)/\partial s) + k_3 k_m \int_{S_0}^{S_y} \alpha_1(s,t) dt = 0 \\ r(s,t) = k_3 k_m \int_{t_0}^{t_y} \eta(s,t) dt + k_3 k_m \int_{t_0}^{t_y} \alpha_2(s,t) dt, \end{cases} \quad (7)$$

где $\eta(s,t) = k_3 k_m \int_{t_0}^{t_y} \eta(s,t) dt$ – распределенное внутреннее управляющее воздействие;

$k_3 k_m \int_{s_0}^{s_y} \alpha_1(s, t) dt; k_3 k_m \int_{t_0}^{t_y} \alpha_2(s, t) dt$ – возмущающие

воздействия, при условиях на переменные $s_0 \leq s \leq s_y; t \geq t_0$ и при следующих начальных и граничных условиях: $\omega(s, t_0) = \omega_0(s); r(s, t_0) = r(s); r(s_0, t) = r_0(t); r(s_y, t) = r_y(t); \alpha$ – возмущающие воздействия: $\alpha_1(s, t)$ – изменение количества размещаемых отходов в природной среде; $\alpha_2(s, t)$ – колебания эмиссии (выбросов, сбросов) за счет изменения скорости выделения веществ с поверхности отходов, обладающих свойствами токсичности и реакционной способности.

В результате исследования влияния изменений количества размещаемых отходов в природной среде $\alpha_1(s, t)$ и колебаний эмиссии загрязняющих веществ с их поверхности $\alpha_2(s, t)$ на состояние экологической безопасности муниципального образования в рамках построения ресурсосберегающей модели обращения с отходами, определив начальные и конечные условия нулевыми (отсутствие антропогенного воздействия источников (инженерно-технических систем) как до образования отходов, так и после), найдем варианты решения задачи, определенные системой зависимостей:

$$\begin{cases} \eta(s, t) = f_1(k_3 k_m \alpha_1(s, t)); \\ \eta(s, t) = f_2(k_3 k_m \alpha_2(s, t)); \\ \omega(s, t) = 0; r(s, t) = 0, \end{cases} \quad (8)$$

где $\eta(s, t) = f_1(k_3 k_m \alpha_1(s, t))$ – изменение уровня экологической опасности под влиянием управляющих (регулирования, нормирования) воздействий, направленных на предотвращение пространственно-территориальных возмущений, вызванных размещением опасных отходов, – минимизацию механического загрязнения посредством ресурсосберегающих мероприятий: максимального использования материалов и сырья, раздельного сбора и максимального возможного извлечения ресурсной составляющей для последующей переработки во вторичное сырьё; $\eta(s, t) = f_2(k_3 k_m \alpha_2(s, t))$ – предотвращение локальных возмущений во времени, вызванных совместным действием опасных свойств отходов: токсичностью и реакционной способностью при нарушении правил обращения и установленных нормативов допустимого воздействия; $\omega(s, t), r(s, t)$ – отклонения показателей химического и механического загрязнения окружающей среды от нормативных значений допустимого воздействия на окружающую среду, выявленные в процессе экологического мониторинга.

С учетом поставленных целей и упомянутых научно-методических подходов, функ-

циями комплексной системы отраслевого мониторинга в сфере обращения с отходами определены:

- сбор, обработка, систематизация, анализ, предоставление полной, актуальной и верифицированной информации по количеству обработанных, утилизированных, обезвреженных отходов на основе интеграции с действующими федеральными статистическими и иными учетными системами; сведений по использованию вторичных ресурсов для производства продукции, работ, получения энергии;

- создание и ведение информационной базы по хозяйствующим субъектам, производящим оборудование, технику, машины, механизмы для отходоперерабатывающей инфраструктуры;

- формирование и ведение информационной базы по наилучшим доступным технологиям в сфере ресурсосбережения, использования вторичных ресурсов, обращения с отходами;

- создание и ведение информационной базы по юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям, хозяйственная деятельность которых связана с обработкой, утилизацией, обезвреживанием отходов, использованием вторичных ресурсов, применяющим малоотходные технологии и вторичное сырьё в технологических процессах;

- интерактивное картографическое представление информации по всему функционалу системы обращения с вторичными ресурсами, в т.ч. оценка и визуализация комплекса балансовых показателей, отражающих их обращение, использование в отраслевом, региональном разрезе;

- информационно-аналитическая поддержка управленческих решений в ходе формирования системы комплексного учета, регулирования обращения с вторичными ресурсами и ее последующего эффективного функционирования.

Правовой статус отраслевой системы мониторинга инфраструктуры по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов определен ограничениями её функционала в рамках целей и задач, стоящих перед ней в соответствующих отраслях экономики. К задачам данной системы не следует относить государственный мониторинг окружающей среды (государственный экологический мониторинг) – мониторинг окружающей среды, осуществляемый органами государственной власти Российской Федерации и субъектов Российской Федерации в соответствии с их компетенцией (составление, ведение информации по формам статистического наблюдения № 2-ТП (отходы), сбор информации, анализ и оценка мест, источников и объема сбора, накопления, транспортирования, хра-

нения и захоронения отходов, полигонов ТКО, экологически и технически опасных производств, мониторинг реализации территориальных схем по обращению с ТКО и пр.), мониторинг в сфере транспортной инфраструктуры, санитарно-гигиенический мониторинг, организуемые и осуществляемые в соответствии с нормативными правовыми актами Минприроды, МЧС и Минтранса России, Роспотребнадзора, Росприроднадзора, Росгидромета в пределах их компетенции.

Заключение

В настоящей работе представлены первые наброски и предложения по созданию отраслевой системы идентификации, учета, инвентаризации, мониторинга ресурсной составляющей образующихся строительных, коммунальных, транспортных и иных отходов, о необходимости которой проводятся дискуссии и обсуждения на различных уровнях с начала становления современной России. Представлена впервые разработанная математическая модель мониторинга экологической опасности муниципальных отходов как научно-аналитическая база организации

комплексной системы мониторинга их обращения.

Дальнейшая организация и совершенствование научно обоснованной системы мониторинга, регулирования, управления, планирования в области обращения с отходами и вторичными ресурсами, а также оптимизация и повышение эффективности экономических и организационно-технических направлений деятельности в данной сфере будет зависеть от принятых государственными органами мер. Однако важнейшее предназначение данной системы – содействие реализации стратегического курса на энерго- и ресурсосбережение, экономии невозможных запасов природных ресурсов и устойчивое развитие всех отраслей и секторов экономики, решению актуальных экологических задач, стоящих в настоящее время перед российским государством, успешной планомерной реализации Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления – не может оставаться без внимания и конструктивных решений на современном этапе социально-экономического развития нашей страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Бакаева Н.В., Кобелева С.А. Оценка экологической безопасности строительства на основе модели полного ресурсного цикла // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2016. № 4 (44). С. 169–176.
2. Цховребов Э.С. Охрана окружающей среды на железнодорожном транспорте: монография. М.: Космосинформ, 1996. 527 с.
3. Баришевский Е.В., Величко Е.Г., Цховребов Э.С., Ниязгулов У.Д. Вопросы эколого-экономической оценки инвестиционных проектов по переработке отходов в строительную продукцию // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. Вып. 3 (102). С. 260–272. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2017.3.260-272>
4. Калюжный Б.О. Экономика замкнутого цикла – новая парадигма // Твердые бытовые отходы. 2018. № 4 (142). С. 8–9.
5. Величко Е.Г., Цховребов Э.С., Меднов А.Е. Оценка эколого-экономического ущерба, наносимого при проведении строительномонтажных работ // Жилищное строительство. 2014. № 8. С. 48–52.
6. Лунев Г.Г., Прохоцкий Ю.М. Проблемы комплексного рециклинга вторичных строительных ресурсов // Компетентность. 2018. № 8 (159). С. 23–33.
7. Velichko E., Tshovrebov E., Niyazgulov U. Organizational, technical and economic fundamentals of waste management and monitoring // E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering. 2020. Vol. 164. p. 08031. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016408031>
8. Shevchenko A., Konon N., Tskhovrebov E., Velichko E. Innovative technologies of liquid media treatment in the system of ecological and sanitary-hygienic control of waste landfills // MATEC Web of Conferences. International Science Conference SPbWOSCE-2016 “SMART City”. EDP Sciences, 2017. p. 07005. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710607005>
9. Liu D.H.F., Lipták B.G. (eds). Hazardous waste and solid waste. Lewis, 2000, 273 p.
10. Telichenko V., Benuzh A., Eames G., Orenburova E., Shushunova N. Development of green standards for construction in Russia // Procedia Engineering. 2016. Vol. 153. p. 726–730. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.233>
11. Antrekowitsch J., Steinlechner S. The recycling of heavy-metalcontaining wastes: mass balances and economical estimations // JOM. 2011. Vol. 63 (1). p. 68–72. <https://doi.org/10.1007/s11837-011-0017-2>

12. Goldstein B., Rasmussen F.N. LCA of Buildings and the Built Environment // Hauschild M., Rosenbaum R., Olsen S. (eds). Life Cycle Assessment: Theory and Practice. Chapter 28. Cham: Springer, 2018. p. 695–720. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3_28
13. Achilias D.S. (ed.). Material Recycling – Trends and Perspectives. InTech, 2012. 406 p.
14. Sornil W. Solid waste management planning using multi-objective genetic algorithm // Journal of Solid Waste Technology and Management. 2014. Vol. 40. p. 33–43. <https://doi.org/10.5276/JSWTM.2014.33>
15. Powell J.C. The evaluation of waste management options // Waste Management and Research. 1996. Vol. 14. Iss. 6. p. 515–526. <https://doi.org/10.1177/0734242X9601400601>
16. Elgizawy S.M., El-Haggar S.M., Nassar K. Slum Development Using Zero Waste Concepts: Construction Waste Case Study // Pro-

- cedia Engineering. 2016. Vol. 145. p. 1306–1313. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.168>
17. Hart J., Adams K., Giesekam J., Tingley D.D., Pomponi F. Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment // Procedia CIRP. 2019. No. 80. p. 619–624. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.12.015>
18. Zaman A.U. A comprehensive review of the development of zero waste management: lessons learned and guidelines // Journal of Cleaner Production. 2015. Vol. 91. p. 12–25. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.013>
19. Ehresman T., Okereke C. Environmental justice and conceptions of the green economy // International Environmental Agreements: Politics, Law and Economic. 2015. Vol. 15. Iss. 1. p. 13–27. <https://doi.org/10.1007/s10784-014-9265-2>
20. Rao S.R.R. Resource recovery and recycling from metallurgical wastes. Oxford, 2006. 558 p.

REFERENCES

1. Ilyichev VA, Kolchunov VI, Bakaeva NV, Kobleva SA. Assessment of environmental safety of construction based on a model of a complete resource cycle. *Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura*. 2016;4(44):169–176. (In Russ)
2. Tskhovrebov ES. Preservation of the environment on a railway transportation: monograph. Moscow: Kosmosinform; 1996. 527 p. (In Russ.)
3. Barishevskiy EV, Velichko EG, Tskhovrebov ES, Niyazgulov UD. Problems of environmental and economical assessment of investment projects on processing wastes into construction products. *Vestnik MGSU*. 2017;12(3):260–272 (In Russ.). <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2017.3.260-272>
4. Kalyuzhny BO. Economy of the closed cycle – a new dilemma. *Tverdye bytovye otkhody = Municipal Solid Waste*. 2018;4(142):8–9. (In Russ.)
5. Velichko EG, Tskhovrebov ES, Mednov AE. Assessment of Ecological-Economic Damage in the Course of Construction and Erection Works. *Zhilichnoe stroitel'stvo*. 2014;8:48–52. (In Russ.)
6. Lunev GG, Prokhotskiy YuM. Problems of complex recycling of secondary construction resources. *Kompetentnost' = Competency*. 2018;8(159):23–33. (In Russ.)
7. Velichko E, Tshovrebov E, Niyazgulov U. Organizational, technical and economic fundamentals of waste management and monitoring. *E3S Web of Conferences*.

- Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering*. 2020;164:08031. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016408031>
8. Shevchenko A, Konon N, Tskhovrebov E, Velichko E. Innovative technologies of liquid media treatment in the system of ecological and sanitary-hygienic control of waste landfills. *MATEC Web of Conferences. International Science Conference SPbWOSCE-2016 "SMART City"*. EDP Sciences, 2017. p. 07005. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201710607005>
9. Liu DHF, Lipták BG (eds.). Hazardous waste and solid waste. Lewis; 2000. 273 p.
10. Telichenko V, Benuzh A, Eames G, Orenburova E, Shushunova N. Development of green standards for construction in Russia. *Procedia Engineering*. 2016;153:726–730. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.233>
11. Antrekowitsch J, Steinlechner S. The recycling of heavy-metalcontaining wastes: mass balances and economical estimations. *JOM*. 2011;63(1):68–72. <https://doi.org/10.1007/s11837-011-0017-2>
12. Goldstein B, Rasmussen FN. LCA of Buildings and the Built Environment. In: Hauschild M, Rosenbaum R, Olsen S (eds). *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*. Chapter 28. Cham: Springer; 2018. p. 695–720. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3_28
13. Achilias DS (eds.). Material Recycling – Trends and Perspectives. InTech; 2012. 406 p.
14. Sornil W. Solid waste management planning using multi-objective genetic algorithm. *Journal of Solid Waste Technology and Management*. 2014;40:33–43. <https://doi.org/10.5276/JSWTM.2014.33>

15. Powell JC. The evaluation of waste management options. *Waste Management and Research*. 1996;14(6):515–526. <https://doi.org/10.1177/0734242X9601400601>
16. Elgizawy SM, El-Haggar SM, Nassar K. Slum Development Using Zero Waste Concepts: Construction Waste Case Study. *Procedia Engineering*. 2016;145:1306–1313. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.168>
17. Hart J, Adams K, Gieseckam J, Tingley DD, Pomponi F. Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment. *Procedia CIRP*. 2019;80:619–624. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.12.015>

18. Zaman AU. A comprehensive review of the development of zero waste management: lessons learned and guidelines. *Journal of Cleaner Production*. 2015;91:12–25. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.013>
19. Ehresman T, Okereke C. Environmental justice and conceptions of the green economy. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economic*. 2015;15(1):13–27. <https://doi.org/10.1007/s10784-014-9265-2>
20. Rao SRR. Resource recovery and recycling from metallurgical wastes. Oxford; 2006. 558 p.

Сведения об авторах

Цховребов Эдуард Станиславович,
кандидат экономических наук, доцент,
Академия безопасности и специальных программ,
123215, г. Москва, ул. Профсоюзная, 100а,
Россия,
e-mail: rebrovstanislav@rambler.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9481-3832>

Ниязгулов Урал Давлетшиевич,
кандидат технических наук, профессор,
Российский университет транспорта,
127994, г. Москва, ул. Образцова, 9, Россия,
✉e-mail: transgeo@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0749-1853>

Information about the authors

Eduard S. Tshovrebov,
Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor,
Academy of Safety and Special Programs,
100a Profsoynzaya St., Moscow, 123215, Russia,
e-mail: rebrovstanislav@rambler.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9481-3832>

Ural D. Niyazgulov,
Cand. Sci. (Eng.), Professor,
Russian University of Transport,
9 Obrastsova St., Moscow, 127994, Russia,
✉e-mail: transgeo@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0749-1853>

Заявленный вклад авторов

Цховребов Э.С., Ниязгулов У.Д. имеют равные авторские права. Ниязгулов У.Д. несет ответственность за плагиат.

Contribution of the authors

Tshovrebov E.S., Niyazgulov U.D. have equal author's rights. Niyazgulov U.D. bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 18.03.2021.
Одобрена после рецензирования 15.04.2021.
Принята к публикации 19.04.2021.

Conflict of interests

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

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

The article was submitted 18.03.2021.
Approved after reviewing 15.04.2021.
Accepted for publication 19.04.2021.



Опорные узлы как условие пространственного развития Байкало-Ангарского бассейна расселения

© **А.Г. Большаков¹, П.В. Скрябин²**

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

²Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Санкт-Петербург, Россия

Резюме: Цель исследования – обосновать возможности градостроительного развития Байкало-Ангарской системы расселения. Для этого предлагается обозначить ряд важных задач: выявить особенности планировочного каркаса Байкало-Ангарской системы расселения с выделением структурных элементов; далее определить направление экологически сбалансированного землепользования; выявить ключевые точки пространственного развития – опорные узлы расселения. Для решения этих задач необходимо преодолеть противоречие между потребностью в пространственном развитии Прибайкалья, имеющего богатый природно-ресурсный потенциал, и наблюдаемым сегодня географическим «сжатием» градостроительной активности в одну точку на карте – г. Иркутск. Методы, применяемые в работе, основаны на методологии экологически сбалансированного расселения, предложенной академиком В.В. Владимировым, на идее экологически ориентированного градостроительства профессора А.Г. Большакова, а также на теории центральных мест Вальтера Кристаллера. В результате выявлены особенности планировочного каркаса исследуемой территории, сформированного сочетанием трех каркасов: хозяйственно-экономического, транспортно-коммуникационного и ландшафтно-экологического. В каждом из них выделяются оси, пересечением между собой осей разных типов объясняются возникновение узлов расселения, а также типологические особенности этих узлов и размер зоны влияния каждого из них. Выделенные структурные элементы системы расселения – планировочные районы расселения, формируемые вокруг опорных узлов. В работе сформулированы рекомендации по градостроительному развитию опорных узлов согласно их экономико-географическому расположению, богатому природно-ресурсному и производственному потенциалу Прибайкалья в рамках нового эко-технологического уклада (шестого по счету). В ходе обсуждения полученных результатов была выстроена общая модель системы расселения, характерная для всей южной части Сибири. Применительно к Байкало-Ангарскому бассейну расселения данная модель позволяет говорить о возможности «точечного» воздействия на опорные узлы, что вызовет значимые изменения во всей системе расселения.

Ключевые слова: озеро Байкал, пространственное развитие, планировочный каркас расселения, опорные узлы, упорядочение землепользования, ландшафтосообразность

Для цитирования: Большаков А.Г., Скрябин П.В. Опорные узлы как условие пространственного развития Байкало-Ангарского бассейна расселения. *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2021. Т. 11. № 2. С. 302–313. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-302-313>

Supporting nodes as a condition for the spatial development of the Baikal-Angara settlement area

Andrej G. Bol'shakov, Pavel V. Skryabin

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia

Abstract: The paper discusses the questions of urban development of the Baikal-Angarsk settlement system. The following research tasks were formulated: to identify the characteristics of urban planning in the Baikal-Angarsk settlement system with the allocation of structural elements; to determine the development of environmentally sustainable land management; to identify the milestones of spatial devel-

opment – the supporting nodes of settlement. These tasks could be solved by overcoming the contradiction between the reliance on the spatial development of the Baikal region with a rich natural-resource potential and the geographic “reduction” of urban development to one point on the map – Irkutsk. The research methodology was based on the concept of environmentally sustainable settlement proposed by Academician V.V. Vladimirov, the idea of environmentally oriented urban planning by professor A.G. Bolshakov, as well as the central place theory by W. Kristaller. As a result, the characteristics of the urban planning framework under investigation were revealed, formed by a combination of three frameworks: economic, transport and communication, terrain and environment. In each of these frameworks, axes are distinguished, whose intersection explains the formation of settlement nodes, typological characteristics associated with these nodes and the extent of the influence area for each of them. The selected structural elements of the settlement system are planning areas formed around the supporting nodes. The paper formulates recommendations for the urban development of supporting nodes according to their economic and geographic location, the rich natural-resource and production potentials of the Baikal region within the framework of a new environmental technology order (the sixth in order). A general model of the settlement system, characteristic of the entire southern Siberia, was developed. For the Baikal-Angara settlement area, this model assumes an impact point onto the supporting nodes, which will cause significant changes in the entire settlement system.

Keywords: lake Baykal, spatial development, planning structure, degradation of landscape, support nodes, organization of land use process, landscape planning

For citation: Bol'shakov AG, Skryabin PV. Supporting nodes as a condition for the spatial development of the Baikal-Angara settlement area. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(2):302–313. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-302-313>

Введение

Объект исследования – территория юга Сибири, расположенная в треугольнике транспортно-коммуникационных осей Байка-

ло-Амурской магистрали на севере, Транссибирской магистрали на юге и берега Байкала на востоке (рис. 1).

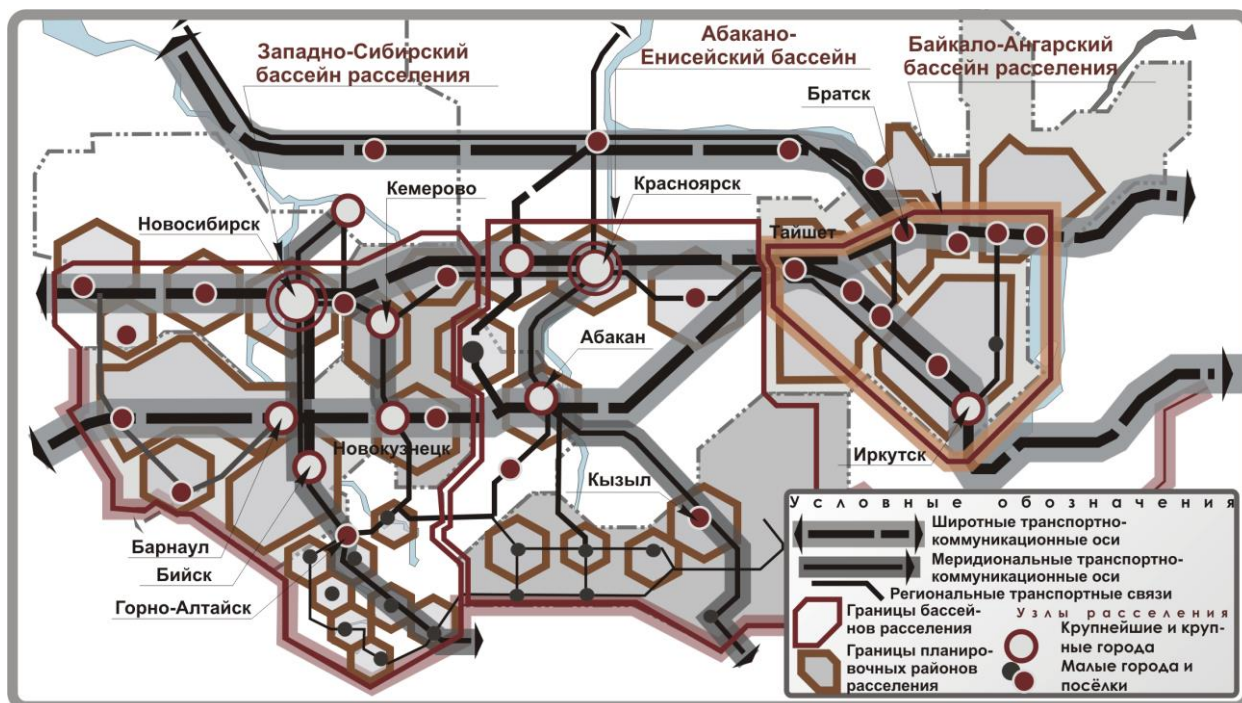


Рис 1. Границы Байкало-Ангарского бассейна расселения в системе расселения юга Сибири
Fig. 1. The borderlines of Baikal-Angara settlement area in the settlement system of South Siberia

Являясь частью обширной системы расселения юга Сибири, данная территория рассматривается относительно поиска возможностей и перспективных направлений её пространственного развития. Пространственное развитие включает преобразование планировочного каркаса, а именно выявление линий формирования новых и развития существующих планировочных осей, выявление опорных узлов для градостроительной активности [1, 2], что обусловлено уникальным природно-ресурсным и ландшафтно-экологическим потенциалом Сибири. В системе расселения Сибири авторы выделяют три крупных бассейна расселения, композиционно сформировавшихся в обширных речных котловинах трёх крупных сибирских рек [3]:

1. В бассейне реки Оби (образованной слиянием Бии и Катунь) с её притоком рекой Томь выделяется Западно-Сибирский бассейн расселения, объединяющий четыре административно-хозяйствующих субъекта: Новосибирскую и Кемеровскую области, Алтайский край и Республику Алтай. В данном пространстве вдоль природных осей – рек Оби и Томи – выделяется урбанизированная система из четырёх городских агломераций: Новосибирской, Бийско-Барнаульской, Кемерово-Новокузнецкой и Горно-Алтайской.

2. Вдоль реки Енисей сформировался Абакано-Енисейский бассейн расселения, объединяющий три административно-хозяйствующих субъекта: южную часть Красноярского края, Республику Хакасия и Республику Тыва. Здесь сформировалась ландшафтно-урбанизированная система из трёх агломераций – Красноярской, Абакано-Минусинской и Кызыльской.

3. В треугольнике «БАМ – Транссиб – западное побережье Байкала» выделяется Байкало-Ангарский бассейн расселения, который занимает всего лишь южную половину Иркутской области, где сформировалась агломерация, объединяющая города Шелехов, Ангарск, Усолье-Сибирское и Свирск, а также множество посёлков вокруг одного агломерационного ядра – города Иркутска. Иркутское агломерационное ядро, являясь мощным центром притяжения деловой активности, энергии, инвестиций и миграцион-

ных потоков, расположено в зоне соприкосновения двух планировочных осей первого порядка: природной оси Ангары и транспортно-коммуникационной оси – Транссибирской магистрали. В точке пересечения с другой трансконтинентальной осью первого порядка, БАМом, той же природной оси первого порядка, Ангары, сегодня формируется вторая агломерация на основе композиционного ядра – города Братска¹, располагаясь по берегам Ангарского водохранилища. Два агломерационных ядра в границах Байкало-Ангарского бассейна расселения сегодня являются точками градостроительной активности, тем не менее данное явление обнажает ряд противоречий в градостроительном развитии Сибири.

Первое противоречие выражается в несоответствии наблюдаемого сегодня географического «сжатия» градостроительной активности в одну точку на карте (г. Иркутск) задачам пространственного развития Сибири, направленного на градостроительное освоение обширных территорий с богатым природно-ресурсным потенциалом.

Второе противоречие наблюдается между экстенсивной эксплуатацией уникального ландшафтно-экологического потенциала Прибайкалья и необходимостью сохранить экологически ценные природные ландшафты как основу хозяйственно-экономического развития [4, 5]. Эту основу определяют ландшафтно-экологические условия, природно-ресурсный потенциал, транспортно-коммуникационные связи и историко-этнографические особенности. Поэтому следует рассматривать Байкало-Ангарский бассейн расселения как самодостаточный регион для размещения и развития производственных комплексов, для развития сельскохозяйственной деятельности, а также экологического, познавательного, этнографического, событийного и спортивного туризма. С другой стороны, из-за нерегулируемой расточительной эксплуатации прибрежных ландшафтов Байкала, опустошительной вырубке лесов, неэффективного землепользования при отсутствии инженерной и социальной инфраструктуры это уникальное наследие находится под угрозой.

Методы

Первым в исследовании применен метод, направленный на выявление опорных узлов расселения и основанный на теории

¹Стратегия социально-экономического развития Иркутской области на период до 2036 года [Электронный ресурс]: утв. Постановлением Правительства Иркутской области п-607. URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/f6a0ffcd4a24f5820251593766271a7/irk_obl.pdf (22.03.2021);
Схема территориального планирования Иркутской области [Электронный ресурс] // Федеральная государственная информационная система территориального планирования. URL: https://fgisp.economy.gov.ru/?show_document=true&doc_type=npa&uin=250000000201022013011770 (22.03.2021)

центральных мест [6]. Под центральными местами подразумеваются определённые ключевые точки в системах расселения, градостроительная деятельность в которых приводит к расширению их зоны влияния. Расширение зон влияния некоторых опорных точек оказывает организующее воздействие на остальные структурные элементы в системе расселения. Очевидно, потенциал влияния и перспективы развития узлов расселения обусловлены их экономико-географическим расположением, а именно расположением на пересечении важных планировочных осей – природных и транспортных.

Развивая эту теорию, в системе расселения Байкало-Ангарского бассейна авторы выделяют определённую типологию опорных узлов, расположенных на пересечении планировочных осей, ранжированных по степени их значимости (рис. 2):

– природные планировочные оси первого порядка – это крупные сибирские реки, в данном случае Ангара и Лена, а также берег Байкала;

– природные оси второго порядка – это малые реки, притоки крупных рек, а именно притоки реки Ангара – Бирюса, Илим, Ока, Ия и Уда;

– природными осями третьего порядка предлагается считать ручьи и малые реки, впадающие в притоки крупных рек;

– транспортно-коммуникационные оси первого порядка – это трансконтинентальные коридоры Байкало-Амурской и Транссибирской магистралей, в границах которых протянулись линии железнодорожного сообщения, автотрассы федерального значения, инженерные сети (высоковольтные линии электропередач, газопроводы, нефтепроводы);

– транспортно-коммуникационные оси второго порядка – это меридиональные транспортные связи между БАМом и Транссибом;

– транспортно-коммуникационные оси третьего порядка – все региональные автотрассы.

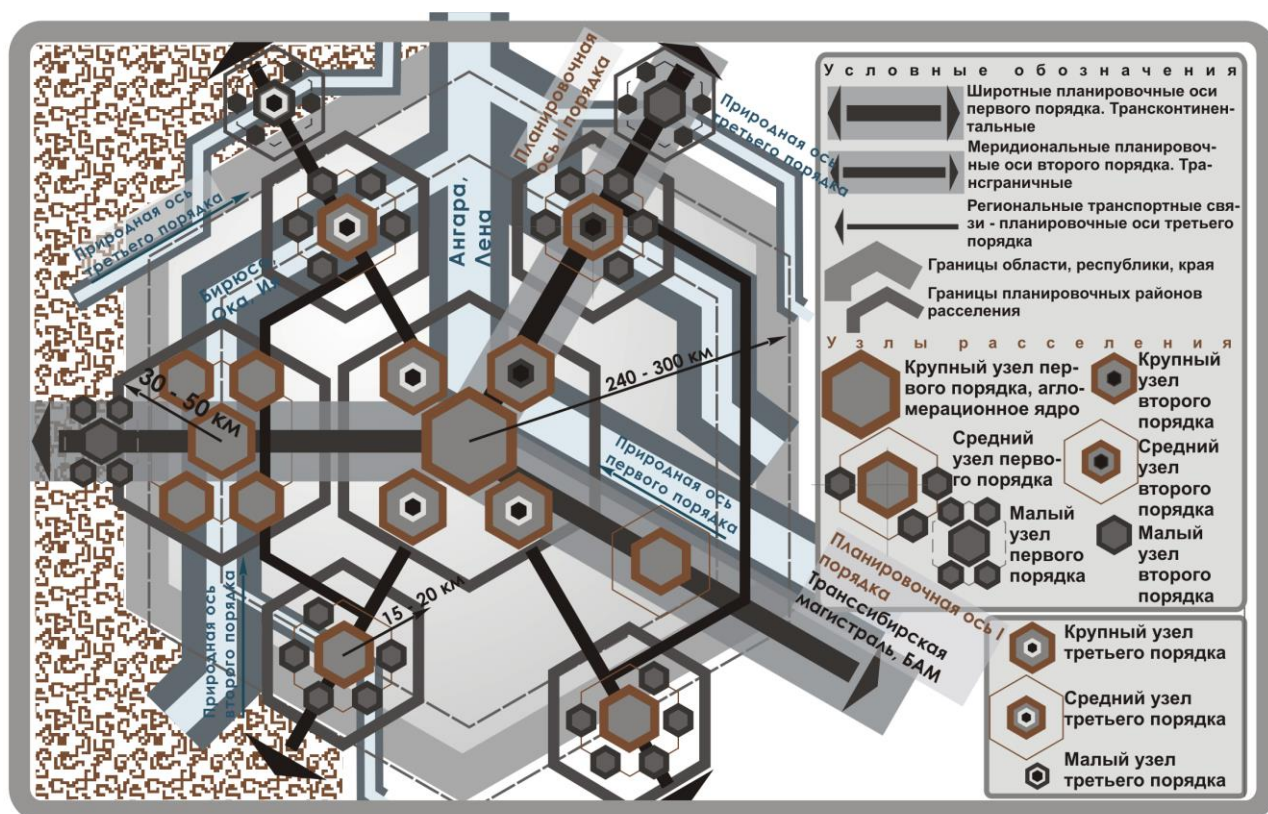


Рис. 2. Система узлов расселения Байкало-Ангарского бассейна расселения
Fig. 2. The system of supporting settlement nodes in Baikal-Angara settlement area

На пересечении, или в местах соприкосновения, транспортно-коммуникационных осей первого порядка и реки Ангара (природной оси первого порядка) расположен крупный город Иркутск с зоной влияния 240–

300 км, ставший ядром одноимённой агломерации, а также узел расселения первого порядка – город Братск (225 тыс. граждан). Средние узлы первого порядка с зоной влияния 30–50 км сформировались на пересечениях транспортно-

коммуникационными осями первого порядка притоков Ангары – природных осей второго порядка, к этим узлам следует отнести Нижнеудинск, Тулун, города Зима, Саянск, Залари, Усолье-Сибирское, Железногорск-Илимский. Малыми узлами первого порядка предлагается считать посёлки и административные центры сельских поселений с зоной влияния 15–20 км, которые расположены на пересечении транспортно-коммуникационными осями первого порядка ручьёв и малых рек (природных осей третьего порядка), к таким узлам относятся посёлки Баяндай, Чунский, Алзамай.

На пересечении транспортно-коммуникационными осями второго порядка природных осей первого порядка расположены крупные узлы расселения второго порядка – посёлки Балаганск и Новая Уда (пересечение реки Ангары), а также райцентр Жигалово (пересечение меридиональной транспортной связью реки Лены). Средние узлы второго порядка, например посёлок Усть-Ордынский, предлагается выделить на пересечении речных притоков транспортными связями второго порядка. Малые узлы второго порядка следует выделить на пересечениях транспортно-коммуникационными осями второго порядка ручьёв и малых рек.

На пересечении региональными автодорогами – транспортными связями третьего порядка – основных природных осей первого порядка, Ангары и Лены, расположены крупные узлы третьего порядка – административные центры сельских поселений. Средние узлы третьего порядка выделяются на пересечении региональными автодорогами притоков Ангары и Лены (например, посёлки Усть-Куда, Куйта). На пересечении региональными автодорогами ручьёв и малых рек предлагается обозначить малые узлы третьего порядка.

Таким образом, рассматривается система узлов и осей, в которой выделяются:

- крупные, средние и малые узлы первого порядка;
- узлы второго порядка, также разделяющиеся на крупные, средние и малые;
- узлы расселения третьего порядка (крупные, средние и малые).

Второй метод, примененный в исследовании, – метод ландшафтной сообразности (профессор Большаков А.Г., 2003), выбран-

ный для экологически обоснованного землепользования, а именно формирования границ функциональных зон с использованием естественного членения ландшафта долинами рек и транспортными связями (автодорогами и линиями железнодорожного сообщения)² [7]. В результате образуется сетка членений с выделением глубинных зональных поясов. К первому поясу относятся охраняемые побережья рек с оборудованными местами для отдыха и экологическими тропами. Далее расположены пояса аграрных ландшафтов, за ними выделяется зона резервных, охранных и рекреационных лесов. Применяя этот метод ко всей территории Байкало-Ангарского бассейна расселения, предлагается рассматривать ландшафтно-экологический каркас с выделением побережий рек в границах водоохранных зон – экологических осей. Далее следует выделить глубинно расположенные между речными осями узлы каркаса – лесные массивы с особо охраняемыми природными территориями. Пространство между осями и узлами ландшафтно-экологического каркаса заполняет аграрный ландшафт (земли сельскохозяйственного назначения) с участками расширенного градостроительного освоения, включая земли населённых пунктов, земли промышленности, энергетики, транспорта и связи.

В рамках второго метода (академик В.В. Владимиров, 1992) вводится понятие градостроительной ёмкости территории, выделенной в определённых географических границах. Градостроительная ёмкость определяется соотношением площадей для хозяйственной активности и для зоны экологического равновесия. Площадь зоны экологического равновесия определяется суммарным объёмом пресной воды в реках и озёрах для нужд хозяйственного развития, способностью лесов вырабатывать кислород взамен израсходованного предприятиями производства и энергетики, а также площадью земель с плодородной почвой для нужд сельского хозяйства и производства продуктов питания³ [8, 9].

Таким образом, выстраивается характерная пространственная модель расселения, которая включает зоны вокруг ядра расселения и связанных с ним узлов (посёлков и малых городов). Ядро расселения окружено зоной ограниченного развития, непосредственно за ней следует зона преимущественного градостроительного развития, далее выделяется обширная зона

²Большаков А.Г. Градостроительная организация ландшафта как фактор устойчивого развития территории: дис. ... д-ра архитектуры: 05.23.22. М., 2003. 424 с.

³Владимиров В.В. Экологические основы методологии расселения и районной планировки: дис. ... д-ра архитектуры: 18.00.04. М., 1986. 489 с.

хозяйственной активности, окружённая зоной экологического равновесия.

Внешний контур буферного пространства заполняет компенсаторная зона. В данной модели прослеживается интересное наблюдение – точки расположения узлов расселения образуют зоны влияния, концентрически расходящиеся подобно кругам на воде, в которых наблюдается преобразование ландшафта. В границах зон влияния характер землепользования определяется природно-ресурсным потенциалом и ландшафтно-экологическими качествами территории.

Результаты и их обсуждение

В результате применения метода градостроительной ёмкости были выделены зоны, различающиеся по степени возможного преобразования ландшафта с учётом ландшафтно-экологических качеств территории.

Ландшафтно-экологические качества территории Байкало-Ангарского бассейна определяют её хозяйственную специализацию: рекреационную, аграрную или производственно-энергетическую.

Последняя обусловлена гидроресурсами Ангары – 94 кВт*ч с объёмом водного стока 142,47 км³, что обеспечивает десятую часть всех гидроресурсов страны [10]. Вырабатываемая электроэнергия на Братской и Усть-Илимской гидроэлектростанциях используется производственными предприятиями: машиностроения и металлообработки, цветной металлургии и химической промышленности, топливной, лесной, а также деревообрабатывающей промышленности.

Практически вся промышленность обеспечена местными минерально-сырьевыми ресурсами: залежами железной руды и золота, каменного и бурого угля, многочисленными залежами слюды и мрамора, гипса и цементного сырья, а также месторождениями газового конденсата (Ковыктинское месторождение). Почти все важные месторождения расположены полосой, вытянутой по направлению восток – запад вдоль БАМа, что формирует производственно-энергетическую ось. Производственно-энергетическая ёмкость Байкало-Ангарского бассейна складывается из площадей всех участков, потенциально пригодных для размещения производственных мощностей, размещения объектов энергетики, транспорта и научной деятельности, а также участков для разработки полезных

ископаемых (шахты и карьеры), что суммарно составляет 9 584 км².

Вторая ось, рекреационная, вытянута вдоль западного берега Байкала и включает несколько очагов стихийного отдыха и туризма вокруг бухт Базарная, Куркутская, Зуун-Хагун, залива Мухор, а также ряд рекреационных узлов – порт Листвянка, Большое Голоустное и Бугульдейка. В границах выделенной оси суммарная площадь территорий, привлекательных для развития рекреационной деятельности, составляет 30,0 тыс. км². Рекреационная нагрузка здесь явно превышена [2]. С учётом средней рекреационной ёмкости, установленной по расчётам экологов в пределах 1–6 чел./га для побережий водоёмов и лесов (средняя 3,5 чел./га), предельно допустимая рекреационная нагрузка не должна превышать 860 тыс. чел. для побережья Байкала (1,8 млн туристов за 2019 год, по данным агентства «ТАСС»).

Аграрные оси, или оси развития сельского хозяйства, протянулись вдоль Транссибирской магистрали в северо-западном и северо-восточном направлениях относительно Иркутска в просторной котловине Предбайкальского прогиба, где суммарная площадь земель с плодородным слоем почв составляет 2 894,9 тыс. га, или 28 949 км² (для сравнения, площадь всей Дании – 43 094 км², Швейцарии – 41 285 км²) [5].

Границы развития хозяйственно-экономического каркаса обусловлены экологическими качествами территории, а именно объёмом пресной воды в реках (до 180 км³ в год) и площадью лесных массивов – 69 333,9 тыс. га, вырабатывающих кислород (45,3–50,4 тыс. м³ кислорода с одного гектара в год, или 3 140,8–3 494,4 тыс. м³).

При этом рекомендуется принять переходный коэффициент – 2,5 для потребляемого производственными предприятиями кислорода и пресной воды [11]. Следовательно, учитывая природно-ресурсный потенциал и ландшафтно-экологические качества, максимально возможная градостроительная ёмкость территории Байкало-Ангарского бассейна расселения способна обеспечить условия труда и проживания от 10 до 12 млн граждан в своих границах. Это указывает на крайне низкую степень освоенности и заселения одной из самых богатых территорий Сибири (2,5 млн граждан в 2021 году – население Иркутской области). Таким образом, имеются широкие возможности для пространственного развития исследуемой территории и формирования её планировочного каркаса (рис. 3).

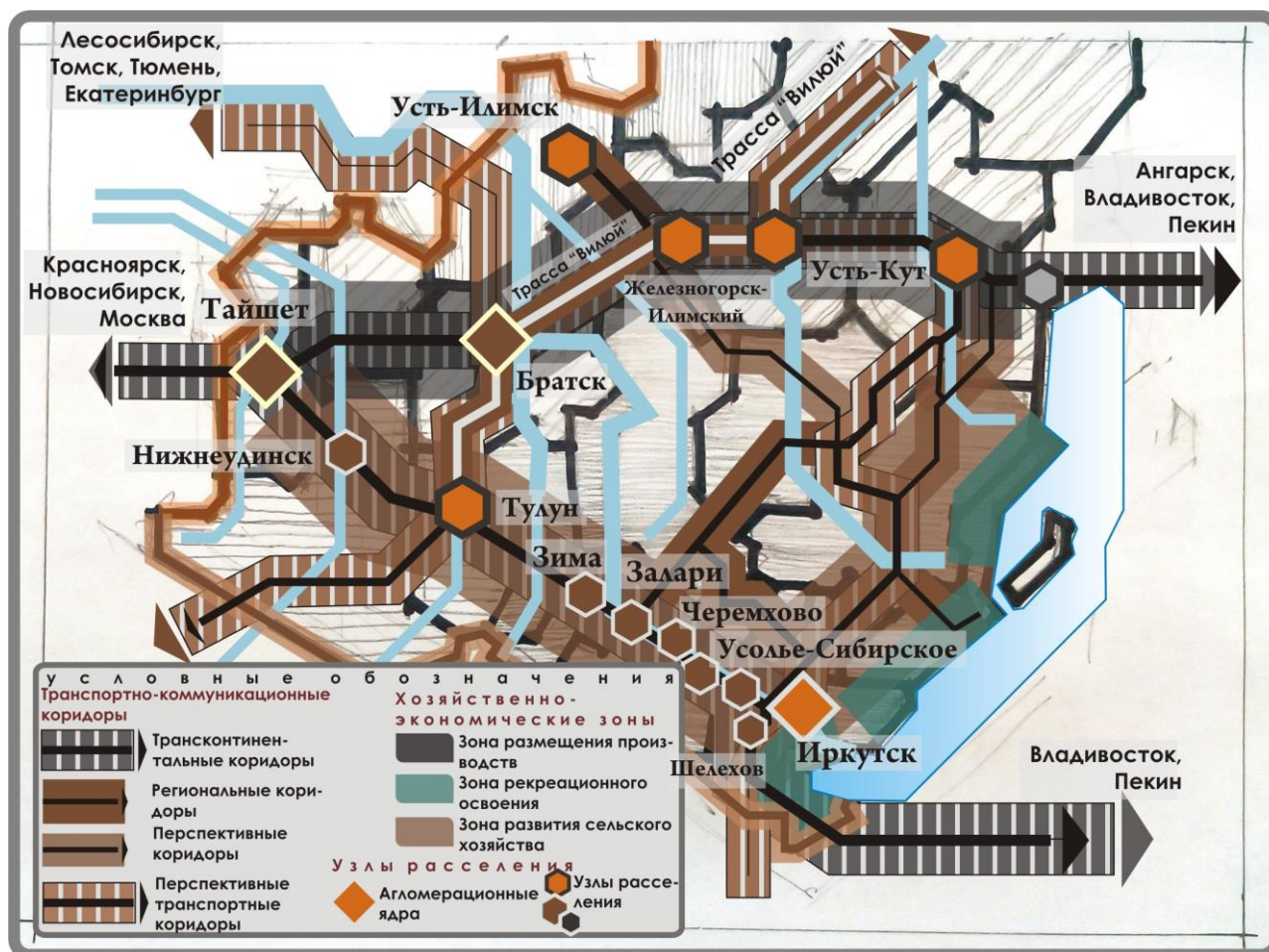


Рис. 3. Хозяйственно-экономический и транспортно-коммуникационный каркас Байкало-Ангарского бассейна расселения

Fig. 3. The economical and transport framework of Baikal-Angara settlement area

В результате применения метода ландшафтной сообразности в масштабе всего Байкало-Ангарского бассейна расселения было выдвинуто предложение экологически сбалансированного пространственного развития исходя из естественной способности природного ландшафта к самовосстановлению. Самовосстановление осуществляется под воздействием трёх процессов:

- переноса накопления биологически активного материала – частиц почвы, семян растений и влаги в низинах речных долин (аккумулятивный процесс), имеющих наибольшую экологическую значимость;
- движения ландшафтного материала сверху вниз по склонам гор и холмов (делювиальный процесс), склоны являются наиболее устойчивыми к антропогенным воздействиям;
- смывания дождями, ручьями и выдувания ветрами химических соединений и ча-

стиц почвы с вершин водоразделов (аллювиальный процесс).

Так как особую экологическую значимость представляют низины речных долин [12–15], то здесь требуется установить жёсткий регламент для хозяйственной деятельности с вынесением всех производств на внушительное расстояние от берега и прокладкой транспортных связей за границами водоохранных зон.

Верхние отметки водораздельных холмов предлагается обозначить в качестве ядер ландшафтно-экологического каркаса, как начало питания малых рек и ручьёв, стекающих в межгорные котловины крупных рек. Непрерывность ландшафтно-экологического каркаса предлагается обеспечить сохранением и воссозданием лесных массивов в качестве экологических коридоров, соединяющих ядра и оси (рис. 4).

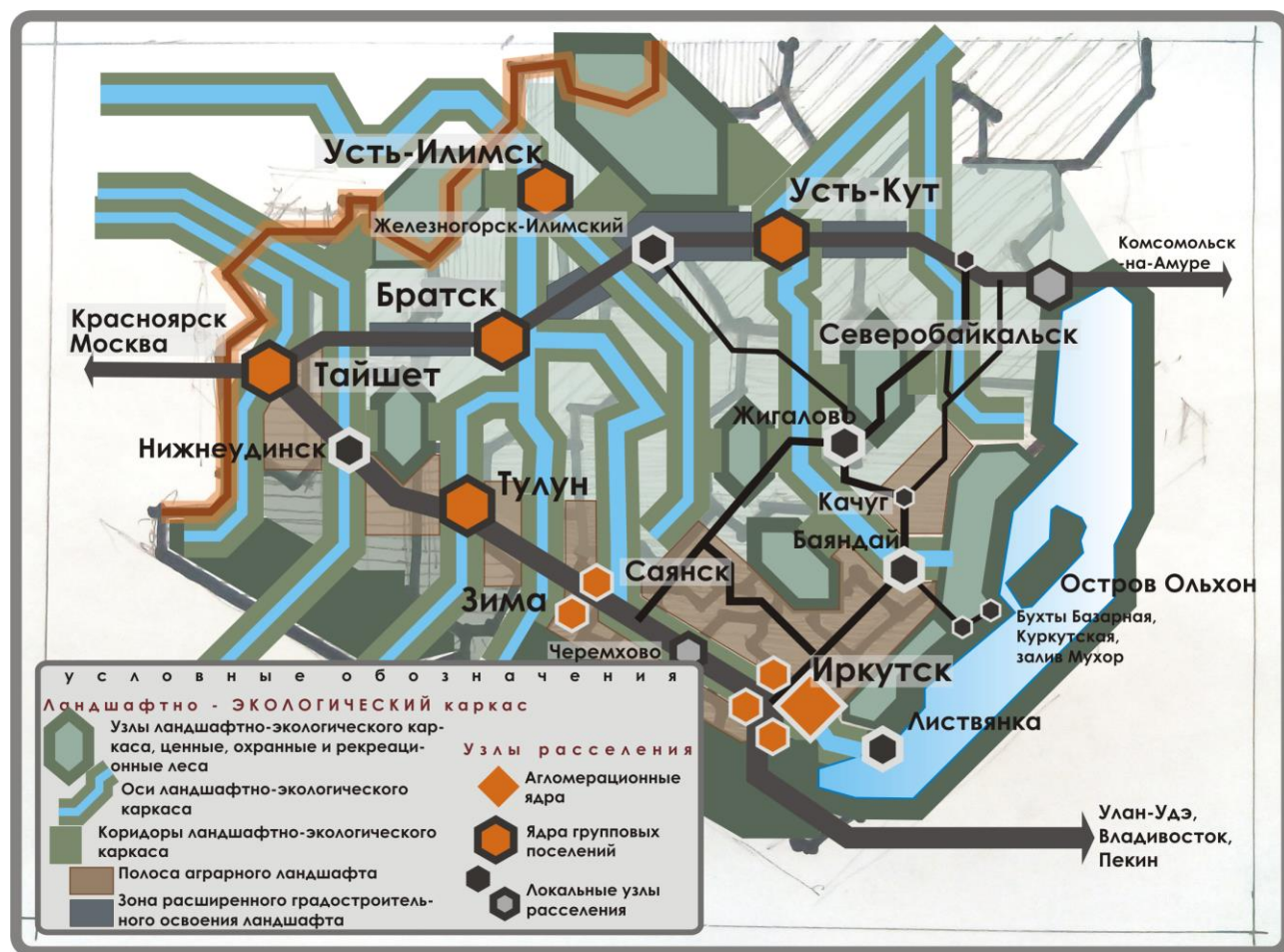


Рис. 4. Ландшафтно-экологический каркас Байкало-Ангарской системы расселения
Fig. 4. Landscape-ecological framework of Baikal-Angara settlement system

В результате применения теории центральных мест к Байкало-Ангарскому бассейну были выявлены его структурные элементы: типологически разные узлы формируют планировочные районы расселения, которые заполняют пространство бассейна расселения, являющегося частью системы расселения. Так как все структурные элементы находятся в иерархической зависимости, то возникло предположение о возможности влиять на вектор градостроительного развития всей системы путём точечного воздействия на её некоторые базовые элементы, то есть развитием некоторых опорных узлов в качестве ключевых точек роста, альтернативных по отношению к существующим агломерациям. Внедрение в этих узлах новых функций с размещением соответствующих объектов способно вызвать изменения градостроительной активности в радиусе зон влияния этих узлов [11].

Вместе с этим наблюдается некоторая особенность: на пересечении мощных планировочных осей первого и второго поряд-

ков, обладая выгодным экономико-географическим положением, выделяются узлы расселения с неиспользованным потенциалом. К таким «спящим» узлам относится ряд малых городов и посёлков. Особо выделяется в этом каркасе город Тайшет, который, являясь сегодня малым городом с убывающим населением, имеет все предпосылки к развитию в качестве крупного узла расселения первого порядка – крупного транспортно-логистического центра на Х-образном пересечении двух трансконтинентальных осей – Байкало-Амурской магистрали и Транссиба с рекой Бирюса. На пересечении Транссибирской магистрали и притоков Ангары выделяется ряд потенциально важных узлов расселения: Нижнеудинск, Тулун и Залари, занимающие ключевые точки на оси преимущественного развития сельскохозяйственной деятельности. На производственно-энергетической оси недооценённым потенциалом развития обладает город Железногорск-Илимский (рудные месторождения, обширные лесные массивы, пересечение важных планировочных связей). К другим перспективным опорным узлам первого

порядка следует отнести город Усть-Кут и Северобайкальск. Не раскрытым экономико-географическим потенциалом развития в качестве опорных узлов расселения второго порядка обладают посёлки Улькан и Магистральный, расположенные на пересечении БАМом притока реки Лены. Перспективным для возможного развития является средний узел второго порядка – посёлок Чунский на Т-образном пересечении БАМом и дорогой на Нижнеудинск притока Ангары – реки Уды.

Следует отметить наличие зон влияния агломерационных ядер [16]: радиус влияния ближней зоны – 50 км, дальний радиус влияния составляет 240–300 км. Узлы расселе-

ния гораздо меньшего масштаба (малые города и посёлки) также имеют зоны влияния (зоны влияния узлов второго порядка составляют 30–50 км, узлов третьего порядка – 15–20 км), объединяя вокруг себя населённые пункты и формируя планировочные районы расселения. В Байкало-Ангарском бассейне расселения сегодня выделяется пять крупных планировочных районов (рис. 5):

- Саяно-Иркутский;
- Тайшето-Тулунский;
- Братский;
- Усть-Кутско-Ленский;
- Усть-Илимско-Катангский.

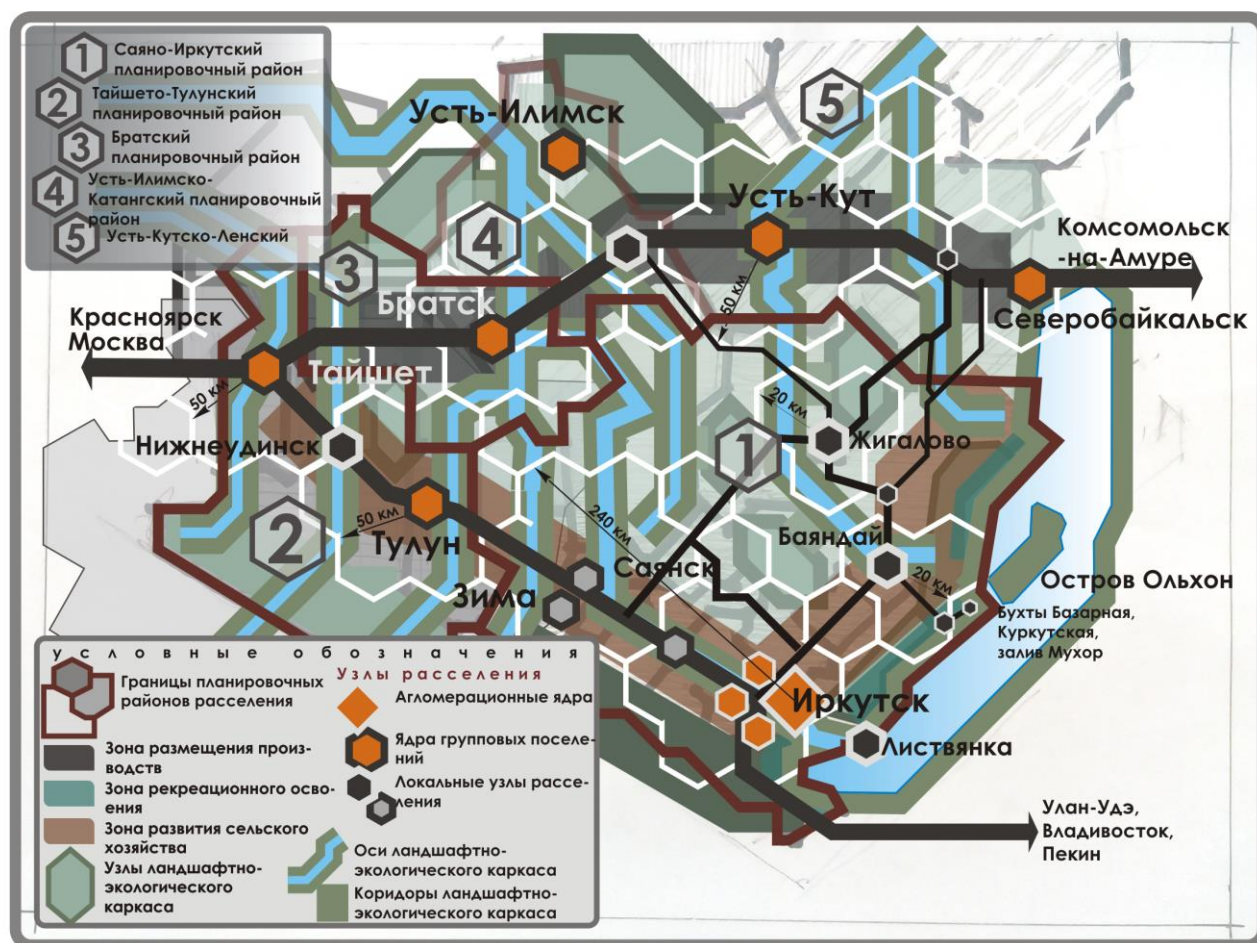


Рис. 5. Границы планировочных районов Байкало-Ангарской системы расселения
Fig. 5. The borderlines of territorial planning districts in Baikal-Angara settlement area

Заключение

Обоснование возможностей пространственного развития Байкало-Ангарского бассейна расселения заключается в использовании потенциала градостроительного развития опорных узлов – ключевых точек пространственного развития, имеющих выгодное расположение в планировочном каркасе:

– город Тайшет имеет возможность развития в качестве крупного транспортно-логистического центра с размещением производств в области машиностроения (возможно, транспортного и сельскохозяйственного машиностроения);

– Нижнеудинск имеет возможности для развития сельскохозяйственных производств (растениеводство и животноводство);

– Тулун и Залари рассматриваются как крупный сельскохозяйственный центр (в середине аграрной оси вдоль Транссиба);

– Тулун способен существенно расширить свою градообразующую базу, став одним из самых значимых в Сибири транспортных узлов после завершения строительства автодороги «Виллюй». Транспортно-коммуникационная связь «Виллюй» по линии Тулун – Братск – Усть-Кут – Верхнемамарово – Мирный – Якутск предназначена для циркуляции грузопотоков из приполярных регионов, и в будущем рассматривается формирование вдоль этой линии важного транспортно-коммуникационного коридора, стартовой точкой которого станет город Тулун;

– Железногорск-Илимский, располагаясь на производственно-энергетической оси расселения, способен стать центром по глубокой лесопереработке и машиностроению (техника для горных работ и строительные механизмы);

– Усть-Кут обладает потенциалом развития в качестве нового производственного центра, связанного с лесопереработкой (обширные площади тайги), нефтехимией (на основе газоконденсатных месторождений), речным судостроением для обеспечения перевозок по реке Лене;

– Северобайкальск имеет потенциал развития как транспортно-логистического узла с созданием морского порта;

– Баяндай, расположенный в плодородной котловине, – перспективный центр сельскохозяйственных производств;

– посёлки Улькан, Магистральный и Чунский являются потенциальными транспортными узлами.

Степень развития опорных узлов должна зависеть от экологических возможностей природного ландшафта к самовосстановлению. Поэтому экологически обоснованное землепользование в данном случае станет условием пространственного развития Байкало-Ангарского бассейна расселения, в котором предлагается выделить оси ландшафтно-экологического каркаса по линиям рек в границах водоохранных зон, а также узлы, включающие особо охраняемые природные территории (заповедники, заказники, парки и резерваты) и коридоры из сохраняемых и вновь создаваемых лесных массивов.

В пространстве между осями, узлами и коридорами ландшафтно-экологического каркаса предлагается выделить территории для активного хозяйственного развития (аграрный ландшафт – земли сельскохозяйственного использования, а также земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, земли населённых пунктов). Такой рисунок карты землепользования влияет на расположение новых транспортно-коммуникационных связей, что довершает планировочный каркас расселения. Таким образом, сочетание транспортно-коммуникационного и хозяйственно-экономического каркаса с природно-экологическим каркасом формирует планировочный каркас Байкало-Ангарского бассейна расселения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Matsler A.M., Miller T.R., Groffman P.M. The Eco-Techno Spectrum: Exploring Knowledge System's Challenges in Green Infrastructure Management // Urban Planning. 2021. Vol. 6. Iss. 1. p. 49–62. <http://dx.doi.org/10.17645/up.v6i1.3491>
2. Rivera D.Z. Design in Planning: Reintegration through Shifting Values // Urban Planning. 2021. Vol. 6. Iss. 1. p. 93–104. <http://dx.doi.org/10.17645/up.v6i1.3664>
3. Скрябин П.В. Градостроительное развитие юга Сибири: формирование коммуникационных коридоров // Вестник БГТУ им. Шухова. 2020. № 4. С. 48–56. <http://doi.org/10.34031/2071-7318-2020-5-4-48-56>
4. Sands G., Filion P., Reese L.A. Techs and the Cities: A New Economic Development Paradigm? // Urban Planning. 2020. Vol. 5. Iss. 3.

p. 392–402. <http://dx.doi.org/10.17645/up.v5i3.2986>
5. Grant J.L. The Creeping Conformity – and Potential Risks – of Contemporary Urbanism // Urban Planning. 2020. Vol. 5. Iss. 4. p. 464–467. <http://dx.doi.org/10.17645/up.v5i4.3632>
6. Christaller W. Die zentralen Orte in Süddeutschland. Jena: Gustav Fischer, 1933. 342 p.
7. Большаков А.Г., Скрябин П.В., Проблемы, принципы и методы градостроительной организации территории Приольхонья // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2020. Т. 10. № 1. С. 140–151. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2020-1-140-151>
8. Владимиров В.В. Расселение и экология. М.: Стройиздат, 1996. 392 с.
9. Владимиров В.В. Расселение и окружающая среда. М.: Стройиздат, 1982. 228 с.

10. Мамин Р.Г., Щенникова Г.Н., Волшаник В.В. Геоэкология и ресурсные возможности регионов Сибири: монография. М.: АСВ, 2010. 224 с.

11. Cleave E., Arku G. Planning for Local Economic Development: Research into Policymaking and Practice // *Urban Planning*. 2020. Vol. 5. Iss. 3. p. 319–322. <http://dx.doi.org/10.17645/up.v5i3.3679>

12. Thomson G., Newman P. Green Infrastructure and Biophilic Urbanism as Tools for Integrating Resource Efficient and Ecological Cities // *Urban Planning*. 2021. Vol. 6. Iss. 1. p. 75–88. <http://dx.doi.org/10.17645/up.v6i1.3633>

13. Bush J., Ashley G., Foster B., Hall G. Integrating Green Infrastructure into Urban Plan-

ning: Developing Melbourne's Green Factor Tool // *Urban Planning*. 2021. Vol. 6. Iss. 1. p. 20–31. <http://dx.doi.org/10.17645/up.v6i1.3515>

14. Balkenhol N., Cushman S.A., Storfer A.T., Waits L.P. Landscape Genetics: Concepts, Methods, Applications. Wiley & Sons Ltd., 2016. 288 p.

15. Osmond P., Wilkinson S. City Planning and Green Infrastructure: Embedding Ecology into Urban Decision-Making // *Urban Planning*. 2021. Vol. 6. Iss. 1. p. 1–4. <http://dx.doi.org/10.17645/up.v6i1.3957>

16. Оглы Б.И. Формирование центров крупных городов Сибири: градостроительные и социально-культурные аспекты. Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 1999. 168 с.

REFERENCES

1. Matsler AM, Miller TR, Groffman PM. The Eco-Techno Spectrum: Exploring Knowledge System's Challenges in Green Infrastructure Management. *Urban Planning*. 2021;6(1):49–62. <http://dx.doi.org/10.17645/up.v6i1.3491>

2. Rivera DZ. Design in Planning: Reintegration through Shifting Values. *Urban Planning*. 2021;6(1):93–104. <http://dx.doi.org/10.17645/up.v6i1.3664>

3. Skryabin PV. Urban development in the South of Siberia: formation of communication corridors. *Vestnik BGTU im. Shuhova = Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2020;4:48–56 (In Russ.) <http://doi.org/10.34031/2071-7318-2020-5-4-48-56>

4. Sands G, Filion P, Reese LA. Techs and the Cities: A New Economic Development Paradigm? *Urban Planning*. 2020;5(3):392–402. <http://dx.doi.org/10.17645/up.v5i3.2986>

5. Grant JL. The Creeping Conformity – and Potential Risks – of Contemporary Urbanism. *Urban Planning*. 2020;5(4):464–467. <http://dx.doi.org/10.17645/up.v5i4.3632>

6. Christaller W. Die zentralen Orte in Süd-deutschland. Jena: Gustav Fischer; 1933. 342 p.

7. Bolshakov AG, Skryabin PV. Urban development of the near-Olkhon territory: problems, principles and methods. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2020;10(1):140–151. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2020-1-140-151> (In Russ.)

8. Vladimirov VV. Settlement and ecology. Moscow: Strojizdat; 1996. 392 p. (In Russ.)

9. Vladimirov VV. Settlement and environment. Moscow: Strojizdat; 1982. 228 p. (In Russ.)

10. Mamin RG, Shchennikova GN, Volshanik VV. Geoecology and resource potential of Siberian regions. Moscow: ACB; 2010. 224 p. (In Russ.)

11. Cleave E, Arku G. Planning for Local Economic Development: Research into Policymaking and Practice. *Urban Planning*. 2020;5(3):319–322. <http://dx.doi.org/10.17645/up.v5i3.3679>

12. Thomson G, Newman P. Green Infrastructure and Biophilic Urbanism as Tools for Integrating Resource Efficient and Ecological Cities. *Urban Planning*. 2021;6(1):75–88. <http://dx.doi.org/10.17645/up.v6i1.3633>

13. Bush J, Ashley G, Foster B, Hall G. Integrating Green Infrastructure into Urban Planning: Developing Melbourne's Green Factor Tool. *Urban Planning*. 2021;6(1):20–31. <http://dx.doi.org/10.17645/up.v6i1.3515>

14. Balkenhol N, Cushman SA, Storfer AT, Waits LP. Landscape Genetics: Concepts, Methods, Applications. Wiley & Sons Ltd.; 2016. 288 p.

15. Osmond P, Wilkinson S. City Planning and Green Infrastructure: Embedding Ecology into Urban Decision-Making. *Urban Planning*. 2021;6(1):1–4. <http://dx.doi.org/10.17645/up.v6i1.3957>

16. Ogly BI. Formation of the centers of large cities in Siberia: urban planning and socio-cultural aspects. Novosibirsk: Publishing House of Novosibirsk Institute; 1999. 168 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Большаков Андрей Геннадьевич,
доктор архитектуры, профессор
кафедры архитектурного проектирования,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: andreybolsh@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0805-7207>

Скрябин Павел Владимирович,
кандидат архитектуры,
доцент кафедры градостроительства,
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
190005, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я
Красноармейская, д. 4, Россия,
✉e-mail: paulskryabin@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1903-6444>

Заявленный вклад авторов

Большаков А.Г., Скрябин П.В. имеют равные авторские права. Оба автора несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 21.04.2021.
Одобрена после рецензирования 18.05.2021.
Принята к публикации 19.05.2021.

Information about the authors

Andrej G. Bol'shakov,
Dr. of Architecture, Professor of the Department
of Architectural Design,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: andreybolsh@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0805-7207>

Pavel V. Skryabin,
Cand. Sci. (Arch.), Associate Professor
of the Department of Urban Planning,
Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering,
4 Vtoraya Krasnoarmeiskaya St.,
Saint Petersburg, 190005, Russia,
✉e-mail: paulskryabin@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1903-6444>

Contribution of the authors

Bol'shakov A.G., Skryabin P.V. have equal author's rights. Both authors bear the responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

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

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

The article was submitted 21.04.2021.
Approved after reviewing 18.05.2021.
Accepted for publication 19.05.2021.



Эволюция и модернизм церковной архитектуры Вены

© Н.М. Глебова¹, М. Кламер²

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

²Венский технический университет, г. Вена, Австрия

Резюме: Цель исследования – провести вводно-ознакомительный экскурс по истории архитектуры римско-католических церквей Вены для отслеживания эволюции в стилях и формообразовании при смене различных эпох на примере этих зданий, в особенности в 20-м столетии, и определить, как взаимодействовали архитекторы с их заказчиками-священнослужителями. Эта статья – введение перед циклом статей, раскрывающих и иллюстрирующих многообразие современной архитектуры в, казалось бы, консервативной и ограниченной рамками канонов религиозной архитектуры. Были проведены натурные обследования и фотофиксация более 100 исторических и современных церквей Вены, изучены научные публикации в этой области, преимущественно австрийских архитекторов и искусствоведов. Также рассмотрены основные исторические события, затронувшие Вену и религиозные конфессии на ее территории и приведшие к тому, что архитектура церквей претерпевала довольно серьезные изменения в градостроительном расположении, архитектурной композиции и формообразовании, дизайне экстерьера и интерьера, предоставив великое разнообразие визуальных образов и новых архитектурных идентичностей. Определено, как и почему модернизм и его направления отразились в венской сакральной архитектуре. В результате исследования удалось выяснить, как выстраивались взаимоотношения между церковью, обществом, искусством и архитектурой. Можно сделать вывод, что католическая церковь в эпоху современности довольно чутко откликается на происходящие в социуме явления и как заказчик прислушивается к мнению выдающихся австрийских архитекторов. В результате сакральная архитектура очень гибко меняет форму под потребности социума.

Ключевые слова: церкви, религиозные здания, сакральная архитектура, архитектурная идентичность, историзм, модернизм, брутализм

Для цитирования: Глебова Н.М., Кламер М. Эволюция и модернизм церковной архитектуры Вены. *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2021. Т. 11. № 2. С. 314–329. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-314-329>

Evolution and modernism of church architecture in Vienna

Natalia M. Glebova, Michael Klammer

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Vienna Technical University, Vienna, Austria

Abstract: The study aims to perform an introductory historical insight into the architecture of the Roman Catholic churches in Vienna to follow the style evolution and form making during the change of epochs, particularly in the 20th century, and to reveal how architects interacted with their customers – churchmen. This article is an introduction to a series of articles revealing and illustrating the diversity of modern architecture in seemingly conservative and canon-bound religious architecture. We carried out field studies and photo fixation of over a hundred historical and modern churches in Vienna and overviewed scientific literature in this field, mainly authored by Austrian architects and art historians. We reviewed the main historical events that affected Vienna and the religious denominations in its territory. They led to significant changes in church architecture in terms of city development plans, architectural composition and form making, design of the exterior and interior, hence a great variety of visual patterns and new architectural identities. It was determined how and why modernism and its movements were reflected in Vienna sacral architecture. The study unveils how the relationship between church, society, art and architecture was built. It can be concluded that the Catholic Church in the modern era responds to social phenomena and, as a customer, considers the opinion of

distinguished Austrian architects. As a result, sacred architecture flexibly alters its form to suit social needs.

Keywords: churches, religious buildings, sacred architecture, architectural identity, historicism, modernism, brutalism

For citation: Glebova NM, Klammer M. Evolution and modernism of church architecture in Vienna. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(2):314–329. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-314-329>

Введение

Нигде нет такого многообразия церковных построек, как в Вене, как в культурном, так и в историческом и особенно в архитектурном плане¹. Смена эпох и стилей на протяжении богатой истории и этническое разнообразие, которое свойственно Вене в силу ее центрального расположения в Европе, способствовали этому. Великие потрясения, религиозные разногласия, сопровождающие архитектуру в разные периоды, накладывали отпечаток на внешний вид и пространство церкви, постепенно создавая и трансформируя ее форму и идентичность. Период взлета научно-технического прогресса, социальных и религиозных реформ конца XIX – начала XX вв. произвели революцию в архитектурном формо- и стилеобразовании, и прокатившаяся по всему миру волна модернизма затронула и архитектуру венских церквей, породив еще больше разнообразнейших культовых строений² [1–6].

Методы

Натурные наблюдения более 100 церквей Вены позволили зафиксировать и эмпирически изучить их пространственные и визуальные особенности, угадать течения и тенденции, происходившие в процессе их эволюции, проследить изменения в формировании архитектурной идентичности в соответствии с изменениями в религиозной и культурной жизни. Эти тенденции узнаваемы в светской архитектуре, но особенный интерес вызывает именно отражение их в сакральной архитектуре (в отличие, например, от православных церквей, которые принципиально не меняли свои каноны и архитектурно-композиционное строение с течением истории, не реагируя так живо на социальные события). Максимум внимания сфокуси-

ровано на венских модернистских церквях XX в., показывающих поразительное разнообразие формы и дизайна.

Наблюдения и сравнительный анализ породили много вопросов и побудили к изучению истории европейской религии. На протяжении двухтысячелетнего существования христианства случалось немало разногласий, споров и войн, которые формировали национальную и архитектурную идентичности.

Результаты и их обсуждение

Еще в Средневековье после эпохи *Великих географических открытий* Римско-католическая церковь распространила свое влияние на разные части света и завоевала лидирующие позиции среди населения Австрии. После эпохи *готики* популяризацией церкви занимались деятели искусства и архитектуры эпохи Возрождения, которым покровительствовали римские папы. Католическая церковь обладала огромным влиянием и могуществом, но порой оставалась равнодушной к критике простых людей, недовольных расхождениями между проповедями и поступками священников. Церковнослужители, живя в роскоши, не соблюдали церковных обетов и устав, в связи с чем в XVI в. назрел период *Реформации*.

В 1517 г. в Германии христианский богослов Мартин Лютер путем создания ряда реформ совершил революцию в религиозно-церковных отношениях, определив новые правила этики и морали. Теперь духовенство не было «посредником» между людьми и Богом, а благопристойное поведение человека являлось выражением любви к Богу, а наивысшей ценностью было объявлено трудолюбие. Библию теперь каждый мог изучать самостоятельно, т.к. появился ее перевод на немецкий язык.

Император не принял новые религиозные правила, а лютеране (последователи Лютера)

¹Wiener Kirchen // Planet Vienna. Available from: <http://planet-vienna.com> [Accessed 02nd March 2021].

²Statistik Austria. Statistik des Bevölkerungsstandes: erstellt am 06.07.2020. Available from: https://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bevoelkerung/bevoelkerungsstand_und_veraenderung/bevoelkerung_im_jahresdurchschnitt/022312.html [Accessed 02nd March 2021];

Wiener Kirchen // Planet Vienna. Available from: <http://planet-vienna.com> [Accessed 02nd March 2021].

выразили ему протест и стали называться протестантами. Последовали вооруженные конфликты, которые окончательно завершились Аугсбургским религиозным миром (1555 г.). Согласно принципу *cuius regio, eius Religio* (правитель какой-либо территории определяет религию подданных) носители иных вероисповеданий более не считались еретиками, так, кроме католической, появилась протестантская церковь.

Постепенно большинство населения Австрии приняло протестантство. Реформация стала глубоким потрясением для католицизма. Целые страны порывали с римским Святым Престолом – Англия, Швеция, Дания и Норвегия, часть немецких и швейцарских земель. К протестантским церквям и религиозным общностям примкнула часть населения Франции, Нидерландов, Польши, Чехии и Венгрии.

Но позднее под властью Габсбургов католицизм как доминирующая конфессия был восстановлен. Воинствующий католицизм стал орудием Габсбургов в подавлении народного и освободительного движений. При Рудольфе II, правившем в 1576–1612 гг., началось наступление на протестантов, приобретавшее характер насильственной *Контрреформации* [7]. Социально-политическая борьба в Австрии XVI – сер. XVII вв. принимала форму ожесточённых столкновений сторонников Реформации и Контрреформации. В результате Контрреформации протестантов осталось совсем мало, и лишь самыми стойкими все еще тайно культивировался протестантизм, преимущественно в отдаленных районах. В 1608 г. Рудольф II в результате междоусобных столкновений, кроме Австрии, завладел королевством Венгрии и Моравии, а в 1611 г. – также Чехией, Силезией и Лужицей; с 1619 г. следующий император, Фердинанд II, был тесно связан с Испанией, что дало толчок антигабсбургскому Чешскому восстанию 1618–20 гг., послужившему началом общеевропейской религиозной Тридцатилетней войны 1618–48 гг., которая стала последней крупной религиозной войной в Европе и породила Вестфальскую систему международных отношений.

После османских завоеваний и падения Византийской империи многие балканские народы были вынуждены принять *ислам* (Болгария, Македония, Сербия и др.). Османская империя оказывала военную поддержку венграм и не католическим религиозным меньшинствам, жившим в занятой австрийцами части Венгрии. Их недоволь-

ство антипротестантской политикой императора Австрии Леопольда I Габсбурга росло [1] и вылилось в итоге в открытое восстание против Австрии, протестанты и прочие противники Габсбургов объединились с турками, а 12 сентября 1683 года после двухмесячной осады Вены войском Османской империи произошла Венская битва. Вся Вена тогда находилась в радиусе примерно 1,2 км от центрального собора Святого Стефана, включая укрепления и гласис (сегодня это 1-й район «Внутренний город»; до укреплений весь город находился в радиусе примерно 600 м от собора). Победа *христиан* в этой битве навсегда положила конец завоевательным войнам Османской империи на европейской земле и стала переломным событием в трёхвековой войне государств Центральной Европы против османов, а Австрия на десятилетия стала самой мощной ее державой.

В конце XVIII в. при императоре Иосифе II были приняты реформы *Просвещения* и, как их часть, Указы терпимости (или Патенты толерантности), которые позволили протестантским, православным, евангелическим церквям в землях Габсбургской короны более свободно исповедовать свою религию [2]. В патенте от 2 января 1782 года евреям также была предоставлена большая свобода исповедовать свою религию [8]. Однако *приоритет католической церкви* продолжал существовать.

В XVIII веке Австрия как государство переживала период подъёма. Положительными факторами были победы над Турцией и освобождение европейских территорий от чужой, неевропейской культуры. Однако присоединение новых территорий к Австрии и формирование Австрийской империи усложняло религиозную ситуацию. Она и до этого была конгломератом разных по культуре областей, но теперь их стало еще больше (например, Венгрия с 1686 г., северная Италия).

С 1690-х годов начался строительный бум, определивший *период барокко* и развитие австрийской столицы. На сожжённых турками территориях возникают роскошные загородные усадьбы, восстановлены, расширены и построены многочисленные церкви самого высокого архитектурного качества (например, Карлскирхе, Петерскирхе, Пиаристенкирхе). Мощественные светская и церковная власти Австрии становятся *заказчиками* и главными потребителями услуг архитекторов. В пригородах Вены ведется активная строительная деятельность как результат процветающей промышленности и роста населения.

Ярким представителем *венского барокко* является Карлскирхе (рис. 1). Архитектор

Иоганн Бернхард Фишер фон Эрлах к разработке композиции подошёл как истинный историк, в результате чего церковь Карлскирхе стала живой энциклопедией архитектуры и выглядит столь экзотично и эклектично. Фишер намеренно соединил и противопоставил разнородные исторические модели, выработанные историей архитектуры разных частей света. Такова была иконографическая программа. По сторонам «античного» портика из шести колонн коринфского ордера мы видим две триумфальные колонны высотой 33 метра наподобие колонны Траяна в Риме. Согласно легенде, столь необычная идея родилась у архитектора, когда он наблюдал с террасы на холме Пинчио в Риме купол собора Святого Петра и колонну Траяна, будто бы они расположены по соседству (на

самом деле нельзя увидеть эти памятники рядом)³. Однако архитектор использовал две колонны. Удвоение форм – это типично барочный приём, но, вопреки ему, колонны не стоят свободно, а вдвинуты в углубления фасада, а их площадки с «фонариками» напоминают «киоски» (навершая) мусульманских минаретов. На каждой площадке по четыре «китайских» золочёных дракона. Боковые объёмы созданы в барочном стиле, но в них специалисты усматривают сочетание ренессансных и восточных форм. Большой так называемый римский купол восходит, без сомнения, к куполу собора Святого Петра в Ватикане и отчасти к куполу Ф. Борромини римской церкви Сант-Аньезе-ин-Агоне, но в плане он не круглой, а овальной формы, вытянутой в глубину.



Рис. 1. Церковь Святого Карла Борromeо (Карлскирхе), Вена, 1716–1737. Архитекторы Иоганн Бернхард Фишер фон Эрлах, Йозеф Эмануэль Фишер фон Эрлах. Фото М. Кламера, 2020

Fig. 1. Church of St. Karl Borromeo (Karlskirche), Vienna, 1716–1737. Architects Johann Bernhard Fischer von Erlach, Joseph Emanuel Fischer von Erlach. Photo by M. Klamer, 2020

События начала XIX в. – период наполеоновских войн, победа, необычно сильное наводнение на Дунае в 1830 г., революция 1848 г. – дали толчок новому строительству и новой политической системе. В это же время начинается интенсивная индустриализация и рост населения. В 1848–1849 годах в Австрии было ликвидировано феодальное помещичье землевладение, сформировались коммуны, которые были подчинены Венскому городскому совету [1]. Этот период получил название *эпохи эрндерства* (нем. *Gründerzeit*). В 1850 году пригороды Вены были присоединены к городу и стали его районами со второго по девятый, в

1858 году по приказу императора Франца Иосифа I защитные стены города были снесены, а на месте гласиса – защитного зеленого массива, окруженного сплошным земляным валом, – расположилась знаменитая великолепная Рингштрассе (в 1857 г.) [3]. Всемирная выставка в Вене 1873 года вызвала приток мигрантов, и к 1910 г. ее население составляло 2 031 000 человек. Вена по численности населения стала четвёртым городом мира после Нью-Йорка, Лондона и Парижа.

В середине XIX века пригороды, которые существовали со времен Средневековья и которые после турецкой осады сильно выросли и застраивались примерно с 1700 года («произ-

³Wiener Kirchen // Planet Vienna. Available from: <http://planet-vienna.com> [Accessed 02nd March 2021].

водственный период»), были включены в состав города Вены. Таким образом, в 1850 году Вена имела радиус около 2,5 км вокруг собора Святого Стефана (сегодня районы 1–9 – «Внутренний город» и «Внутренние районы»)⁴.

В конце XIX века город снова расширили и включили в него пригороды. Радиус застроенной территории вырос примерно до 4–5 км к концу австро-венгерской монархии. Примерно к середине XX века административная зона Вены приобрела нынешние размеры с радиусом 10–12 км («Внешние районы»). Тогда застройка еще не достигла административных границ города. Это произошло только после Второй мировой войны за счет промышленных зон и новых жилых комплексов. Тем не менее на окраинах Вены

по-прежнему есть большие сплошные неосвоенные открытые пространства. Они были юридически защищены от застройки с начала XX века по определению «Венской лесной и луговой полосы» и включают в себя горы на западе города с частями Венского леса, речным и пойменным ландшафтом вдоль Дуная с частями национального парка «Донау-Марч-Тайя-Ауэн» на юго-востоке, а также большими сельхозугодиями на юге и востоке⁵.

Большинство из примерно тридцати крупных церквей, построенных в Вене между 1880 и 1914 гг., имеют традиционные формы. По типу здания это базилики, в них преобладают стили историзма, особенно неоготика и неороманский стили (Вотивкирхе на Рингштрассе, Антонскирхе (рис. 2)) [3, 4].

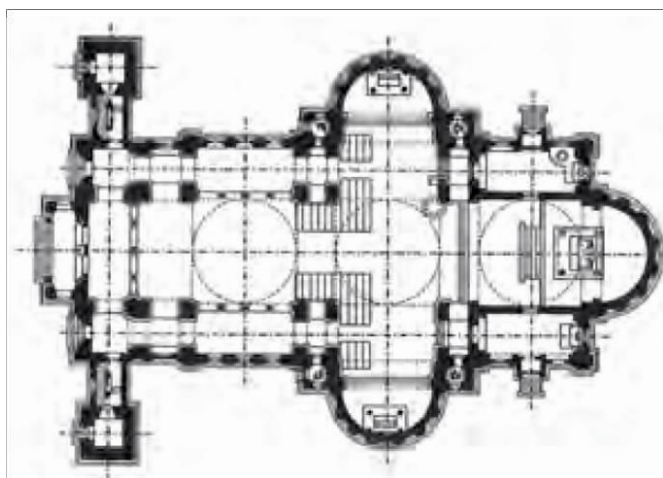


Рис. 2. Римско-католическая церковь Антонскирхе, 1896–1902. Архитекторы Франц фон Нейман, Йозеф Шмальцхофер. План [5]. Фото М. Кламера, 2020

Fig. 2. Roman Catholic church Antonskirche, 1896–1902. Architects Franz von Neumann, Josef Schmaltschofer. Plan [5]. Photo by M. Klammer, 2020

В отличие от предыдущих культурно-исторических эпох для историзма XIX века характерен плюрализм. В этот период в Австрии церкви строились в основном в романском или готическом стилях, иногда барокко; ратуши были часто готическими; театры – в стилях ренессанс или барокко; университеты – в стиле ренессанс; парламенты, администрация – часто классические. Важные здания в стиле историзма (особенно в Вене) отличаются выдающейся архитектурой и мастерством исполнения. Мастера и

художники работали, как их предки, во взаимосвязи с историзмом. Причина такой «привязанности» венского сакрального здания к данному стилю может быть в первую очередь связана с канонами и требованиями официальной церкви: в папских энцикликах в целом отражалось негативное отношение к новым идеям и современным достижениям. Поэтому архитекторы прибегают к традиционным стилям как условию, необходимому для строительства сакрального здания (лат. *conditio sine qua non des cuislicheu Sakralbaus*). Однако церковная архитектура,

⁴Statistik Austria: Statistisches Jahrbuch 2015. Statistik Austria, Statistik des Bevölkerungsstandes. Erstellt am 06.07.2020.

⁵Statistik Austria: Statistisches Jahrbuch 2015. 2.02 Bevölkerung 1527 bis 2013 nach Bundesländern (heutiger Gebietsstand). 40 S. Available from: http://www.statistik.at/web_de/static/k02_054401.pdf [Accessed 02nd March 2021]; Statistik Austria. Statistik des Bevölkerungsstandes: erstellt am 06.07.2020. Available from: https://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bevoelkerung/bevoelkerungsstand_und_veraenderung/bevoelkerung_im_jahresdurchschnitt/022312.html [Accessed 02nd March 2021].

безусловно, двигалась в ногу со временем, поскольку историзм одобряли не все архитекторы. Одним из его критиков являлся видный австрийский архитектор Отто Вагнер.

Адольф Лоос, отвергавший историзм, усматривал в нем центральную проблему Вены [4]. Вероятно, в связи с этим вслед за архитектурой в стиле Рингштрассе в конце XIX века в светской архитектуре стал популярным элегантный стиль венский модерн, представлявший собой уже революционно новые формы. Примерно в это же время появляются совершенно новые проекты церквей. Параллельно в католицизме возникает литургическое движение – глубокий философско-богословский переворот около 1900 г., основа для переосмысления церкви и ее архитектурной формы. В результате данного движения возникают литургические реформы. Если раньше священник рассматривался как единственный существенный субъект мессы, а прихожанам отдавалась лишь пассивная восприимчивая роль, то теперь верующие должны были принимать широкое участие в литургии (об этом говорится в Римском миссале 1884 г.). Эти тенденции к литургическому обновлению были усилены в начале двадцатого века указами

Папы Пия X, в которых «первым и незаменимым источником истинно христианского духа» было активное участие «верующих» в совершении священного празднества. Теперь это должно было быть делом всего христианского сообщества. Поворотным моментом стала программа Висбадена 1891 года, в которой призыв к равенству слова и таинства предполагает отмену пространственного разделения хора и нефа и объединение пространства церкви. В итоге в 1894 году на Строительном конгрессе церкви в Берлине было заявлено, что алтарь должен стать центром церкви, не только символическим, но и реальным; а на Дрезденском конгрессе по строительству церковных зданий в 1906 году были высказывания против имитации историзма. Всё это стало важной основой для далеко идущих изменений, которые произошли в строительстве католических церквей в XX веке. Перемены коснулись и протестантов. Важными представителями и пионерами новой христианской сакральной архитектуры межвоенного периода в немецкоязычных странах являются архитекторы Доминик Бём, Рудольф Шварц, Отто Бартнинг и Клеменс Хольцмайстер. Но первой церковью в *совершенно новом стиле* – в стиле венского модерна – стала церковь Ам-Штайнхоф [6] Отто Вагнера (рис. 3).



Рис. 3. Католическая церковь Ам-Штайнхоф (нем. *Kirche am Steinhof*; также церковь Святого Леопольда, нем. *Kirche zum heiligen Leopold*), 1903–1907. Архитектор Отто Вагнер. План [6]. Фото М. Кламера, 2020

Fig. 3. Catholic church am Steinhof (Germ. *Kirche am Steinhof*; also the church of Saint Leopold, Germ. *Kirche zum heiligen Leopold*), 1903–1907. Architect Otto Wagner. Plan [6]. Photo by M. Klamer, 2020

Именно она ознаменовала собой начало эпохи *современности* и радикальный разрыв с австрийскими традициями церковного

строительства Вены. Это уже было сенсацией для современников, Рудольф Шварц⁶, пионер современной католической сакральной архитек-

⁶Архитектурная энциклопедия. Архитектурный центр Вены [Электронный ресурс]. URL: <http://www.architektenlexikon.at> (02.03.2021).

туры, в 1956 г. провозгласил ее первой действительно новой церковью. В своей основополагающей публикации «Современная архитектура 1896 года» и в исследовании «Модернизм в церковных зданиях» 1899 г., посвященном «идеальному церковному дизайну», О. Вагнер призвал к адаптации сакральных зданий к современным требованиям, придавая огромное значение функциональности. Отказавшись от традиций церковного строительства, он сделал свой идеальный проект – церковь в Штайнгхофе – центральное здание на холме с куполом сложной формы над планом латинского креста. Церковь отличается простор, хорошая акустика, идеальный вид на алтарь. В 1910–1913 гг., всего через несколько лет после новаторской работы Отто Вагнера, его ученик Йозе Плечник⁷ построил церковь Святого Духа в районе Оттакринг в Вене (рис. 4) – одно из самых ранних священных зданий в

Европе, с видимой открытой фактурой железобетона как характерным элементом дизайна [4]. Интересно, что открытый бетон получился случайно: церковь не планировалась столь радикально современной, какой мы ее видим сегодня, снаружи Й. Плечник изначально предусматривал каменную облицовку железобетонных столбов или специальный пластик «под кирпич»; в интерьере строгие бетонные стены должны были быть оживлены цветным орнаментом. Железобетон виден снаружи, создавая «бруталистский» вид. В интерьере же конструкции оштукатурены, но благодаря железобетону открывают совершенно новые возможности: продольные стены церкви (базилики) больше не должны опираться на колонны, а удерживаются в подвешенном состоянии двумя железобетонными балками, консольными по всей длине церкви. Это позволяет получить зал с совершенно беспрепятственным видом на алтарь (рис. 4).



Рис. 4. Католическая церковь Святого Духа (нем. *Zum Heiligen Geist*), 1910–1913.

Архитектор Йозе Плечник. Фото М. Кламера, Н.М. Глебовой, 2020

Fig. 4. Catholic church of the Holy Spirit (Germ. *Zum Heiligen Geist*), 1910–1913.

Architect Jože Plečnik. Photo by M. Klammer, N.M. Gebova, 2020

⁷Архитектурный центр Вены [Электронный ресурс] // Архитектурная энциклопедия. URL: <http://www.architektenlexikon.at> (02.03.2021).

Конец мировой войны 1914–1918 гг. ознаменовал и падение австро-венгерской монархии. В 1919 г. Австрия была провозглашена республикой.

«Стимулятором религиозного обновления» [4] в Австрии и развития «нового церковного искусства» был Пий Парш (1884–1954), каноник и профессор пастырского богословия в аббатстве Клостернойбург. Священнослужитель теперь приблизился к прихожанам, что сделало необходимым полностью переделать святилище. Поскольку в это время преобладал *экспрессионистский* архитектурный стиль, он был перенесен и на церковное строительство. Идеи христоцентричного церковного строительства были

реализованы в первую очередь Домиником Бёмом, который изменил традиционную планировку церкви (апсида, главный алтарь, боковые проходы, длинный неф) и в 1920-х гг. разработал множество новаторских проектов. В Вене идеи П. Парша проявлялись прежде всего в церкви Роберта Крамрайтера, магистранта Петера Беренса в Венской академии изящных искусств, который пришел в сакральную архитектуру, вероятно, по предложению Доминика Бёма, в чьем архитектурном бюро в Кельне он работал в 1928–1932 гг. Он построил множество церквей, среди которых приходская церковь Флоридсдорф (рис. 5) и католическая церковь Девы Марии, Матери Божьей и Благодати (рис. 6) в Вене.

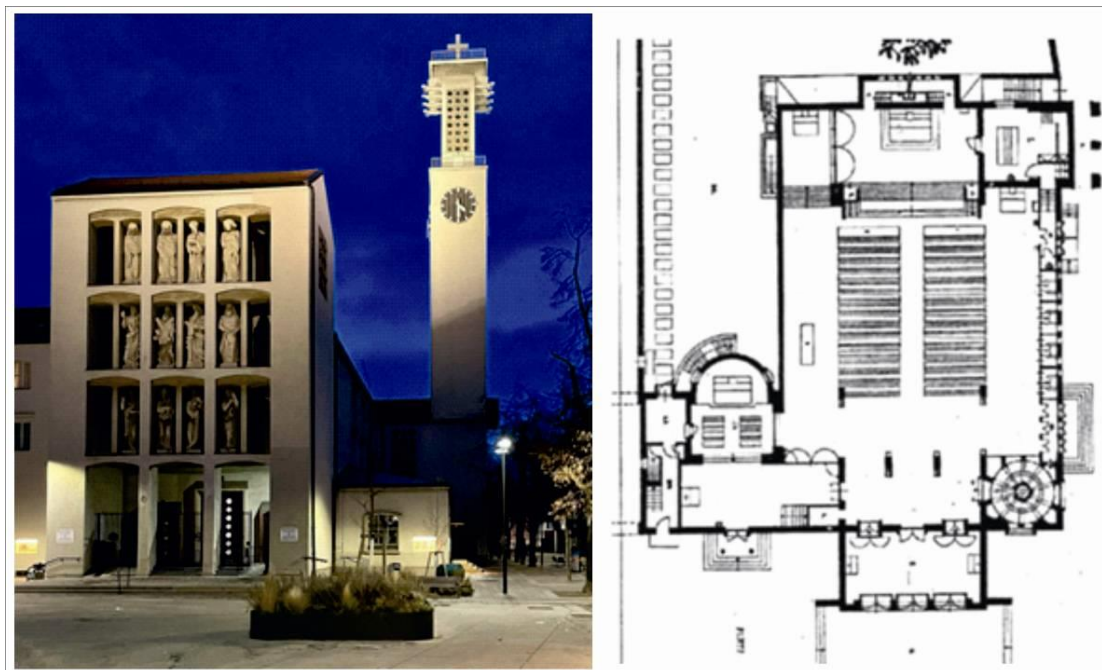


Рис. 5. Католическая церковь Флоридсдорф, 1936–1938. Архитектор Роберт Крамрайтер. План⁸.
Фото М. Кламера, 2020

Fig. 5. Catholic church Floridsdorf, 1936–1938. Architect Robert Kramreiter. Plan. Photo by M. Klammer, 2020

Помимо Роберта Крамрайтера, архитектурное проектирование церквей в Вене во время Первой республики в первую очередь осуществляли Рудольф Шварц (рис. 7), Карл Хоули, Йозеф Витиска и Клеменс Хольцмайстер⁹ (великий австрийский церковный *экспрессионист*).

Роберт Крамрайтер и Клеменс Хольцмайстер (рис. 8) передали свою новую философию устройства церквей в содружестве

со Вторым Ватиканским собором молодому поколению архитекторов, которые работали в Вене после 1945 года, когда город был в руинах и требовалось реставрировать, реконструировать и отстраивать новые церкви помимо жилья.

Надо отметить, что религия и религиозные сооружения выполняли на тот момент (и по сей день) отчасти функцию психологической помощи и поддержки людей, особенно в послевоен-

⁸Lowitzer O. Kirchenbauten in Österreich 1945–1970. Studien zum Kirchenbau im Spannungsfeld von Architektur-Strömungen, Liturgischer Bewegung und kirchlicher Kunstauauffassung: dissertation. Angestrebter akademischer Grad: Doktor der Philosophie (Dr.phil.). Universität Wien, 2007. 237 S.

⁹Архитектурный центр Вены [Электронный ресурс] // Архитектурная энциклопедия. URL: <http://www.architektenlexikon.at> (02.03.2021).

ное время. Магистерская школа Клеменса Хольцмайстера в Венской академии изящных искусств превратилась в центр для молодых авангардных строителей церквей.

Иногда воплощались сенсационные проекты его учеников, например приходская церковь Обербаумгартен Иоганна Георга Гстоя (рис. 9).



Рис. 6. Католическая церковь Девы Марии, Матери Божьей и Благодати (нем. *Katholische Kirche Maria, Mutter der göttlichen Gnade*), 1953–1955. Архитектор Роберт Крамрайтер. Фото М. Кламера, 2021

Fig. 6. Catholic church of Virgin Mary, Mother of God and Grace (Germ. *Katholische Kirche Maria, Mutter der göttlichen Gnade*), 1953–1955. Architect Robert Kramreiter. Photo by M. Klammer, 2021



Рис. 7. Приходская католическая церковь Святого Флориана (нем. *Pfarrkirche St. Florian*), 1959–1963. Архитектор Рудольф Шварц. Слева – изображение из книги *Wiener Kirchenbau nach 1945* [4], справа – фото М. Кламера, 2021

Fig. 7. Catholic church of St. Florian (Germ. *Pfarrkirche St. Florian*), 1959–1963. Architect Rudolf Schwartz. Left – picture from *Wiener Kirchenbau nach 1945* [4], on the right – photo by M. Klammer, 2021

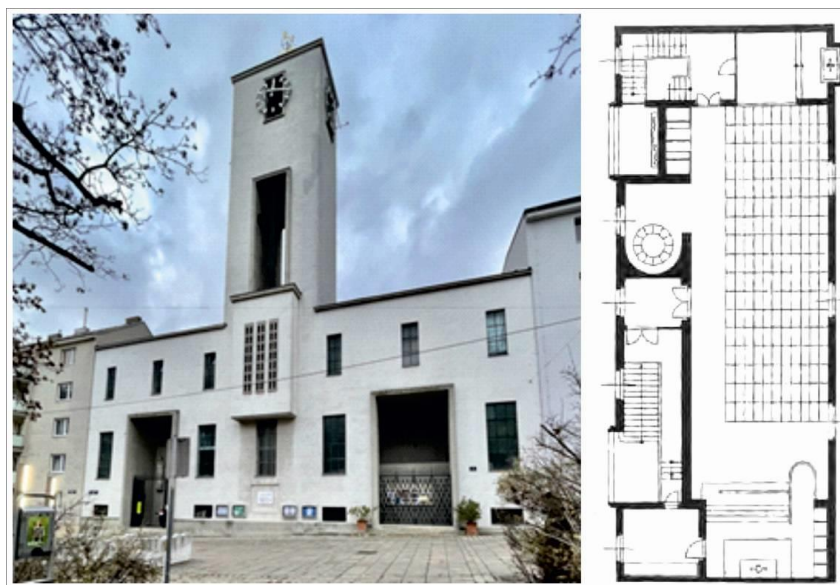


Рис. 8. Католическая церковь Франц фон Залес (нем. *Pfarrkirche Katholische Kirche Franz von Sales*), 1931–1932. Архитектор Клеменс Хольцмайстер. План [9]. Фото М. Кламера, 2021
Fig. 8. Catholic church Franz von Sales (Germ. *Pfarrkirche Katholische Kirche Franz von Sales*), 1931–1932. Architect Clemens Holzmaister. Plan [9]. Photo by M. Klamer, 2021

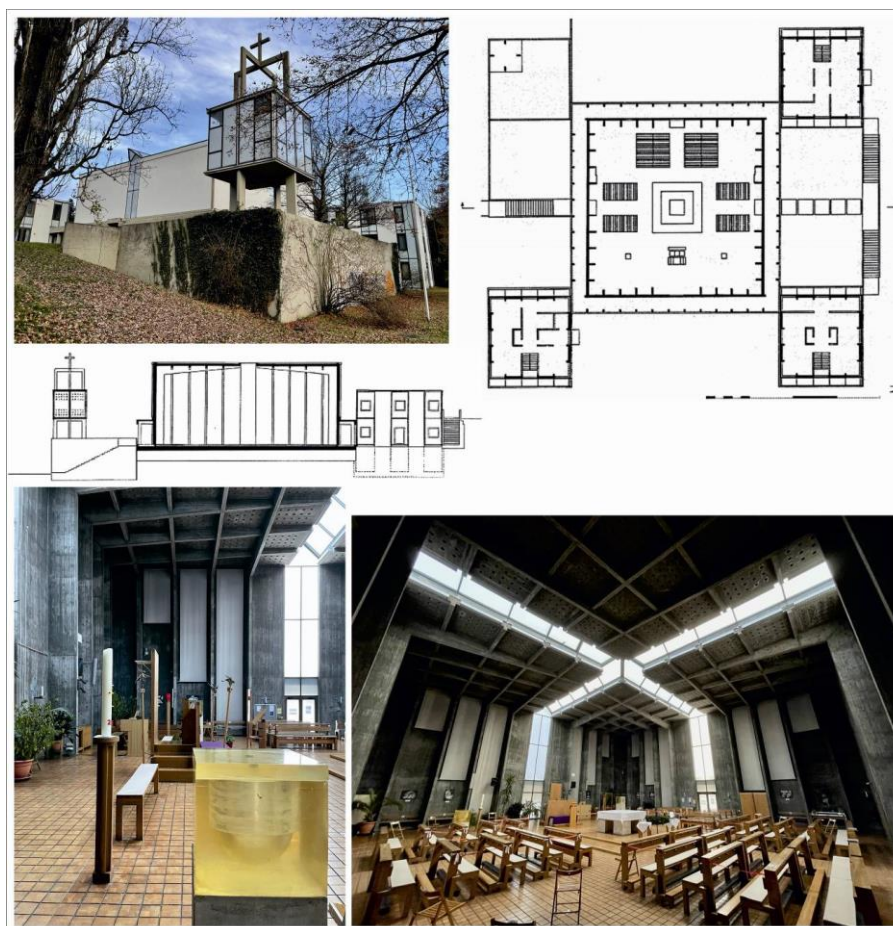


Рис. 9. Приходская католическая церковь Обербаумгартен (нем. *Pfarrkirche Oberbaumgarten*), 1962–1965. Архитектор Иоганн Георг Гстой. Планифасад [6]. Фото М. Кламера, 2021
Fig. 9. Catholic church Oberbaumgarten (Germ. *Pfarrkirche Oberbaumgarten*), 1962–1965. Architect Johann Georg Gsteu. Plan and facade [6]. Photo by M. Klamer, 2021

Важные католические реформы были приняты на II Ватиканском соборе (1962–1965 гг.), который институционализировал усилия литургического движения с 1920-х годов по переопределению самооценки церкви и роли мирян в богослужении – аналогичные события ранее имели место и в протестантской церкви.

Реконструкция литургии, которая предусматривала усиление роли общества, более понятный диалог церкви с современным обществом [9], открыла путь к новым пространственным концепциям и формам строительства. На этом фоне, начиная с 1950-х годов, сакральные здания становились приоритетной областью для прогрессивных архитекторов. Как важное поле для экспериментов в современности, церковная архитектура достигла творческого расцвета благодаря деятельности Ле Корбюзье, Оскара Нимейера, Людвиг Мис ван дер Роз и Эгона Эйерманна.

В дополнение к работам по реконструкции и строительству церковных сооружений в пригородах Вены, деятельность католиков в области строительства в 1950-х и 1960-х годах характеризовалась сокращением церковного дефицита, который существовал с XIX века. В исследованиях 1950-х годов количественно оценена нехватка католических сакральных зданий в Вене от 40 до 100, что стало предпосылкой для реализации грандиозной программы строительства, которая управлялась на основе организационных нововведений, таких как учреждение независимого строительного управления (1945 г.) и Института церковных социальных исследований (1952 г.), а также введение церковной «ссуды на продление» на долевого основе ответственности церкви за строительство и содержание моленных домов, которая предоставлялась с 1939 г.

Фридрих Куррент, Йозеф Лакнер, Йоханнес Шпальт¹⁰ прошли обучение в начале десятилетия в Венской академии изящных искусств в классе Клеменса Хольцмайстера [10]. Рабочая группа 4 (Вильгельм Хольцбауэр, Фридрих Куррент, Йоханнес

Шпальт¹¹) курировала выставку «Церкви нашего времени» в соборе Святого Стефана весной 1956 г., кроме того, эта группа архитекторов достигла значительных успехов в церковном строительстве.

В результате значительных доходов от пожертвований церкви и церковной ссуды в конце 1950-х годов начал проводиться широкий спектр новых строительных работ, которые продолжались на высоком уровне примерно до 1975 г. Таким образом, в период с 1960 по 1975 года было построено 25 приходских церквей, 17 церквей в пригородах Вены и 7 приходских центров. Со стороны протестантской религии в 1960-х тоже начался «бум» церковного строительства.

На Втором Ватиканском соборе (1962–1965 гг.) произошла глубокая реформа католической церкви, в результате которой была заменена контрреформационная литургия Тридентина, действовавшая в течение 400 лет. Институционализация требований литургического движения собором, который предусматривал активное участие общины в богослужении, «имела далеко идущие последствия для новых и существующих церквей»¹² [4]. Провозглашенные в декабре 1963 г. статьи литургической конституции, относящиеся к сакральным зданиям, были намеренно сформулированы в общих чертах: единственное функциональное требование, которое было выдвинуто, заключалось в том, чтобы церкви были пригодны для литургических торжеств и активного участия верующих в богослужении (статья 124). Что касается дизайна, было сказано, что *художнику будет предоставлена полная свобода действий*.

Многочисленные дебаты по десакрализации, которые проводились в обеих конфессиях с начала 1960-х годов, касались вопроса о том, является ли «сакральность» априори эстетико-архитектурной. Имманентное в церковном строительстве представление о том, что церковь не следует понимать в первую очередь как памятник человеческому стремлению к вечности, а скорее она должна служить обществу, привело к появлению с 1960-х годов церквей более нейтрального облика, с большей гибкостью пространства. Пришло новое поколение

¹⁰Архитектурный центр Вены [Электронный ресурс] // Архитектурная энциклопедия. URL: <http://www.architektenlexikon.at> (02.03.2021);

Lowitzer O. Kirchenbauten in Österreich 1945–1970. Studien zum Kirchenbau im Spannungsfeld von Architektur-Strömungen, Liturgischer Bewegung und kirchlicher Kunstauffassung: dissertation. Angestrebter akademischer Grad: Doktor der Philosophie (Dr.phil.). Universität Wien, 2007. 237 S.

¹¹Архитектурный центр Вены [Электронный ресурс] // Архитектурная энциклопедия. URL: <http://www.architektenlexikon.at> (02.03.2021).

¹²Lowitzer O. Kirchenbauten in Österreich 1945–1970. Studien zum Kirchenbau im Spannungsfeld von Architektur-Strömungen, Liturgischer Bewegung und kirchlicher Kunstauffassung: dissertation. Angestrebter akademischer Grad: Doktor der Philosophie (Dr.phil.). Universität Wien, 2007. 237 S.

архитекторов с новыми революционными взглядами и с качественным фундаментальным образованием, полученным от своих учителей.

В некоторых случаях произошло структурное переосмысление христианского символизма: христианский крест в форме световых полос, характерных для пространства церкви, эффективно использовался в самых «рационалистических» зданиях, таких как приходская церковь Иоганна Георга Гстоя в Обербаумгартене (рис. 9) или других церквях.

Несмотря на фундаментальные различия в форме плана этажа и понимании церкви, венское сакральное здание 1960-х и начала 1970-х годов показало тенденцию к четко очерченным кубическим зданиям на простых геометрических планах этажей. Квадрат теперь характеризовал венский авангард.

Квадратное центральное здание было важной частью церковных построек 1960-х и начала 1970-х годов в Вене и Австрии. Квадрат как бы случайно собирал прихожан вокруг центра церкви, в которой находился жертвенный стол, фигура Христа и священник. Таким образом, прихожане теперь были активными участниками богослужения.

С использованием системы пропорций, основанной на квадратном модуле, которая подчеркивает систему до мельчайших деталей, был создан наиболее последовательный дизайн квадратного пространства. С другой стороны, Йозеф Лакнер создал полностью интровертное здание.

Под «парящим» кессонным потолком из листового стали чувственное пространство воспринималось исключительно сверху, окруженное двухэтажным внутренним фасадом из бетонных элементов (рис. 10).

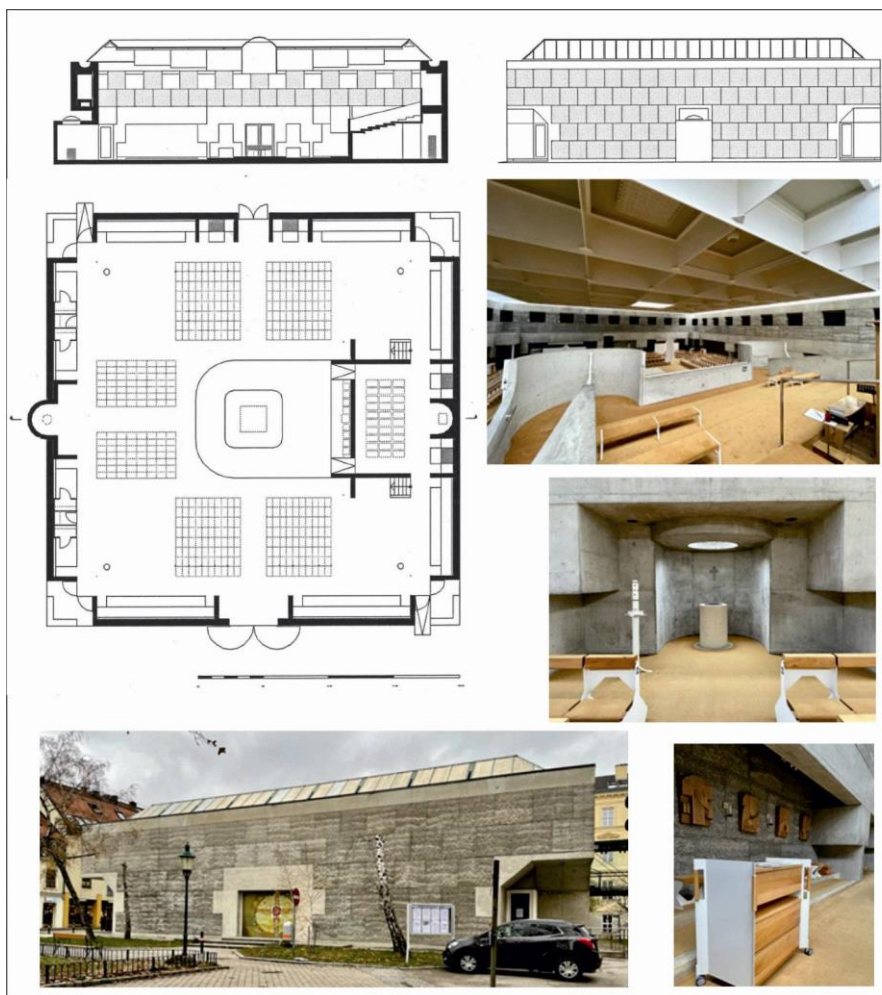


Рис. 10. Совет Мемориальной церкви Лайнц Спайзинг (нем. *Konzilsgedächtniskirche Lainz Speising*), 1966–1968. Архитектор Йозеф Лакнер. Фасады [4], план [6]. Фото М. Кламера, 2021

Fig. 10. Council Memorial Church (Germ. *Konzilsgedächtniskirche Lainz Speising*), 1966–1968. Architect Josef Lackner. Fasade [4], plan [6]. Photo by M. Klammer, 2021

Архитектурный церковный бум постепенно пошел на спад с середины 1970-х годов и резко снизился с 1985 г. Архитектор Йоханнес Спальт развил конструктивные принципы рабочей группы 4, создав церковь Сальватор в Винерфельде (1977–1979 гг.). Это был уже целый общественный центр, который объединил все функциональные зоны приходской церкви и общественного зала под консольным навесом. Заимствуя тради-

ционные типологии и вдохновляясь японской традиционной архитектурой, здание несет в себе уже нотки *постмодернизма*. Архитектор Фриц Вотруба в своем проекте храма Святой Троицы (рис. 11) [10] на горе Горгенберг *деконструирует* каждую рационально понятную форму и создает скульптурный горный хребет из бетонных блоков, что было беспрецедентным в Вене.

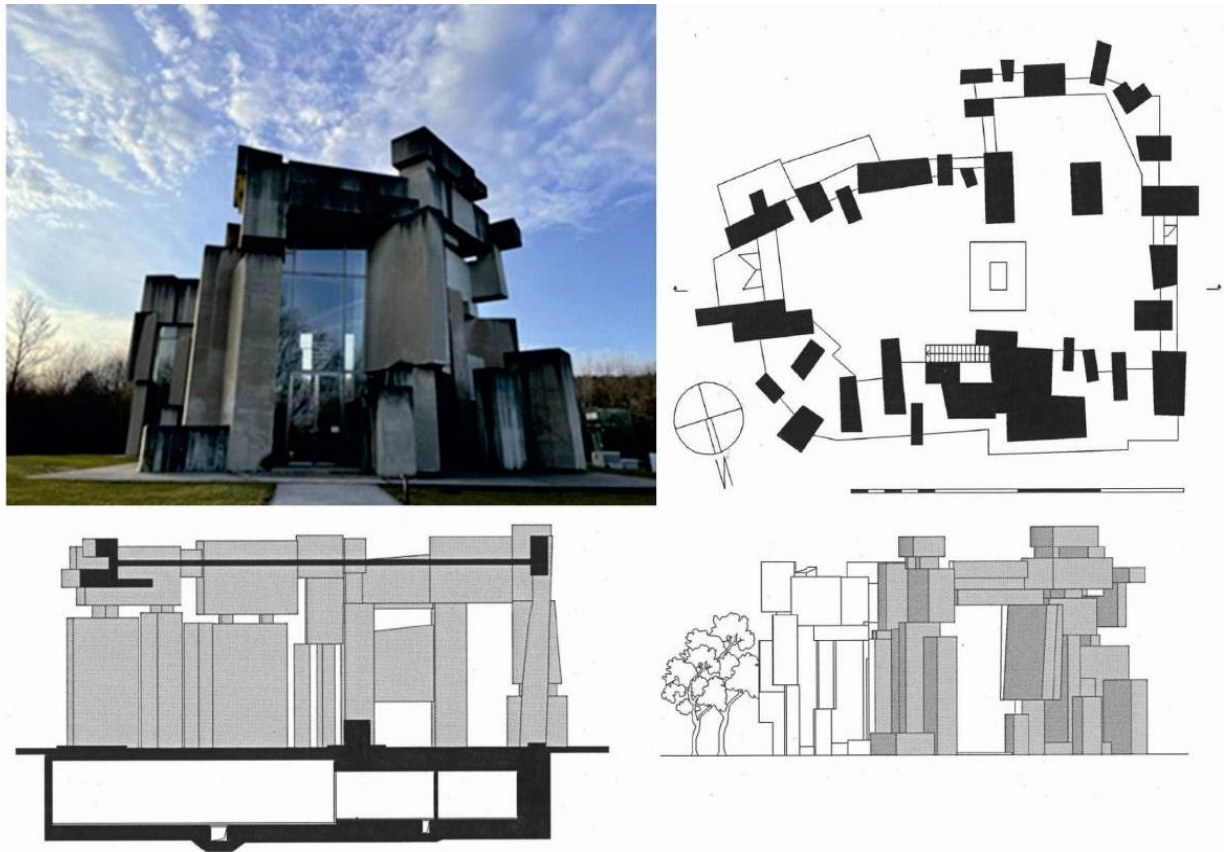


Рис. 11. Католический храм Святой Троицы (нем. *Kirche Zur Heiligsten Dreifaltigkeit*), 1973–1976. Архитектор Фриц Вотруба. План, разрез, фасад [4]. Фото М. Кламера, 2021

Fig. 11. Catholic Church of the Holy Trinity (Germ. *Kirche Zur Heiligsten Dreifaltigkeit*), 1973–1976. Architect Fritz Wotruba. Plan, fasade, section [4]. Photo by M. Klammer, 2021

Бросается в глаза особое положение Академии художеств как «кадровой кузницы» церковного строительства после 1945 г.; тенденция, которая началась с учения Отто Вагнера (1894–1918 гг.), развивалась Клеменсом Хольцмайстером (1924–1938 гг.; 1947–1957 гг.) и Роландом Райнером (1956–1980 гг.) [4]. Представители «героической фазы австрийского церковного строительства» 1960-х годов смогли передать свой опыт учителей дизайна в Германии (Куррент, Гстой, Уль), Вене (Хольцбауэр, Шпальт) и Инсбруке (Лакнер, Тесар (рис. 12)) под знаком «квадрат».

Закключение

Наблюдая за сакральной венской архитектурой на протяжении истории, мы можем заметить, как она, подобно зеркалу, чутко и пластично отражает всё происходящее в обществе через форму, структуру, композицию, материал и декор. Роскошь и пышность во времена барокко сменяются некоторой ностальгией по прошлому и его историческим стилям, интерпретируемым в неороманском стиле, неоготике, неоклассицизме. Изысканный венский модерн возносит прекрасное творение Отто Вагнера на холме Штайнхоф над Веной, олицетворяя собой новое время перемен.

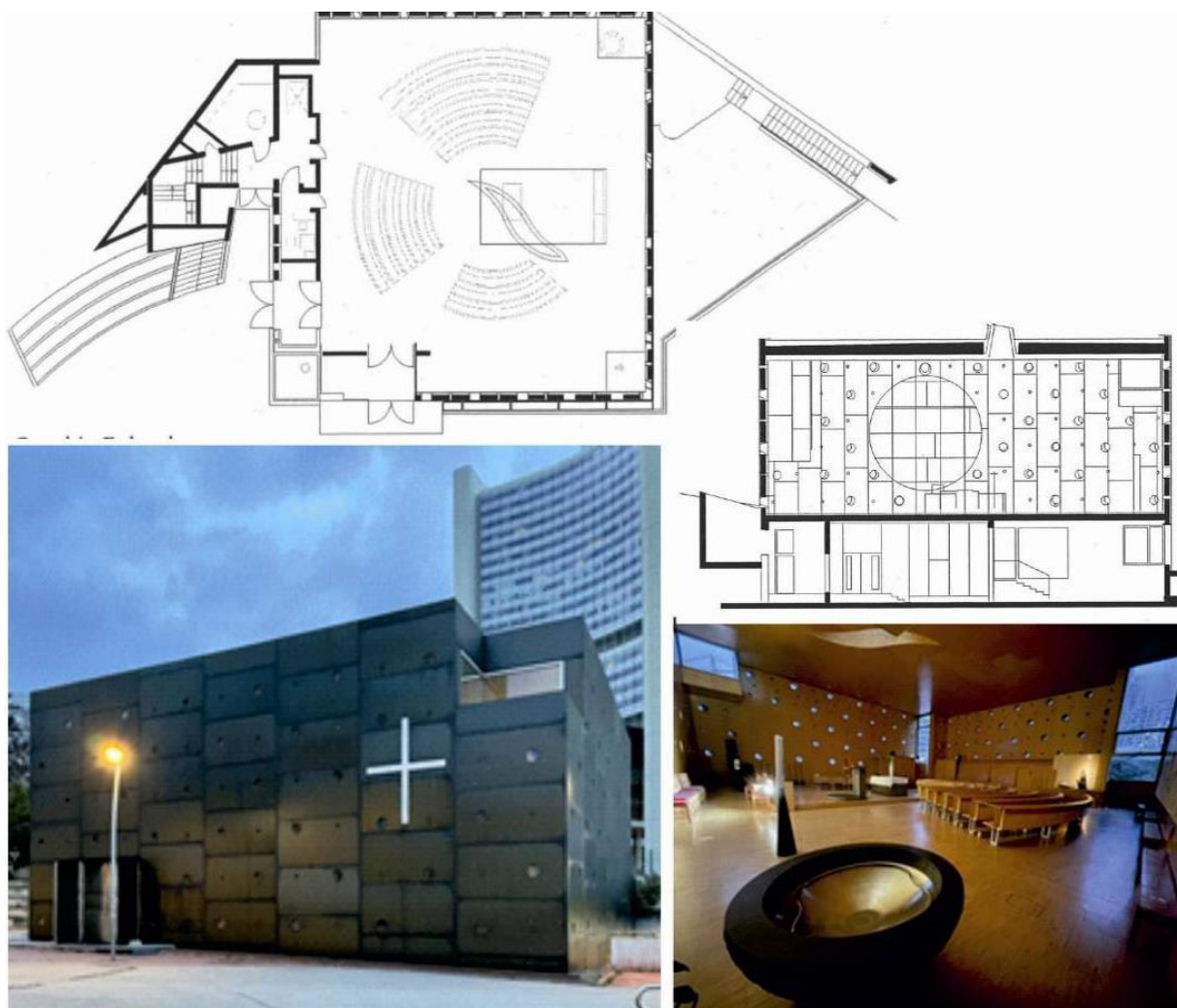


Рис. 12. Донауситикирхе (нем. *Donaucity-Kirche*), 1999–2000. Архитектор Хайнц Тесар.
Планиразрез [4]. Фото М. Кламера

Fig. 12. Catholic Church Donau City Church (Germ. *Donaucity-Kirche*), 1999–2000.
Architect Heinz Tesar. Plan and section [4]. Photo of M. Klammer

Благодаря выдающимся прогрессивным австрийским архитекторам и их заказчикам, а точнее их интеллектуальной коллаборации, мы можем наблюдать все многочисленные течения и направления модернизма на примере уникальных объектов сакральной архитектуры. Можно сделать вывод, что в отличие от прошлых времен, полных строгих правил, рамок и ограничений, век модернизма провозглашает практически полную свободу в мире искусства и архитектуры, и даже строгие религиозные рамки не в силах остановить творческий порыв.

Венская современная сакральная архитектура поражает разнообразием. Практически каждое здание уникально. Но если говорить о прошлых исторических эпохах, каждая из них классифицируется и угадывается

в принадлежащих ей строениях по определенным схожим признакам и параметрам. Сакральная архитектура через планировочную структуру, форму и общий внешний облик отражает изменения, происходящие в науке и обществе, но медленно, оставаясь на протяжении веков практически неизменной. Мы можем отличить барочную церковь от готической, а церковь, построенную в стиле классицизма, от церкви в стиле неоклассицизма. Это говорит о том, что во времена Средневековья вплоть до начала XX в. католическая церковь была достаточно консервативна, активно сопротивлялась любым новшествам и новым идеологиям, иногда даже была очень воинственно настроена. Менялась она лишь из-за больших исторических потрясений, в течение столетий.

Но в конце XIX – начале XX вв. ситуация кардинально меняется – демократия и плюра-

лизм в обществе нашли свое отражение в религии и очень хорошо прослеживаются в религиозных строениях эпохи модернизма – в их поразительном многообразии планировочной структуры, форм, материалов, общего внешнего облика. Это говорит о том, что современная католическая церковь очень чувствительна к ожиданиям обычных людей, живо реагирует на многие явления, происходящие в обществе. Она готова идти им

навстречу, прислушиваясь к мнению архитекторов, выступающих посредниками между религией и обществом, отзывчиво и пластично откликаясь формой на требования. И сейчас открытость и защита католической церкви очень заметны. В период пандемии 2020 г., когда все учреждения были закрыты и религиозные мессы отменены, а люди испытывали страх и тревогу, вход в церковь был свободен, и каждый мог прийти и найти в ней успокоение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Csendes P. Geschichte Wiens. 2. Auflage. Wien: Verlag für Geschichte und Politik, 1990. 212 S.
2. Stemberger G. (Hrsg.). 2000 Jahre Christentum. Illustrierte Kirchengeschichte in Farbe. Herrsching: Pawlak, 1983. 539 S.
3. Кламер М., Глебова Н.М. Общественные парадные пространства Венского Ринга – из истории в современность // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2016. № 2 (17). С. 228–243. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2016-2-228-243>
4. Bäumler A.K., Zeese A. Wiener Kirchenbau nach 1945. Wien: Denkmalpflege und industriearchäologie Technische Universität, 2007. 139 S.
5. Achleitner F. Österreichische Architektur im 20. Jahrhundert. Band III/1. Wien 1.-12. Bezirk. Salzburg: Residenz Verlag, 2010. 331 S.
6. Achleitner F. Österreichische Architektur im 20. Jahrhundert. Band III/2. Wien 13.-18. Bezirk. Salzburg: Residenz Verlag, 1995. 256 S.
7. Кудрявцев О.Ф. Контрреформация // История Европы: с древнейших времен до наших дней: в 8 т. Т. 3: От средневековья к новому времени (конец XV – первая половина XVII в.). М.: Наука, 1993. С. 307–318.
8. Popper K.R. Zum Thema Freiheit // Popper K.R. Alles Leben ist Problemlösen. Über Erkenntnis, Geschichte und Politik. 8. Auflage. München: Piper, 2004. S. 155–172.
9. Иеромонах Иоанн (Булыко И.П.). Феномен «aggiornamento» и Второй Ватиканский Собор // Вестник САФУ. Сер.: Гуманитарные и социальные науки. 2020. № 5. С. 98–105. <https://doi.org/10.37482/2227-6564-V053>
10. Achleitner F. Österreichische Architektur im 20. Jahrhundert. Band III/3. Wien 19.-23. Bezirk. Salzburg: Residenz Verlag, 2010. 500 S.

REFERENCES

1. Csendes P. Geschichte Wiens. 2. Auflage. Wien: Verlag für Geschichte und Politik; 1990. 212 S.
2. Stemberger G (Hrsg.). 2000 Jahre Christentum. Illustrierte Kirchengeschichte in Farbe. Herrsching: Pawlak; 1983. 539 S.
3. Klammer M, Glebova NM. Public parades of a Space Ring – from history to modern. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2016;2(17):228–243. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2016-2-228-243> (In Russ.)
4. Bäumler AK, Zeese A. Wiener Kirchenbau nach 1945. Wien: Denkmalpflege und industriearchäologie Technische Universität; 2007. 139 S.
5. Achleitner F. Österreichische Architektur im 20. Jahrhundert. Band III/1. Wien 1.-12. Bezirk. Salzburg: Residenz Verlag; 2010. 331 S.
6. Achleitner F. Österreichische Architektur im 20. Jahrhundert. Band III/2. Wien 13.-18. Bezirk. Salzburg: Residenz Verlag; 1995. 256 S.
7. Kudryavtsev OF. Counter-reformation. *Istoriya Evropy: s drevneishikh vremen do nashikh dnei: in 8 vol. Vol. 3: Ot srednevekov'ya k novomu vremeni (konets XV – pervaya polovina XVII v.)*. Moscow: Nauka; 1993. p. 307–318. (In Russ.)
8. Popper KR. Zum Thema Freiheit. *Alles Leben ist Problemlösen. Über Erkenntnis, Geschichte und Politik*. 8. Auflage. München: Piper; 2004. S. 155–172.
9. Hieromonk Ioann (Bulyko I.P.). The Aggiornamento Phenomenon and the Second Vatican Council. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser.: Gumanitarnye i sotsial'nye nauki*. 2020;5:98–105. <https://doi.org/10.37482/2227-6564-V053> (In Russ.)
10. Achleitner F. Österreichische Architektur im 20. Jahrhundert. Band III/3. Wien 19.-23. Bezirk. Salzburg: Residenz Verlag; 2010. 500 S.

Сведения об авторах

Глебова Наталья Моисеевна,
доцент ВАК, доцент кафедры архитектурного проектирования,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
✉e-mail: nita12@yandex.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8762-9711>

Кламер Михаэль,
доктор технических наук, профессор
Института систем транспортного планирования,
Технический университет Вены,
E280/5, 1040, г. Вена, Карлсгассе, 11,
Австрия,
e-mail: michael.klammer@tuwien.ac.at

Information about the authors

Natalia M. Glebova,
Associate professor of the Department
of Architectural Design,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
✉e-mail: nita12@yandex.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8762-9711>

Michael Klammer,
Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Institute
of Transport System Planning,
Technical University of Vienna,
11 Karlsgasse, Vienna, E280/05, 1040, Austria,
e-mail: michael.klammer@tuwien.ac.at

Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 04.03.2021.
Одобрена после рецензирования 06.04.2021.
Принята к публикации 12.04.2021.

Conflict of interests

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

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

The article was submitted 04.03.2021.
Approved after reviewing 06.04.2021.
Accepted for publication 12.04.2021.



Цифровая параметрическая градостроительная документация

© Н.В. Грязнова¹, А.Э. Сайтибрагимов²

¹ООО «Брусника», г. Екатеринбург, Россия

²Академия строительства и архитектуры ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»,
г. Симферополь, Россия

Резюме: В настоящее время актуальными становятся исследования в области цифровых технологий в условиях открытой взаимосвязи с окружающей социальной средой. Цель исследования – анализ потенциала создания и развития параметрической онлайн-модели градостроительной документации, в которую включены генеральный план города, правила землепользования и застройки, планировка территории с возможностью генерировать результат влияния новой застройки на жизнь в городе и структуру городской среды. Методом исследования стал анализ основных приемов внедрения новых технологий в сфере градостроительства и урбанистике, что позволило получить обширные аналитические данные относительно использования территории и основных технико-экономических показателей застройки. Дана оценка существующим материалам в сфере информационного моделирования городов и возможности внедрения инноваций в городском планировании. Определена основная проблематика существующих программ и документов, регулирующих отношения застройщиков и людей, участвующих в жизни города и создающих городскую среду. В исследовании продемонстрировано создание платформы для регулирования застройки, а также работа связанных алгоритмов, которые с помощью параметров, заложенных в онлайн-модель, смогут прогнозировать варианты исходов формирования города с точки зрения градостроительной документации. Актуальность параметрической онлайн-модели градостроительной документации состоит в ее универсальности. Прозрачность всех процессов, связанных с формированием городской среды, создаст новый базис для проектировщиков, управляющих структур и города в целом.

Ключевые слова: цифровая параметрическая градостроительная документация, параметры влияния на окружающую среду, прозрачность, параметрическая онлайн-модель градостроительной документации, онлайн-генплан, онлайн-платформа генплана, Зимний университет

Для цитирования: Грязнова Н.В., Сайтибрагимов А.Э. Цифровая параметрическая градостроительная документация. *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2021. Т. 11. № 2. С. 330–341. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-330-341>

Digital parametric urban planning documentation

Nadezhda V. Griaznova, Amza E. Saytibragimov

Company LLC “Brusnika”, Ekaterinburg, Russia

Academy of Construction and Architecture of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “V.I. Vernadsky Crimean Federal University”, Simferopol, Russia

Abstract: Research in the field of digital technologies in the context of an open relationship with the enveloping society has attracted significant attention. An exploratory study into creating and developing a parametric online model of urban planning documentation is presented. It includes a general urban plan, rules for land use and development, area planning with the possibility to assess the impact of new site development on life in the city and the structure of the urban environment. The research technique included an analysis of the existing methods for introducing new technologies to urban planning and urban studies, which allowed extensive analytical data on the use of the territory and the major technical and economic performance of site development to be obtained. An assessment of existing materials in the city information modelling and the possibility of introducing innovations in urban planning is addressed. We determined the major problems of existing programmes and documents regulating relations between developers and people participating in the city life and creating the urban environment.

The research findings include the theory of establishing a platform to regulate the development and related algorithms that utilise parameters embedded in the online model to forecast alternative organisation of a city in terms of urban planning documentation. The relevance of the parametric online model for urban planning documentation lies in its versatility. The transparency of all processes related to establishing an urban environment will provide a new background for designers, management structures and the city as a whole.

Keywords: digital parametric urban planning documentation, parameters of environmental impact, transparency, online parametric model of urban planning documentation, online master plan, online master plan platform, Winter University

For citation: Griaznova NV, Saytibragimov AE. Digital parametric urban planning documentation. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(2):330–341. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-330-341>

Введение

Новейшие тренды в области моделирования, такие как BIM-моделирование, параметризация зданий, геоинформационная система городов, создают целую сферу цифровых городов, что дает повод задуматься не только о прогнозировании градостроительных решений, но и параметрах функционального и рационального подходов к этим решениям [1, 2]. Однако российские города не пользуются всеми возможностями цифровизации, дающими системное понимание городской среды. По мнению автора, в ближайшем будущем необходимо оптимизировать градостроительную документацию, упростив ее и предоставив возможность пользоваться ею любому человеку, обеспечить достаточную прозрачность всех решений, принимаемых относительно города. Решением такой задачи может стать параметрическая онлайн-модель градостроительной документации (в дальнейшем, условно – «онлайн-генплан», онлайн-платформа генплана). Необходимо также обозначить, что уникальность такой платформы будет состоять в ее универсальности, простоте и понятной форме.

Целью данного исследования является анализ потенциала создания и развития *параметрической онлайн-модели градостроительной документации*, включающей генеральный план города, правила землепользования и застройки, планировку территории с возможностью генерировать исходы влияния новой застройки на жизнь в городе и структуру городской среды. Такая онлайн-платформа генплана предполагает открытый, прозрачный формат согласования проектов девелоперов с городской властью. Параметрическая онлайн-модель градостроительной документации также будет включать

в себя прописанные алгоритмы для голосования жителей и учитывать их непосредственную роль в развитии инфраструктуры, давать возможность нового формата соучастного проектирования. Наконец, онлайн-платформа генплана позволяет избавиться от необходимости переделывать и обновлять градостроительную документацию каждые 10 лет. Этот цифровой «генплан» генерируется сам и формируется в течение времени, в режиме онлайн.

Материал и методы исследования

Перед описанием методологии работы данной платформы необходимо было исследовать и проанализировать существующие генераторы городской среды, которые не являются новаторством в современном мире технологий. Часть из них была описана в кратком обзоре Евгения Шириняна «Генераторы застройки и большой бизнес» [3]. Рассмотрим подробнее те, на основе которых существование исследуемой платформы возможно:

– *Spacemaker* – это генератор ограниченной площади застройки, в котором обрабатывается информация о технико-экономических показателях и параметрах инсоляции;

– *PRiSM* – первая и единственная платформа с открытым доступом в современном мире. В ней можно выбрать участок и получить все аналитические данные, на основе которых можно загружать свою типологию застройки и затем редактировать ее. Эта платформа может оказаться одним из базисов для дальнейшего развития теории создания параметрической онлайн-модели градостроительной документации, так как ею можно пользоваться прямо через браузер. Однако у нее есть существенные недостатки: во-первых, данная модель ориентирована на определенную локацию без активного влияния окружающих субъектов; во-вторых, в ней недостаточно внимания уделено

генерации вариантов застройки и аналитике ее параметров;

– *MicroStation* – интересная для изучения программа, которая обеспечивает автоматизацию проектной документации: использование комплексных моделей *BIM* на основе данных для автоматизации создания и совместного использования результатов проекта (рисование листов, графиков, моделей, визуализации и т.д.). В программе простое интегрирование информации о контексте, включая сетки реальности, изображения, облака точек, данные геоинформационных систем¹ (ГИС), *Revit*², файлы *DWG* и внешние источники данных, такие как карты. Также применяется параметрическое моделирование для усовершенствованного проектного моделирования с эффективным использованием ограничений;

– *CityEngine* – самая привлекательная для автора программа, потому что в ней применяются потенциально важные подходы к моделированию городской среды. Основная концепция *CityEngine* – это алгоритмизированный подход к эффективному моделированию. Компьютеру дается основанная на коде задача, которая представляет собой ряд команд – в данном случае эти команды связаны с геометрическим моделированием – которые затем обрабатываются и выполняются. Вместо ручного моделирования 3D-геометрии задача описывается «абстрактно» в файле правил и алгоритмов. Также схемы города предоставляют пользователю инструмент для создания уличных сетей, которые автоматически обновляются в режиме реального времени. Улицы, тротуары и целые кварталы, которые формируют конкретный городской контекст, эффективно адаптируются к вводу пользователя, использующего понятный способ создания интерактивных моделей целых городов. И, конечно же, вся геометрия, зависящая от интерактивной модели города, также обновляется автоматически. Можно наблюдать, как застройка перестраивается, пока идет редактирование ширины окружающих улиц. Однако недостатком такой платформы является влияние изменения улиц на назначение участка, границы застройки и красные линии. Остается нерешенным вопрос, как будет прогнозироваться улица в профиле в следующем квартале застройки;

– *MosMap Integrator* – геоинформационная система, которая подразумевает дальнейшую интеграцию карт в любое программное обеспечение, однако это программа больше рассчитана на людей, обладающих навыками программирования.

Проанализировав все достоинства, необходимо объяснить и недостатки таких программ, обосновать необходимость их усовершенствования и доработки.

Во-первых, возможность их использования ограничена некоторыми рамками. Только узкие специалисты совместно с девелоперами смогут оценить всю пользу таких генераторов. Даже на сайте <http://mosmap.ru/> уточняют, что ГИС *MosMap-Integrator* предназначен для специализированных фирм-разработчиков программного обеспечения и компаний, имеющих своих специалистов в данной сфере, что сразу ограничивает возможности нескольких групп – участников, занимающихся городской средой, например государственных служащих, которых обязывают прибегать к помощи разработчиков для прохождения государственной экспертизы, и жителей города, которые остаются не причастными к формированию ткани города, однако в полной мере являются потребителями и пользователями этого пространства.

Во-вторых, остается проблема создания застройки внутри определенного участка, при этом оценка технико-экономических показателей происходит только на уровне застройки, без взаимодействия с другими инфраструктурами города и оценки постфактум влияния проектов на структуры города и страны в целом. Наблюдается отсутствие связанности участков и субъектов между собой, алгоритмов влияния решений на формирование городской среды и, в результате, – отсутствие итоговых параметров формирования «здоровой» ткани города.

И, в-третьих, полностью отрицается социокультурный аспект влияния застройки на город, что потенциально создает конфликт интересов ввиду разного социального статуса людей, пребывающих на территориях, граничащих с застраиваемым участком или с участком, подвергающимся реновации или регенерации.

Также существуют онлайн-платформы, предоставляющие аналитические данные по всему миру, например *EO Browser*, который базируется на сборе данных по изменению климатических и экологических условий за последние несколько лет. На основе таких ресурсов очень

¹Геоинформационные системы [Электронный ресурс]. URL: <http://mosmap.ru/> (20.03.2021);

Геоинформационные системы [Электронный ресурс]. URL: <https://apps.sentinel-hub.com/> (20.03.2021).

²Программное обеспечение для 3D-проектирования, дизайна, графики и анимации [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autodesk.ru/> (20.03.2021).

интересно выводить прогнозы по дальнейшим ухудшениям или улучшениям изучаемых параметров, определять факторы, влияющие на такие изменения, и формировать общую политику городов для регулирования ситуации. Конечно, был бы уместен алгоритм, учитывающий теорию относительно-сти или непредвиденные обстоятельства.

Помимо прочего, существуют ресурсы градостроительной документации, такие как *RGIS* – онлайн-карта города Санкт-Петербурга с разными слоями, которые отражены в генеральном плане каждого города. Можно скачать эту карту и изменять в ней настройки отображения слоев. Она наполнена аналитическими данными *Big Data* (обозначение структурированных и неструктурированных данных огромных объемов, например, тепловые карты о передвижениях велосипедистов или пешеходов), которые отражают существующее положение города, дают застройщикам понимание того, как улучшить городскую среду путем создания новой застройки, но и эта модель не учитывает многих факторов, таких как:

1. Отсутствие взаимодействия жителей с девелоперами под управлением городских властей. Нет открытого диалога, что препятствует развитию соучастного проектирования городов.

2. Проблема использования таких карт только узкими специалистами совместно с девелоперами, которые имеют специальное программное обеспечение для их подробного изучения.

3. Набор заложенных параметров каждого участка со своими видами ограничений, которые диктуют правила застройки. Такие параметры не являются гибкими структурами, что вызывает конфликт города и застройщиков.

Подытоживая анализ существующих платформ, можно сказать, что все они имеют определённые ограничения, а значит, не являются универсальными. Сейчас параметрическое моделирование – это скорее аналитика ситуации и создание оптимальной модели на основе заданных технико-экономических показателей и нормативной базы [4–7]. Но, как показывает практика, российские девелоперы и застройщики редко пользуются вышеупомянутыми программами и строят в соответствии со своими представлениями о городской среде. Застройка никак не генерируется и не транслируется на окружающие территории. То есть если параллельно появляются два застрой-

щика и два участка проектирования, то их разрабатывают внутри участка без анализа их влияния друг на друга.

Таким образом, можно утверждать, что существует потребность в создании открытой и понятной платформы для регулирования городской застройки. Такой платформой может выступать онлайн-модель цифровой параметрической градостроительной документации.

Потребность в анализе и поиске наиболее подходящего решения возникла в результате работы над проектом планировки участка в городе Иркутске на воркшопе – 22-ой сессии Зимнего университета «Регенерация городских территорий с применением стандарта КРТ». Были даны лишь 2 недели на аналитику города, при этом работа велась в режиме онлайн, и затем 2 недели в формате офлайн осуществлялось активное проектирование. В процессе возникли вопросы из-за недостаточно обширного понимания того, какое влияние на весь город окажет новая застройка. По итогам работы оценка данного влияния производилась экспертной группой, где мнения участников были разными и противоречивыми, что и подтолкнуло на размышления о комбинаторном решении всех вопросов и спорных моментов. Автор согласен, что за столь короткое время сложно оценить все достоинства и недостатки каждого решения, не видя итоговую сводную параметрическую модель, которая включает данные, к примеру, об окружающей застройке, о параметрах граничащих участков, природном контексте, социальном эффекте и других. Также были сложности с оценкой определения принципов очередности регенераций территорий, а также эффективности того или иного решения на территориях, на которых осуществляется снос зданий или реновация.

Чтобы показать эффективность описываемой цифровой параметрической модели была осуществлена апробация проекта градостроительного решения Рабочего предместья (Ушаковки) в городе Иркутске, который был разработан во время 22-ой сессии Зимнего университета командой «Ушаковка».

Результаты и их обсуждение

Работа с параметрической онлайн-моделью осуществляется следующим образом.

Необходимо зайти на сайт администрации любого города и в разделе «О городе» найти ссылку на вход в параметрическую онлайн-модель градостроительной документации (рис. 1). При регистрации необходимо указать электронную почту и пароль.

Онлайн-платформа генплана подразумевает генеративную и визуальную (рис. 2).
 имеет 2 формы моделирования процессов:

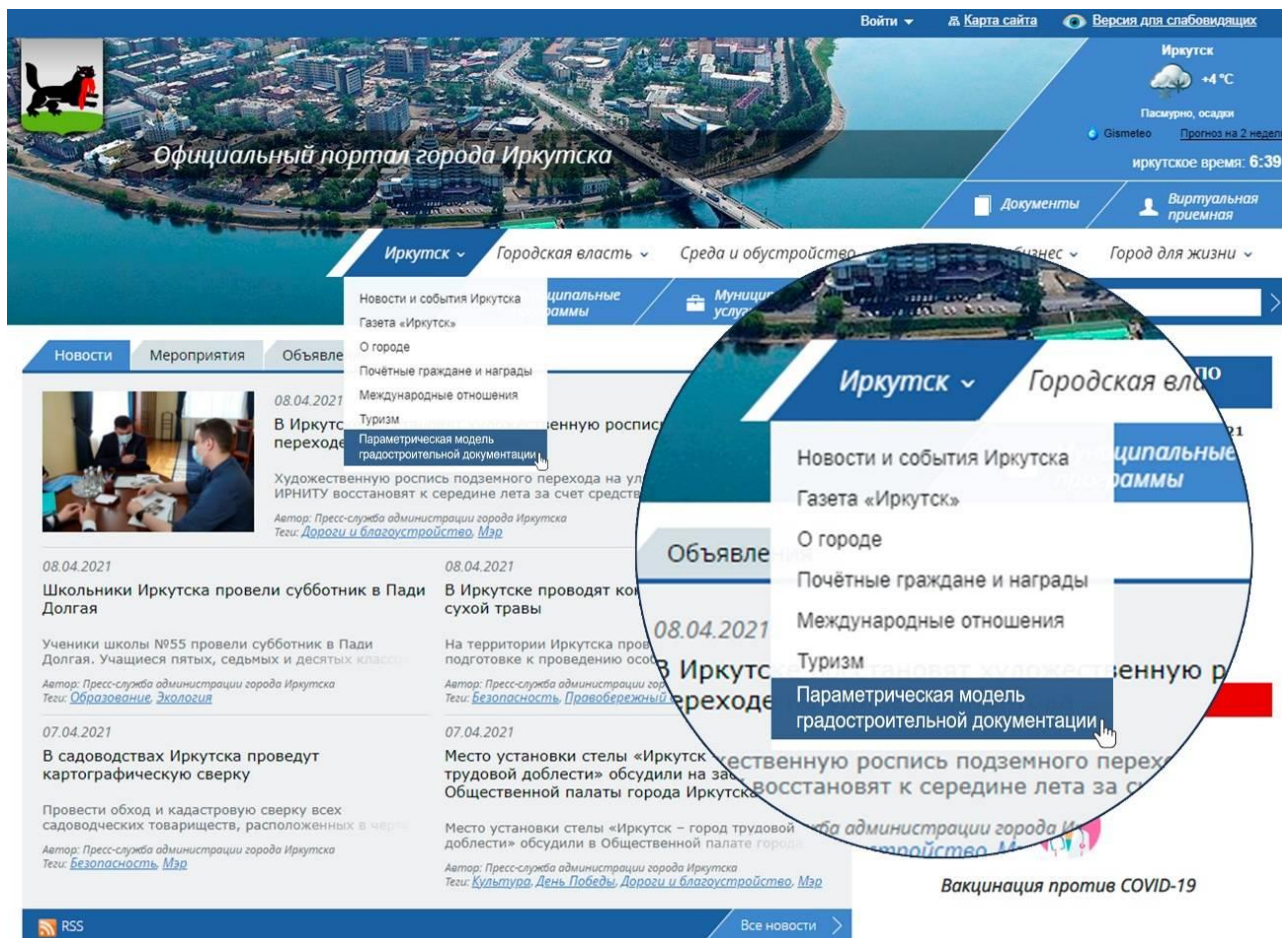


Рис. 1. Пример отображения ссылки на параметрическую модель градостроительной документации.
 В данный момент этой ссылки не существует, онлайн-платформа находится в разработке

Fig. 1. An example of a link on a parametric model of urban planning documentation.
 This link does not exist at the moment, the online platform is under construction



Рис. 2. Генеративная и реальная формы моделирования процессов
Fig. 2. Generative and real forms of modeling process

Генеративная форма содержит набор параметров, которые автоматически связываются с заложенными параметрами окружающей застройки путем алгоритмизирова-

ния процессов, однако модель для упрощения формы генерации отображается простым символическим способом – в виде объемного куба (рис. 3).

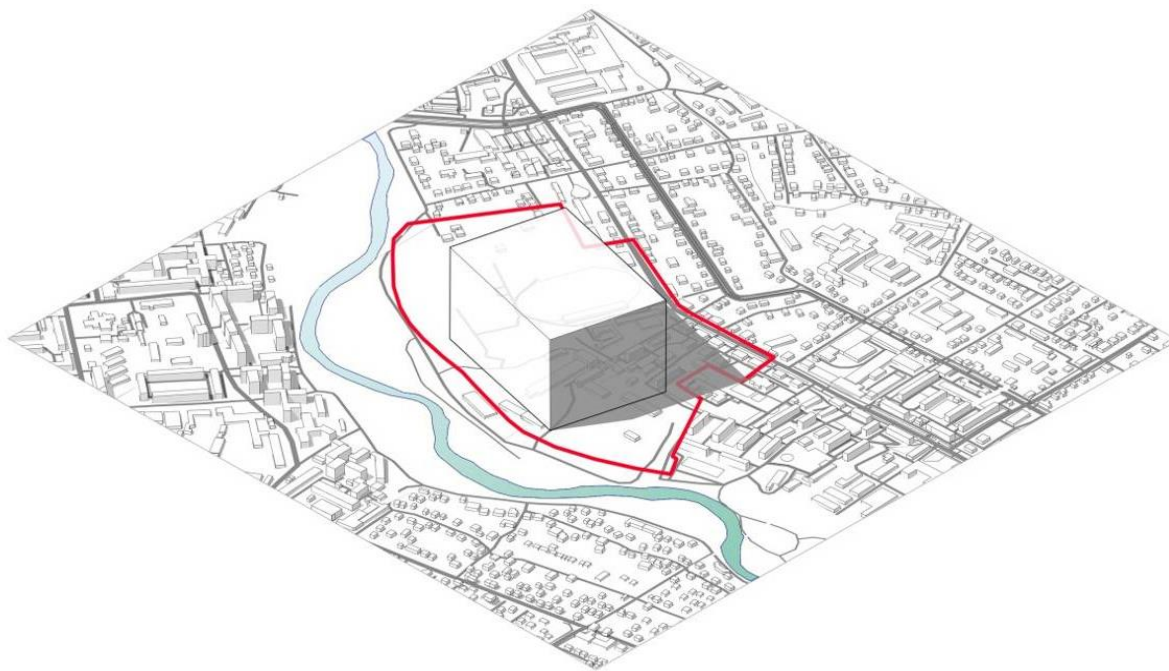


Рис. 3. Генеративная форма моделирования процессов
Fig. 3. Generative Form of Modeling Process

Визуальная форма моделирования процессов содержит только реальные объемно-пространственные образы и включает в себя возможность изменения вариаций моде-

лей (если на одном участке несколько девелоперов, участвующих в тендере) для дальнейшего голосования (рис. 4).



Рис. 4. Визуальная форма моделирования процессов (проект «Ушаковка» в г. Иркутске)
Fig. 4. Visual form of modeling process (the project “Ushakovka” in Irkutsk)

Нужно выбрать участок, на котором планируется одна из опций, представленных на рис. 5: «Загрузить новую застройку», «Изменить/реконструировать», «Соучастное проектирование» – и загрузить проект. При выборе первых двух опций для представителей администрации города и государственной экспертизы автоматически создается генеративная модель, которая с помощью алго-

ритмов формирует показатели параметров, изображенных на рис. 5. Данные параметры приведены в пример и не являются конечным итоговым продуктом. Количество таких параметров может варьироваться в зависимости от контекста, страны, культуры, нормативной базы, особых условий строительства, экологического и природного каркаса и много другого.

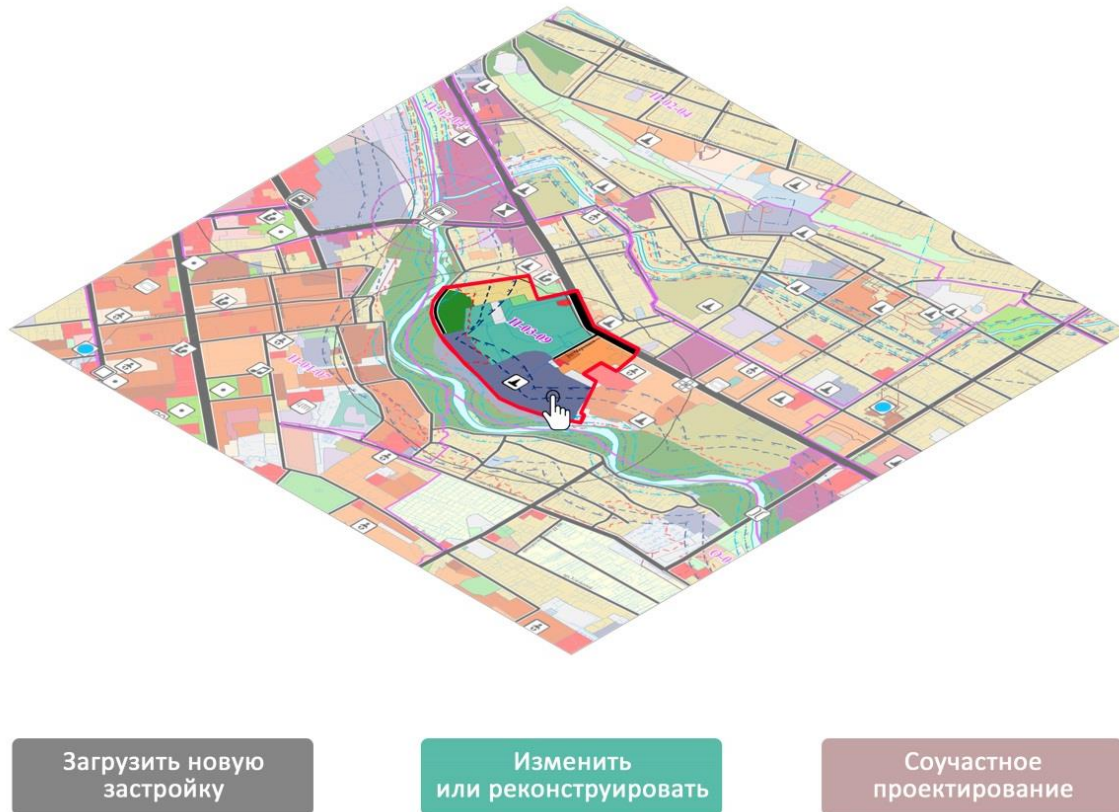


Рис. 5. Пример окна опций при выборе участка проектирования, представлен на основе генерального плана г. Иркутска

Fig. 5. An example of an options window when choosing a design site, presented on the basis of the master plan of Irkutsk

При выборе третьей опции «Соучастное проектирование» автоматически доступна визуальная модель, предназначенная для наиболее комфортного пользования людьми, не являющимися специалистами в области параметрики и информационном моделировании.

Главный акцент делается именно на генерировании процессов. Генеративные модели влияют на развитие любого масштаба, поэтому достоинством описываемой онлайн-модели является то, что она охватывает все зоны влияния или, иными словами, зоны охвата. Зоны охвата и плотность потока

каждой зоны задают определенный характер территории³ [8, 9] (рис. 6).

Данная онлайн-платформа имеет набор параметров, которые в первую очередь влияют на тот или иной город или субъект, и на основе алгоритмов генерирует результативные данные. Необходимо отметить то, что не все параметры могут быть изначально прописаны, есть созависимые величины, которые и будут появляться и генерироваться уже по результатам аналитики. Неучтенные данные приведены на рис. 6 в виде зеленых модулей.

Идея создания рассматриваемой модели возникла еще и благодаря тематике воркшопа

³Грабченко А.И., Внуков Ю.Н., Доброскок В.Л., Пупань Л.И., Фадеев В.А. Интегрированные генеративные технологии: учеб. пособие для студ. выс. учеб. заведений, кот. обуч. по специальности «Технология машиностроения». Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. 396 с.

22-ой сессии Зимнего университета – применение стандартов комплексного развития территории⁴, которые унифицируют создание проекта планировки по определенной стратегии. Такие принципы застройки не учитывают существующее положение российских городов, при котором достаточно обширные площади заняты микрорайонной застройкой советского времени или даже малоэтажными деревянными жилыми домами. На финальном этапе создания проекта не было понятным, какого эффекта ожидать от его реализации в таких условиях.

Предлагая разработку того или иного продукта, необходимо учесть, какую пользу

он принесет для всех настоящих и будущих участников.

Прежде всего, рассмотрим благоприятные изменения для государственных служащих.

Во-первых, это формирование и прогнозирование цифровой среды, на основе которой генерируются все аналитические процессы влияния новой застройки на окружающую среду, изменение параметров не только внутри участка, но и их отображение в дальнейших процессах формирования генплана города, анализ участков, их назначения, ограничений и других немаловажных факторов.

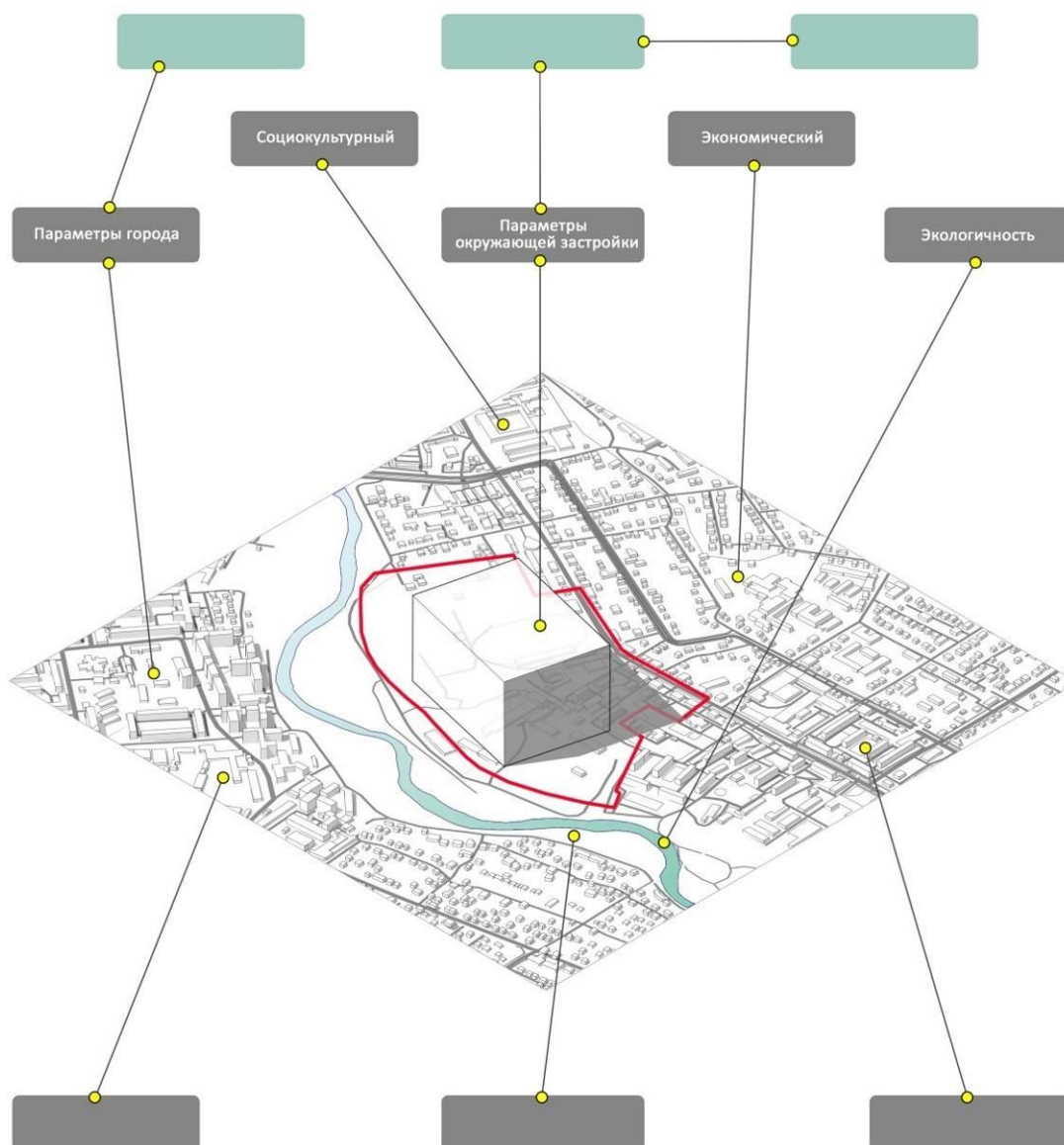


Рис. 6. Пример работы алгоритмов и выявления сгенерированных модулей
Fig. 6. An example of how algorithms work and identify generated modules

⁴Стандарт комплексного развития территорий [Электронный ресурс] / Минстрой России, ДОМ.РФ, КБ «Стрелка». URL: <https://xn--d1aqf.xn--p1ai/urban/standards/printsipy-kompleksnogo-razvitiya-territoriy/> (20.03.2021).

Во-вторых, упростится форма согласования проектов. Все алгоритмы нормативной базы, пожарной безопасности, уровня урбанизации заложены в алгоритмы «онлайн-генплана», где, как предполагается, может генерироваться результат, и на основе этого уже будут приниматься дальнейшие решения по согласованию. По мнению авторов, это сделает формирование городских структур и принятие решений для жителей города более прозрачными.

В-третьих, сроки принятия решения по проектам всегда очень длительные и неопределенные, а предлагаемый метод согласования поможет их сократить. Таким образом, разрабатываемая онлайн-платформа будет полезна и для девелоперов.

Говоря о девелоперах, прежде всего стоит затронуть экономику. Предполагается, что при загрузке готового проекта застройщика в облако «онлайн-генплана» будет генерироваться экономическая эффективность от данного участка и соответствующих ему, и застройщик будет выбирать наиболее выгодную позицию, при этом право на согласование проекта остается за городом, чтобы этот проект соответствовал общей философии города в целом (будущей и настоящей).

Нельзя забывать и о тех, для кого этот город создается, про его непосредственных пользователей – жителей. Необходимо сохранить социокультурный баланс населения и учесть антропогенный фактор влияния на городскую среду. Во избежание социального неравенства, которое может возникнуть на стыке хаотичной разнородной застройки, предлагается онлайн-голосование для горожан, в ходе которого каждый сможет высказать свою точку зрения и понять, чего ожидать от новой постройки. Также новым направлением в развитии территории сейчас является вовлечение городских сообществ в соучастное проектирование. Однако в России данное движение развивается с трудом и набирает темпы гораздо медленнее в сравнении с европейскими странами. Предполагаем, что онлайн-платформа генплана даст новый толчок к развитию этого движения и возможность для вовлечения городских сообществ в соучастное проектирование. Каждый сможет сделать проект, загрузить его в «онлайн-генплан» и увидеть эффект от своей работы.

Если говорить о реновации и регенерации территорий, то параметрическая он-

лайн-модель градостроительной документации может сгенерировать оценку поэтапного подхода к освоению таких территорий.

Онлайн-платформа генплана может также повлиять на развитие экологического направления в России, которое продвигается на уровне государства очень медленно. В параметры участков генплана каждого субъекта Российской Федерации заложены необходимые стандарты устойчивого развития принудительного и рекомендательного характера. Например, там, где есть реки, стоки канализации или осуществляется сброс вредных веществ, обязательно предусмотреть компенсаторные мероприятия по восстановлению экологии рек и рекомендательно – повторное использование воды после очистных сооружений. При этом достоинством онлайн-платформы станет загруженный в систему алгоритм расчета критериев экологической оценки эффективности зданий, таких как *BREEAM* и *LEED*.

В перспективе параметрическая онлайн-модель градостроительной документации может сформироваться в бизнес-модель. Объединение платформы города и генеративных моделей для девелоперов может дать возможность входа на участки строительства любому большому бизнесу как застройщику (например, *Ozon* или *Яндексу*). Такие компании, используя данную платформу, смогут проверить актуальность, востребованность, приоритетность и возможность застройки той или иной территории. Вопрос о рисках и отсутствии конкуренции решается тем, что параметризация и алгоритмизация платформы градостроительной документации имеют четкие и строгие требования, отображенные в алгоритмах. Они автоматически отражаются на плане города в режиме реального времени, а благодаря прозрачности цифровой платформы это будут видеть как администрация города, так и жители, что ограничит вход на участок застройки некомпетентного бизнесмена.

Заключение

Актуальность параметрической онлайн-модели градостроительной документации на данный момент обусловлена ее уникальностью и универсальностью. Прозрачность всех процессов, связанных с формированием городской среды, создаст новый базис как для проектировщиков, так и для управляющих структур.

Есть ряд факторов, которые представляется важным проанализировать для дальнейшей разработки онлайн-платформы генплана:

1. Соотношение современной городской застройки с существующими градостроитель-

ными параметрами, большая часть из которых связана с видением города советским человеком. Таким образом, существует два абсолютно противоположенных вектора развития территорий, и неясно, как они могут регенерироваться и регулироваться относительно друг друга, какие факторы можно использовать для урегулирования городской среды.

2. Не прописаны алгоритмы данного процесса. Как следствие, могут возникнуть сложности с внедрением описываемой цифровой платформы. Вероятно, нужно поэтапно внедрять «онлайн-генплан», этот

процесс должен протекать по принципу «от простого к сложному».

3. Не учтено количество пользователей, которые могут посещать онлайн-платформу генплана. Предположительно, одним из решений может стать аналог «2GIS», а именно приложение, которое позволит неограниченному потоку людей находиться в одном цифровом пространстве.

Отметим, что необходимо и дальше исследовать и развивать потенциал параметрической онлайн-модели градостроительной документации, прописывать алгоритмы и продумывать процесс внедрения такого продукта повсеместно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смилка В.А. Применение геоинформационных технологий при проведении градостроительного мониторинга [Электронный ресурс] // Информационные технологии в образовании, науке и производстве: III Международная научно-техническая интернет-конференция (20–21 ноября 2015 г.). Секция 2. 2015. URL: <http://rep.bntu.by/handle/data/21915> (20.03.2021).
2. Грибкова И.С., Попова О.С. Муниципальные геоинформационные системы: проблемы и пути решения // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». 2016. № 11. С. 143–154.
3. Ширинян Е. Генераторы застройки и большой бизнес. Краткий обзор [Электронный ресурс]. URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=21778 (20.03.2021).
4. Лихобабин К.А., Шевнина А.П., Поморов С.Б. Параметрическая методология в работе архитектора // Вестник Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова. 2015. № 1-2. С. 223–226.
5. Торопов Э.С., Стариков В.С., Калугин А.А., Алексеева А.Д. Трехмерное пара-

метрическое моделирование седиментационных врезов на примере пластов АВ6-7 Ватъганского месторождения // Актуальные проблемы нефтегазовой отрасли: сборник докладов научно-практических конференций журнала «Нефтяное хозяйство». М.: Нефтяное хозяйство, 2020. С. 63–65.

6. Потапенко А.М. Параметрический дизайн // Искусство и культура. 2018. № 2 (30). С. 52–55.

7. Надыршин Н.М. Параметризм как стиль в архитектурном дизайне // Вестник Оренбургского государственного университета. 2013. № 1 (150). С. 53–57.

8. Федчун Д.О., Тлустый Р.Е. Сравнительный анализ методов параметрического, информационного и генеративного архитектурного проектирования // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2018. № 1 (34). С. 103–115. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1196721>

9. Федчун Д.О. Система генеративного проектирования для малоэтажных жилых зданий // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2018. № 3 (36). С. 171–183.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.1408252>

REFERENCES

1. Smilka VA. Application of geoinformation technologies in urban planning monitoring. *Informatsionnye tekhnologii v obrazovanii, nauke i proizvodstve: III Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya internet-konferentsiya* (20–21st November 2015).

Section 2. 2015. Available from: <http://rep.bntu.by/handle/data/21915> [Accessed 20th March 2021]. (In Russ.)

2. Gribkova IS, Popova OS. Municipal geographical information systems: problems and solutions. *Elektronnyi setevoi politematicheskii zhurnal*

"Nauchnye trudy KubGTU" = *Scientific works of the Kuban State Technological University*. 2016;11:143–154. (In Russ.)

3. Shirinyan E. Building Generators and Big Business. A brief overview. Available from: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=21778 [Accessed 20th March 2021]. (In Russ.)

4. Likhobabin KA, Shevnina AP, Pomorov SB. Parametric methodology in the work of an architect. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. I.I. Polzunova*. 2015;1-2:223–226. (In Russ.)

5. Toropov ES, Starikov VS, Kalugin AA, Alekseeva AD. Three-dimensional parametric modeling of sedimentation cuts on the example of AV6-7 formations of the Vatyeganskoye field. *Aktual'nye problemy neftegazovoi otrasli: sbornik dokladov nauchno-prakticheskikh konferentsii zhurnala «Neftyanoe khozyaistvo»*. Moscow: Neftyanoe khozyaistvo Publ.; 2020. p. 63–65. (In Russ.)

6. Potapenko AM. Parametric Design. *Iskusstvo i kul'tura*. 2018;2(30):52–55. (In Russ.)

7. Nadyrshin NM. Parametricism as a style in architectural design. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta = Vestnik of the Orenburg State University*. 2013;1(150):53–57. (In Russ.)

8. Fedchun DO, Tlusty RE. The comparative analysis of the methods of parametric, informational and generative architectural design. *Vestnik Inzhenernoi shkoly Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta = The Far Eastern Federal University: School of Engineering Bulletin*. 2018;1(34):103–115. (In Russ.) <https://doi.org/10.5281/zenodo.1196721>

9. Fedchun DO. Generative design system for low-rise residential buildings. *Vestnik Inzhenernoi shkoly Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta = The Far Eastern Federal University: School of Engineering Bulletin*. 2018;3(36):171–183. (In Russ.) <https://doi.org/10.5281/zenodo.1408252>

Сведения об авторах

Грязнова Надежда Всеволодовна,
бакалавр архитектуры,
архитектор,
ООО «Брусника»,
620075, г. Екатеринбург, ул. Малышева,
д. 51, оф. 37/05, Россия,
e-mail: nadezhdavsevolodovna96@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7891-2278>

Сайтибрагимов Амза Эдемович,
магистрант,
Академия строительства и архитектуры
ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»,
295034, г. Симферополь, ул. Киевская,
д. 181, Россия,
✉e-mail: amzacrimea@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0439-0275>

Information about the authors

Nadezhda V. Griaznova,
Bachelor degree in architecture,
Architect,
Brusnika LLC,
office 37/05, 51 Malysheva St., Ekaterinburg,
620075, Russia,
e-mail: nadezhdavsevolodovna96@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7891-2278>

Amza E. Saytibragimov,
Undergraduate,
Academy of Construction and Architecture
of the Federal State Autonomous Educational
Institution of Higher Education «V.I. Vernadsky
Crimean Federal University»,
181 Kievskaya St., Simferopol, 295034, Russia,
✉e-mail: amzacrimea@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0439-0275>

Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Conflict of interests

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

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

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

Статья поступила в редакцию 10.04.2021.
Одобрена после рецензирования 12.05.2021.
Принята к публикации 17.05.2021.

The article was submitted 10.04.2021.
Approved after reviewing 12.05.2021.
Accepted for publication 17.05.2021.



Регенерация территории жилой застройки с применением Стандарта комплексного развития на примере микрорайона Юбилейный г. Иркутска

© М.Б. Зайчук¹, Е.И. Верещагина²

¹ООО «Архитектурно-строительная группа компаний», г. Санкт-Петербург, Россия

²Совет депутатов городского округа Троицк в городе Москве, г. Москва, Россия

Резюме: Цель работы – применение целевой модели Стандарта комплексного развития территорий для сложившейся жилой застройки. Исследование проведено на примере участка в микрорайоне Юбилейный города Иркутска в рамках 22-й сессии Байкальского зимнего градостроительного университета. Исследование включало в себя анализ территории с помощью GIS-инструментов, а также полевых исследований и серий интервью с представителями разных групп жителей. Кроме того, была разработана стратегия преобразования территории, в рамках которой была выбрана целевая модель Стандарта комплексного развития территорий. На основании проведенного исследования и разработанной стратегии преобразования территории удалось доказать применимость целевой модели Стандарта комплексного развития для сложившейся территории жилой застройки. Предложенная методика регенерации территории позволяет обеспечить жителей микрорайона более безопасным и комфортным жильем, а также оживить городское пространство, остановив его деградацию. Однако имеются существенные условия, которые необходимо проработать и обеспечить для реализации стратегии. Можно заключить, что при разработке стратегий развития как свободных, так и застроенных городских территорий целесообразным является применение инструментов Стандарта комплексного развития территорий. Вместе с этим комплекс мер, предложенных в проекте, также можно рекомендовать к применению при обновлении территорий панельной застройки в других городах России.

Ключевые слова: регенерация застроенных территорий, Стандарт комплексного развития территорий, реновация, комфортная городская среда, развитие территорий, Зимний университет

Для цитирования: Зайчук М.Б., Верещагина Е.И. Регенерация территории жилой застройки с применением Стандарта комплексного развития на примере микрорайона Юбилейный г. Иркутска. *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2021. Т. 11. № 2. С. 342–353. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-342-353>

Regeneration of housing sector using the Integrated Area Development Standard on the example of the Yubileyniy microdistrict of Irkutsk

Mikhail B. Zaychuk, Elena I. Vereshchagina

LLC "Architectural and construction group of companies", St. Petersburg, Russia

Troitsk City District Council of Deputies in Moscow, Moscow, Russia

Abstract: The aim was to apply the target model of the Integrated Area Development Standard for the existing housing sector. The study was performed on the lot of the Yubileyny microdistrict of Irkutsk within the 22nd session of the International Baikal winter university of urban planning design. The research included an analysis of the territory using GIS tools, as well as field research and a series of interviews with representatives of different groups of residents. In addition, we developed a strategy for territorial transformation. The target model of the Integrated Area Development Standard was selected. Based on the research results, the applicability of the target model was proved for the established territory in the housing sector. The proposed method of territorial regeneration provides residents of the microdistrict with safer and more comfortable housing, as well as promotes vitality in urban space, hence stopping its degradation. However, essential conditions need to be elaborated and ensured to implement the strategy. It can be concluded that applying the tools of the Integrated

Area Development Standard is appropriate when establishing strategies for the modernisation of both white land and built-up urban areas. At the same time, the measures proposed in the project can also be recommended for renovating the areas with mass prefabricated housing in other Russian cities.

Keywords: regeneration of built-up areas, Standard for integrated development of territories, renovation, comfortable urban environment, development of territories, Winter University

For citation: Zaychuk MB, Vereshchagina EI. Regeneration of housing sector using the Integrated Area Development Standard on the example of the Yubileyniy microdistrict of Irkutsk. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(2):342-353. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-342-353>

Введение

В настоящее время районы, массово строившиеся в российских городах с 1960-х по 1980-е гг., постепенно приходят в упадок. Происходит деградация как самой застройки, так и прилегающих территорий [1]. Актуальность проблемы подкрепляется тем, что на данный момент почти 60% населения России проживает в районах массовой застройки¹. Моральное устаревание форматов жилья в таких районах, низкая энергоэффективность, неудовлетворительный уровень благоустройства, типологическое однообразие и отсутствие развитой системы управления территориями — все это требует принятия стратегий по обновлению районов массовой застройки.

В конце 2019 года Минстроем России принято методическое руководство «Стандарт комплексного развития территорий»². Он определяет ключевые подходы к комплексному развитию городских территорий, содержит ряд принципов работы с новыми и застроенными территориями, три целевые модели с параметрами застройки и обеспеченности инфраструктурой, рекомендации в области проектирования жилых территорий, улично-дорожной сети (УДС), общественных пространств.

Также в конце 2020 года Государственной думой был принят закон о комплексном развитии территорий (КРТ)³. Он определяет единый механизм КРТ и сноса аварийного и ветхого жилья. Закон позволяет разрабатывать и реализовывать программы сноса и реконструкции деградирующей жилой застройки на уровне регионов. Два данных положения дают возможность выработки

нового подхода к качественному обновлению городской среды в регионах, где остро стоит вопрос устаревającego жилого фонда.

Материал и методы исследования

Цель работы — применение целевой модели Стандарта комплексного развития территорий для сложившейся территории жилой застройки. Исследование проведено на примере участка в микрорайоне Юбилейный города Иркутска в рамках 22-ой сессии Байкальского зимнего градостроительного университета.

Работа осуществлялась в несколько этапов:

- анализ территории;
- разработка стратегии преобразования территории;
- выбор целевой модели Стандарта комплексного развития территорий;
- разработка проектных решений.

Анализ территории проводился с применением следующих методов:

- кабинетное исследование;
- полевое наблюдение;
- G/S-исследование;
- проведение серии экспертных интервью.

Исследование проводилось в масштабе города, микрорайона и в масштабе участка.

Результаты и их обсуждение

Юбилейный — крупный жилой район в южной части Иркутска, который относится к самому большому округу — Свердловскому. Добраться из микрорайона до центра города можно за 20–30 минут. Сегодня здесь живет более 23 тысяч человек, находится более 100 домов.

В центре района есть крупный медицинский объект — Областная клиническая больница.

¹Жилищное хозяйство в России. 2016: стат. сб. / Росстат. М., 2016. 63 с.

²Стандарт комплексного развития территорий [Электронный ресурс] / Минстрой России, ДОМ.РФ, КБ «Стрелка». URL: <https://xn--d1aqf.xn--p1ai/urban/standards/printsipy-kompleksnogo-razvitiya-territoriy/> (16.03.2021).

³Замахина Т. Принят закон о комплексном развитии территорий [Электронный ресурс] // Российская газета. URL: <https://rg.ru/2020/12/23/priniat-zakon-o-kompleksnom-razviti-territorij.html> (16.03.2021).

ца. При этом Юбилейный удален от центров городской активности, это типичный спальный жилой микрорайон крупного города.

В ходе исторического анализа выявлено, что рассматриваемый район застраивался комплексно и одновременно [2]. Позже он «оброс» кварталами-спутниками, в том числе находящимися за административными границами города Иркутска. Сегодня они формируют единую среду как в планировочном, так и в социокультурном плане.

Развитие улично-дорожной сети необходимо рассматривать на агломерационном уровне, в городе уже сегодня существуют планы по строительству Южного обхода Иркутска. При этом сейчас микрорайон Юбилейный обладает высокой обеспеченностью общественным транспортом.

Доступными центрами притяжения для жителей Юбилейного являются набережная в районе водохранилища и массив городского леса на юге района. Они составляют важную часть общего ландшафтно-экологического каркаса города.

На уровне района Юбилейный обеспечен базовой инфраструктурой. В 15-минутной доступности расположены школы, детские сады, поликлиника, остановки общественного транспорта с развитой системой маршрутов, торговый центр районного масштаба «Юбилейный».

В результате исследования удалось выявить следующие сценарии пользования территорией: «потребительский» (проживание, пользование социальной инфраструктурой, сервисами и услугами, досуг), «семейный» (проживание, пользование социальной инфраструктурой, в том числе для детей, сервисами и услугами, семейный досуг), «районный» (пользование услугами и сервисами без проживания в микрорайоне), «резидентский» (посещение объектов медицинской инфраструктуры, кратковременное проживание), «пригородный» (транзитное движение, пользование сервисами и услугами).

Сейсмичность рассматриваемой территории составляет в основном 8 баллов, включая участки в 7 и 9 баллов. Также на территории преобладает застройка серии 335, которая не рассчитана на показатели 8–9 баллов по шкале сейсмоустойчивости.

В рамках проекта был проведен анализ по методу SWOT. Основные выводы, которые можно сделать по результатам данного анализа:

- Обеспечены базовые потребности людей, проживающих на данной территории, имеется социальная инфраструктура для жизни в районе, при этом существует потенциал для развития территории и увеличения мощности ее социальных объектов.

- Зеленая территория и природный ландшафт являются важной составляющей территории и ценностью для жителей, а также одной из возможных причин повышения привлекательности коммерческого предложения жилья.

- Слабо выражена идентичность, отсутствует сформированная структура общественных пространств, разделение пространств на private и общественные, отсутствуют сформированные и устойчивые локальные сообщества.

- Наличие крупного областного объекта на территории формирует дополнительный сценарий пользования.

- Невысокая инвестиционная привлекательность территории (только для строительства больших объемов коммерческого жилья), недостаток платежеспособной аудитории для формирования точек притяжения, отсутствие экономических стейкхолдеров, заинтересованных в реализации механизмов реновации и обновления среды.

- Разрастание «раковой застройки» поблизости в пригородах: жилье высокой плотности без необходимой инфраструктуры и качества среды, нагрузка на инфраструктуру района (транспортную, социальную) пользователями из соседних территориальных образований.

На основании анализа была сделана гипотеза о развитии микрорайона в перспективе 5–10 лет, основная цель проекта – улучшение качества повседневной жизни на территории.

Проектный участок (обозначен красной пунктирной линией на рис. 1) располагается на юге микрорайона. Он сформирован жилой застройкой преимущественно серии 335, также на участке есть гаражно-строительные кооперативы и лесной массив. Участок частично свободен от застройки.

Выбор целевой модели Стандарта комплексного развития территории

Стандарт КРТ содержит три целевые модели городской среды: малоэтажную, среднеэтажную и центральную. На основании анализа для стратегии преобразования рассматриваемой территории с учетом показателей Стандарта (рис. 2) была выбрана среднетажная целевая модель.

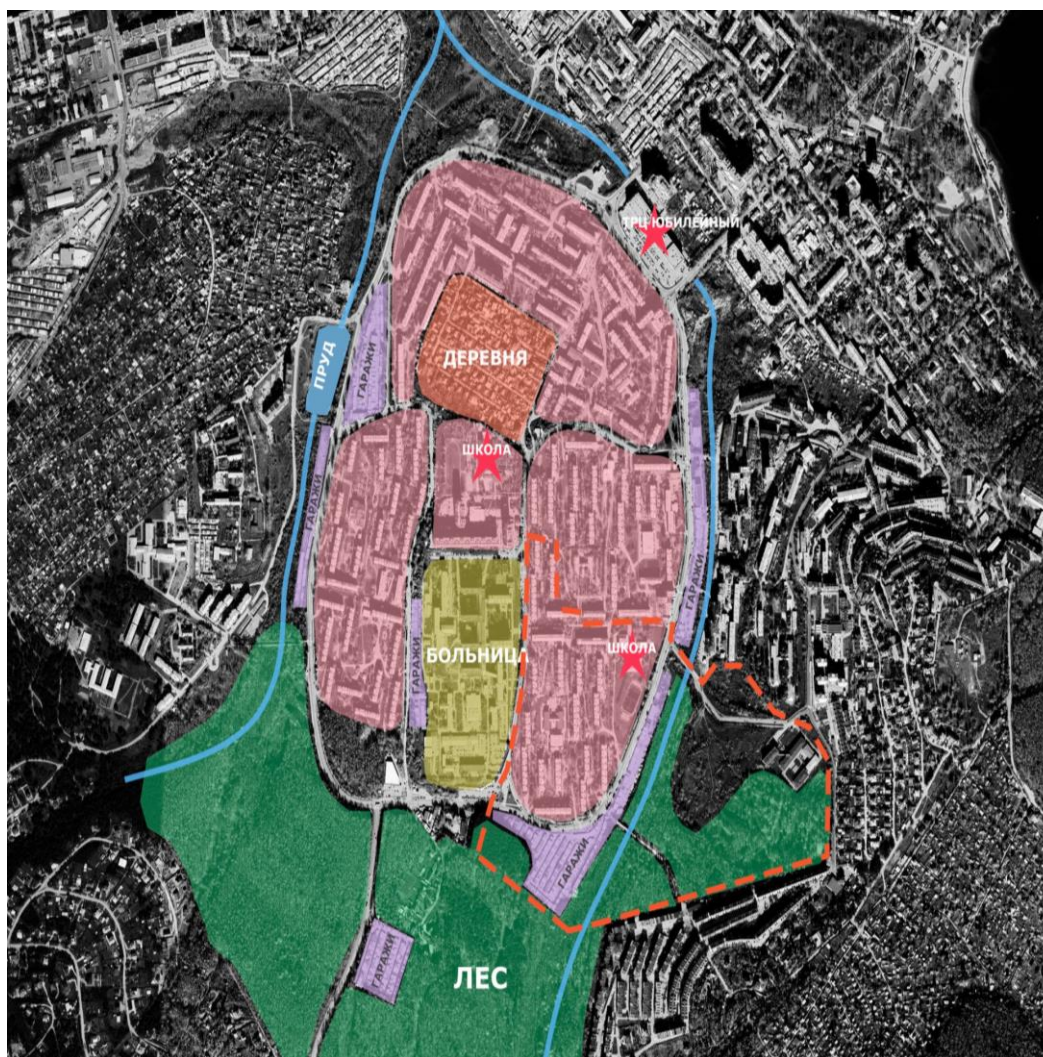


Рис. 1. Опорный план микрорайона с выделенными типами сложившихся территорий
Fig. 1. The reference plan of the microdistrict with the selected types of existing territories

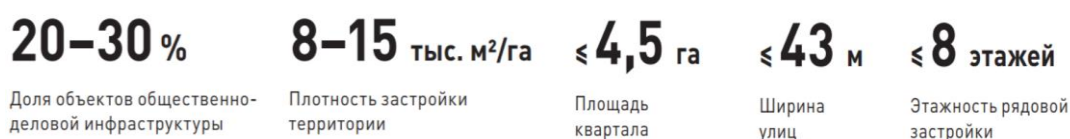


Рис. 2. Ключевые показатели среднеэтажной модели Стандарта комплексного развития территорий
Fig. 2. Key indicators of the medium-rise model of the Standard for Integrated Development of territories

Стратегия преобразования территории

На основании проведенного анализа была разработана стратегия преобразования территории (рис. 3). Проектной командой выделены главные фокусы, ставшие основой проектных решений:

- изменение структуры кварталов и иерархия пространств;
- выделение этапов переселения;

- формирование предложений по развитию УДС и транспорта;
- создание концепции общественных пространств и рекреаций;
- трансформация гаражей;
- разработка гибкой модели социальной инфраструктуры;
- предложение арендного формата жилья.



Рис. 3. Основные фокусы стратегии преобразования района
Fig. 3. Main focuses of the district transformation strategy

Изменение структуры кварталов и иерархия пространств

Существующие в микрорайоне красные линии задают чрезмерно крупное деление на кварталы, что не отвечает параметрам Стандарта комплексного развития территорий по площади кварталов. В работе предложено разукрупнение кварталов на более мелкие планировочные единицы (рис. 4), что

позволяет собственникам квартир независимо принимать решения об участии в программе переселения, а также задает четкую пространственную структуру⁴. Новая планировочная структура учитывает территории под существующими жилыми домами и социальными объектами. В результате формируется новая сетка красных линий внутри рассматриваемой территории.



Рис. 4. Проектное предложение по разукрупнению кварталов
Fig. 4. Project proposal for the unbundling of blocks

Образованные в процессе межевания отдельные участки дворовых территорий могут находиться в будущем в управлении

территориальных общественных самоуправлений или муниципалитета в зависимости от выбора собственников.

⁴Нераскрытый Петербург: исследование потенциала урбанизированной территории Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. 2018. URL: <https://www.mlaplus.com/wp-content/uploads/2019/02/Densification-possibilities-for-St.-Petersburg.pdf> (16.03.2021)

В проекте межевания предлагается использовать следующие режимы доступности территории [3]:

- частные территории – террасы, принадлежащие помещениям на первых этажах жилых зданий;

- полуприватные территории – участки, принадлежащие коммерческим объектам, а также многоквартирным домам, находящимся в долевой собственности у владельцев. Коллектив пользователей – владельцы дома;

- полупубличные территории – территории, у которых есть ограниченный коллектив пользователей, но нет строгого контроля доступа: участки общественных дворов и объектов социальной инфраструктуры,

находящихся в муниципальной собственности;

- общественные территории – внеквартальные территории, доступные для неограниченного круга пользователей: улицы, парк, бульвар.

Выделение этапов переселения

Одним из ключевых предложений данного проекта является модель замещения старого жилого фонда новыми зданиями, предполагающая поэтапное переселение жильцов [4]. Для определения начального этапа переселения была проанализирована сейсмостойкость зданий. На основании данных по году постройки и проценту износа домов 335-ой серии был выведен индекс состояния застройки (рис. 5), рассчитанный по 10-балльной шкале путем сложения возраста и процента износа зданий. На основании данного индекса были определены приоритетные очереди для реализации переселения.

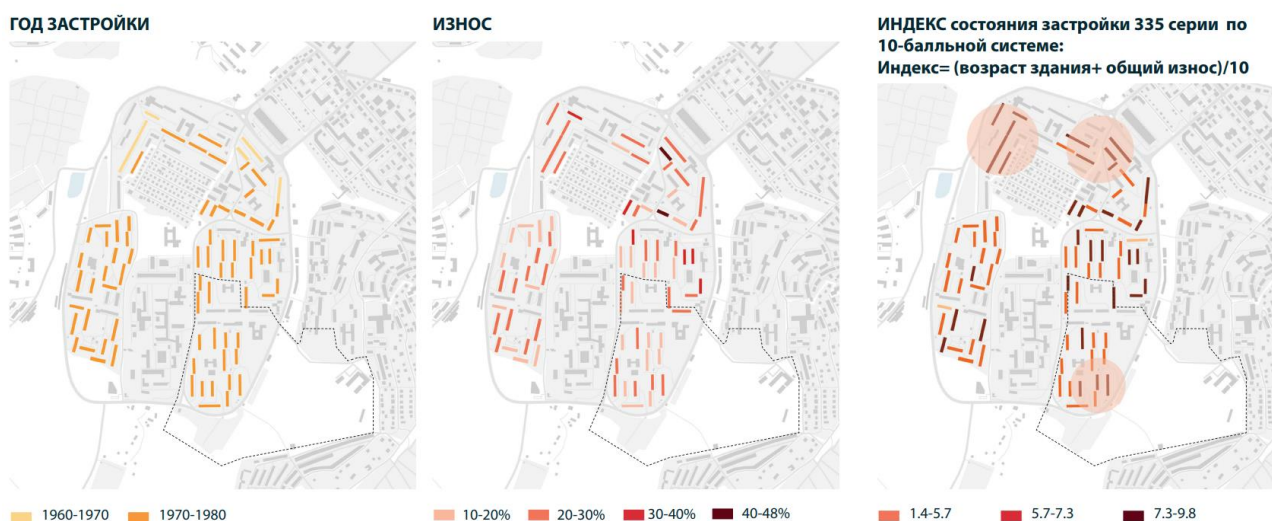


Рис. 5. Вычисление индекса состояния застройки 335 серии
Fig. 5. Calculation of the building status index 335 series

В рамках стратегии переселения рассматриваются два сценария: 1) интенсивный, предполагающий полную замену жилого фонда (рис. 6); 2) гибкий, оставляющий жильцам право выбора относительно их будущего дома (рис. 7).

Формирование предложений по развитию УДС и транспорта

Для снижения нагрузки от транзитного трафика концепцией исследования предлагается распределение потоков за счет запланированного строительства Южного обхода – объездной магистрали, а также развития хордовых связей в центр и другие районы города, что позволит избежать высоко-

кого трафика на городских улицах (рис. 8). На уровне района предложено размещение транспортно-пересадочных узлов, перехватывающих парковок [5].

В рамках парковочной политики проектом предусмотрено ограничение доступа личного автотранспорта на территорию дворов. Парковки жилых групп предлагается разместить в стилобатах, встроенных в рельеф. Многоуровневый паркинг, который предлагается построить на части территории гаражного кооператива, рассчитан на 500 машино-мест и нацелен на использование как жителями района, так и приезжими из пригородов с возможностью пересадки на общественный транспорт.

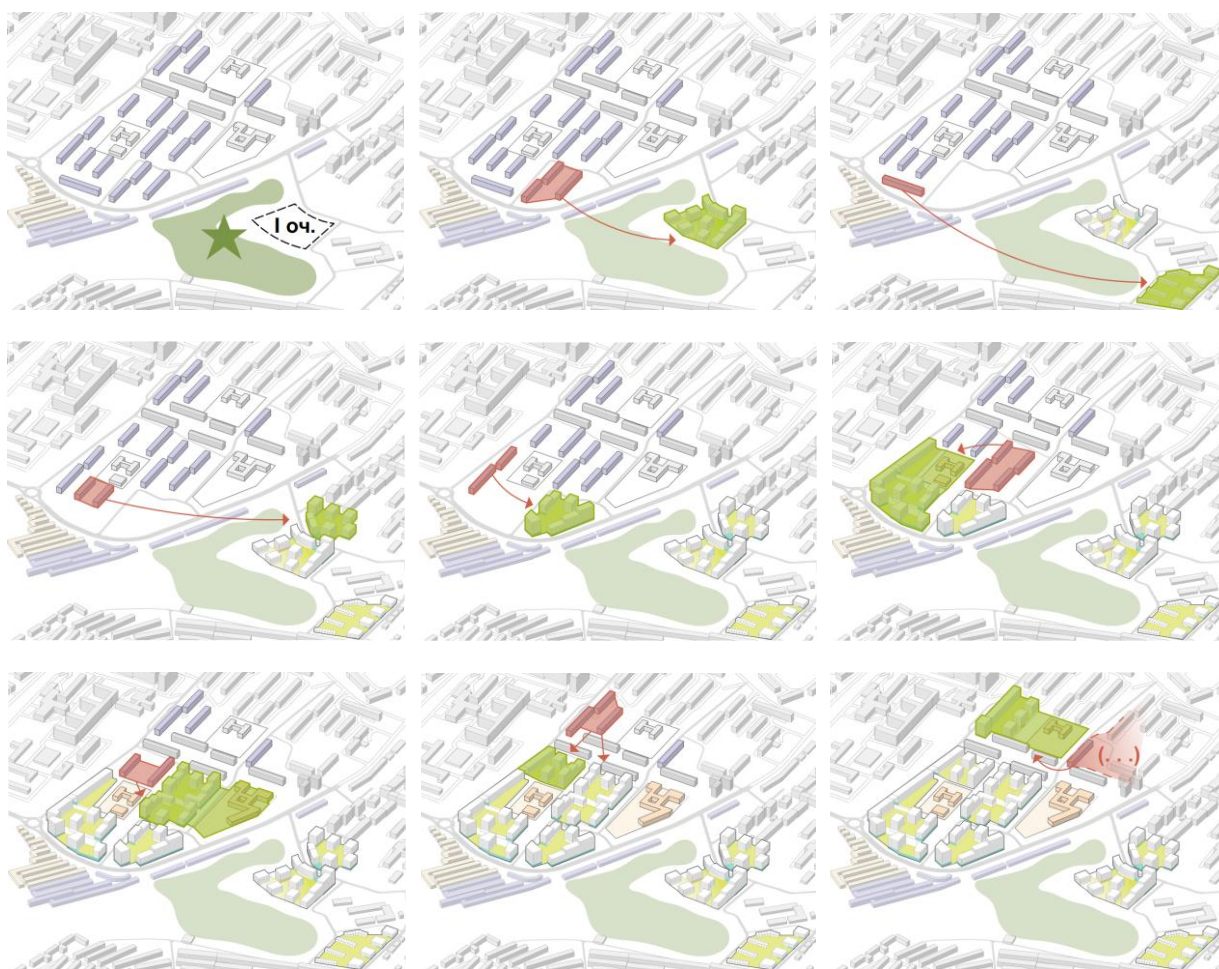


Рис. 6. Поэтапное переселение по интенсивному сценарию
Fig. 6. Phased relocation under an intensive scenario

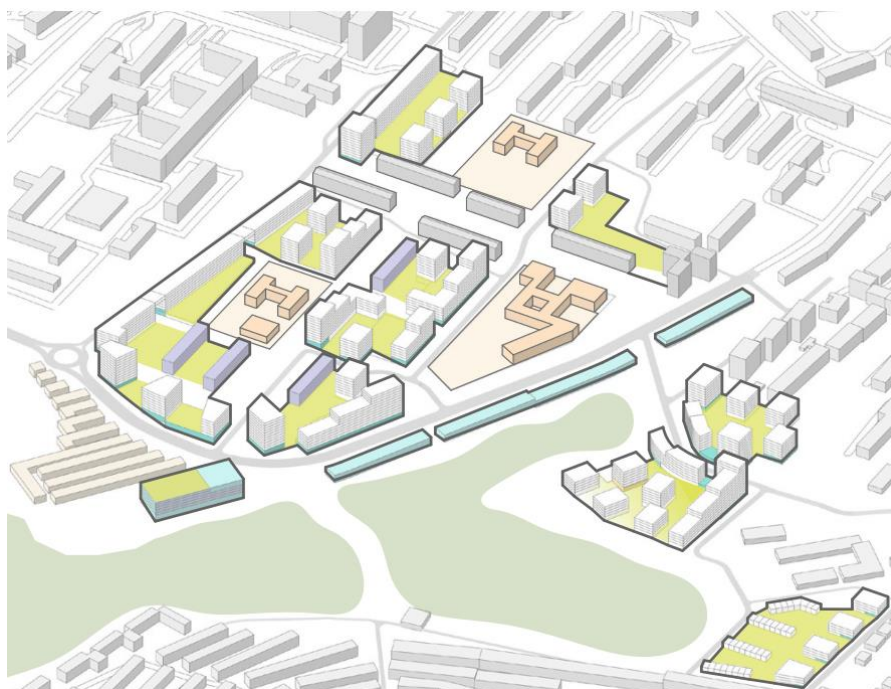


Рис. 7. Развитие территории по гибкому сценарию
Fig. 7. Territory development under a flexible scenario



Рис. 8. Подключение Южного обхода к системе улично-дорожной сети и расположение транспортно-пересадочных узлов

Fig. 8. Connection of the Southern Bypass to the system of the road network and the location of transport hubs

Маршруты велодорожек предназначены для связанности района с прилегающими территориями, включения района в общегородскую велосеть [6]. Также сеть велодорожек формируется с учетом влияния рельефа участка по направлениям основных улиц.

Создание концепции общественных пространств и рекреаций

Ключевые общественные пространства, согласно проекту, вписываются в существующий рельеф (рис. 9) и отвечают основным выявленным запросам пользователей [7]. На территории района появляются следующие объекты:

- Скейтпарк. Предлагается применять нестационарные элементы, что при необхо-

димости позволит изменять конфигурацию парка и его расположение.

- Пешеходный бульвар с перепадом высот. Оформляется в единую пешеходную зону с разнообразным озеленением, элементами, вписывающимися в существующий контекст и бережно дополняющими его. Пешеходная зона дублируется горками для катания.

- Дворовые пространства, связанные игровыми и пешеходными зонами с учетом перепада высот и подчеркивающие разнообразность рельефа.

- Спортивный сквер. Дополнение существующего сквера пространством со спортивными площадками разных типов.

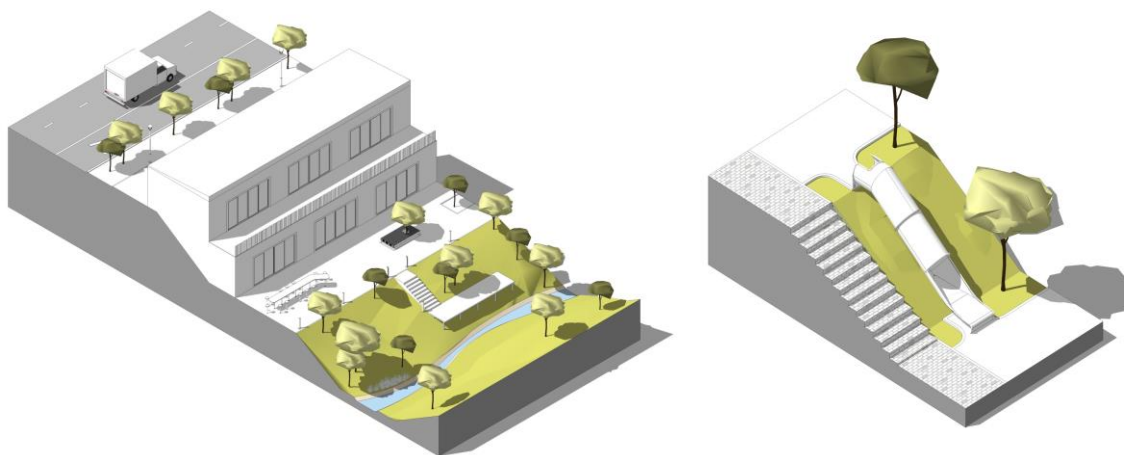


Рис. 9. Фрагменты общественных пространств, встроенных в рельеф

Fig. 9. Fragments of public spaces embedded in the terrain

Трансформация гаражно-строительных кооперативов

На сегодняшний день гаражно-строительные кооперативы (ГСК) представляют собой закрытые, но сформированные образования [8]. Такое радикальное решение, как принудительный снос, может привести к конфликтам и исчезновению сложившихся сообществ. В обозримом будущем начнет действовать закон о «гаражной амнистии», призванный упростить регистрацию подобных объектов и четкое определение их правового статуса.

Стратегией декларируется необходимость разработки новых механизмов для развития ГСК, в частности предоставление дополнительных возможностей собственни-

кам, например ведения предпринимательской деятельности и компактного производства, сдачи в аренду и перепродажи. Вместе с дополнительными возможностями и гарантией сохранения участка на объекты ГСК налагается ряд ограничений в виде объемно-пространственного регламента и обязательств по надлежащему санитарному состоянию. Таким образом удается достичь постепенного избавления от «серых» территорий и большего функционального разнообразия. Проектом предложено выделение «пояса» гаражных кооперативов вдоль кольцевой дороги микрорайона. По желанию собственников возможна надстройка и создание активного уличного фронта с дополнительными сервисами и услугами для жителей микрорайона (рис. 10).

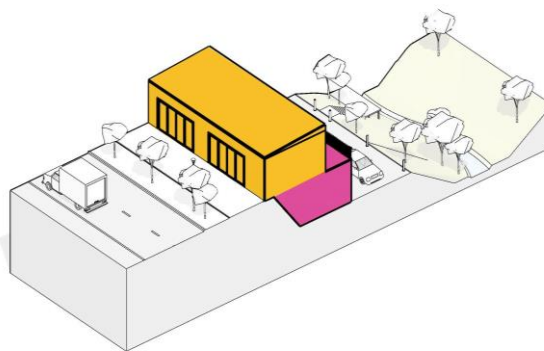


Рис. 10. Концепция трансформации гаражно-строительного кооператива
Fig. 10. The concept of transformation of a garage-building cooperative

Разработка гибкой модели социальной инфраструктуры

В рамках работы была проанализирована обеспеченность района социальной инфраструктурой. Несмотря на наличие детских садов и школ в пешеходной доступности, их фактическая посещаемость суще-

ственно превышает проектную вместимость. В связи с этим предлагается создание гибкой образовательной среды (рис. 11), способной подстраиваться под потребности, обусловленные демографической ситуацией, а также доступной для жителей района [9].

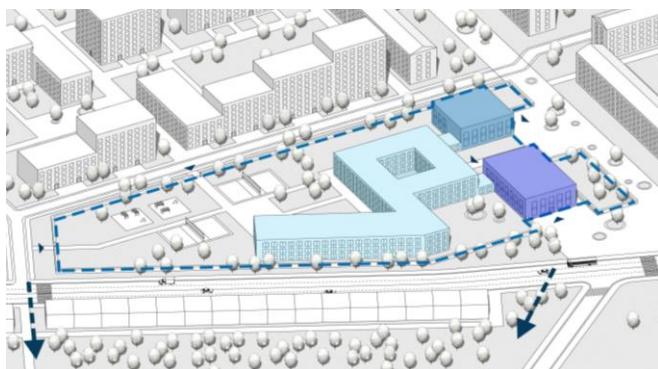


Рис. 11. Концепция формирования гибкой образовательной среды
Fig. 11. The concept of creating a flexible educational environment

Для школы, которая находится на участке рассмотрения, предлагается реконструкция с увеличением числа мест за счет строительства нового учебного блока. После реконструкции некоторые функциональные блоки также могут использоваться жителями района в неучебное время. Актовый зал, медиатека и спортивный блок могут иметь отдельные входы с бульвара и вновь формируемой площади перед школой.

Таким образом, школа становится более открытой для жителей и начинает играть роль общественного центра в структуре всего района. Поскольку на территории района нет возможности разместить новое отдельное здание детского сада, проектом предлагается устройство сетевых детских садов.

Идея заключается в том, чтобы задействовать инфраструктуру отдельно стоящего детского сада встроенными детскими садами, расположенными вблизи него. По определенному графику дети могут использовать пищеблок, актовый зал и прогулочные площадки детского сада – «ядра».

Предложение арендного формата жилья

Ввиду расположения на территории микрорайона крупного медицинского объекта в Юбилейном распространен резидентский сценарий использования жилья. На определенное время в район приезжают как пациенты больницы, так и специалисты в сфере медицины с целью участия в различного рода профессиональных мероприятиях. Предлагаемые на сегодняшний день варианты размещения (посуточная аренда квартир, хостелы) носят хаотичный и ситуативный характер, не являясь комфортным решени-

ем, удовлетворяющим спрос. Проектом предлагается предусмотреть секции арендного жилья, предназначенного для использования посетителями медицинского кластера⁵.

Заключение

На основании проведенного исследования и разработанной стратегии преобразования территории удалось доказать применимость целевой модели Стандарта комплексного развития для сложившейся территории жилой застройки. Предложенная методика регенерации территории позволяет обеспечить жителей микрорайона более безопасным и комфортным жильем, а также оживить городское пространство, остановив его деградацию.

Однако стоит отметить существенные условия, которые необходимо проработать и обеспечить для реализации стратегии:

- наличие экономических стейкхолдеров, заинтересованных в реализации механизмов реновации и создании качественной среды;
- дальнейшая проработка механизма реализации программы переселения с акцентом на работу с собственниками;
- дальнейшая детализация концепции реорганизации гаражно-строительного кооператива;
- синхронизация программ привлечения бюджетных и внебюджетных источников финансирования для комплексной реализации проекта и увязки программ по переселению, реорганизации ГСК, благоустройству и т.д.

Комплекс мер, предложенных в проекте, также можно рекомендовать к применению при обновлении территорий панельной застройки в других городах России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волынский В.Э. О необходимости модернизации пятиэтажного типового жилого фонда Российской Федерации // Academia. Архитектура и строительство. 2016. № 4. С. 71–75.
2. Дорофеев П. Микрорайонные структуры 1960–1970-х годов в Иркутске // Проект Байкал. 2014. № 39-40. С. 230–251. <https://doi.org/10.7480/projectbaikal.39-40.687>
3. Newman O. Creating Defensible Space. DIANE Publishing, 1996. 123 p.
4. Чазова О.Л. Проблема сноса жилья первых массовых серий при комплексной реконструкции жилой застройки // Таврический научный обозреватель. 2015. № 4-1. С. 95–97.
5. Власов Д.В., Данилина Н.В. Совершенствование транспортной системы крупнейшего города путем развития системы «перехватывающих парковок» // Вестник МГСУ. 2010. № 4. С. 49–54.
6. Сова А.Н., Трофименко Ю.В., Буренин В.В. Велотранспорт для городов России // Транспорт

⁵Арендное жилье [Электронный ресурс] // Минстрой России. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/trades/zhilishnaya-politika/9/> (16.03.2021)

Российской Федерации. 2013. № 4 (47). С. 42–45.

7. Гейл Я. Города для людей / пер. с англ. М.: Альпина Паблшер, 2012. 276 с.

8. Петрушкин В.А. О некоторых проблемах правовой квалификации статуса пользователей земельных участков, предоставленных гаражно-строительным кооперативам, на праве постоянного (бессрочного) пользо-

вания // Вестник Саратовской государственной юридической академии. 2020. № 3 (134). С. 130–136. <https://doi.org/10.24411/2227-7315-2020-10077>

9. Булавкина Е.Л. Модель сетевого взаимодействия в разноуровневых образовательных системах (на примере МБДОУ г. Иркутска детского сада № 9) // Инновации в науке. 2016. № 56-1. С. 149–158.

REFERENCES

1. Volynskov VE. On the need for modernization of the five-storey typical residential fund of the Russian Federation. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2016;4:71–75. (In Russ.)

2. Dorofeev P. Neighborhood structures of the 1960s-1970s in Irkutsk. *Proekt Baikal = Project Baikal*. 2014;39-40:230–251. (In Russ.) <https://doi.org/10.7480/projectbaikal.39-40.687>

3. Newman O. Creating Defensible Space. DIANE Publishing; 1996. 123 p.

4. Chazova OL. The problem of demolition of housing of the first mass series during the complex reconstruction of residential buildings. *Tavricheskii nauchnyi obozrevatel'*. 2015;4-1:95–97. (In Russ.)

5. Vlasov DN, Danilina NV. Improvement of transport system of the major metropolis in the

way of development “park-andride” systems. *Vestnik MGSU*. 2010;4:49–54. (In Russ.)

6. Sova AN, Trofimenko YuV, Burenin VV. Bicycle transport for Russia's cities. *Transport Rossiiskoi Federatsii*. 2013;4(47):42–45. (In Russ.)

7. Gehl J. Cities for People. Moscow: Al'pina Publisher; 2012. 276 p. (In Russ.)

8. Petrushkin VA. About certain problems of legal qualification of land plots' users status granted to garage construction cooperatives on the right of permanent (indefinite) usage. *Vestnik Saratovskoi gosudarstvennoi yuridicheskoi akademii*. 2020;3(134):130–136. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/2227-7315-2020-10077>

9. Bulavkina EL. Model networking in multi-level educational system (for example MBDOU Irkutsk kindergarten number 129). *Innovatsii v nauke*. 2016;56-1:149–158. (In Russ.)

Сведения об авторах

Зайчук Михаил Борисович,

бакалавр архитектуры, архитектор,
ООО «Архитектурно-строительная группа компаний»,

197343, г. Санкт-Петербург,

ул. Матроса Железняка, 57 А, Россия,

✉e-mail: mikhail_zaychuk@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5817-2225>

Верещагина Елена Игоревна,

магистр искусств, депутат,
Совет депутатов городского округа Троицк
в городе Москве,

108841, г. Москва, г.п. Троицк,

ул. Юбилейная, 3, Россия,

e-mail: elena-vereshchagina@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8898-9551>

Information about the authors

Mikhail B. Zaychuk,

Bachelor of Architecture, architect,
LLC “Architectural and Construction Group
of Companies”,

57 A, Matrosa Zheleznyak, St. Petersburg,
197343, Russia

✉e-mail: mikhail_zaychuk@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5817-2225>

Elena I. Vereshchagina,

Master of Arts, Deputy,
Troitsk City District Council of Deputies
in Moscow,

3, Yubileynaya Str., Troitsk, Moscow, 108841,
Russia,

e-mail: elena-vereshchagina@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8898-9551>

Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 26.03.2021.
Одобрена после рецензирования 22.04.2021.
Принята к публикации 26.04.2021.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Conflict of interests

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

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

The article was submitted 26.03.2021.
Approved after reviewing 22.04.2021.
Accepted for publication 26.04.2021.

**Силикатное стекло: портрет в материале****© О.Ю. Копёнкина**

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Резюме: Статья посвящена работе с прозрачным силикатным стеклом с применением технологии фьюзинга и сохранением в материале графического принципа проектной разработки. Цель – получение коллекции готовых к экспозиции творческих работ в материале на тему «Портрет», созданных студентами-дизайнерами второго курса. Так как обучение происходило в дистанционной форме, была использована методика замены материалов при выполнении художественных работ – педагогический метод, помогающий сделать задание выполнимым посредством нахождения более простого решения (вместо глины и терракоты, а также промышленного фарфора использовалось силикатное стекло). В статье подробно освещена тема портрета, оценена работа с натурой, приведены примеры работ в силикатном стекле. Проектная часть разработки опирается на графический подход. Работа с силикатным стеклом строится на технологии тепловой обработки стекла – спекании, или фьюзинге. Включение в тело спекаемого панно металлических элементов проводилось экспериментальным путем. Для выполнения в материале использовалось оборудование мастерских керамики, в том числе электрическая керамическая печь. Методика поэтапного выполнения задания поддерживается фотоматериалами. Результатом проведенной работы является не только коллекция готовых к экспозиции студенческих работ на тему «Портрет», но и авторская методика графической работы с силикатным стеклом (готовые произведения приняли участие в международных студенческих выставках-конкурсах в 2021 году). Результатом развития ученических работ в перспективе должны стать профессиональные выставки. В заключение выносятся ряд предложений по дальнейшему использованию силикатного стекла для творческих учебных работ в сфере дизайна.

Ключевые слова: портрет и автопортрет, натура, линейный рисунок, силикатное стекло, фьюзинг, стеклопластика

Для цитирования: Копёнкина О.Ю. Силикатное стекло: портрет в материале. *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2021. Т. 11. № 2. С. 354–367. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-354-367>

Silicate glass: a portrait in material**Olga Yu. Kopenkina**

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Abstract: The article is devoted to handling transparent silicate glass by glass fusing and preserving the graphic concept of the design project in the material. The study aims to obtain a collection of creative artworks in the material on the "Portrait" topic, ready for exposition. Since the training took place in a remote form, a material replacement technique was used to perform the artwork. This pedagogical method helps make a task achievable by applying a simpler solution; e.g., silicate glass was used instead of clay, terracotta or industrial porcelain. Background research in the field of a portrait, an assessment of work with nature, samples prepared in silicate glass comprise the stages on the way from a linear drawing to a material. The design part of the project is based on a graphical approach. Working with silicate glass is based on the hot-cold work, namely, sintering or fusing. The incorporation of metal elements in the body of the sintered panel picture was performed experimentally. For an image in material, we used equipment of ceramics workshops, including an electric marble furnace. Photographic material supports the step-by-step method. This research resulted not only in a collection of student artworks ready for exhibition on the "Portrait" topic but also in the proprietary method of graphic work with silicate glass. The obtained artworks took part in an international student exhibiting competitions in 2021. Professional exhibitions should be the result of the development of

students works in the long term. In conclusion, a number of proposals are made on the further use of silicate glass for creative educational work in the field of design.

Keywords: portrait and self-portrait, nature, line drawing, silicate glass, fusing, fiberglass

For citation: Kopenkina OYu. Silicate glass: a portrait in material. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost* = *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(2):354–367. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-354-367>

Введение

Дистанционное обучение в весеннем семестре 2020 года отрезало обучающихся студентов от мастерских, от материала. Подготовительная работа по поиску пластики в глине по теме «Портрет друга», как то: этюды головы в небольшом размере, поиск пластической объемной композиции – внезапно была остановлена. В итоге живая модель и автор оказались изолированными друг от друга. В сложившейся учебной ситуации было позволено по желанию студента портрет заменить на автопортрет. В результате каждый оказался в удаленном пространстве, которое мы условно назовем «своей мастерской».

Методы

Надо подчеркнуть, что художники-педагоги не одобряют тех студентов, которые, имея возможность работать с натурой на начальной стадии работы над портретом, переходят на работу с фотографией натуры. Из личного опыта каждого профессиональ-

ного художника известно, насколько обедняется восприятие объекта без натуры.

Портреты исторических личностей, базирующиеся на архивных фотоматериалах, профессионалы дополняют натурными этюдами с моделей, похожих на прототип. Только огромный опыт работы с натурой позволяет профессионалам создавать выразительные образы исторических личностей по сохранившимся фотоматериалам.

Примером тому может служить портрет М.А. Гаевской (рис. 2) работы скульптора Александра Андреевича Виноградова (доцент кафедры дизайна ИрГТУ с 2013 по 2015 гг.). «Родом Мария Афанасьевна Гаевская была из иркутской купеческой семьи Трапезниковых. Имела блестящее образование, была одной из первых выпускниц иркутского Института благородных девиц. Мария Афанасьевна Гаевская – первая женщина, работавшая на общественном попирще, заведующей городской публичной библиотекой (с 1 января 1867 г. по 6 июля 1907 г.)»¹.



Рис. 1. Работа с натурой, 2015. Мастер-класс для студентов. Мужская модель. Терракота. Скульптор А.А. Виноградов

Fig. 1. Working with nature, 2015. Master class for students. Male model. Terracotta. Sculptor A.A. Vinogradov

¹Город Иркутск [Электронный ресурс]. URL: <http://irkipedia.ru/content/irkutsk> (07.04.2021).



Рис. 2. Работа с фотографией, 2015. Портрет М.А. Гаевской. Гипс. Скульптор А.А. Виноградов
Fig. 2. Working with photography, 2015. Portrait of M.A. Gaevskaya. Gypsum. Sculptor A.A. Vinogradov

Для учебных работ, разрабатываемых в «своей мастерской», мы выбрали тему «Автопортрет», в рамках которой методика работы с натуры всегда доступна автору. Психологический феномен явления «автопортрет» в искусстве – тема бессмертная, вечная, переходящая из века в век, характеризуется тем, что субъект познает субъекта, исчезает объект, к которому автор может относиться беспристрастно, накапливая в образе различные характеристики от сеанса к сеансу. В автопортрете непроизвольно возникает стремление найти в себе все лучшее, что проявляется через видимую форму и составляет суть, проявленную в человеке. Художники избегают образов, примеряющих на себя чуждую, не свойственную тождественность. «Особенность автопортрета прежде всего в том, что он говорит со зрителем от первого лица – о времени и о себе, это монолог художника, сокровенная исповедь или активное утверждение своего творческого кредо, самоирония или спокойное повествование» [1]. Данное определение приемлемо для студентов, начинающих знакомиться с натурным портретом и переходящих от неподвижных гипсовых образцов к живому человеку. Упомянутая стадия «спокойного повествования» наряду со знанием пластической анатомии – первый и достаточный шаг в работе над портретом для студента второго курса. «Автопортрет студента» – шаг, следующий за натурным и повествовательным подходом, ведущий к типизации. Более углубленный подход мы можем только предполагать с

расчетом на будущий интерес к развитию предложенной темы. «Автопортрет – наиболее яркий образец художественной воли портретиста, распространенной не только на искусство, но и на жизнь; когда Рембрандт надевает фантастические костюмы для автопортрета – и когда Бердслей делает то же самое, – то здесь мы имеем сознательную волю преобразить действительность – хотя бы маскарадом. Автопортрет всегда является не только откровением в области искусства, но и весьма важным психологическим документом» [2].

В творчестве отдельных художников тема автопортрета занимает особое место внутри портретного жанра, когда в процессе творчества художник вновь и вновь возвращается к творческому постижению себя через жанр портрета. Объект в данном случае исчезает и остается только познающий субъект на своей субъективной территории. «Художник или изображает свое отражение в зеркале, или дает свое «субъективное впечатление» от собственной внешности, как она ему представляется» [2].

Обратимся к альбому «Галина Новикова» в связи с темой автопортрета. Если хронологически выстроить опубликованные только живописные автопортреты иркутской художницы Г.Е. Новиковой, нам представится длинный перечень работ, начиная с «Аллегии в стиле Гольбейна» 1969 года создания и заканчивая поздними полотнами – «Автопортретом с королями» 1986 года и «Автопортретом «Тайное крещение»» 1993 года. Таким образом, за четверть века художницей были запечатлены самоутверждающие вехи в виде длинной череды автопортретов, обстоятельно выстроенных,

внутренне возвышенных, лишенных бытовой приземленности, наполненных элементами высокой эстетики, утверждающих особый статус художника, в чем-то артиста в данном случае. Исследователь творчества Галины Евгеньевны Новиковой известный иркутский искусствовед Тамара Григорьевна Драница называет работу над портретом в творчестве художницы «каждой новой портретной ситуацией», как определенный этап «сложного саморазвития художника». Т.Г. Драница считает, что именно «неустанная работа с натурой (портретный этюд, натюрморт, пейзаж)» позволяла художнице «приближаться к истине» в портрете [3]. Особенно искусствовед отмечает методику художницы начинать

живопись с рисунка. Действительно, мы имеем дело со школой, отличной от более поздней известной в Иркутске живописной школы кафедры монументально-декоративной живописи ИРНИТУ. В портретах иркутской художницы Новиковой нельзя назвать цвет исключительным инструментом организации полотна, который постепенно захватывает все внутреннее пространство картины и становится ведущей идеей. Выделим два автопортрета художницы с выраженной цветовой сдержанностью, с графическим началом и тонкостью в подаче цвета. Их разделяют 10 лет, но принцип первопроявленности рисунка в них сохраняется и не утрачивается в процессе создания живописного полотна (рис. 3, 4).



Рис. 3. Автопортрет в кимоно, 1970. Г.Е. Новикова
Fig. 3. Self-portrait in kimono, 1970. G.E. Novikova



Рис. 4. Автопортрет с бабушкой, 1980. Г.Е. Новикова
Fig. 4. Self-portrait with my grandmother, 1980. G.E. Novikova

Нашему заданию ближе всего аналоги графические, выполненные в технике линейного рисунка или печатных техниках. Обратимся к творчеству Обри Бердслей, чья короткая жизнь оставила около десяти автопортретов, выполненных в графике. Автопортрет 1892 года (рис. 5) и портрет

О. Бальзака 1897 года (рис. 6) для обложки произведений писателя из серии «Сцены парижской жизни» – графические произведения, выстроенные на линии и однотонном пятне. Автопортрет содержит авторскую надпись, что мы тоже можем использовать в своих работах.

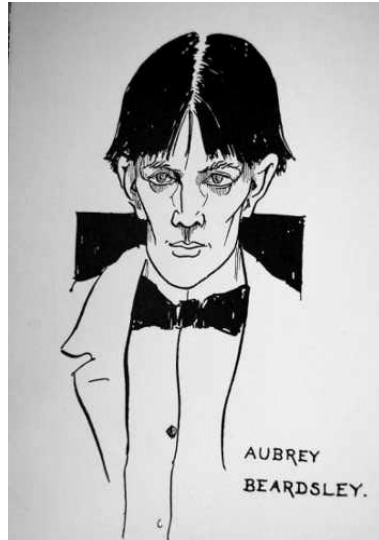


Рис. 5. Автопортрет, 1892 г. О. Бердслей. Рисунок пером
Fig. 5. Self-portrait, 1892 by O. Beardsley. Pen drawing



Рис. 6. Эскиз обложки, 1897. О. Бердслей
Fig. 6. Cover sketch, 1897. O. Beardsley

При переходе в материал графических аналогов, использующих тон, в отличие от чисто линейного рисунка, перед нами встает дополнительная задача – решить, с помощью чего будет передаваться тон, если линию мы станем изображать, используя проволоку разной толщины. В представлении автора подобный подход к рисунку необхо-

димо либо дорабатывать, либо заменять другой техникой исполнения в материале. Так, в образце ренессансного искусства, портрете работы Ганса Бургкмайра Старшего (Gans Burgkmair the elder) [4] при устранении тона и сохранении линии и пятна (рис. 7) задуманная технология графической работы со стеклом доступна.



Рис. 7. Портрет Якоба Фуггера II Богатого, 1510–12 гг. Г. Бургкмайр Старший (1473–1531)
Fig. 7. Portrait of Jacob Fugger II the Rich, 1510–12. H. Burgkmair the Elder (1473–1531)

Однако для рисунка, подобного графическому листу литовского художника С. Красаускаса (рис. 8), когда лист становится черным, а линия белой, надо искать другую технику перехода в стекло, вероятно, остановившись на традиционном сграффито на основе термостойкой краски. Как более сложную технику, требующую перехода к этапу работы в материале уже в «своей мастерской», мы оставим её, ограничив «свою мастерскую» исключительно проектной частью и предоставим переход в материал учебным мастерским кафедры.

Большие перспективы для нас открывает рельеф, выполненный в металле грузинским скульптором Ираклием Очаури (рис. 9). Он позволяет разглядеть кроющийся за ним подготовительный рисунок, который предшествовал переходу в материал.

Линейная графика сопровождает утонченную рельефность, она преобладает в готовом произведении – и в лице изображенного художника, и в кисти его руки с тонкими пальцами, линейно очерченными. Нам легко разглядеть подготовительный рисунок для скульптурного рельефа.



Рис. 8. Голос. Иллюстрация к сборнику стихов «Эра» Э. Межелайтиса, 1967. Стасис Красаускас [5]
Fig. 8. The Voice. Illustration for the Era, a collection of verse by E. Miezelaitis, 1967. Stasys Krassauskas [5]

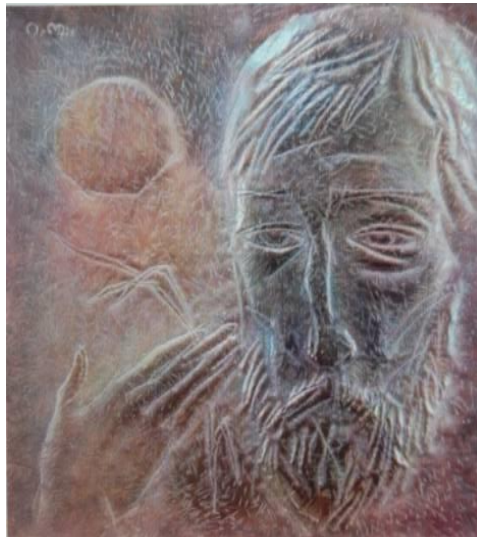


Рис. 9. Портрет Нико Пирасманашвили, 1965. Ираклий Очаури [5]
Fig. 9. Portrait of Niko Pirasmanashvili, 1965. Irakly Ochiauri [5]

Рассмотренный тематический материал помогает нам технически определиться с заданием и ограничить средства художественных приемов, взяв за основу «чистоту» минимализма. Стремясь от портретных карандашных набросков студентов, работающих в «своей мастерской», перейти к материалу, мы ставим условием ограничиться средствами художественной выразительности, сведя их к линейному рисунку-наброску. Причем мы не просто берем за основу рисунок, ограничивая его линией, убрав по возможности пятно и штрих, мы оставляем одно условие: право линии на разную толщину. «Толщина линии на рисунке очень важна, поскольку она делает рисунок более четким, создает иллюзию глубины и визуальную иерархию элементов по степени важности» [6].

Для студентов-дизайнеров, знакомящихся с художественными свойствами разных материалов, переход от проекта к материалу должен состоять из отдельных осмысленных шагов. Художественный процесс, разбитый на этапы, превращается для студента в осознанную методику. Графический набросок, переходя в материал, превращается в арт-объект, который можно рассматривать, например, как часть большого художественно организованного пространства выставки.

Методика работы с бесцветным стеклом представляет собой переход линейного рисунка в материал, где проволока разной толщины играет роль карандашной линии разной толщины и характера. Выложенный из проволоки рисунок-портрет, расположенный между двумя стеклянными плоскостями,

снабженный крепёжными элементами, остается внутри толщине стекла в процессе фьюзинга, частичного расплавления при термообработке при температуре от 600 до 850–900°C. Материал призван преобразить заложенный графический минимум, придав ему свои свойства и существенно изменив характер графики.

Серия студенческих автопортретов и портретов в материале должна стать частью общего материала, предназначенного для публичного представления на студенческой выставке в Иркутской областной государственной универсальной научной библиотеке им. И.И. Молчанова-Сибирского.

Автор начинала эксперименты с фьюзингом оконного стекла в начале 2000-х гг. Авторская коллекция сохранила работу в стекле, панно «Маленькая рыбка» 2003 года (рис. 10). Оконное стекло, будучи вновь расплавленным, своей подвижностью создавало образ воды. Поэтому первые пробы автора были связаны с водной стихией.

Панно выявило ряд средств художественной выразительности, которые мы могли в нашей работе взять за основу: линейное изображение, элементы рельефа, пузырьки воздуха в толще стекла. Пузырь формируется в месте уплотнения металла, в нашем случае в районе шляпки гвоздя. Концентрация пузырьков в одном месте способна отбросить более легкие части сплавляемых элементов стекла (см. хвост рыбки и отброшенный фрагмент стекла). Стоит заметить, что для активного выявления пузырька нужно использовать тонкое стекло, 2 мм, по крайней мере в верхнем слое сплавления. Можно вызвать вздутие стекла образованием петли на проволоке. Придание рельефной ха-

рактеристики стеклянному пласту производилось с помощью специально смоделированной гипсовой основы снизу и накладок отдельных стеклянных плоскостей сверху. Отметим небезынтересный способ внутреннего «выдувания» пузырьков воздуха в толще стекла. В панно использован принцип линейного рисования с помощью металлической проволоки и небольших гвоздей.

Кроме того, в работах рассматриваемого периода применялись дополнительные непрозрачные материалы: слюда, фольга наряду с небольшими металлическими пластинками, которые придавали тонкую цвето-

вую дифференциацию пласту, где прозрачность чередовалась с мягким цветовым глухим пятном.

В связи с использованием оконного стекла как материала для творчества, отметим дипломную работу А. Жаткиной «Золотой дракон» (рис. 11). Студентка сделала стекло ведущим материалом и применила к нему дизайнерский подход. Работа в материале выстроена на живописном пятне; отдельные стеклянные блоки смонтированы на красной деревянной решетке, украшенной сусальным золотом. Стекло, как вода, играет бликами, изменяет цвет в зависимости от освещения.



Рис. 10. Маленькая рыбка, 2003. Копёнкина О.Ю. Стекло, металл. 22×26(32)

Fig. 10. Little fish, 2003. Kopenkina O.Yu. Glass, metal. 22×26(32)



Рис. 11. Золотой дракон, 2005. А. Жаткина (гр. ДПИ 00-1), дипломная работа.

Стекло, керамика, дерево. Справа – блики, «игра» стекла

Fig. 11. Golden Dragon, 2005. A. Zhatkina (gr. DPI 00-1), thesis work.

Glass, ceramics, wood. On the right – glare, "game" of glass

Стекло как материал для художественного творчества всегда использовалось художниками, как работающими в области прикладного искусства, так и занимающимися монументально-декоративным искусством. Для дизайнеров методика работы со стеклом потребует иного подхода, т.к. традиционные витражные техники работы с прозрачным цветным стеклом внушительной

толщины требуют организованного процесса варки стекла, работы в горячей технике обработки. Даже создание полихромных панно в стекле в технике современного фьюзинга – достаточно растянутый во времени процесс, представляющий собой многосложный путь соединения технологического эксперимента, искусства художника и приобретенного мастерства. Что же касается знания технологии произ-

водства стекла (даже без заводской практики), то оно полезно для изучающих материал уже потому, что разрушает стереотип очевидности, сформированный исторической реальностью. «Стекла, применяемые человечеством на протяжении большей части своей истории, были силикатными» [7].

Работа осуществлялась с оконным стеклом, которое относится к группе строительного стекла, и нас интересовало использование прозрачности данного материала. В производстве силикатного строительного стекла издавна применяли шихту, составленную на основе трех компонентов: кварцевого песка, соды и извести. Кроме того, для оконного стекла в шихту добавляют оксиды щелочных металлов натрия и кальция или алюминия. Однако студенты, знакомящиеся с материалами, должны знать основные тенденции развития технологии изучаемого материала. Для человека творческой профессии эти знания таят массу открытий, указывая на новые технологии XXI века.

Профессиональные химики-технологи определяют стекло как «аморфное твердое тело, не обладающее упорядоченной периодической атомной структурой и характеризующееся температурным интервалом перехода в стеклообразное состояние» [7]. В этом определении отсутствует опора на химическую природу материала, в нашем случае диоксида кремния. Современные ученые наряду с традиционными неорганическими неметаллическими стеклами указывают на получение органических и металлических стекол, «характеризующихся температурным интервалом перехода в стеклообразное состояние». «Всегда ли оксид кремния необходим в составе стекла? Поскольку можно получить практически неограниченное число неорганических стекол, которые не содержат кремнезем, ответ очевиден: нет, кремнезем не является необходимым компонентом стекла. Традиционно стекло получают охлаждением расплава. Всегда ли необходимо плавление? Нет, можно получить стекла осаждением паров, посредством золь – гель-процессов в растворах и при облучении кристаллических веществ нейтронами» [7].

В учебной работе использована технология нагрева силикатного стекла до стадии размягчения материала и начальной стадии текучести. Соответственно, лещадки в печи с помощью уровня располагаются горизонтально, чтобы избежать стекания стекла в сторону уклона. Учитывая, что используется

не специальная печь для фьюзинга, а электрическая керамическая, мы опытным путем определяем максимальную рабочую температуру в 800–840°C и устанавливаем режим поднятия температуры для силикатного прозрачного стекла в 3 и 4 мм толщиной.

Подготовка материала, связанная с резкой стекла, подготовкой полотна из гипсокартона или гипсоволокна для фьюзинга, потребовала ряда инструментов для ручной работы с металлом и стеклом. Инструменты для ручной работы представлены стеклорезами, линейками, клещами, плоскогубцами, ножницами, пинцетом, штырями и резаками.

Теперь, когда мы определились с технологией выполнения задания, подготовили картон, ознакомились теоретически с технологией производства стекла, начинаем работу с материалом. Картон, как правило, выполненный в масштабе 1:1, определяет выбор толщины проволоки согласно линейному изображению. Картон располагается под одним из двух листов, вырезанных из цельного стеклянного полотна в соответствии с размером картона. Последовательность выполнения работы представлена рядом изображений, наглядно демонстрирующих простоту методики: картон – прокладка материала – готовое панно. Умение вырезать стекло, откусить проволоку, согнуть проволоку по эскизу – это тот минимум ремесленных навыков, который необходим для выполнения задания. От студентов требуется заранее подготовить медную проволоку разной толщины и гибкости.

Результаты и их обсуждение

В результате спекания мы получаем цельные сплавленные панно из многослойных наложений стекол с внутренним размещением рисующей линии из проволоки.

Работа А. Тарасовой (рис. 12) с материалом построена преимущественно на двух типах проволоки, жесткой и пластичной, с небольшим включением тонкой гибкой проволоки. Жесткая проволока дает напряженные, прямые линии. Хорошо гнущаяся проволока дает линии «живые», но с присущей равной толщиной. Фактура стекла является отпечатком растрескавшегося гипсокартона. Рельефные борозды – результат более глубоких разрывов в гипсокартоне. Максимальная температура плавления 820°C, толщина стеклянного полотна 4 мм + 3 мм, крепёжные петли выполнены из нихрома.

Учебная работа Е. Хмелевской представлена работой с экспозицией: на просвет, на белом фоне, на черном фоне (рис. 13).

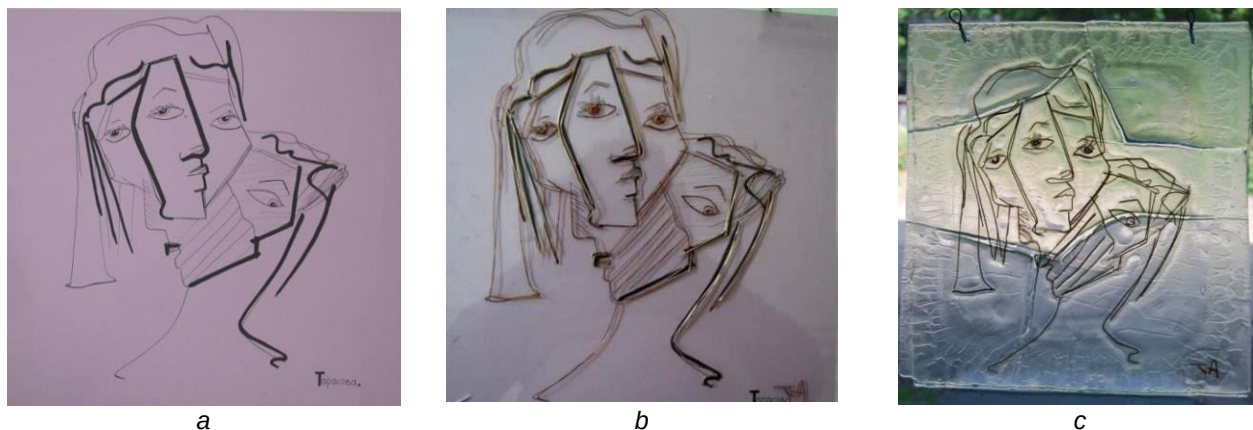


Рис. 12. Портрет, 2020. Тарасова А. (гр. ДИБ 18-1):
а – картон; б – прокладка проволоки поверх стекла; с – панно в материале
Fig. 12. Portrait, 2020. Tarasova A. (gr. DIB 18-1):
a – cardboard; b – wire laying on top of glass; c – panel in the material



Рис. 13. Автопортрет, 2020. Хмелевская Е. (гр. ДИБ 18-1). Панно. Стекло:
а – экспозиция на просвет; б – экспозиция на белом фоне; с – экспозиция на черном фоне
Fig. 13. Self-portrait, 2020. Khmelevskaya E. (gr. DIB 18-1). Panel. Glass:
a – exposure to light; b – exposure on a white background; c – exposure on a black background

Ряд изображений выявляет присущие живописные характеристики внутри графического материала «каждого из портретов», делая их разными. Тоновое пятно образовано вставками фольги. Рисунок воспроизведен посредством четырех видов проволоки. Небольшая вставка слюды играет роль живописного пятна более светлого и холодного тона. Активность фактуры стекла возрастает при использовании темного фона. Графические характеристики усиливаются при контражном восприятии на просвет.

В панно В. Барановой, представленном на просвет, использован новый тип проволоки, податливой в работе, дающий красивые произвольные тоновые заливки при близком расположении линий (рис. 14). Волосная проволока, собранная в широкие брови, дала теплый цвет, вопреки предыдущим тех-

нологическим пробам. Максимальная температура плавления 840°C, толщина стеклянного полотна 4 мм + 4 мм, крепежные петли из нержавеющей стали. Стекло приобрело присущую фактуру «мозаики».

Панно И. Макаровой (рис. 15) отличается от предыдущих работ введением цвета в виде отдельных зерен цветного прозрачного стекла, который своим легким тоном не спорит с основной графической характеристикой портрета. Технически разрозненные зерна цветного стекла, которые прокладывались по поверхности второго стеклянного слоя, дали светлый ровный тон в нижней части портрета, в то время как концентрация зерен цвета выдала пятнистость и показала высокую подвижность цветового покрытия на поверхности стекла, менее плавкого в процессе нагрева.



Рис. 14. Автопортрет, 2020. Баранова В. (гр. ДИБ 18-1). Панно. Стекло
Fig. 14. Self-portrait, 2020. Baranova V. (gr. DIB 18-1). Panel. Glass

Работа с металлической проволокой выстроена на трех материалах разного качества. Вспомогательным материалом в процессе плавления было выбрано гипсоволокно в качестве дальнейшего эксперимента. Стеклопанно «повторило» фактуру стекловолокна, образовав, в отличие от гипсокартона, вместо мозаичного фона кресто-

образный разрыв основы. Пластика крестообразной борозды, воспринятая стеклом, активна, в данном портрете она не противоречит изображению, но это вопрос случая. Гипсоволокно, как и гипсокартон, вновь продемонстрировало возможность только одноразового использования с утратой вспомогательного материала в процессе термообработки.



Рис. 15. Автопортрет, 2020. Макарова И. (гр. ДИБ 18-1). Панно. Стекло
Fig. 15. Self-portrait, 2020. Makarova I. (gr. DIB 18-1). Panel. Glass

Произведения подобного рода с экспериментальным началом экспонируются на выставках дизайна, для них не закрыта и площадка декоративного искусства. Исследуем блок работ профессиональных художников, представленных в каталоге крупнейшего проекта всероссийского уровня «Форма 2.0.», призванном выявить векторы развития современного декоративного искусства. Наша задача – определить свое место среди тематических работ из стекла.

Можно отметить ограниченную долю работ из стекла в сравнении с другими материалами, представленными на выставке. Многоцветные панно Л. Малкиной и Н. Малышевой (регион Сибирь) выполнены в технике фьюзинга с использованием цветного стекла. Е. Абрамовская (регион Дальний Восток) использует в работах «необычный для региона стиль Тиффани» [8]. В статье

М. Дитрих (Центральный федеральный округ) упоминается, что «стекло представлено объемными произведениями... Основную роль здесь играет свет, его преломление, игра с тенями и взаимодействие с другими материалами для усиления контраста» [8]. Таким образом, художники Центрального региона стремятся развивать традицию, создавая объемные произведения, а представители из регионов Сибирь – Дальний Восток предпочитают эксперимент с материалом и поиск новых путей выразительности для материала.

Определенная стабильность кафедры монументально-декоративной живописи ИРНИТУ в развитии техники фьюзинга обращает внимание искусствоведов на редкий в выставочной Сибири блок работ из многоцветных стекол на плоскости: «уже в течение нескольких лет в Иркутске стремительно развивается фьюзинг». Искусствовед А.М. Свердлов-Александрова

анализирует сложившийся у монументалистов способ работы над образом и перспективы применения техники: «фьюзинг ... чаще всего сохраняет фигуративную узнаваемость образа и основывается на сочетании ярких локальных пятен». <...> Фьюзинг может стать дополнением к мозаике или керамике» [9].

В профессиональных работах из стекла прослеживается развитие живописной идеи. С профессиональной точки зрения работа со стеклом в сфере художественного творчества на данный момент представляет собой не занятую нишу. Графика в стекле стоит особняком и является уникальным методом, нуждающимся в развитии и поиске своего места в общем потоке развития искусства фьюзинга.

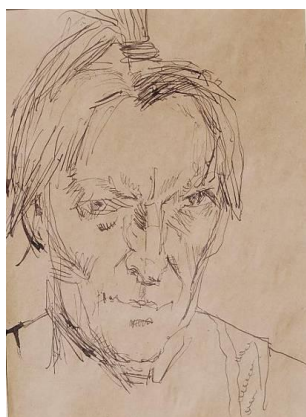
У развивающегося живописного фьюзинга Сибири уже есть свои имена. Это иркутские художники А.В. Дорохин, Е.В. Сергейчук, А.Н. Ижганайтене, Л.Н. Малкина, Н.В. Малышева.

Определим место нашей графической разработке в материале в общей картине развития художественного современного стеклоделия. У профессионалов, осуществляющих художественную работу со стеклом, авторские работы подразделяются по назначению на поточные, тиражные и выставочные, уникальные. В ассортимент стекольных изделий издавна входили сосуды как емкости малых и крупных форм; фигурные сосуды со скрытым символизмом оберегов; скульптуры малых форм (по большей части анималистика); декоративные сосуды, часто не утратившие функциональности и предназначенные для тематического ансамбля выставочной направленности, называемые в современном искусстве арт-объектами. Новое время рождает новые жанры в стеклоделии. О.С. Суб-

ботина, автор исследования явления стеклопластики в советском художественном стекле, указывает на абстракцию, инсталляцию, кинетический объект. Она пишет: «работы из стекла в жанре стеклопластики балансируют на грани декоративного сосуда, абстрактного объекта и фигуративной скульптуры» [10]. Из её исследования мы видим, что автор ограничивается трехмерной пластикой с второстепенной ролью цвета. Однако всякая пластика подразумевает не только круглую скульптуру, но и рельеф. О.С. Субботина предлагает определять производство стеклопластики «не рамками сюжета, как в изобразительном искусстве, а функционально-пластическими свойствами объекта» [10].

Формообразовательное начало, заложенное в жанре стеклопластики, базирующейся на гутной технике, указывает на взаимосвязь художественных средств архитектурного и скульптурного конструирования. Столь же закономерным для современных технологических экспериментов является вторжение в область графики с дизайнерским графическим приемом работы со стеклом. Портретная графика в нашем случае подкрепляется пластическими свойствами объекта – стеклянное панно свободной формы с мягкой «текучей» рельефной поверхностью.

По художественному впечатлению панно гораздо ближе к работе с горячей стекломассой, нежели к чистой графике. Таким образом, мы отнесем описываемую разработку к стеклопластике, рельефу с графическим началом. Результатом применения методики становится уникальная работа, которую мы можем рассматривать как арт-объект выставочного назначения и как объект, предназначенный для оформления интерьера. В заключение приведем пример перевода в материал авторского наброска, выполненного пером (рис. 16).



a



b

Рис. 16. Автопортрет, 2020. Копёнкина О.Ю.:

a – рисунок пером 28×20; b – стекло, металл, фьюзинг, 34×28 [8]

Fig. 16. Self-portrait, 2020. Kopenkina O.Yu.: a – pen drawing 28×20; b – glass, metal, fusing, 34×28 [8]

Работа отличается достаточно большим количеством линий, среди которых много жестких по характеру. Подобраны 3 типа проволоки, не считая никрома для крепежа. К фактурному фону стекла добавлены мелкие вставки фольги и создан легкий рельефный подъем фона за счет металлических петель. В материале сохранен реалистический подход к рисунку и быстрый характер исполнения наброска, улавливающий мгновенное впечатление от увиденного в зеркале.

Заключение

В результате последовательного погружения в тему сформировалась определенная обучающая методика работы с оконным стеклом для студентов. Первые шаги группы дизайнеров в использовании оконного стекла для художественной работы с ведущим графическим началом позволяют подвести некоторые итоги и определить перспективы работы с материалом в предложенной технике.

Можно заключить, что примененная технология:

- строится на доступном недорогом материале;
- требует умения вырезать стекло и владеть рисунком;
- выявила короткий путь от проекта к материалу: от графики на бумаге к графике в материале;
- выявила необходимость применения ряда ограничений, позволяющих установить определенную стабильность процесса: температурный режим, размер полотна, качество стекла, толщина проволоки, вспомогательный материал и т.п.;

– выявила возможность «акварельного» подхода в привлечении силикатных красителей при сохранении графического начала;

– позволила использовать керамические электрические печи для фьюзинга силикатного стекла с включением металлических элементов внутри стеклянной массы.

Перспективы работы с силикатным стеклом в предложенной технике:

- Результаты предполагают дополнительные эксперименты по расширению возможностей изоляционной основы в процессе расплавления стекла (гипс, гипсокартон, гипсоволокно, асбестовые плиты, плиты смешанных составов), которые существенно влияют на художественные качества материала, формируя фактуру.

- Необходимость поиска вспомогательных материалов многоразового использования.

- Необходимость создания базы образцов с целью выявить характер преобразования линий и их взаимодействий в процессе термообработки.

- Возможность развития «акварельного» подхода.

- Возможность использования рельефа: специальное изготовление рельефа – дополнительный этап при выполнении панно (см. рис. 9).

- Возможность применения и обогащения техники сграффито в материале при использовании дополнительных материалов – силикатных красителей.

- Возможность использования данной технологии для создания модуля с целью выхода в интерьер с дизайнерской задачей оформления интерьера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Искусство. Современная иллюстрированная энциклопедия / под ред. проф. А.П. Горкина. Ч. 1 (А–Г). М.: Изд-во Росмэн, 2007. 206 с.
2. Бердслей О. Шедевры графики. М.: Эксмо, 2006. 216 с.
3. Галина Новикова. Живопись: альбом. Иркутск: Артиздат, 2015. 224 с.
4. The Hermitage. Selected Renaissance prints. L.: Aurora art publishers, 1982. 330 p.
5. Art in the Soviet Union / compiled and introduced by O. Sopotsinsky. L.: Aurora art publishers, 1978. 500 p.
6. Джексон Й. Самое главное для архитекторов. СПб.: Питер, 2017. 152 с.
7. Шелби Дж. Структура, свойства и технология стекла. М.: Мир, 2006. 288 с.

8. Межрегиональная художественная выставка «Форма 2.0. Декоративное искусство» / сост. А.В. Суслов, Е.В. Чепис. Новосибирск, 2020. 296 с.
9. АртИркутск: альбом-каталог Осенней областной выставки ИРО ВТОО «Союз художников России», посвященный Году театра в России / сост. Сыроева Н.С.; вступ. ст.: А.Н. Нурминская, А.М. Свердлова-Александрова, М.А. Аверьянова. Иркутск: ИРО ВТОО «Союз художников России»; ГБУК ИОХМ им. В.П. Сукачева, 2019. 268 с.
10. Субботина О.С. Возникновение и развитие жанра стеклопластики в советском художественном стекле // Артикульт. 2015. № 2 (18). С. 56–61.

REFERENCES

1. Gorkin AP (eds.). Art. A modern illustrated encyclopedia. Part 1 (A–G). Moscow: Rosmen; 2007. 206 p. (In Russ.)
2. Beardsley A. Masterpieces graphics. Moscow: Eksmo; 2006. 216 p. (In Russ.)
3. Galina Novikova. Painting: album. Irkutsk: Artizdat; 2015. 224 p. (In Russ.)
4. The Hermitage. Selected Renaissance prints. L.: Aurora art publishers; 1982. 330 p.
5. Sopotsinsky O. (comp.). Art in the Soviet Union. L.: Aurora art publishers; 1978. 500 p.
6. Jackson I. The Architecture School Survival Guide. St. Petersburg: Piter; 2017. 152 p. (In Russ.)
7. Shelby J. Introduction to Glass Science and Technology. Moscow: Mir; 2006. 288 p. (In Russ.)
8. Interregional art exhibition "Form 2.0. Decorative arts". Novosibirsk, 2020. 296 p. (In Russ.)
9. Art Irkutsk: album-catalog of the Autumn Regional Exhibition of IRO VTOO "Union of Artists of Russia", dedicated to the Year of Theater in Russia. Irkutsk: Soyuz khudozhnikov Rossii; Irkutsk Regional Art Museum. V.P. Sukacheva; 2019. 268 p. (In Russ.)
10. Subbotina OS. The emergence and development of the genre of glass art object in soviet art glass. *Artikult*. 2015;2(18):56–61. (In Russ.)

Сведения об авторе

Копёнкина Ольга Юрьевна,
доцент кафедры монументально-
декоративной живописи и дизайна
им. В.Г. Смагина,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
✉e-mail: oyukopenkina@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1282-1936>

Information about the author

Olga Yu. Kopenkina,
associate Professor of the Department
of Monumental and Decorative Painting
and Design named after V.G. Smagin,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
✉e-mail: oyukopenkina@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1282-1936>

Заявленный вклад автора

Автор выполнил исследовательскую работу,
на основании полученных результатов
провел обобщение, подготовил рукопись к
печати.

Contribution of the author

The author performed the research, made general-
ization based on the results obtained and prepared
the copyright for publication.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта ин-
тересов.

Conflict of interests

The author declares no conflict of interests regard-
ing the publication of this article.

Автор прочитал и одобрил окончательный
вариант рукописи.

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

Статья поступила в редакцию 15.04.2021.
Одобрена после рецензирования 12.05.2021.
Принята к публикации 17.05.2021.

The article was submitted 15.04.2021.
Approved after reviewing 12.05.2021.
Accepted for publication 17.05.2021.



**Иркутская «боль»: 1-335 серия – сейсмоопасное жилье,
снос или реконструкция. Поиск возможных решений
на примере района Ново-Ленино в Иркутске**

© А.О. Сивова¹, А.В. Горшарук², Б.В. Кузьмин³,
А.Е. Митичкина⁴, М.А. Русанов⁵, А.П. Сазонова⁶

¹АБ «Archinform», г. Екатеринбург, Россия

²Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

³Академия строительства и архитектуры, г. Симферополь, Россия

⁴ООО «Студия-Проект», г. Иркутск, Россия

⁵Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

⁶Московский архитектурный институт, г. Москва, Россия

Резюме: Цель работы – рассмотреть возможный сценарий развития территорий массовой жилой застройки с применением Стандарта комплексного развития территорий на примере района Ново-Ленино в Иркутске. Большая часть жилого фонда данной территории состоит из панельного жилья серии 1-335, которое находится в аварийном состоянии и потенциально опасно для жизни людей. При применении эмпирического метода исследования были выявлены задачи и найдены решения, с помощью которых удастся выработать стратегию и методологию работы с территориями массовой застройки. На первый взгляд жилые здания серии 1-335 могут показаться обычными панельными домами, которые простояли уже 50 лет и прослужат еще столько же. Однако, кроме морального устаревания, по прошествии полувека здания накопили проблемы, связанные с техническим состоянием несущих конструкций, фасадов (разрушение наружных панелей от атмосферного воздействия) и инженерной инфраструктуры. Но наиболее критичная ситуация сложилась из-за несоответствия этих зданий современным требованиям к сейсмостойчивости, для Иркутска этот показатель составляет 7–9 баллов. Все это вызывает ряд проблем, связанных с дальнейшим функционированием таких жилых домов, о решении которых необходимо задумываться уже сейчас. Выходом из данной ситуации может послужить разработка стратегии по регенерации застроенных территорий. Замещение сейсмоопасных жилых зданий новой застройкой позволит сформировать комфортные пространства для жизни с современными архитектурными решениями. Для обеспечения реалистичности проектов регенерации должны быть проработаны соответствующие правовые механизмы.

Ключевые слова: стандарт комплексного развития территорий, регенерация городских территорий, районы массовой жилой застройки, Ново-Ленино, аварийное жилье, соучастное проектирование, Зимний университет

Для цитирования: Сивова А.О., Горшарук А.В., Кузьмин Б.В., Митичкина А.Е., Русанов М.А., Сазонова А.П. Иркутская «боль»: 1-335 серия – сейсмоопасное жилье, снос или реконструкция. Поиск возможных решений на примере района Ново-Ленино в Иркутске. *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2021. Т. 11. № 2. С. 368–385. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-368-385>

**Irkutsk "pain point": 1-335 series – houses in seismic areas, demolition or renewal.
Finding potential solutions on the example of Novo-Lenino district in Irkutsk**

Arina O. Sivova, Anastasiia V. Gorshcharuk, Bogdan V. Kuzmin,
Anastasia E. Mitichkina, Mark A. Rusanov, Anastasia P. Sazonova

Architecture bureau «Archinform», Yekaterinburg, Russia

Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

Academy of Construction and Architecture, Simferopol, Russia

LLC «Studio-Project», Irkutsk, Russia

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Moscow Institute of Architecture, Moscow, Russia

Abstract: The paper examines a scenario for developing the housing sector using the Integrated Area Development Standard on the example of the Novo-Lenino district in Irkutsk. Most of the housing stock in the area comprises prefabricated housing of 1-335 series in critical condition and potentially life threatening. When applying an empiric method, the objectives were identified, and solutions were found that allow a strategy and methodology for managing a massive housing area to be developed. At first sight, the 1-335 series residential buildings look like ordinary prefabricated housing that has lasted for 50 years and will serve as much again. However, apart from the obsolescence, in half a century, the buildings have accumulated technical problems with load-bearing structures, facades (destruction of exterior panels because of atmospheric action) and civil engineering infrastructure. However, the most critical situation has arisen because these buildings do not meet the current requirements for seismic resistance; for Irkutsk, this factor amounts to 7–9 points. A number of problems related to the continued operation of such housing have arisen, which need to be addressed. One solution to this situation is a strategy for regenerating the housing sector. Replacing seismically unsuitable residential buildings with new housing estate will help create a comfortable space for living with modern architectural concepts. Legal arrangements need to be developed to ensure the feasibility of regeneration projects.

Keywords: standard of integrated development of territories, urban regeneration, areas of mass residential development, Novo-Lenino, emergency housing, participatory design, Winter University

For citation: Sivova AO, Gorshcharuk AV, Kuzmin BV, Mitichkina AE, Rusanov MA, Sazonova AP. Irkutsk "pain point": 1-335 series – houses in seismic areas, demolition or renewal. Finding potential solutions on the example of Novo-Lenino district in Irkutsk. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost* = *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(2):368–385. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-368-385>

Введение

Иркутск находится на территории мощной евразийской плиты, на расстоянии около 100 км от ее края. В течение года здесь фиксируется до 10 тысяч толчков силой в 1–2 балла и десятки в 2–3 балла (рис. 1).

Более серьезные показатели в 6 баллов отмечались с периодичностью 14–25 лет. Согласно графику, созданному на основе информации Единой геофизической службы Российской академии наук, после условного

«затишья» в 12 лет в Иркутске фиксируется два землетрясения в 5–6 баллов как в 2020, так и 2021 году (рис. 1).

Ново-Ленино, как и любой другой советский спальный район, застраивался по единому плану в течение короткого времени. Превалирующая часть застройки приходится на период индустриализации – 1960–1980 года [1, с. 208–210]. Большую часть застройки составляют панельные здания серии 1-335 (рис. 2).



Рис. 1. График анализа сейсмической активности Иркутска
Fig. 1. Graph of the analysis of the seismic activity of Irkutsk region



Рис. 2. Предварительная оценка жилого фонда района Ново-Ленино
Fig. 2. Preliminary assessment of the housing stock of Novo-Lenino district

Серия 1-335 представляет собой дома с неполным каркасом и облегченными стеновыми панелями. Материал панелей – газозолобетон, низкое качество которого влечет за собой постоянное разрушение ограждающих конструкций. Преобладание северо-западного ветра и осадков оказывает на фасады сильное негативное воздействие. Газозолобетон пропускает влагу и способствует разрушению внутреннего слоя арматуры. Такая дефектная панель является опасным элементом здания, разрушение которого первоначально может привести к провалу пола, а в дальнейшем и к обрушению всего дома.

По предварительной оценке, в случае землетрясения 7–8 баллов потребуется восстановить или полностью заменить жилой фонд примерной площадью 3 млн кв. м. В районе Ново-Ленино высокая концентрация зданий с дефектными панелями, поэтому в данной работе рассматривается именно эта территория.

Цель исследования: разработка стратегии развития территории как инструмента создания комфортной среды для жизни в районе массовой жилой застройки с аварийным жильем.

Задачи:

- 1) проанализировать выбранную территорию с точки зрения градостроительных, социокультурных и иных аспектов;
- 2) выявить основные проблемы района Ново-Ленино, осуществить поиск возможных решений;

3) рассмотреть возможности поэтапного расселения аварийного жилого фонда;

4) разработать основные принципы и рекомендации по работе с подобными территориями;

5) применить Стандарт комплексного развития территорий;

6) отработать возможные решения на конкретном участке Ново-Ленино.

Материал и методы исследования

Анализ территории рассмотрения

Рассматриваемая территория – это часть крупного неоднородного по застройке микрорайона Ново-Ленино, расположенного на северо-западе Ленинского округа, между Транссибирской магистралью с одной стороны и Московским трактом с другой (рис. 3, а). Сегодня это обычный спальный жилой район города, население которого (34 538 чел.) вполне сопоставимо с небольшим городом, например, таким как Зима – 30 515 чел., Нижнеудинск – 33 616 чел., Саянск – 38 820 чел., Тайшет – 32 671 чел., Тулун – 39 671 чел., Усть-Кут – 40 783 чел., а значит, Ново-Ленино имеет потенциал стать независимой территорией города. Увеличение населения на рассматриваемой территории происходит за счёт миграции из соседних городов, например Ангарска, ежедневные миграционные потоки из которого составляют 28–30 тыс. чел. Развитие в сторону Ангарска, одного из направлений Иркутской агломерации, также, возможно, будет усиливаться при появлении города-спутника Малая Еланка.

Ново-Ленино является самым крупным удалённым жилым районом Иркутска – до центра 18 км – и, несмотря на внушительную террито-

рию и численность населения, добраться до Ново-Ленино возможно лишь на автобусе и личном транспорте. Это является серьезной проблемой для жителей. Город предлагает несколько путей ее решения: формирование на территории таких видов общественного транспорта, как троллейбус и скоростной трамвай¹; строительство Западного обхода – таким образом возможно формирование до-

полнительных связей центра Иркутска с районом (рис. 3, б). Также Ново-Ленино имеет крупный градостроительный потенциал благодаря прилегающей коммунально-складской и промышленной территорий и наличию на в районе крупных центров приложения труда – предприятия «Фармсинтез» и завода «Радикан» (рис. 3, с).

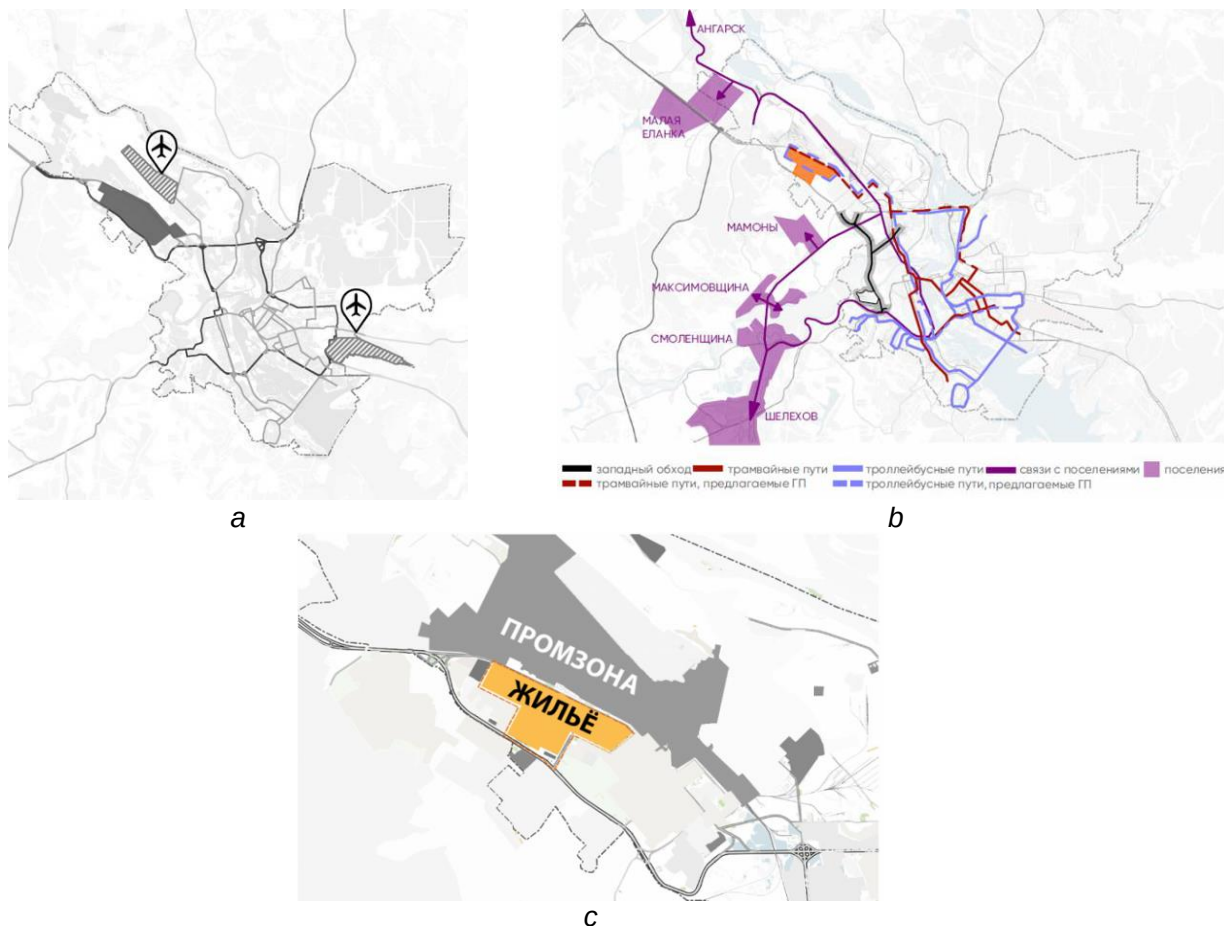


Рис. 3. Район Ново-Ленино: а – положение в структуре города; б – предложения города по решению транспортной проблемы; с – ситуационная схема градостроительного анализа
Fig. 3. Novo-Lenino district: a – the situation in the city structure; b – the city's proposals for solving the transport problem; c – the situational scheme of urban planning analysis

Для полного понимания структуры района был проведен анализ сложившейся застройки по следующим параметрам: этажность, возрастная характеристика, типология. Было выявлено, что на территории преобладает среднеэтажная застройка (5–9 этажей), которая формировалась преимущественно

в период 60–80-х годов XX века, основную часть жилого фонда составляют дома² серии 1-335. Как представляется, рассматриваемой территории необходимо обновление, большая часть застройки морально устарела и нуждается в модернизации.

В ходе более глубокого анализа структуры

¹Генеральный план города Иркутска [Электронный ресурс]. URL: <https://admirk.ru/pages/generalniy-plan-goroda.aspx> (30.03.2021).

²Крупнопанельные здания серии 1-335 с наружными стеновыми панелями из газозолобетона: ремонтировать, реконструировать или сносить? [Электронный ресурс]. URL: <https://admirk.ru/pages/generalniy-plan-goroda.aspx> (28.03.2021);

Почему опасно жить в домах 335-й серии [Электронный ресурс]. URL: <https://www.irk.ru/news/articles/20180425/demolition/> (28.03.2021).

района было выявлено, что на территории малое количество зон активностей, отсутствие культурных центров вынуждает жителей проводить досуг в местах, не предназначенных для этого. Например, молодежь отдает предпочтение входной зоне «Сбербанка», неформальной точкой притяжения также является холл универсама «Матрёшка».

Недостаток хорошо благоустроенных пространств, отсутствие освещения, стаи бездомных собак, неоднозначное прошлое района³ – все эти аспекты влияют на восприятие горожан и не создают ощущения безопасной городской среды.

Визуальный анализ территории выявил факторы, которые влияют на восприятие среды:

- Низкое качество архитектурных решений.
- Заплаточный ремонт. Материалы и цвет отделки диссонируют с обликом застройки.
- Избыток ярких баннеров и информационно-рекламных конструкций. Баннеры в запущенном состоянии, размещаются на фасадах, нестационарных торговых объектах и на ограждениях.

Нарушается визуальная связь с открытым пространством микрорайона. Возникает объем «визуального мусора», который портит впечатление о Ново-Ленино. Образ территории искажается и теряет индивидуальность (рис. 4).



Рис. 4. Визуальный анализ территории
Fig. 4. Visual analysis of the territory

Типология зданий и территория микрорайона не отражают дух местности. Это стандартный советский спальный район, в нем более уютно, чем на новых застроенных территориях вблизи рассматриваемого участка, за счет этажности зданий. Однако отсутствует самобытность, нет доминант, функций и современного комфорта.

При исследовании микрорайона выявились также его преимущества:

- наличие архитектурных особенностей: арочные порталы, геометрические мотивы на балконных плитах, глухие торцы;
- готовность администрации Иркутской области на системные изменения качества

комфортной среды микрорайона;

- готовность горожан к формированию современного облика территории.

Также можно отметить, что жители стараются преобразовать серую безликость за счёт покраски балконов, оконных проемов в яркие цвета. Такие небольшие детали дают понять, что на сегодняшний день горожане нуждаются в разнообразной среде.

К преимуществу района можно отнести низкие цены на жилье – в Ново-Ленино стоимость недвижимости составляет в среднем 65 тыс. руб./м², тогда как средняя стоимость жилья в Иркутске – между 80 и 100 тыс. руб./м². Таким образом, в Ново-Ленино приемлемые

³В каком-нибудь Ново-Ленино [Электронный ресурс]. URL: <https://gorodinache.org/v-kakom-nibud-novo-lenino> (28.03.2021).

цены на жилье для тех, кто начинает самостоятельную жизнь или хочет переехать, но вместе с тем большое количество небогатых семей ограничены в своем выборе.

Основная целевая аудитория – семьи, молодежь, пожилые люди. Для комфортного проживания этих категорий жителей необходимо обеспечить район инфраструктурой и безопасной комфортной средой.

Выводы по анализу

Анализируя микрорайон Ново-Ленино, удалось выявить сильные и слабые стороны территории. К сильным можно отнести следующие: хорошо развитая система социального обслуживания в виде образовательных учреждений (18 детских дошкольных учреждений и 7 общеобразовательных школ), центров дополнительного образования, медицинских объектов (4 поликлиники, 1 городская больница); среда сомасштабна человеку, все здания имеют среднюю этажность; наличие всей необходимой инженерной инфраструктуры.

В качестве слабых сторон были выделены следующие: ветхий и аварийный жилой

фонд, представленный панельным жильем серии 1-335, хаотичная организация среды, не благоустроенные обширные пустующие дворовые территории, отсутствие освещения, мест активного и тихого отдыха, отсутствие дорожных покрытий, дорожек для пешеходов и хаотичное расположение парковочных мест. Все вышеперечисленные факторы способствуют повышению криминогенности микрорайона Ново-Ленино, вследствие чего растет отток населения в центральную часть г. Иркутска.

Несмотря на довольно большое количество слабых сторон, у территории есть потенциал развития как с точки зрения рекреационных пространств, так и прилегающих территорий, например промышленной зоны вдоль ул. Розы Люксембург.

В дополнение к результатам SWOT-анализа (рис. 5) существует ряд других проблем, которые можно решить путем комплексного развития территории со стороны властей региона и заинтересованных стейкхолдеров в связке с местными жителями и территориальными местными органами, которые будут развивать микрорайон.



Рис. 5. SWOT-анализ территории
Fig. 5. SWOT analysis of the territory

Постановка проектных задач, поиск их решения

По итогам предпроектного этапа исследования было выбрано 4 направления (задачи) для дальнейшей работы: микрорайон Ново-Ленино, дефектное жилье серии 1-335, районы массовой жилой застройки, создание местных сообществ.

Стратегия развития района (рис. 6) заключается в следующем:

1. Формирование микрорайона Ново-Ленино как самодостаточной единицы в контексте Иркутска за счет применения модели «город в городе» путем комплексного развития территории с увеличением функционального разнообразия, ростом мест труда, зон отдыха, торговых площадей и пр.

2. Тщательное изучение технической составляющей дефектного аварийного жилья серии 1-335, выявление аварийных зданий и немедленный вывод их из эксплуатации.

3. Капитальный ремонт и улучшение внешнего облика жилой застройки (например, жилых зданий периода 1980–2000-х), которая отвечает конструктивным и сейсмическим требованиям, имеет запас прочности и долговечности, с применением Стандарта комплексного развития территорий (КРТ).

4. Создание местных сообществ и административных центров, которые способствуют более активному участию жителей в развитии района и привлечению горожан к бережному использованию территории.

ЗАДАЧА	РЕШЕНИЕ	ИНСТРУМЕНТ
НОВО-ЛЕНИНО	«ГОРОД В ГОРОДЕ»	МАСТЕР-ПЛАН РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КРТ
ДЕФЕКТНОЕ, АВАРИЙНОЕ ЖИЛЬЕ (335 СЕРИЯ)	ПОШАГОВЫЙ ВЫВОД ЗДАНИЙ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ	ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ, «БЫСТРЫЕ МЕРЫ»
РАЙОНЫ МАССОВОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ	ПЕРЕОСМЫСЛЕНИЕ: РАЗУМНОЕ И БЕРЕЖНОЕ ОТНОШЕНИЕ, ВАРИАТИВНОСТЬ	СТАНДАРТ КОМПЛЕКСНОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИИ
МЕСТНЫЕ СООБЩЕСТВА	СОЗДАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ	ДЕМОКРАТИЗАЦИЯ РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ

Рис. 6. Задачи, решения и инструменты
Fig. 6. Tasks, solutions, and tools

Рассмотрим решения поставленных задач более детально.

Задача 1. Ново-Ленино – «город в городе»

Сегодня Ново-Ленино – это спальный район города. Предложенное решение предполагает внедрение функционального разнообразия, создание локального центра и выявление идентичности микрорайона. Стандарт комплексного развития территории поможет в создании гибкой и адаптивной среды.

Стратегия предполагает использование 3-х основных инструментов для развития территории:

1. Развитие прилегающих территорий. Данный процесс включает в себя комплексное освоение потенциальных территорий по ул. Розы Люксембург. Реновация промышленно-складской территории под функции общественного и жилого назначения, развитие градообразующих предприятий «Фармситез» и «Радиян», создание дополнительных локальных центров – все это поможет увеличить количество рабочих мест в районе, что делает его более привлекательным для жизни [2].

2. Разнообразие функций. Для формирования самодостаточной городской модели

«город в городе» район необходимо насытить функциональным разнообразием – развить культурно-бытовой, административный, социальный и общественно-деловой кластер. Также необходимо развитие прилегающих территорий, перепрофилирование складской промышленной территории.

3. Связанность транспортной инфраструктуры и пешеходных связей. Формирование транспортно-пересадочного узла (ТПУ) для усиления междугородного и городского сообщения, который объединит разные виды транспорта (троллейбус, автобус, городская электричка); размещение перехватывающих парковок рядом с ТПУ позволит разгрузить пассажиропотоки из близлежащих городов и поселений. Развитие общественного транспорта в виде троллейбуса и трамвая будет формировать связь центра Иркутска с районом Ново-Ленино. Введение дополнительных связей поможет в разгрузке главной артерии района – улицы Розы Люксембург. Увеличение количества связей также поможет сделать Ново-Ленино более проницаемым. Транспортный каркас района усиливается организацией зеленого каркаса, например, можно усилить значение улицы Баумана, и тогда она станет главной рекреационной осью (рис. 7).



Рис. 7. Мастер-план территории
Fig. 7. Master plan of the territory

Задача 2. Панельные дома серии 1-335, дефектное жилье – поэтапный вывод из эксплуатации

1-355 – самая массовая панельная серия в России, первый дом был построен в городе Ангарске в 1959 году. Но именно в Иркутской области данная серия обладает массой недостатков, в числе которых:

- 1) материал панелей – газозолобетон;
- 2) существенные нарушения при технологии изготовления панелей;
- 3) недобор сейсмостойкости в 2–3 балла;
- 4) коррозия внутренних арматурных сеток;
- 5) существенное снижение показателей жесткости панелей;
- 6) дефекты конструкций несущих стен.

Все это и приводит к самопроизвольному отслоению наружных пластов газозолобетона, что в дальнейшем может за собой повлечь более серьезные разрушения⁴.

Для выявления аварийного жилья необходимы тщательная оценка технического состояния серии 1-335 и только затем поэтапный и гибкий вывод из эксплуатации. Расчетное время для полного вывода аварийно-

го жилья должно составлять не более 30–40 лет; основной критерий – поэтапность.

Очевидно, что процесс вывода зданий из эксплуатации и применение на данных территориях мер по Стандарту КРТ займет большое количество времени в связи со сложностью проведения таких процедур (поиск финансирования, разработка новых проектов по освоению застроенных территорий). Поэтому дополнительными инструментами работы с подобными зданиями могут послужить быстрые меры и попытки продления эксплуатации зданий (ремонт наружных панелей) [3, 4].

Задача 3. Районы массовой жилой застройки – переосмысление и бережное отношение

Возникает вопрос, что делать с тем жильем, которое морально устарело, но конструктивно исправно.

Для того чтобы изменить существующую среду района массовой жилой застройки, важна разумная поэтапность и интеграция правил, рекомендаций в единую систему⁵.

На территории Ново-Ленино невозможно одновременно применить меры по Стандарту КРТ – это займет продолжительное время при отсутствии должного финансирования, поэтому

⁴Крупнопанельные здания серии 1-335 с наружными стеновыми панелями из газозолобетона: ремонтировать, реконструировать или сносить? [Электронный ресурс]. URL: <https://admirk.ru/pages/generalniy-plan-goroda.aspx> (28.03.2021);

Почему опасно жить в домах 335-й серии [Электронный ресурс]. URL: <https://www.irk.ru/news/articles/20180425/demolition/> (28.03.2021).

⁵Mass housing [Электронный ресурс]. URL: <http://www.urb.bme.hu/en/uhrab/prefabmh/> (01.04.2021);
Мельникова М. Не просто панельки. Немецкий опыт работы с районами массовой жилой застройки [Электронный ресурс]. URL: <https://masshousing.ru/> (31.03.2021).

важно дополнить их быстрыми мерами и модернизацией⁶.

Быстрые меры предполагают очистку фасадов и территории от визуального загромождения: декорирование глухих торцов му-

ралами, граффити и арт-объектами; преобразование арочных проемов [5]. Благодаря применению таких инструментов район приобретает своеобразный аутентичный облик (рис. 8).

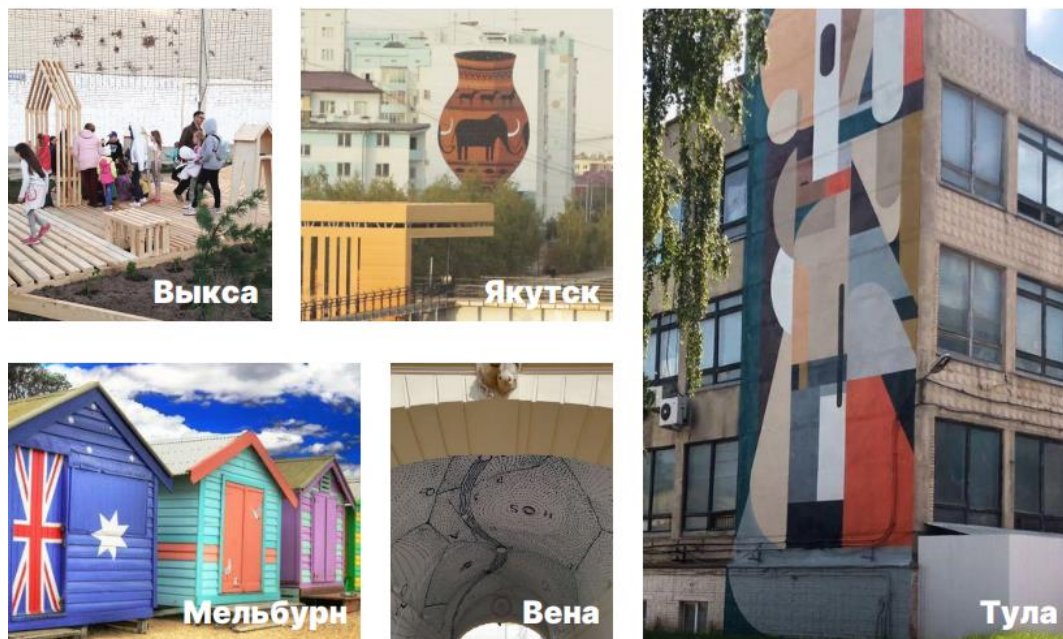


Рис. 8. Примеры быстрых мер
Fig. 8. Examples of quick measures

Модернизация преимущественно ориентирована на здания, которые соответствуют нормам сейсмостойкости и находятся в приемлемом конструктивном состоянии. К модернизации относятся следующие меры (рис. 9):

- приведение существующих зданий к единому облику за счет остекления балконов и лоджий, входных дверей и окон в едином стиле;
- разработка единой цветовой палитры фасадов;
- переоборудование подвалов под хранение для нужд жильцов;
- переоборудование входных групп для старшего поколения и маломобильных групп населения (можно создать придомовой палисадник и обособленный вход);
- визуальная проницаемость входных групп (повышение уровня социального контроля, чувства безопасности).

Проект по модернизации и его согласование предполагается осуществлять силами

компании, которая занимается капитальным ремонтом здания и его территорией. Перед введением таких мер необходимо разработать паспорт объекта с указанием цветового решения и утвердить его в отделе архитектуры администрации Иркутска.

Меры по Стандарту КРТ⁷ относятся к зданиям, соответствующим нормам сейсмостойкости, и застройке на вновь осваиваемых территориях. Для таких случаев предусматривается:

- реорганизация первых этажей. Расположение коммерческих помещений на первых этажах реновируемых и вновь возводимых зданий;
- функциональное и визуальное разнообразие территорий. Достигается за счет грамотной организации системы общественных пространств;
- улучшение, совершенствование системы благоустройства и уличного фронта;
- реорганизация парковочных пространств, благоустройство придомовой территории.

⁶Реконструкция и обновление сложившейся застройки города: учеб. пособ. для вузов / ред. П.Г. Грабового, В.А. Харитонов. М.: АСВ; Реалпроект, 2006. 624 с.;

Девятаева Г.В. Технология реконструкции и модернизации зданий: учеб. пособ. М.: ИНФА-М, 2008. 250 с.

⁷Стандарт комплексного развития территории. Книга 1. Свод принципов комплексного развития городских территорий [Электронный ресурс] / Минстрой России, ДОМ.РФ, КБ «Стрелка». 2016–2019. URL: <https://xn--d1aqf.xn--p1ai/urban/standards/printsipy-kompleksnogo-razvitiya-territoriy/> (31.03.2021).

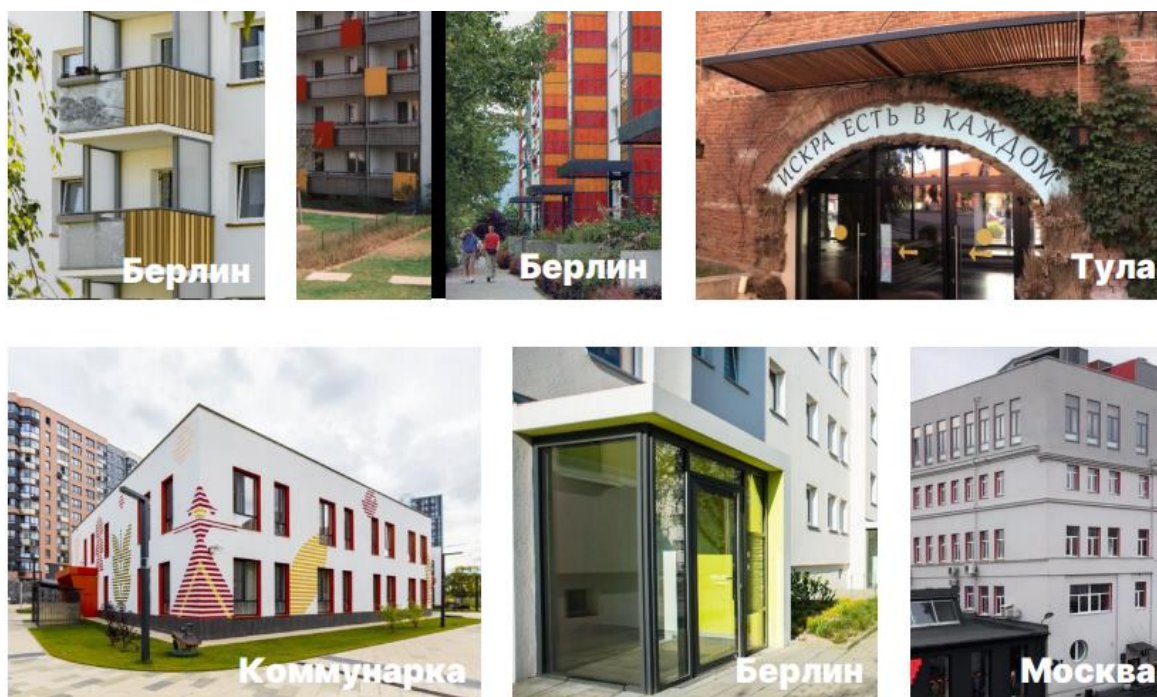


Рис. 9. Примеры модернизации зданий
Fig. 9. Examples of building retrofits

Задача 4. Местные сообщества – создание и совершенствование системы

При соучастном проектировании город, район формируются не столько чиновниками, сколько его жителями. Именно поэтому меры, предлагаемые для решения проектных задач (см. рис. 6), невозможно осуще-

ствить и реализовать без поддержки и вовлечения местных сообществ и горожан. Такие объединения и клубы по интересам формируют повестку социальной жизни горожан, отвечают за развлекательные и культурно-образовательные программы и таким образом участвуют в создании уникального облика своего района (рис. 10).

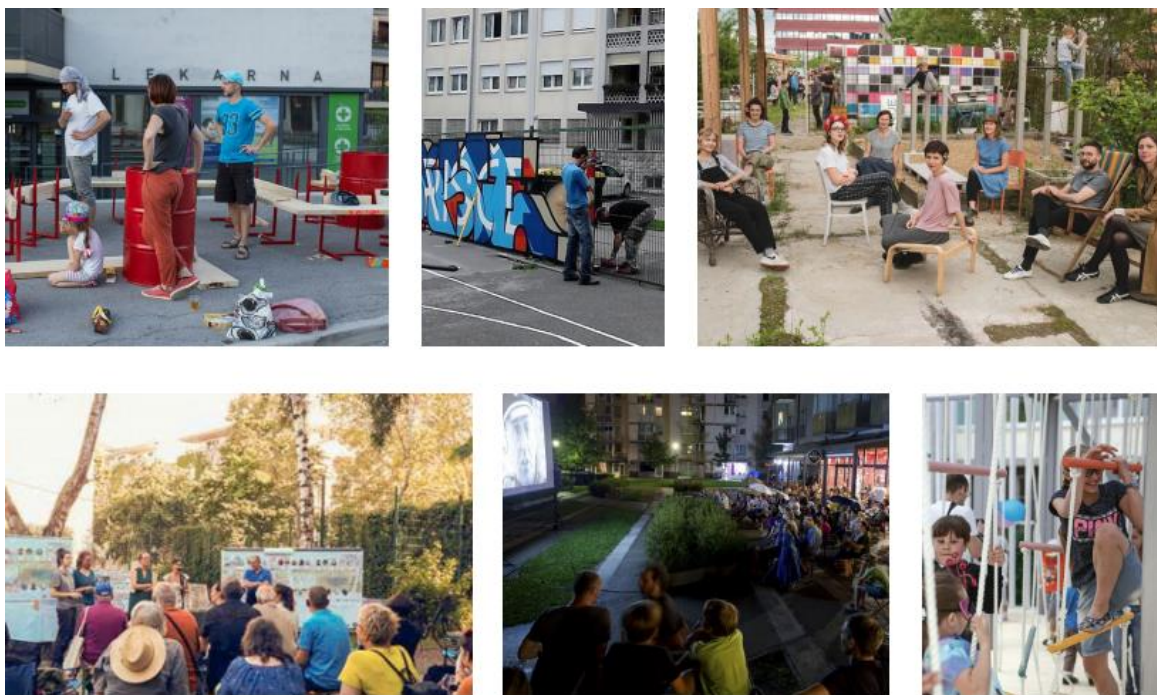


Рис. 10. Соучастное проектирование
Fig. 10. Collaborative design

Для активации подобного процесса на территории проектирования важно предпринять ряд мер:

- создание мобильного центра компетенций, который отвечает за координацию разных специалистов, внедрение и реализацию проектов;
- привлечение дополнительного финансирования, грантов, проведение конкурсных программ и фестивалей. Например, «Комфортная городская среда», «Народные инициативы»;
- привлечение местных сообществ, художников и волонтеров;
- проведение открытых столов с горожанами и междисциплинарной командой;
- организация конкурсов;
- поиск идентичности;
- создание контролирующего органа исполнения и нарушения.

Например, команда «Лисиха» в своем проекте на базе 22-ой сессии Международ-

ного Байкальского зимнего университета предложила модель вовлечения жителей в развитие района с использованием информационных технологий.

Технологии соучаствующего проектирования только начинают распространяться в нашей стране. Это всегда командная работа по привлечению жителей, предпринимателей и активистов. На сегодняшний день существуют разные методики и пособия, которые помогут качественно реализовать данный процесс⁸. Например, «Создай свой город» – методическое пособие по развитию дворов и общественных пространств в малых городах⁹.

Результаты и их обсуждение

Отработка стратегии на конкретной территории в Ново-Ленино

Предложенные решения задач, выявленные на этапе анализа, были наложены на конкретный участок в районе Ново-Ленино (рис. 11).

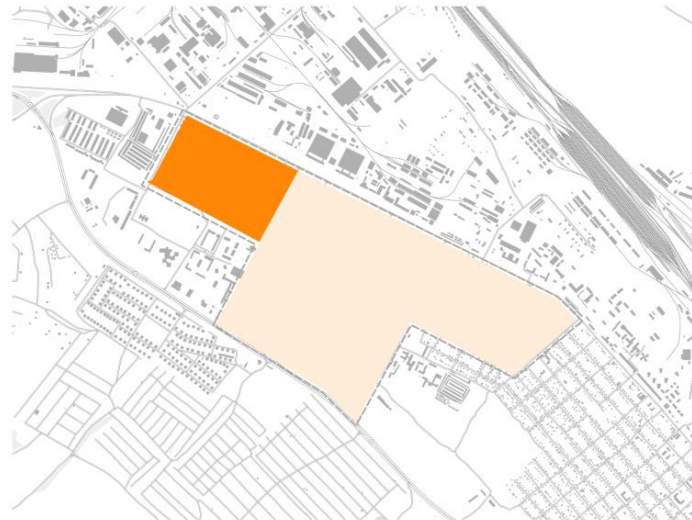


Рис. 11. Территория проектирования в микрорайоне Ново-Ленино

Fig. 11. Design area in Novo-Lenino microdistrict

Для работы с выбранным участком необходимы конкретные показатели, по которым можно оценить качество преобразований. В Стандарте КРТ развитие городских территорий рассматривается на основе следующих целевых моделей: малоэтажной, среднеэтажной и центральной¹⁰. В ходе проведен-

ного расчета и сравнения показателей для данной территории была выбрана среднеэтажная модель развития (рис. 12).

В Стандарте КРТ рассматриваются два пути развития для среднеэтажной микрорайонной городской среды: сжатие и рост¹¹. Поскольку ранее была определена необходимость разви-

⁸Вовлечение горожан в проекты благоустройства [Электронный ресурс] / Проектная группа 8, КБ Стрелка, ДОМ.РФ, Фонд развития моногородов. URL: <http://8architects.com/more> (01.04.2021).

⁹Создай свой город [Электронный ресурс]. URL: <https://artovrag.com/create/> (01.04.2021).

¹⁰Стандарт комплексного развития территории. Книга 1. Свод принципов комплексного развития городских территорий [Электронный ресурс] / Минстрой России, ДОМ.РФ, КБ «Стрелка». 2016–2019. URL: <https://xn--d1aqf.xn--p1ai/urban/standards/printsipy-kompleksnogo-razvitiya-territorii/> (31.03.2021).

¹¹Стандарт комплексного развития территории. Книга 2. Стандарт развития застроенных территорий [Электронный ресурс] / Минстрой России, ДОМ.РФ, КБ «Стрелка». 2016–2019. С. 53. URL: <https://xn--d1aqf.xn--p1ai/urban/standards/printsipy-kompleksnogo-razvitiya-territorii/> (31.03.2021).

тия района Ново-Ленино как «города в городе», был выбран сценарий роста – развитие застроенных территорий с увеличением плотности застройки (15% и более от общей площади существующей застройки).

Реализация данной стратегии происходит после проведения комплексного анализа зданий и признания домов серии 1-335 аварийными. Опираясь на выявленные проблемы данных домов, предполагаем, что все здания этого типа на данной территории

идут под снос (рис. 13, схема 1). Выделяются 4 основные этапа сноса квартальной застройки (рис. 13, схема 2). В четвертом квартале здания более ранней постройки, но большинство из них обследовано и отремонтировано, поэтому первым этапом предлагается обследовать и модернизировать квартал, наиболее подверженный ветровой нагрузке, на территории которого меньше всего домов были ранее обследованы.



Рис. 12. Целевая модель стандарта
Fig. 12. Target model of the standard

Для жителей 1-го квартала предусмотрено жилье на территории рядом с площадью «Своя» (авторское название), которая является доминантным завершением бульвара на ул. Баумана. В период сноса 335-й серии в 1-м квартале проводятся быстрые меры в 3-х остальных кварталах.

Относительно сохраняемых зданий, которые соответствуют сейсмическим нормам, также вводятся быстрые меры, модернизация и меры, предусмотренные Стандартом КРТ. Параллельно определяются параметры работы с уже сложившейся социальной инфраструктурой (детские сады, школа) и рекреационными объектами (парк «Березка») (рис. 13, схема 3).

Следующий этап – формирование будущих жилых кварталов с опорой на параметры целевой модели. Новая структура не противоречит сложившейся городской ткани, а только подчеркивает достоинства, присущие территории (рис. 13, схема 4).

Кварталы разукрупняются, приобретают более замкнутую структуру. Бывшая территория гаражей приобретает новые смыслы,

теперь это место для творчества, выражения своих идей. На первых этажах зданий по абрису участка – ул. Розы Люксембург и ул. Баумана – закладываются коммерческие помещения для внедрения необходимых общественных функций (магазины, мастерские, клубы, офисы и другое). Возникают новые места притяжения – торговые площади, внутриквартальные скверы, площадь с возможностью проведения ярмарок выходного дня. Проектируются новые объекты общественной инфраструктуры, необходимые для оживления квартала: кинотеатры под открытым небом, культурные центры, музеи, объекты здравоохранения (рис. 13, схемы 5, 6; рис. 14).

Формируется градация открытых пространств: улица, бульвар, общая квартальная площадь, торговые площади на пересечении главных улиц, приватные дворовые территории внутри кварталов. Также в проект закладывается усиление социально-рекреационной оси, которая проходит в центральной части территории, что еще больше активизирует те места отдыха, что уже являлись для жителей точками притяжения (рис. 15).



Рис. 13. Формирование видения развития территории. Схема поэтапного освоения проектной территории
Fig. 13. Formation of the vision of the territory development. Scheme of phased development of the project territory



Рис. 14. Схема функционального зонирования
Fig. 14. Functional zoning scheme

Например, парк «Березка» и примыкающий зеленый участок развиваются как главные места досуга и отдыха жителей, активный уличный фронт прилегающей застройки, развернутый в сторону парка, закрывает потребность в базовых услугах. Таким обра-

зом, парк становится более уютным, здесь можно собираться жителям района и обсуждать актуальные новости, устраивать кинотеатр под открытым небом, проводить районные праздники и мероприятия.



Рис. 15. Схема открытых городских пространств
Fig. 15. Scheme of open urban spaces

Стадион может не только использоваться школой, но и быть открытым в дневные часы для общего пользования жителями района.

Улично-дорожная сеть становится более регулярной, парковка для автомобилей располагается вдоль межквартальных улиц. Также предусматриваются подземные пар-

кинги и многоуровневый наземный паркинг со стороны ул. Роза Люксембург с системой хранения. Увеличивается количество остановок общественного транспорта на городских улицах. Ул. Баумана приобретает новые смыслы – теперь это активная пешеходная ось и зеленый бульвар (рис. 16, 17).



Рис. 16. Схема организации движения транспорта
Fig. 16. Traffic management scheme



Рис. 17. Предполагаемый облик территории Ново-Ленино
Fig. 17. The assumed appearance of the territory of Novo-Lenino

Для возможности реализации таких проектных предложений на выбранном участке необходимо сформулировать дополнение к действующим правилам землепользования и застройки, разработанным специально для территории проекта. Необходимо ввести новые зоны среднеэтажного строительства и описать, в каких местах могут появляться высотные акценты; изменить назначение свободного участка, закладываемого под объекты образования, на зону делового, общественного и коммерческого назначения. Относительно благоустройства на основании анализа определяются общие рекомендации и правила, которые послужат развитию гармоничного восприятия пространства территории. Данные правила и рекомендации необходимо внести как поправки в правила благоустройства. Также разрабатываются паспорта цветовых решений фасадов для сохраняемых и новых зданий.

Заключение

В данном исследовании определены общие проблемы территорий массовой жилой застройки, их функционирования, затронут вопрос крупнопанельных многоквартирных домов. Подобные районы нуждаются не

только в обновлении жилого фонда, но и в комплексном подходе к созданию городской среды, благоприятной для жизни, где в пешеходной доступности находятся культурные объекты, социально-бытовые услуги [6–8]. На примере проблемного района Ново-Ленино в Иркутске, в котором превалирует массовая жилая застройка, в частности аварийная серия 1-335, выработаны методы поэтапного расселения аварийного жилого фонда и методика работы с собственниками помещений. Предложенные методы вовлечения граждан в развитие района расширяют границы собственника, побуждают интерес участвовать в формировании эстетического облика и функционального наполнения городской среды. Результатом исследования является архитектурно-планировочная модель новой застройки, в которой при помощи методики Стандарта комплексного развития территории опробован расчет базовых показателей застройки. Была рассмотрена совместимость решений Стандарта КРТ и формирования уникального облика района; разработаны методы работы с использованием инструментов модернизации сохраняемого жилого фонда и вовлечением жителей в процесс развития района.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пхор Е. Наш Иркутск, предыстория // Проект Байкал. 2014. № 39-40. С. 204–213.
2. Благоустройство в реновации. Подходы и проблемы / по заказу Комитета по архитектуре и градостроительству города Москвы. М.: А-Принт, 2018. 268 с.
3. Losonczy A.K., Balla R., Antypenko H., Benkő M. Re-Shaping Budapest: Large Housing Estates and their (un)Planned Centers // *Architektúra & Urbanizmus*. 2020. № 54 (1-2). p. 44–55.
4. Leetmaa K., Holvandus J., Mägi K., Kährik A. Population shifts and urban policies in housing estates of Tallinn, Estonia // *Housing estates in Europe. The Urban Book Series*. Cham: Springer, 2018. p. 389–412. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92813-5_17
5. Minguet J.M. (eds.). Grin city. Contemporary urban design. Instituto Monsa de Edicions, 2013. 128 p.
6. Uffelen C. Urban spaces. Plazas, squares and streetscapes. Berlin: Braun Publishing AG, 2013. 271 p.
7. Földváry V., Bekö G., Langer S., Arrhenius K., Petráš D. Effect of energy renovation on indoor air quality in multifamily residential buildings in Slovakia // *Building and Environment*. 2017. Vol. 122. p. 363–372. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.06.009>
8. Revital: časopis pro revitalizaci panelových domů. Vol. 4 (1). Praha: Nakladatelství Svoboda Servis, 2007. 323 p.

REFERENCES

1. Pkhor E. Our Irkutsk, the background. *Proekt Bajkal = Project Baikal*. 2014;39-40:204–213. (In Russ.)
2. Improvement in renovation. Approaches and problems. Moscow: A-Print; 2018. 268 p.
3. Losonczy AK, Balla R, Antypenko H, Benkő M. Re-Shaping Budapest: Large Housing Estates and their (un)Planned Centers. *Architektúra & Urbanizmus*. 2020;54(1-2):44–55.
4. Leetmaa K, Holvandus J, Mägi K, Kährik A. Population shifts and urban policies in housing estates of Tallinn, Estonia. *Housing estates in Europe. The Urban Book Series*. Cham: Springer; 2018. p. 389–412. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92813-5_17
5. Minguet JM (eds.). Grin city. Contemporary urban design. Instituto Monsa de Edicions, 2013. 128 p.
6. Uffelen C. Urban spaces. Plazas, squares and streetscapes. Berlin: Braun Publishing AG; 2013. 271 p.
7. Földváry V, Bekö G, Langer S, Arrhenius K, Petráš D. Effect of energy renovation on indoor air quality in multifamily residential buildings in Slovakia. *Building and Environment*. 2017;122:363–372. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.06.009>
8. Revital: časopis pro revitalizaci panelových domů. Vol. 4 (1). Praha: Nakladatelství Svoboda Servis; 2007. 323 p.

Сведения об авторах

Сивова Арина Олеговна,
бакалавр архитектуры, архитектор,
АБ "Archinform",
620014, г. Екатеринбург, пр. Ленина, 25,
Россия,
e-mail: sivovaarina96@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2347-4730>

Information about the authors

Arina O. Sivova,
Bachelor of Architecture, Architect,
Architecture bureau "Archinform",
25 Lenina St., Yekaterinburg, 620014, Russia,
e-mail: sivovaarina96@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2347-4730>

Горшарук Анастасия Викторовна,
бакалавр дизайна архитектурной среды,
Тюменский индустриальный университет,
625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38,
Россия,
e-mail: agorscharuk@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3603-2488>

Anastasiia V. Gorshcharuk,
Bachelor of Architectural Environment Design,
Tyumen Industrial University,
38 Volodarskogo St., Tyumen, 625000, Russia,
e-mail: agorscharuk@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3603-2488>

Кузьмин Богдан Витальевич,
магистр градостроительства, архитектор,
Академия строительства и архитектуры,
295493, г. Симферополь, ул. Киевская, 181,
Россия,
✉e-mail: 8062959@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8313-0801>

Bogdan V. Kuzmin,
Master's degree of Urban Planning, Architect,
Academy of Construction and Architecture,
181 Kievskaya St., Simferopol, 295493, Russia,
✉e-mail: 8062959@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8313-0801>

Митичкина Анастасия Евгеньевна,
исследователь,
преподаватель-исследователь,
магистр градостроительства, архитектор,
инженер-генпланист,
ООО «Студия-Проект»,
664007, г. Иркутск, ул. Ямская, 4, Россия,
e-mail: a_mitichkina@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2742-8018>

Anastasia E. Mitichkina,
Researcher, Research teacher,
Master's degree of Urban Planning, Architect,
Engineer Urban planner,
LLC "Studio-Project",
4 Yamskaya St., Irkutsk, 664007, Russia,
e-mail: a_mitichkina@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2742-8018>

Русанов Марк Александрович,
магистрант, архитектор,
Иркутский национальный
исследовательский технический
университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: rusanov-mark@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8672-7838>

Mark A. Rusanov,
Master's student, Architect,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: rusanov-mark@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8672-7838>

Сазонова Анастасия Петровна,
бакалавр, архитектор,
Московский архитектурный институт,
107031, г. Москва, ул. Рождественка, 11/4,
корпус 1, стр. 4, Россия,
e-mail: 1.sazonova.anastasia.1@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9613-6564>

Anastasia P. Sazonova,
Bachelor of Architecture, Architect,
Moscow Institute of Architecture,
11/4 Rozhdestvenka St., Moscow, 107031,
Russia,
e-mail: 1.sazonova.anastasia.1@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9613-6564>

Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 15.04.2021.
Одобрена после рецензирования 17.05.2021.
Принята к публикации 20.05.2021.

Conflict of interests

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

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

The article was submitted 15.04.2021.
Approved after reviewing 17.05.2021.
Accepted for publication 20.05.2021.

**Архитектурная концепция экопоселения в Челябинской области****© А.В. Чистякова, С.Г. Шабиев**

Южно-Уральский государственный университет (НИУ), г. Челябинск, Россия

Резюме: Целью исследования является разработка архитектурной концепции экопоселения в Челябинской области, соответствующей требованиям экологизации среды жизнедеятельности, на трёх этапах: на уровне генплана, архитектурных объектов и эксплуатации. Для осуществления поставленной цели используется комплексный подход к изучению информационных и других материалов, в том числе нормативной документации, сравнительный анализ существующих посёлков и архитектурных объектов, принятых к реализации. Используются технологии энергоэффективной архитектуры, градостроительного ландшафтного планирования, а также внедрения альтернативных источников энергии в структуру экопоселения. Рассмотрены зарубежные современные посёлки и их отечественные аналоги, а также энергоэффективные малоэтажные жилые дома. Проанализированы градостроительные условия территории проектирования, ее планировочные ограничения и климатические характеристики. Представлено проектное предложение архитектурной концепции экопоселения, включающее градостроительные изыскания, а также разработку архитектурно-планировочных и конструктивных решений зданий: индивидуального и многоквартирного жилых домов, соответствующих требованиям энергоэффективности и экологичности. Осуществлён анализ ветровой доступности ветрогенераторов на основе использования вычислительной гидродинамики для корректного размещения местной ветроэлектростанции. Проект архитектурной концепции экопоселения на территории Челябинской области разработан с учетом мирового опыта проектирования экологической архитектуры и может быть применен в регионах со сходными природно-климатическими условиями.

Ключевые слова: экологическая архитектура, архитектурное проектирование, зеленое строительство, экопоселение, энергоэффективность, альтернативные источники энергии

Для цитирования: Чистякова А.В., Шабиев С.Г. Архитектурная концепция экопоселения в Челябинской области. *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2021. Т. 11. № 2. С. 386–397. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-386-397>

Architectural concept of an ecovillage in the Chelyabinsk region**Anna V. Chistiakova, Salavat G. Shabiev**

South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia

Abstract: The aim was to develop an architectural concept of an ecovillage in the Chelyabinsk region, which meets the requirements of ecologization of the living environment. The concept is described at the 3 levels: the general layout, architectural structure and operation. A multifaceted approach was used to examine the background information, including regulatory documentation. A comparative analysis of the existing settlements and architectural structures approved for implementation was conducted. Technologies of energy-efficient architecture, urban and spatial planning, alternative energy sources were used. Foreign modern settlements and their domestic equivalents, as well as energy-efficient low-rise residential apartment buildings, were considered. The city-planning conditions of the design area, its planning constraints and climate references were described. A project proposal for the developed architectural concept of an ecovillage includes urban planning site surveys, as well as an architectural planning and engineering development of detached and multi-apartment residential buildings that meet the requirements of energy performance and environmental friendliness. The location of a local wind power plant was determined based on an assessment of the wind availability of wind-powered generators using the methods of computational fluid dynamics. Thus, the study demonstrates

the applicability of the research findings in the development of an architectural concept of an ecovillage in the Chelyabinsk region in light of international best practice in ecological architecture design.

Keywords: ecological architecture, architectural design, green building, eco-settlement, energy efficiency, alternative energy sources

For citation: Chistiakova AV, Shabiev SG. Architectural concept of an ecovillage in the Chelyabinsk region. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(2):386–397. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-386-397>

Введение

Кафедрой архитектуры Южно-Уральского государственного университета проводятся многолетние исследования экологической направленности. Сформировалась Южно-Уральская школа экологической архитектуры, где разрабатываются экологические проекты, в том числе выполнена НИР по разработке проекта экопоселения в Рощино Сосновского района Челябинской области.

Следует отметить, что одним из самых значимых факторов, влияющих на жизнь людей в городах, является несоблюдение баланса между природой и урбанизированной средой [1]. Для развития полного экологического равновесия на территориях средней полосы России необходимо обеспечивать плотность населения¹ не более 60 чел./кв. км. В городах-миллионниках плотность населения более 1000 чел./кв. км, например, в Челябинске – 1311,9 чел./кв. км, а в Москве – 4908,5 чел./кв. км. В то же время происходит опустошение сельских населённых пунктов, торможение развития агропромышленного комплекса страны. 8% деревень в стране полностью заброшены. 73% населения России живут в городах, пятая часть – в 13-ти крупнейших городах. Экологическое равновесие достигается только на неосвоенных территориях. Их наличие также благоприятно сказывается на распределении уровня углеродного следа в атмосфере. Охраняемые природные лесные массивы и заповедники, водоохранные зоны организуют не только ради сбережения ценных ландшафтов, редких видов растений и животных. Такие образования приобретают новое функциональное значение – это противопоставление отрицательному влиянию индустриализации [2].

Плотность населения можно соблюсти при формировании новых поселений и реконструкции существующих. Сохранение

здоровья их жителей должно стать приоритетным на всех этапах проектирования [3]. Человеку необходим определенный уровень геомагнитного поля для нормальной жизни. Его ослабление приводит к серьезным негативным последствиям для организма. Но именно такие условия создаются для людей, живущих на верхних этажах многоэтажных жилых домов [4]. Поэтому в качестве архитектурной концепции было выбрано малоэтажное экопоселение. Планировочные особенности такого поселения должны учитывать ландшафт территории. Актуальность данной темы также определяется необходимостью развития энергоэффективной жилой архитектуры с внедрением альтернативных источников энергии.

Методы

Современные спроектированные посёлки, в отличие от сформировавшихся «стихийно» ещё в XX веке деревень, в большинстве случаев строятся по тем же принципам, что и типовые многоквартирные дома. Регулярная планировка участков посёлка «ломает» сформированную природой ландшафтную структуру.

В рамках исследования были оценены с точки зрения планировочной структуры и энергоэффективности такие посёлки, как Аматциемс (Латвия), *Eco-Viikki* (Хельсинки, Финляндия); район *Bo01* (Мальме, Швеция); *Fujisawa SST* (Токио, Япония) и др. [5, 6]. Изучены особенности их экологических и архитектурных решений. Рассмотрены реализованные отечественные проекты экологических жилых зданий: первый в России проект «Пассивный дом» (ЗАО «Мосстрой-31»); первый в России «Активный дом» (датская компания *Velux* и «Загородный проект»); а также энергоэффективные жилые дома средней этажности в городах Барнаул, Уфа, Никулино-2, Владивосток и др. В проектно-предложении экопоселения авторами продемонстрированы градостроительные, объёмно-пространственные и конструктивные решения, выявленные на основе предварительного

¹Маслов Н.В. Градостроительная экология: учеб. пособие. М.: Высшая школа, 2003. С. 20–32.

исследования подобных реализованных архитектурных объектов.

Результаты и их обсуждение

Территория проектирования находится в Златоустовском городском округе Челябинской области, на возвышенной территории, имеющей богатый ландшафт. Она является одним из центров притяжения туристов, приезжающих для посещения хребта Уреньга и реки Ай. При этом инфраструктура поселения, располагающегося на данной территории, слабо развита. Это место было выбрано также исходя из климатических условий.

Для эффективного размещения ветроэлектростанций требуется повышенная ветровая нагрузка [7, 8]. В Челябинской области целесообразнее всего будет размещать их в горной местности. На схеме зелёным цветом указана зона, где скорость ветра чаще достигает 15–20 м/с (рис. 1).

Для разработки архитектурной концепции экопоселения был выбран существующий посёлок Весёловка Златоустовского округа Челябинской области.

В нём есть множество ветхоаварийных зданий, что представлено на опорном плане. Красным отмечена застройка внутри водоохранной зоны реки Ай, а коричневым внутри – зоны затопления (рис. 2).

Функционально в Весёловке имеется только одно дошкольное образовательное учреждение, что не соответствует нормам радиусов обслуживания, составляющих 500 м. Имеется промышленно-складская зона, вышедшая из эксплуатации, – склад Златоустовского машиностроительного завода.

Также в посёлке существует всего лишь одна асфальтированная улица, через неё осуществляется выезд на автодорогу М5, ведущую в Челябинск и Златоуст, а также в город Учалы – с юго-западной стороны посёлка. Хотелось бы отметить отсутствие в Весёловке рекреационных зон. Окружает посёлок густой лес, что является существенным планировочным ограничением.

Территория обладает богатой ландшафтной структурой. Перепады высот от западной части посёлка до реки достигают 70–80 метров. Встречаются как пологие уклоны, так и крутые обрывы.

Помимо водоохранной зоны реки (200 м) территория обладает неблагоприятной (сложной) зоной для строительного освоения. Она подразделяется на два вида: уклоны более 30% и пойма, затопливаемая паводками. Имеется характерный композиционный изгиб реки, что формирует образ проектируемого посёлка (рис. 3).

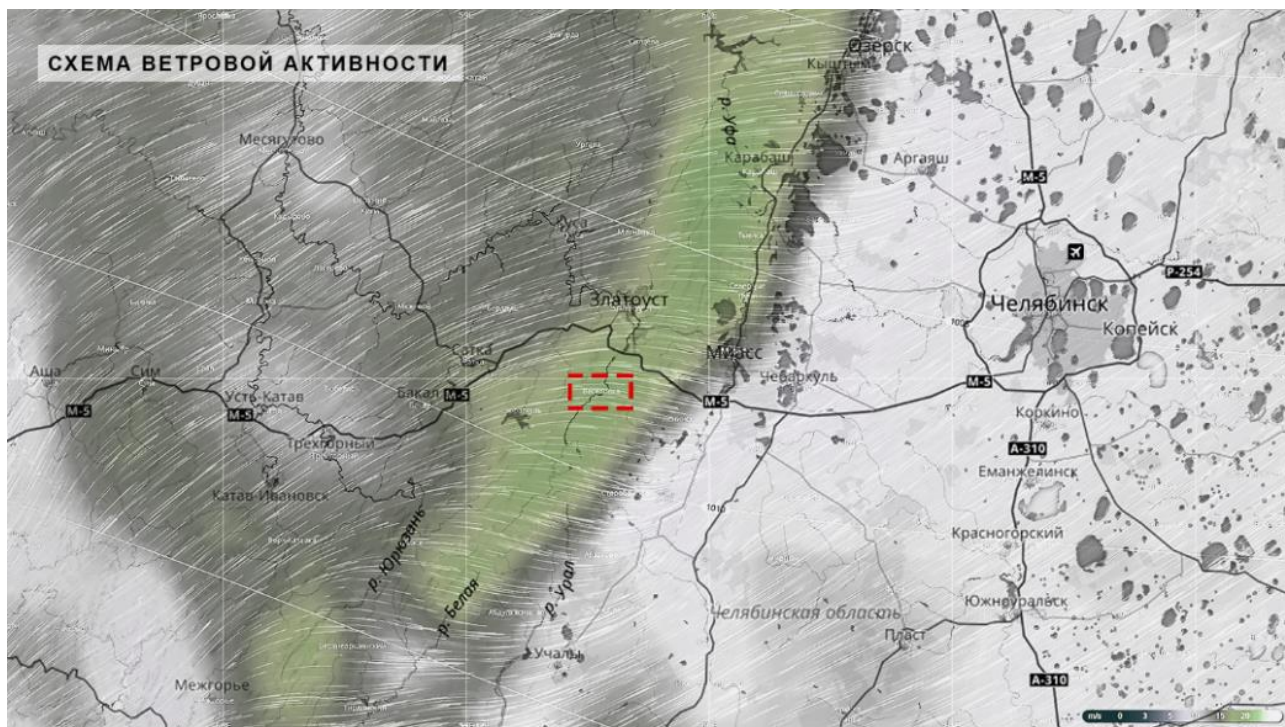


Рис. 1. Схема ветровой активности части территории Челябинской области с указанием места проектирования

Fig. 1. Scheme of wind activity of the territory of Chelyabinsk region with an indication of the place of design

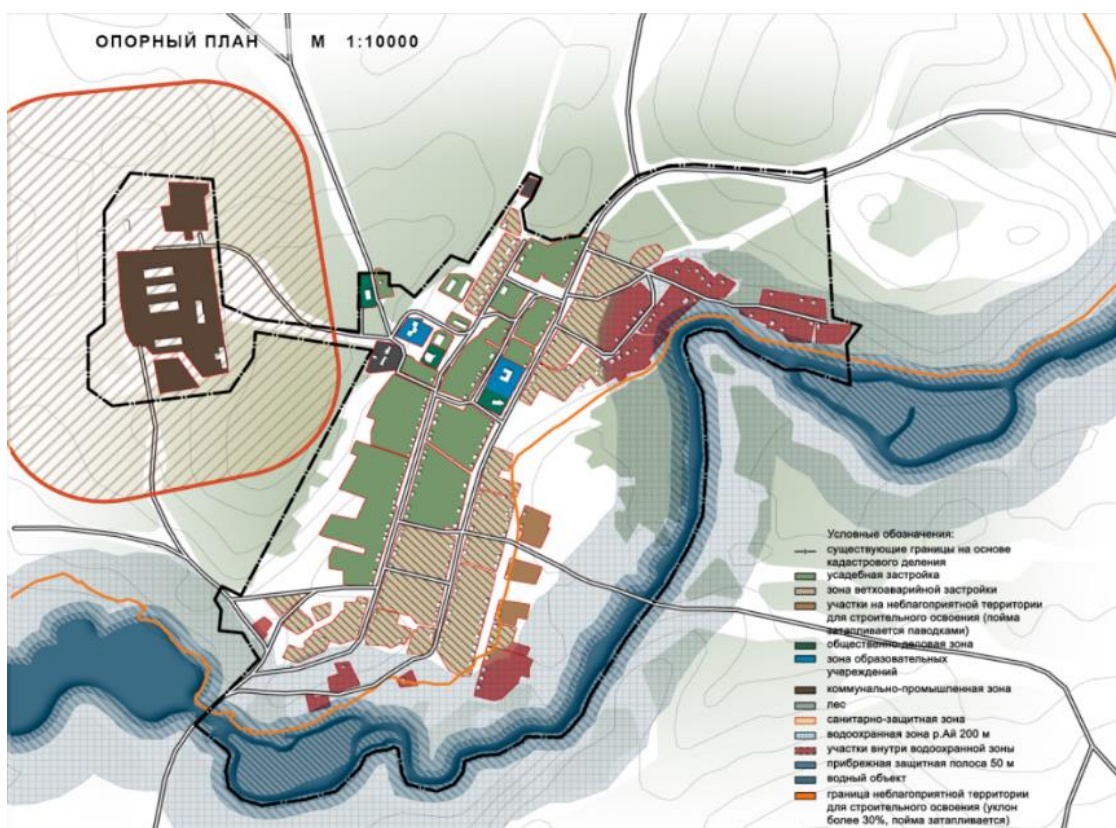


Рис. 2. Опорный план существующего посёлка в Челябинской области
Fig. 2. Basic plan of the existing village in Chelyabinsk region

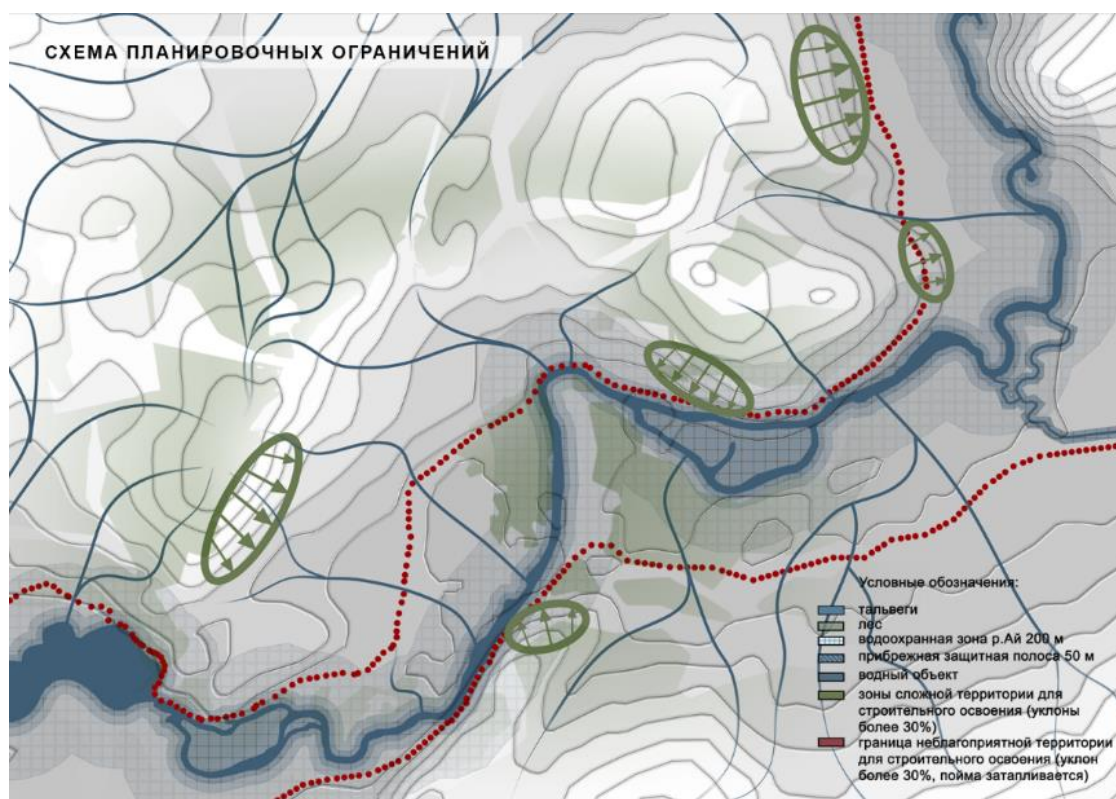


Рис. 3. Схема ландшафтной структуры
Fig. 3. Landscape structure diagram

В работе осуществлено градостроительное обоснование концепции экопоселения. Перед началом реального проектирования на основании Градостроительного кодекса РФ и опорного плана, взятого с сайта администрации Златоуста, проведена комплексная оценка территории². Проанализированы уклоны рельефов, санитарно-защитные зоны, благоприятные зоны для строительства. Определены расчётное количество жителей посёлка, равное 2,5 тыс., и размеры участков – 8, 12, 15, 18 и 36 соток для блокированных домов, усадебной застройки и фермерских хозяйств, соответственно. Для разнообразия застройки предлагается возведение микрорайона с многоквартирными домами средней этажности элитного класса.

Селитебная территория формируется с учетом взаимоувязанного размещения жилых, общественно-деловых зон, отдельных коммунальных и промышленных объектов, не требующих устройства санитарно-защитных зон, улично-дорожной сети, озеленения и других территорий общего пользования для создания жилой среды, отвечающей современным социальным, санитарно-гигиеническим и градостроительным требованиям [9].

Генплан посёлка формируется с учетом основных улиц и основан на ландшафтной структуре так, чтобы уклоны были меньше 5% и комфортными для пешеходов. Вдоль улиц прокладываются тротуары, выделяются зоны общественного назначения. В образованных зонах размещаются круговые кварталы жилой застройки. Зоны естественного озеленения облагораживаются для дальнейшего использования в качестве скверов, устанавливаются искусственные водные объекты и детские площадки. Проектируются выходы к основному водному объекту – реке Ай.

Движение транспорта и пешеходов осуществляется следующим образом. На территории посёлка организовано два основных въезда-выезда на улицу магистрального и местного назначения, по которой можно выехать на автодорогу М5, ведущую в город Челябинск и город Златоуст, с северо-восточной стороны посёлка, в Республику Башкортостан (Учалы) – с юго-западной стороны. Имеется 3 мостовых сооружения через реку Ай.

Остальные улицы местного значения проектировались с учётом ландшафтной структуры территории (рис. 4).

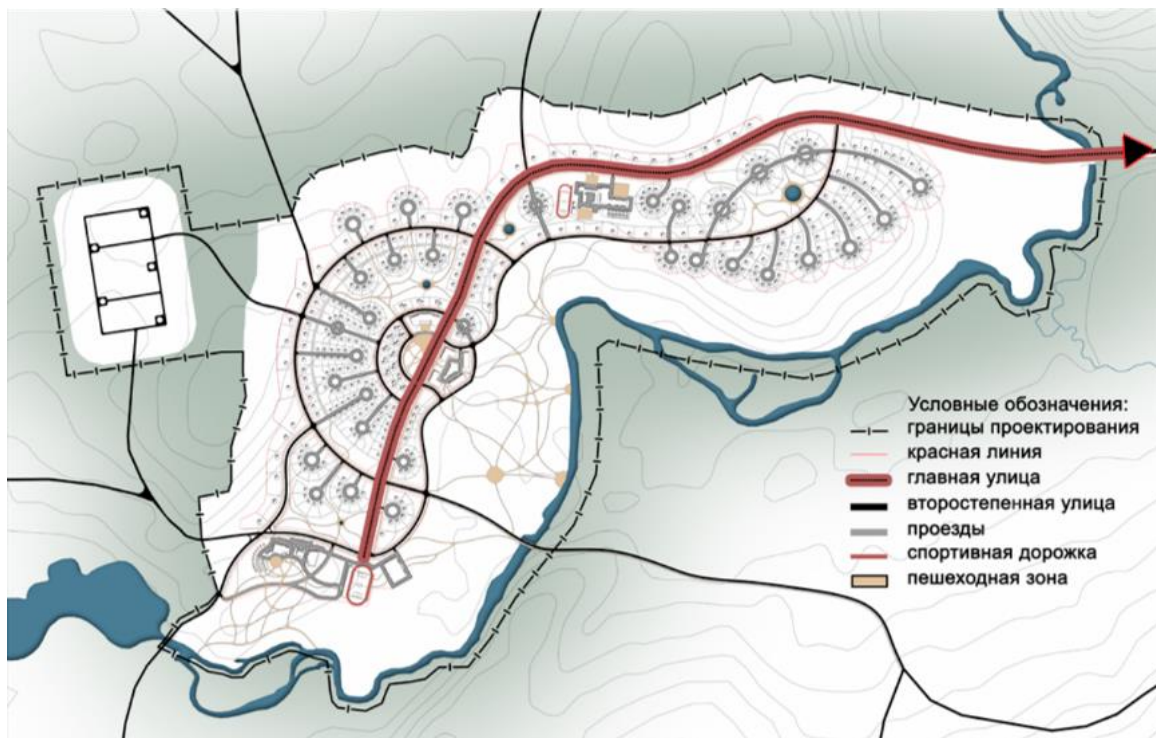


Рис. 4. Схема организации движения транспорта и пешеходов
 Fig. 4. The scheme of the organization of traffic and pedestrians

²Стандарт комплексного развития территорий [Электронный ресурс] / Минстрой России, ДОМ.РФ, КБ «Стрелка». 2019. С. 300. URL: <https://xn--d1aqf.xn--p1ai/development/urban/printsiy-kompleksnogo-razvitiya-territoriy/> (11.02.2021).

Они проходят не по тальвегам или водоразделам, чтобы избежать больших уклонов (15–20%), а также не по изолиниям топо съемки, чтобы была возможность нормального водоотвода с проезжей части. Улицы спроектированы по косогорам, что обеспечивает оптимальную доступность для пешеходов, особенно для маломобильных групп населения (уклоны 1–5%).

Проектом предусматриваются гостевые стоянки на 120 м/мест, в том числе остановка для автобусов и автомобилей маломобильных групп населения на 6 м/мест.

Отличительной особенностью планировки посёлка является то, что участки располагаются не вплотную друг к другу. Они сформированы в своеобразные круговые кварталы. В центре каждого квартала – общественное пространство, которое может использоваться для отдыха как взрослых, так и детей.

Между круговыми кварталами тоже достаточное количество свободного пространства, которое заполнено естественным озеленением и искусственными водоёмами. Пруд внутри посёлка – это дополнительные меры противопожарной безопасности [6]. Все приёмы, использованные в планировочной структуре посёлка, обеспечивают оптимальную плотность населения в границах поселения (не выше, чем 60 человек на кв. км), а также решают проблему экологического равновесия.

Инфраструктурное наполнение посёлка (рис. 5):

- общественный центр посёлка (административная, культурная и медицинская части);
- центральная площадь;
- учебно-воспитательный комплекс со спортивно-туристическим направлением на 392 места для учащихся и 90 мест для детского сада;
- торговые пространства посёлка располагаются на первых этажах многоквартирных жилых домов средней этажности;
- спортивно-оздоровительный комплекс для посетителей близлежащих туристических достопримечательностей (хребет Уреньга), в котором имеется гостиница, в том числе гостевые домики на 4–6 мест, актовый зал, санаторно-медицинское обслуживание, многоуровневая автостоянка, тренажёрный зал, бассейн, а также плоскостное спортивное сооружение;
- благоустройство общественных пространств: детские площадки, скверы, водные объекты.

Разработан архитектурный облик для общественного центра посёлка, учебно-воспитательного комплекса (школы), а также для спортивно-оздоровительного комплекса.

Ветроэнергостановки располагаются на месте бывшего промышленного склада для машиностроительного завода г. Златоуста, они отделены от посёлка защитным лесным массивом. Для проверки эффективности размещения ветроэлектростанции было необходимо провести исследование скорости ветрового потока территории [10–12]. Многовариантное моделирование ветрового потока на полученной цифровой модели рельефа с различных направлений позволило получить необходимые данные (рис. 6).

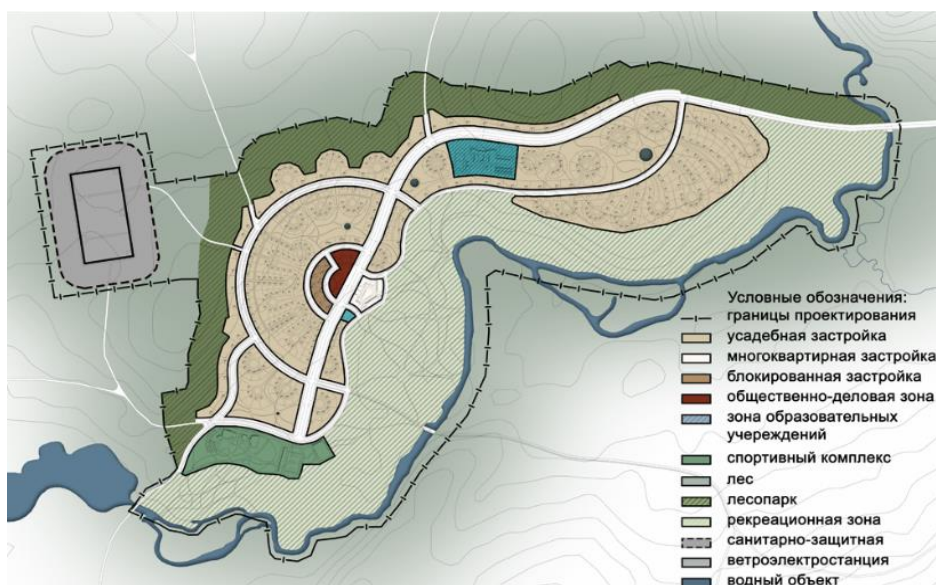


Рис. 5. Схема функционального зонирования
Fig. 5. Functional zoning scheme

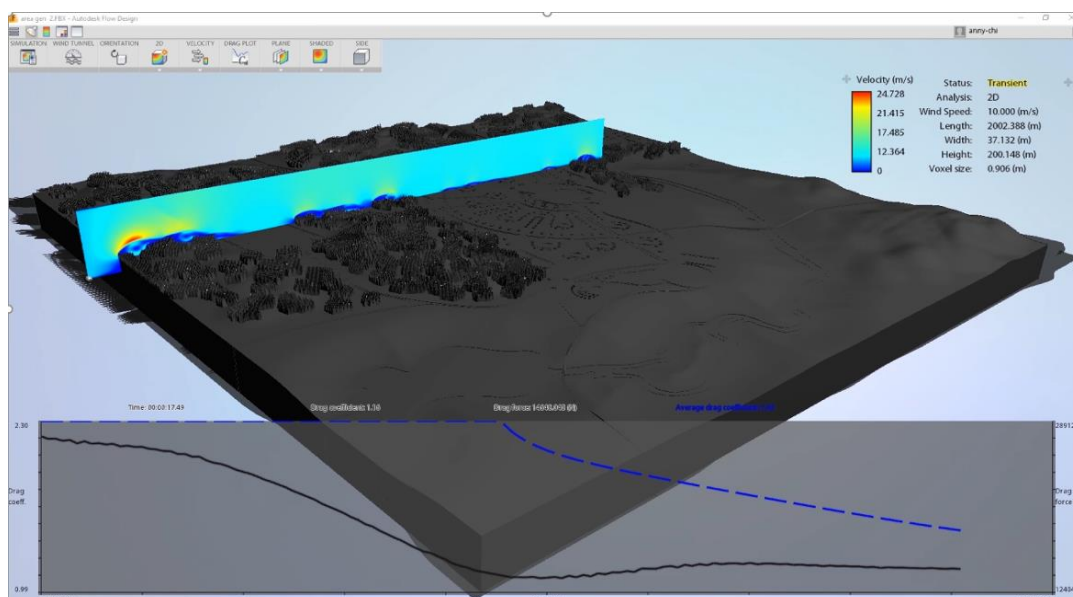


Рис. 6. Схема вертикального градиента распределения скорости ветрового потока [13]
Fig. 6. Diagram of the vertical gradient for the wind flow velocity distribution [13]

Доминантой в планировочной композиции является центральная площадь посёлка, а также его общественный центр (рис. 7). Однако в кульминационных точках главной улицы располагаются общественное плоскостное спортивное сооружение и соединённый с ним спортивно-оздоровительный комплекс. Спортивно-оздоровительный ком-

плекс является градообразующим предприятием, потому что данная территория расположена вблизи популярных горно-туристических маршрутов (хребет Уреньга, р. Ай и т.д.). Данный комплекс дает возможность трудоустройства в Весёловке, так как ему потребуются специалисты разного профиля. Трёхмерная визуализация посёлка представлена на рис. 8.



Рис. 7. Генеральный план экопоселения в Челябинской области
Fig. 7. General plan of an eco-settlement in Chelyabinsk region



Рис. 8. Трёхмерная визуализация экопоселения в Челябинской области
Fig. 8. 3D visualization of an eco-settlement in Chelyabinsk region

Следующим аспектом архитектурного формирования экопоселения является разработка энергоэффективных жилых зданий.

Рассмотрим структуру объемно-планировочного решения типового энергоэффективного индивидуального жилого дома. Здание ориентировано по сторонам света для достижения максимальной инсоляции. Крыша на одной части дома ферменной конструкции, на другой – стандартной, с южной стороны размещены коньковые окна для аэрации дома и естественного освещения северных комнат, а также теплица. На крыше располагаются фотоэлектрические

панели и солнечные коллекторы водяного отопления и горячего водоснабжения [14]. С северной стороны спроектированы буферные помещения. Массивное каменное ядро в центре здания с камином и основными вентиляционными каналами инертно сохраняет тепло.

Индивидуальный архитектурный облик здания создается на основе энергоэффективной объемно-пространственной структуры [15]. Коньковые окна, теплица с юга, балконы на втором этаже – дополнительные буферные пространства. Входная группа выделена тремя колоннами, поддерживающими балконные конструкции (рис. 9).



Рис. 9. Архитектурная концепция энергоэффективного индивидуального жилого дома
Fig. 9. Architectural visualization of an energy efficient individual residential building

Рассмотрим типовой энергоэффективный многоквартирный жилой дом (рис. 10). Объект представляет собой простую прямоугольную форму в плане с размерами 33 x 15,6 м. Не имеет перепадов и выступов основного объёма, что повышает энергоэффективность здания. Дом имеет оптимальное соотношение площадей поверхностей к площади застройки. Высота

первого этажа 4,5 м, типового этажа – 3 м, подземного – 3,6 м. Здание является односекционным. Общее количество квартир – 11. Состав помещений: на первом этаже три квартиры – 3-комнатная и две 4-комнатные. На втором и третьем этаже четыре квартиры: 3-комнатная, две 4-комнатные и 1-комнатная. Квартиры коридорного типа.



Рис. 10. Архитектурная концепция энергоэффективного многоквартирного жилого дома
Fig. 10. Architectural concept of an energy efficient multi-apartment residential building

На первом этаже расположены помещения общественного назначения: кофейня и помывочная для лап животных и обуви. Квартиры первого этажа могут быть переоборудованы в нежилые помещения. На втором и третьем этажах расположена лоджия, доступ к которой имеют все жильцы дома. Подземный этаж является техническим, и часть его может быть переоборудована в складские помещения, если на первом этаже будут располагаться нежилые: магазины, офисы или общественные пространства. Крыша здания эксплуатируемая, инверсионная [16]. На ней располагается зона отдыха для жильцов дома, система накопления электроэнергии с размещением солнечных панелей [17]. Водосток внутренний. Основной особенностью объемно-планировочного решения является возможность свободного ориентирования здания по сторонам света благодаря расположению световых проемов каждой квартиры в двух

направлениях (максимальная инсоляция всех квартир). Многоквартирный жилой дом имеет повышенную энергоэффективность за счёт своей компактности, а также эксплуатируемой кровли.

Произведён расчёт состава конструкций индивидуального и многоквартирного жилых домов по оптимальному сопротивлению теплопередачи для климатических условий территории. Был выбран пустотелый керамический блок, имеющий наибольшие показатели термического сопротивления. Навесной вентилируемый фасад защищает стены от внешнего воздействия, а воздушный зазор создаёт буфер для теплопотерь здания через ограждающие конструкции.

Заключение

Разработанная архитектурная концепция экодселения в Челябинской области имеет уникальное градостроительное решение и объёмно-пространственную структуру, обеспечивающие достаточный уровень комфорта для проживающих и высокие технико-экономи-

ческие показатели, является примером грамотного применения альтернативных источников энергии [18]. Широкое использование современного инструментария архитектурной науки позволило получить оригинальное

решение экопоселения, которое может быть широко использовано и реализовано во многих регионах мира с аналогичными природно-климатическими характеристиками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. RIBA Sustainable Outcomes Guide. Royal Institute of British Architects, 2019. 51 p.
2. Чистякова А.В. Архитектура как часть комплексного решения задач оздоровления среды жизнедеятельности человека и ресурсосбережения // Перспективы развития фундаментальных наук: сб. науч. трудов XIV Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (25–28 апреля 2017 года, Томск): в 7 т. Т. 6: Строительство и архитектура. Томск: Изд-во Национального исследовательского Томского политехнического университета, 2017. С. 128–131.
3. Антипин Н.А. Урбанизация и здоровье населения: экологический аспект // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2010. Т. 5. № 1. С. 137–142.
4. Черных А.М., Борисейко А.Н., Ковальчук М.Л., Гребенюков К.В. Экранирование геомагнитного поля в многоэтажных жилых зданиях // Экология человека. 2010. № 6. С. 3–5.
5. Mandow L., Pérez-de-la-Cruz J.-L., Rodríguez-Gavilán A.B., Ruiz-Montiel M. Architectural planning with shape grammars and reinforcement learning: Habitability and energy efficiency // Engineering Applications of Artificial Intelligence. 2020. Vol. 96. p. 103909. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.103909>
6. Ristianti N.S. S.M.A.R.T.: eco-village for Hazardous Coastal Area in Bedono Village, Demak Regency // Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2016. Vol. 227. p. 593–600. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.06.120>
7. Chenxi Liu, Fan Wang, MacKillop F. A critical discussion of the BREEAM Communities method as applied to Chinese eco-village assessment // Sustainable Cities and Society. 2020. Vol. 59. p. 102172. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102172>
8. Jensen K.G., Birgisdottir H. Guide to Sustainable Building Certifications. Danish Building Research Institute, GXN, 2018. 153 p.
9. Шульц А.С. Экологические подходы к проектированию устойчивой городской среды // Architecture and Modern Information Technologies. 2021. № 1 (54). С. 227–235. <https://doi.org/10.24412/1998-4839-2021-1-227-235>
10. Toja-Silva F., Pregel-Hoderlein C., Chen J. On the urban geometry generalization for CFD simulation of gas dispersion from chimneys: Comparison with Gaussian plume model // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. 2018. Vol. 177. p. 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2018.04.003>
11. Shirzadi M., Naghashzadegan M., Mirzaei P.A. Improving the CFD modelling of cross-ventilation in highly-packed urban areas // Sustainable Cities and Society. 2018. Vol. 37. p. 451–465. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.11.020>
12. Qunli Zhang, Yuqing Jiao, Mingkai Cao, Liwen Jin. Simulation Analysis on Summer Conditions of Ancient Architecture of Tower Buildings Based on CFD // Energy Procedia. 2017. Vol. 143. p. 313–319. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.690>
13. Чистякова А.В. Многовариантное цифровое аэродинамическое моделирование экопоселения в Челябинске // Архитектура, градостроительство и дизайн. 2019. № 3 (21). С. 11–16.
14. Панченко В.А. Моделирование теплофотоэлектрической кровельной панели для энергообеспечения объектов // Строительство и техническая безопасность. 2018. № 13 (65). С. 143–157.
15. Cicconi P. Eco-design and Eco-materials: An interactive and collaborative approach // Sustainable Materials and Technologies. 2020. Vol. 23. p. e00135. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2019.e00135>
16. Стребков Д.С., Кирсанов А.И., Панченко В.А., Филиппенкова Н.С. Солнечные кровельные панели для программы «Миллион солнечных крыш в России» // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2017. № 7 (187). С. 64–67.
17. Motlagh S.H.B., Pons O., Hosseini S.M.A. Sustainability model to assess the suitability of green roof alternatives for urban air pollution reduction applied in Tehran // Building and Environment. 2021. Vol. 194. p. 107683. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107683>
18. Шубенков М.В., Царев А.И. Малый город: поиск стратегии выживания // Academia. Архитектура и строительство. 2014. № 2. С. 63–68.

REFERENCES

1. RIBA Sustainable Outcomes Guide. Royal Institute of British Architects, 2019. 51 p.
2. Chistyakova AV. Architecture as part of a comprehensive solution to the problems of improving the environment of human life and resource conservation. *Prospects of fundamental sciences development: XIV International Conference of students, graduate students and young scientists* (25–28th April 2017, Tomsk): in 7 vol. Vol. 6: Construction and architecture. Tomsk: Tomsk Polytechnic University; 2017. p. 128–131. (In Russ.)
3. Antipin NA. Urbanization and public health: an ecological aspect. *Zdorov'e – osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniya*. 2010;5(1):137–142. (In Russ.)
4. Chernykh AM, Boriseyko AN, Kovalchuk ML, Grebenyukov KV. Shielding of the geomagnetic field in multi-storey residential buildings. *Ekologiya cheloveka*. 2010;6:3–5. (In Russ.)
5. Mandow L, Pérez-de-la-Cruz J-L, Rodríguez-Gavilán AB, Ruiz-Montiel M. Architectural planning with shape grammars and reinforcement learning: Habitability and energy efficiency. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2020;96:103909. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.103909>
6. Ristanti NS. S.M.A.R.T.: eco-village for Hazardous Coastal Area in Bedono Village, Demak Regency. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2016;227:593–600. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.06.120>
7. Chenxi Liu, Fan Wang, MacKillop F. A critical discussion of the BREEAM Communities method as applied to Chinese eco-village assessment. *Sustainable Cities and Society*. 2020;59:102172. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102172>
8. Jensen KG, Birgisdottir H. Guide to Sustainable Building Certifications. Danish Building Research Institute, GXN; 2018. 153 p.
9. Shultz AS. Ecological approaches in sustainable urban planning. *Architecture and Modern Information Technologies*. 2021;1(54):227–235. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/1998-4839-2021-1-227-235>
10. Toja-Silva F, Pregel-Hoderlein C, Chen J. On the urban geometry generalization for CFD simulation of gas dispersion from chimneys: Comparison with Gaussian plume model. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2018;177: 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2018.04.003>
11. Shirzadi M, Naghashzadegan M, Mirzaei PA. Improving the CFD modelling of cross-ventilation in highly-packed urban areas. *Sustainable Cities and Society*. 2018;37:451–465. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.11.020>
12. Qunli Zhang, Yuqing Jiao, Mingkai Cao, Liwen Jin. Simulation Analysis on Summer Conditions of Ancient Architecture of Tower Buildings Based on CFD. *Energy Procedia*. 2017;143:313–319. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.690>
13. Chistyakova AV. Multivariant digital aerodynamic simulation of eco-village in Chelyabinsk city. *Arkitektura, gradostroitel'stvo i dizain = Architecture, Urbanism and Design*. 2019;3(21):11–16. (In Russ.)
14. Panchenko VA. Modeling of the photovoltaic thermal roofing panel for the energy supply of objects. *Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost' = Construction and industrial safety*. 2018;13(65):143–158. (In Russ.)
15. Cicconi P. Eco-design and Eco-materials: An interactive and collaborative approach. *Sustainable Materials and Technologies*. 2020;23:e00135. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2019.e00135>
16. Strebkov DS, Kirsanov AI, Panchenko VA, Filipchenkova NS. Solar roof panels for the program “One million solar roofs in Russia”. *Santekhnika, otopenie, konditsionirovanie*. 2017;7(187):64–67. (In Russ.)
17. Motlagh SHB, Pons O, Hosseini SMA. Sustainability model to assess the suitability of green roof alternatives for urban air pollution reduction applied in Tehran. *Building and Environment*. 2021;194:107683. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107683>
18. Shubenkov MV, Tsarev AI. Small town: search for a survival strategy. *Academia. Arkitektura i stroitel'stvo = Academia. Architecture and construction*. 2014;2:63–68. (In Russ.)

Сведения об авторах

Чистякова Анна Валерьевна,
магистр, аспирант кафедры архитектуры,
Южно-Уральский государственный
университет,
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76,
Россия,
e-mail: anny-chi@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4552-5962>

Шабиев Салават Галиевич,
доктор архитектуры, профессор,
заведующий кафедрой архитектуры,
Южно-Уральский государственный
университет,
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76,
Россия,
✉e-mail: shabievsg@susu.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9405-2079>

Information about the authors

Anna V. Chistiakova,
Master of Architecture, Postgraduate student
of the Department of Architecture,
South Ural State University,
76, Lenin prospekt, Chelyabinsk, 454080, Russia,
e-mail: anny-chi@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4552-5962>

Salavat G. Shabiev,
Doctor of Architecture, Professor,
Head of the Department of Architecture,
South Ural State University,
76, Lenin prospekt, Chelyabinsk, 454080, Russia,
✉e-mail: shabievsg@susu.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9405-2079>

Заявленный вклад авторов

Чистякова А.В., Шабиев С.Г. имеют равные
авторские права. Чистякова А.В. несет от-
ветственность за плагиат.

Contribution of the authors

Chistiakova A.V., Shabiev S.G. have equal au-
thor's rights. Chistiakova A.V. bears the responsi-
bility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта
интересов.

Все авторы прочитали и одобрили оконча-
тельный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 09.03.2021.
Одобрена после рецензирования 12.04.2021.
Принята к публикации 14.04.2021.

Conflict of interests

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

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

The article was submitted 09.03.2021.
Approved after reviewing 12.04.2021.
Accepted for publication 14.04.2021.

**Тектоническое «прочтение» архитектуры неоклассицизма
в вечерне-ночное время (на примере г. Челябинска)****© С.Г. Шабиев, Е.Г. Прилукова, В.Г. Чудинова, О.Р. Бокова****Южно-Уральский государственный университет (НИУ), г. Челябинск, Россия**

Резюме: Целью исследования является авторское осмысление архитектурной концепции неоклассицизма, сформированной вечерне-ночным освещением города Челябинска. Использование световых композиций придает художественную выразительность формам архитектуры в соответствии с требованиями экологизации среды жизнедеятельности. Для достижения поставленной цели осуществляется синтез интеллектуального капитала теории композиции с различными отраслями научного знания – от изучения нормативно-правовой документации и анализа существующих архитектурных объектов до воплощения новой идеологии формообразования на основе современных технологических возможностей. В работе исследованы отечественные и зарубежные источники по специфике тектоники, проявляющейся в новой интерпретации архитектурных конструкций и позволяющей создавать новую образность. Проанализированы сформировавшиеся в городе архитектурно-тектонические световые системы. Представлен обзор существующих концепций архитектурного освещения, позволяющий полноценно выявить и художественно осмыслить уникальность градостроительного наследия города. Можно заключить, что был освоен теоретический материал и определены возможные пути использования результатов исследования в разработке подходов к созданию светового генплана города Челябинска с учетом мирового опыта проектирования архитектурно-световой среды мегаполиса.

Ключевые слова: архитектура, неоклассицизм, архитектурно-световая среда, тектоника, световые системы

Для цитирования: Шабиев С.Г., Прилукова Е.Г., Чудинова В.Г., Бокова О.Р. Тектоническое «прочтение» архитектуры неоклассицизма в вечерне-ночное время (на примере г. Челябинска). *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2021. Т. 11. № 2. С. 398–407. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-398-407>

**Tectonic “interpretation” of neoclassicism in the evening
and nighttime (on the example of Chelyabinsk)****Salavat G. Shabiev, Ekaterina G. Prilukova, Viktoria G. Chudinova, Olga R. Bokova****South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia**

Abstract: The aim was to analyse the architectural concept of neoclassicism, formed by the evening and night illumination in Chelyabinsk. The use of light compositions imparts artistic expression to the forms of architecture according to the requirements of ecologisation of the living environment. The knowledge in composition theory is combined with various fields of scientific knowledge, including a study of regulatory documentation and an analysis of existing architectural structures and those implemented based on a new ideology of form-making using modern technologies. This work studies domestic and foreign sources on the characteristics of tectonics, which is manifested in a new interpretation of architectural structures and allowing new visualisation. We analysed the architectural-tectonic light systems formed in the city. A review of the existing concepts in architectural lighting is presented, which provides complete identification and artistic comprehension of the uniqueness associated with urban heritage. The collected theoretical material was assessed, and possible application of the research results was identified for developing the light master plan of Chelyabinsk following the international best practice in designing the architectural and light environment of a megapolis.

Keywords: architecture, neoclassicism, architectural and light environment, tectonics, light systems

For citation: Shabiev SG, Prilukova EG, Chudinova VG, Bokova OR. Tectonic "interpretation" of neoclassicism in the evening and nighttime (on the example of Chelyabinsk). *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost* = *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(2):398–407. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-2-398-407>

Введение

Город Челябинск представляется типичным промышленным городом, заключившим в себе различные архитектурные стили [1]. Одним из них является неоклассицизм, отчетливо фиксирующий мировоззренческие установки различных эпох в своем стремлении к возрождению античных канонов красоты. Неоклассика в архитектуре реализовывалась во многих странах, то встречая соперничество с другими стилями, то объединяясь с ними. Сегодня неоклассицизм оказывается прочно вплетенным в полотно новых технологий, позволяющих внести новые смыслы в образы архитектурных конструкций. Использование новых, основанных на технологических приемах модификаций архитектурных конструкций придает им совершенно новую художественную выразительность. Применение высокотехнологичных материалов и способов конструирования осветительных приборов создаёт новый способ прочтения формы зданий в стиле неоклассицизма. Освещение архитектурных объектов отражает основные тенденции современного мира как вечно изменяющегося и неравномерно развивающегося техномира [2, 3]. Ключевой категорией современного формообразования в архитектуре становится тектоника.

Методы

Методологическими рамками исследования выступает синтез интеллектуального капитала теории композиции с различными отраслями научного знания – от изучения нормативно-правовой документации и анализа существующих архитектурных объектов до воплощения новой идеологии формообразования на основе современных технологических возможностей.

Результаты и их обсуждение

Челябинск представляет собой промышленный город-миллионник, нуждающийся в формировании своего уникального облика, в том числе и в рамках архитектурно-световой среды [4–7]. Одной из необходимых составляющих облика города является освещение зданий, что предполагает единую концепцию развития, зафиксированную в соответствующих документах нормативно-правового по-

ля [8]. До появления первого комплексного генплана города композиционными осями служили улицы Сибирская (сейчас ул. Труда) и Христорождественская (сегодня ул. Цвиллинга). Первый генплан появился в 1936 г. на основе новой – советской – концепции градостроительства. Право быть главной городской артерией получила ул. Спартака, впоследствии названная проспектом Ленина, поскольку именно она вела к центральной проходной Челябинского тракторного завода – градообразующего предприятия [9]. Территория города была поделена на пять административных районов. Проект разрабатывался Ленинградским отделением института «Гипрогор», которое в 1947 г. скорректировало следующий этап развития генплана и занималось им практически до 1967 г.

Период 30–50 гг. прошлого столетия характеризовался множественным строительством архитектурных объектов преимущественно в стиле неоклассицизма, значительно повлиявших на образную составляющую города Челябинска. Следует заметить, что данный стиль в архитектуре города проявился еще в начале XX в. В 1900–1910-е гг. он был представлен небольшим количеством архитектурных сооружений, наиболее известное из них – Народный дом (1903 г., архитектор В. Карвовский), или Челябинский государственный молодежный театр (более известный как Театр юного зрителя) [1]. Большинство зданий и сооружений этого стиливого направления хорошо вписываются днём в современную структуру мегаполиса. Покажем это на ряде примеров.

Челябинский государственный молодежный театр украшает главную площадь города – площадь Революции. Днём фасады здания имеют чёткое композиционное прочтение (рис. 1). В вечерне-ночное время отсутствовал комплексный подход к цветоцветовой концепции, приёмы освещения зачастую диктовались только функциональной необходимостью, не были взаимосвязаны в едином ключе с общим контекстом места¹. Архитектурные детали практически не выявлялись в общем «заливающем» освещении. Утилитарное освещение совсем недавно было представлено в основном натриевыми источниками света, что не могло не сказаться на общем колорите здания (рис. 2, слева).

¹Калинина Н.С. Дизайн среды открытых пространств центра исторического города: дис. ... канд. архитектуры: 18.00.01. М., 2015. 151 с.

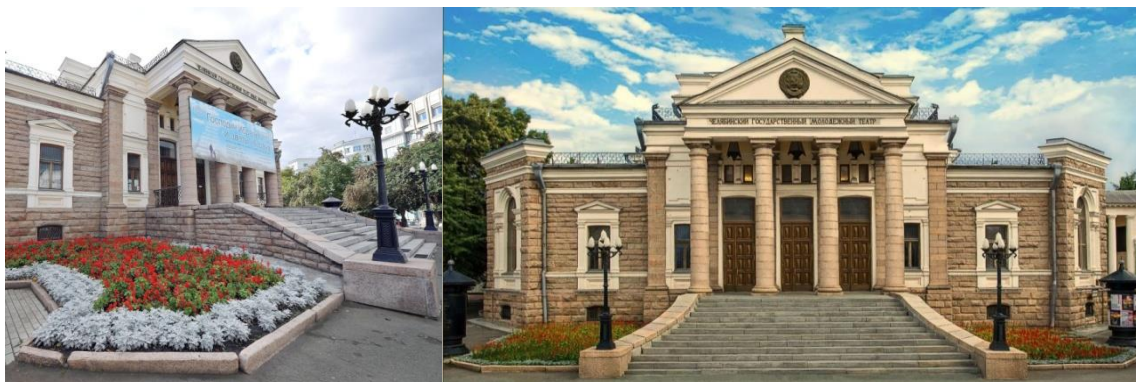


Рис. 1. Здание Челябинского государственного молодёжного театра. Дневной вид
Fig. 1. The building of Chelyabinsk State Youth Theater. Daytime view

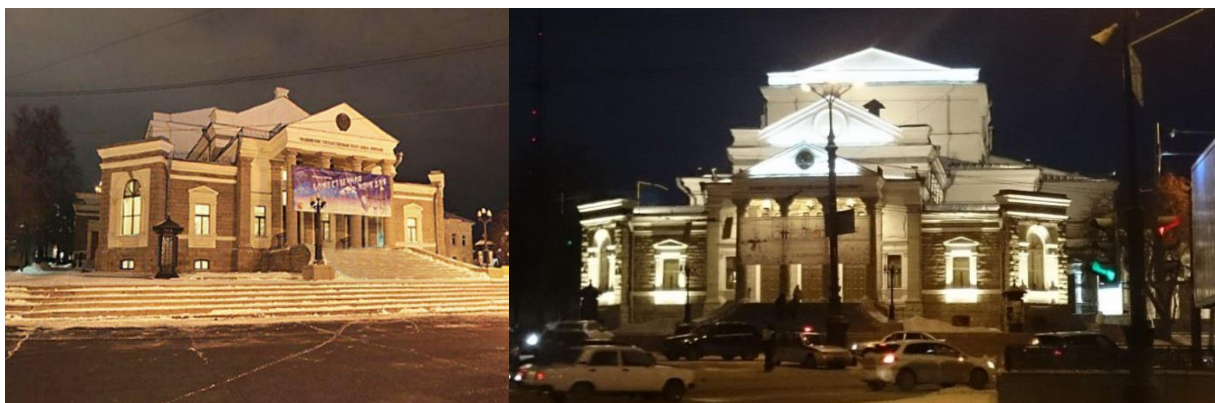


Рис. 2. Здание Челябинского государственного молодёжного театра. Вечерне-ночной вид
Fig. 2. The building of Chelyabinsk State Youth Theater. Evening-night view

На сегодняшний день сформировано архитектурно-художественное освещение данного объекта. Обращает внимание стремление выявить приёмами освещения доминантность входной группы (рис. 2, справа). Однако баннерная реклама, закрывающая часть фасада, значительно мешает целостности восприятия объекта. При этом фронтоны имеют концептуально необоснованно «холодную» цветовую температуру и завы-

шенные яркостные характеристики, создающие эффект «пересвета».

Еще одно знаковое сооружение в стиле неоклассицизма – Челябинский государственный академический театр оперы и балета им. М.И. Глинки (рис. 3) – расположено в исторической части города и за весь период своего существования имело несколько вариантов освещения в вечерне-ночное время (рис. 4).

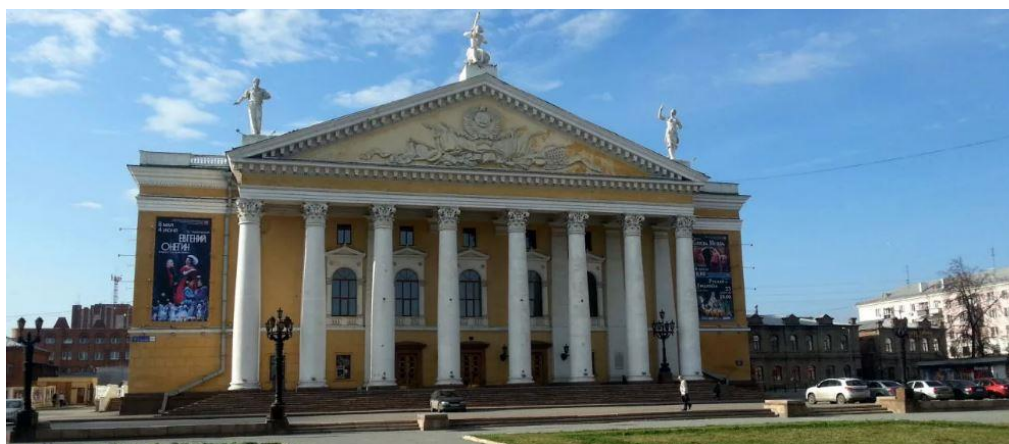


Рис. 3. Челябинский театр оперы и балета имени М.И. Глинки. Дневной вид
Fig. 3. Chelyabinsk Opera and Ballet Theater named after M.I. Glinka. Daytime view

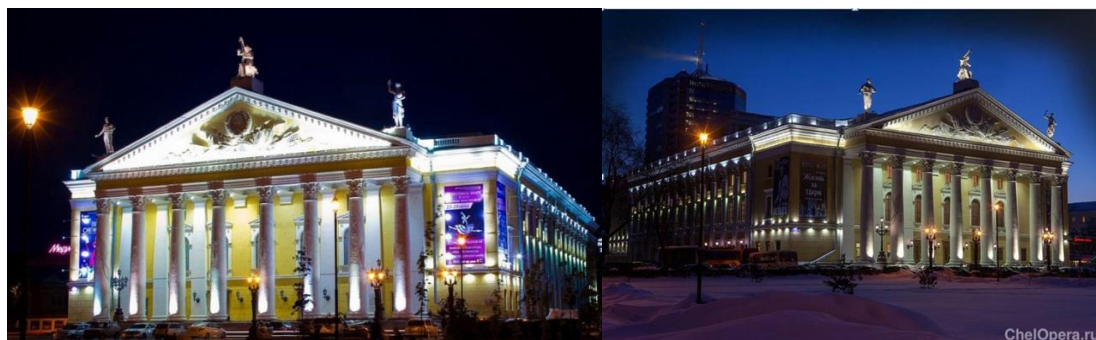


Рис. 4. Челябинский театр оперы и балета имени М.И. Глинки. Вечерне-ночной вид
Fig. 4. Chelyabinsk Opera and Ballet Theater named after M.I. Glinka. Evening-night view

Театральный фасад выполнен в рамках стилизации классических форм русской театральной архитектуры XIX в. Здание театра активно участвует в формировании облика центральной части города и воспринимается с различных визуальных точек восприятия. Учитывая насыщенность вечерне-ночной среды этой части города горожанами и гостями столицы Южного Урала, трансформация существующего подхода к освещению, как самого здания, так и данного участка города в целом, представляется крайне необходимой.

Несмотря на знаковую роль в архитектурном облике Челябинска, на данный момент здание имеет экономичный вариант архитектурного освещения [10].

Комплекс зданий с угловой доминантой, носящей условное название «Башня», над которым в свое время работали знаменитые архитекторы Ф. Серебровский, Б.В. Петров и К.Д. Евтеев, расположился на ул. Горького. Жилой дом является своего рода символом

Тракторозаводского района, поскольку возводился как молодежное общежитие с большим магазином на первом этаже и кафе. Архитектурный образ здания в дневное время в значительной степени определяет восприятие всего ансамбля этой части улицы (рис. 5). Главный элемент, формирующий тектонику здания, – угловая часть. Спроектирована она как ротонда и имеет два яруса [11].

Именно она служит доминантой всего сложного архитектурного ансамбля. Предполагаемое завершение в виде шпиля так и не было достроено, однако образ всего здания получился законченным. В сумерки и на рассвете здание хорошо силуэтно читается. Однако в ночное время освещение отсутствует. Крупные арочные окна первого этажа при искусственном освещении позволяют в какой-то мере выявить тектонику здания, однако ротонда без источников света теряется, слабо освещаясь при включении уличного освещения в темное время суток (рис. 6).



Рис. 5. Жилой дом по ул. Салютной, 32, с магазином «Башня». Дневной вид
Fig. 5. Residential building on Salyutnaya Street, 32 with a shop "Tower". Daytime view



Рис. 6. Жилой дом по ул. Салютной, 32, с магазином «Башня». Вечерне-ночной вид
Fig. 6. Residential building on Salyutnaya Street, 32 with a shop "Tower". Evening-night view

«Старое» здание Челябинского аэропорта (рис. 7) было построено в 1954 году. Проект считался типовым, на территории бывшего СССР было построено 5 таких сооружений. Центрально-симметричное здание ассоциируется с устойчивостью, характерной для общего тектонического построения такого рода объектов. Четыре колонны слева и справа от центрального входа создают строгий ритм. Челябинское здание долго служило визитной карточкой городских ворот. Предпринимались многочисленные попытки гармонично интегрировать архитектурный объект в стремительно развивающуюся архитектурно-световую структуру аэропорта. Здание сложно интегрируется в существующий архитектурный ансамбль, особенно остро этот вопрос встал после строительства нового корпуса аэропорта им. Игоря Курчатова. Складывающаяся концепция архитектурного освещения предполагает доминантность этого нового здания. Общественная дискуссия о судьбе старой постройки продолжается до сих пор. Одним из главных вопросов остаётся включение здания в перечень объектов культурного наследия.

Вышеперечисленные примеры показывают, что одна из самых древних систем, стоечно-балочная, до сих пор актуальна. Следует отметить, что основные части лю-

бого из трёх существующих классических ордеров остались неизменными: это колонны, антаблемент и стилобат. Распределение яркостных характеристик для лучшего выявления тектонических качеств архитектурного объекта исследовалось многими авторами.

В частности, было выявлено, что тектонику объектов ордерной системы формирует контрастное светотеневое решение ближнего плана по отношению к обобщенному дальнему, плавный и однородный характер светотеневых границ [12, 13].

Лучшие примеры архитектурного освещения классических зданий позволяют отметить стремление выявить тектонику ордерной структуры фасадов, которая могла бы повторить её дневное восприятие.

Здание крупнейшего вуза города, Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ), замыкает главный проспект Челябинска, являясь его своеобразной визитной карточкой. Высота шпиля составляет 86 метров² (рис. 8, 9) [14, 15].

Данный архитектурный объект имеет классическое ритмическое построение, триаду пилластр левой и правой частей. Шесть центральных пилластр создают выразительность центральной части. Пропорции центральной части главного корпуса создают целостный образ. Шпиль центральной части также масштабно выверен.

²Варанов А. Челябинский генплан: история в четырех документах [Электронный ресурс] // Вечерний Челябинск. URL: <https://vecherka.su/articles/society/146505/> (20.04.2021).

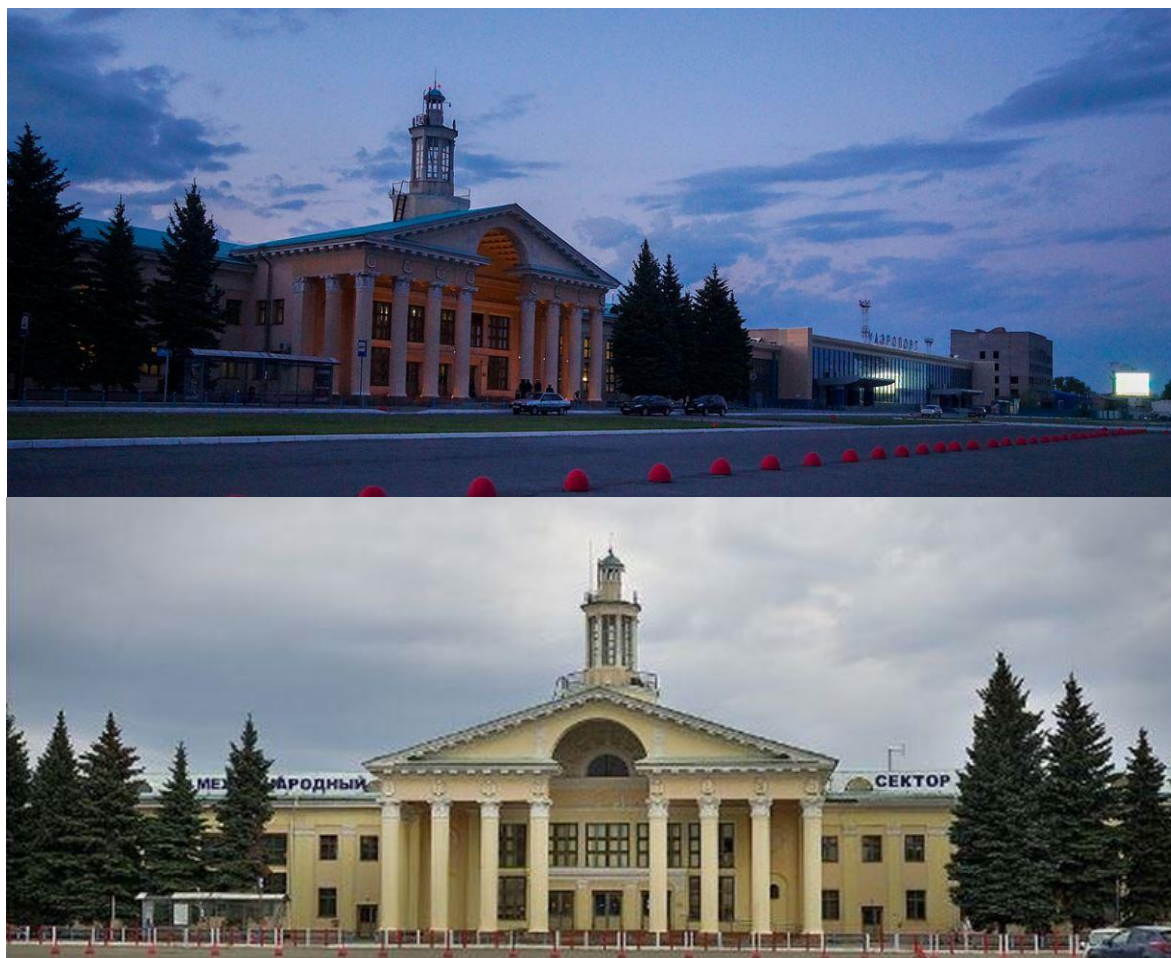


Рис. 7. Здание Челябинского аэропорта
Fig. 7. The building of Chelyabinsk Airport



Рис. 8. Главный корпус Южно-Уральского государственного университета. Дневной вид
Fig. 8. The main building of the South Ural State University. Daytime view

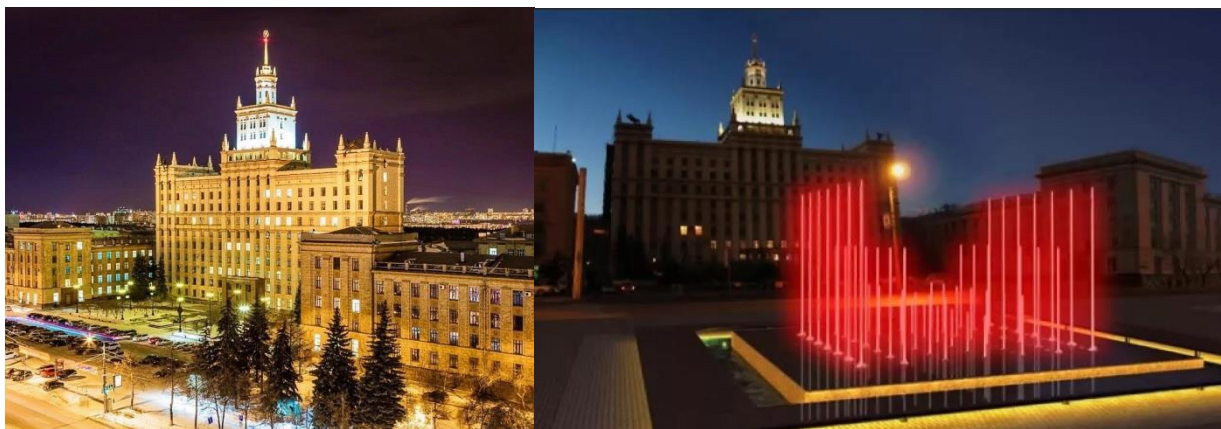


Рис. 9. Главный корпус Южно-Уральского государственного университета. Ночной вид
Fig. 9. The main building of the South Ural State University. Night view

Дневной образ здания гармоничен и визуально комфортно воспринимается (главный архитектор проекта – С.Г. Шабиев). Закономерное и архитектурно обоснованное решение осветить последовательно каждую из башен послужило основой для создания новой концепции освещения этой знаковой градостроительной доминанты [16]. В настоящий момент существует предложение по архитек-

турному освещению, позволяющему полноценно выявить уникальную тектонику здания. Масштабность здания, его доминирующее положение в городской среде, функциональные особенности диктуют определённые архитектурно-композиционные приёмы построения образа в искусственной световой среде. Предполагается использовать три основных режима архитектурно-художественного освещения (рис. 10).

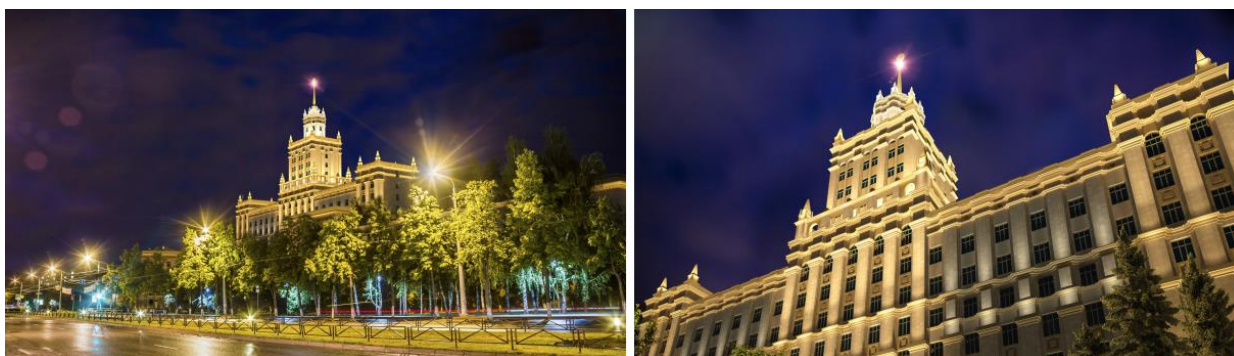


Рис. 10. Главный корпус Южно-Уральского государственного университета.
 Предложения по концепции освещения

Fig. 10. The main building of the South Ural State University. Suggestions for the lighting concept

В городе довольно много архитектурных строений неоклассического стиля, таких как ФГБОУ «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет», бывший кинотеатр «Родина», бывший магазин «Ритм», Законодательное собрание Челябинской области (ранее – здание Госбанка и бывшего обкома КПСС и жилой Дом для работников облисполкома), Дом культуры

Челябинского металлургического комбината, Дом культуры им. Коллющенко и многие другие. Анализ перечисленных объектов может стать предметом самостоятельного исследования.

В рамках данной статьи мы остановились на наиболее знаковых представителях неоклассического стиля, позволяющих понять возможности формирования новой образности средствами освещения³ [17].

³Батова А.Г. Принципы проектирования наружного освещения архитектурных объектов: дис. ... канд. архитектуры: 05.23.21. М., 2012. 198 с.;

Червяков М.М. Тектонический образ архитектурного объекта в условиях искусственного освещения: дис. ... канд. архитектуры: 05.23.20. М., 2012. 180 с.;

История сносит «Башню»: во что превратилось самое необычное общежитие Челябинска спустя 70 лет [Электронный ресурс]. URL: <https://74.ru/text/gorod/2021/05/20/69910697/> (20.04.2021).

Заключение

В Челябинске сохранились многие знаковые архитектурные здания периода советской архитектуры, что обуславливает необходимость разработки концепции формирования архитектурно-световой среды. Одним из эффективных инструментов для выявления тектонических индивидуальных особенностей зданий будут существующие в настоящее время технологии освещения. Свето-

вой генплан города – требование времени. Думается, что использование объектов культурно-исторического наследия как кульминационных связующих в общем световом решении города будет концептуально оправдано. В дальнейшем представляются необходимыми не только процессы реставрации исторических объектов, но и выявление их архитектурно-художественных качеств в контексте значимых фрагментов городской семантики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bokova O.R. Window display in formation of safe perception of urban light and colour environment // IOP Conference. Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 451. p. 012155. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/451/1/012155>
2. Гурьянова А.Э. О различных методиках изучения тектоники архитектурного порядка // Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАРХИ: тезисы докладов междунар. науч.-практ. конф. профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов: в 2 т. (04–08 апреля 2016 г., Москва). Т. 1. М.: МАРХИ, 2016. С. 188–189.
3. Щепетков Н.И. О концепции создания единой светоцветовой среды города Москвы // Светотехника. 2012. № 6. С. 49–52.
4. Александров Е.В. Моя архитектурная судьба. Челябинск: Автограф, 2007. 96 с.
5. Огни большого города: инвестиционная привлекательность современного мегаполиса: сб. докладов междунар. науч.-практ. конф. (18–19 апреля 2012 г., Челябинск) / под ред. С.Г. Шабиева. Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2012. 146 с.
6. Осиков М.В., Гизингер О.А., Бокова О.Р., Огнева О.И., Зимич В.В., Шабиев С.Г. и др. Медико-биологические аспекты использования светодиодных источников освещения в архитектурно-световой среде: монография. М.: ГЕОТАР-Медиа, 2016. 112 с.
7. Osikov M.V., Gizinger O.G., Ogneva O.I., Bokova O.R., Chudinova V.G. A comparative analysis of the influence artificial illumination on behaviour of laboratory animals // Light & Engineering. 2017. Vol. 25. № 2. p. 94–102.
8. Лекус Е.Ю., Быстрынцева Н.В. Световой дизайн: свет как материал, технология, форма // Материал-технология-форма как универсальная триада в дизайне, архитекту-
- ре, изобразительном и декоративном искусстве: мат-лы междунар. науч. конф. (Москва, 18 мая 2018 г.). М.: МГХПА им. С.Г. Строганова, 2018. С. 447–451.
9. Челябинск: градостроительство вчера, сегодня, завтра / сост. С.Н. Поливанов. Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство, 1986. 160 с.
10. Jackson D. Superlux: smart light art, design and architecture for cities. London: Thames & Hudson, 2015. 272 p.
11. Arnheim R. Art and Visual Perception. Berkeley: University of California Press, 1974. 508 p.
12. Богданова О.В., Филатова Ю.Д. Определение роли цвета и света в архитектуре // Тенденции развития науки и образования. 2016. № 17-1. С. 6–8. <https://doi.org/10.18411/lj2016-8-1-02>
13. Schielke T. The Language of Lighting: How to Read Light and Shadow in Architecture. 2021. URL: <https://www.archdaily.com/961546/the-language-of-lighting-how-to-read-light-and-shadow-in-architecture> (20.04.2021).
14. Худин А.А. Открытость произведения и метафора в постмодернистской архитектуре // Academia. Архитектура и строительство. 2021. № 1. С. 58–63. <https://doi.org/10.22337/2077-9038-2021-1-58-63>
15. Gibson J.J. On the Concept of Formless Invariants in Visual Perception // Leonardo. 1973. Vol. 6. No. 1. P. 43–45. <https://doi.org/10.2307/1572424>
16. Chudinova V.G., Bokova O.R. Possibilities of Architectural Lighting to Create New Style // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS 2017). 2017. Vol. 262. p. 012147. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/262/1/012147>
17. Гейл Я., Сварпе Б. Как изучать городскую жизнь / пер. с англ. М.: Наука, 2016. 196 с.

REFERENCES

1. Bokova OR. Window display in formation of safe perception of urban light and colour environment. *IOP Conference. Series: Materials Science and Engineering*. 2018;451:012155. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/451/1/012155>
2. Guryanova AE. On various methods of studying the tectonics of the architectural order. *Nauka, obrazovanie i eksperimental'noe proektirovanie v MARKhI: tezisy dokladov mezhdunar. nauch.-prakt. konf. professorsko-prepodavatel'skogo sostava, molodykh uchenykh i studentov*: in 2 vol. (04–08 April 2016, Moscow). Vol. 1. Moscow: Moscow Architectural Institute; 2016. p. 188–189. (In Russ.)
3. Shchepetkov NI. On the concept of creating a unified light-color environment for the city of Moscow. *Svetotekhnika*. 2012;6:49–52. (In Russ.)
4. Aleksandrov EV. My architectural destiny. Chelyabinsk: Avtograf; 2007. 96 p. (In Russ.)
5. Shabiev SG. (eds.) *Ogni bol'shogo goroda: investicionnaya privlekatel'nost' sovremennogo megapolisa: sbornik dokladov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* (18–19 April 2012, Chelyabinsk). Chelyabinsk: South Ural State University; 2012. 146 p.
6. Osikov MV, Gizinger OA, Bokova OR, Ogneva OI, Zimich VV, Shabiev SG, et al. Bio-medical aspects of the use of LED lighting sources in the architectural and light environment: monograph. Moscow: GEOTAR-Media; 2016. 112 p. (In Russ.)
7. Osikov MV, Gizinger OG, Ogneva OI, Bokova OR, Chudinova VG. A comparative analysis of the influence artificial illumination on behaviour of laboratory animals. *Light & Engineering*. 2017;25(2):94–102.
8. Lekus EYu, Bystryanceva NV. Light design: light as material, technology, form. *Material-tehnologiya-forma kak universal'naya triada v dizaine, arkhitekture, izobrazitel'nom i dekorativnom iskusstve: mat-ly mezhdunar. nauch. konf.* (18 May 2018, Moscow). Moscow: Stroganov Moscow State University of Arts and Industry; 2018. p. 447–451. (In Russ.)
9. Polivanov SN (comp.). Chelyabinsk: city planning in the past, today, in future. Chelyabinsk: Southern-Ural Publ.; 1986. 160 s. (In Russ.)
10. Jackson D. Superlux: smart light art, design and architecture for cities. London: Thames & Hudson, 2015. 272 p.
11. Arnheim R. Art and Visual Perception. Berkeley: University of California Press; 1974. 508 p.
12. Bogdanova OV, Filatova YuD. Determining the role of color and light in architecture. *Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2016;17-1:6–8. <https://doi.org/10.18411/lj2016-8-1-02> (In Russ.)
13. Schielke T. The Language of Lighting: How to Read Light and Shadow in Architecture. 2021. Available from: <https://www.archdaily.com/961546/the-language-of-lighting-how-to-read-light-and-shadow-in-architecture> [Accessed 20th April 2021].
14. Khudin AA. The openness of work and metaphor in postmodern architecture. *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo*. 2021;1:58–63. <https://doi.org/10.22337/2077-9038-2021-1-58-63> (In Russ.)
15. Gibson JJ. On the Concept of Formless Invariants in Visual Perception. *Leonardo*. 1973;6(1): 43–45. <https://doi.org/10.2307/1572424>
16. Chudinova VG, Bokova OR. Possibilities of Architectural Lighting to Create New Style. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS 2017)*. 2017;262:012147. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/262/1/012147>
17. Gehl J, Svarre B. How to study public life. Moscow: Nauka; 2016. 196 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Шабиев Салават Галиевич,
доктор архитектуры, профессор,
заведующий кафедрой архитектуры,
Южно-Уральский государственный
университет,
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76,
Россия,
✉e-mail: shabievsg@susu.ru
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9405-2079>

Information about the authors

Salavat G. Shabiev,
Doctor of Architecture, Professor,
Head of the Department of Architecture,
South Ural State University,
76, Lenin prospekt, Chelyabinsk, 454080, Russia,
✉e-mail: shabievsg@susu.ru
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9405-2079>

Прилукова Екатерина Григорьевна,

доктор философских наук,
профессор кафедры философии,
Южно-Уральский государственный
университет,
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76,
Россия,
e-mail: prilukova74@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0502-2917>

Чудинова Виктория Геннадьевна,

кандидат архитектуры,
доцент кафедры архитектуры,
Южно-Уральский государственный
университет,
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76,
Россия,
e-mail: chudinovavg@susu.ru
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5306-7768>

Бокова Ольга Романовна,

доцент кафедры архитектуры,
Южно-Уральский государственный
университет,
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76,
Россия,
e-mail: prilukova74@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3467-9464>

Заявленный вклад авторов

Шабиев С.Г., Прилукова Е.Г., Чудинова В.Г.,
Бокова О.Р. имеют равные авторские права.
Бокова О.Р. несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 22.04.2021.
Одобрена после рецензирования 25.05.2021.
Принята к публикации 27.05.2021.

Ekaterina G. Prilukova,

Dr. Sci. (Philos.),
Professor of the Department of Philosophy,
South Ural State University,
76, Lenin prospekt, Chelyabinsk, 454080, Russia,
e-mail: prilukova74@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0502-2917>

Viktoriya G. Chudinova,

Cand. of Architecture, Associate Professor
of the Department of Architecture,
South Ural State University,
76, Lenin prospekt, Chelyabinsk, 454080, Russia,
e-mail: chudinovavg@susu.ru
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5306-7768>

Olga R. Bokova,

Associate Professor of the Department
of Architecture,
South Ural State University,
76, Lenin prospekt, Chelyabinsk, 454080, Russia,
e-mail: prilukova74@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3467-9464>

Contribution of the authors

Shabiev S.G., Prilukova E.G., Chudinova V.G.,
Bokova O.R. have equal author's rights.
Bokova O.R. bears the responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

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

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

The article was submitted 22.04.2021.
Approved after reviewing 25.05.2021.
Accepted for publication 27.05.2021.

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Мы приглашаем Вас к участию в нашем журнале в качестве авторов, рекламодателей, читателей и сообщаем требования к статьям, принимаемым к публикации.

Журнал «Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость» публикует научные статьи и обзоры российских и зарубежных ученых, в том числе докторантов и аспирантов, содержащие новые результаты научных исследований.

Тематический охват соответствует утвержденной номенклатуре научных специальностей:

из отрасли 05.00.00 Технические науки:

Группа специальностей **05.23.00 Строительство и архитектура (ВАК):**

- 05.23.01 Строительные конструкции, здания и сооружения
- 05.23.02 Основания и фундаменты, подземные сооружения
- 05.23.03 Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение
- 05.23.04 Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов
- 05.23.05 Строительные материалы и изделия
- 05.23.07 Гидротехническое строительство
- 05.23.08 Технология и организация строительства
- 05.23.11 Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей
- 05.23.16 Гидравлика и инженерная гидрология
- 05.23.17 Строительная механика
- 05.23.19 Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства
- 05.23.20 Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия
- 05.23.21 Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности
- 05.23.22 Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов

из отрасли 08.00.00 Экономические науки:

Специальность **08.00.05 Экономика и управление народным хозяйством: экономика, организация, управление предприятиями, отраслями, комплексами (строительство), управление инновациями, региональная экономика (РИНЦ).**

Представляемая в журнал работа должна быть законченным научным исследованием и содержать новые научные результаты, нигде ранее не публиковавшиеся и не представленные к публикации в других изданиях.

Статьи должны быть выполнены на высоком научном уровне и содержать результаты исследований по соответствующей проблематике. Рукопись, присылаемая в редакцию, должна соответствовать тематике журнала и требованиям редакции к оформлению рукописей.

1. Материалы, представляемые авторами в редакцию:

- Статья в печатном виде и идентичном варианте в электронной форме (с расширением *.doc и *.pdf);
- Иллюстрации к статье (рисунки, графики и т.д.) в электронном виде (в формате jpg);
- Авторское заявление;
- Сопроводительное письмо;
- Договор;
- Экспертное заключение.

2. Рукопись должна быть построена следующим образом:

- **Шифр УДК;**
- **Название статьи;**
- **Информация об авторах:** фамилия, имя, отчество; название учреждения;
- **Реферат (аннотация)** – количество слов – 200;
- **Ключевые слова** – (4–6);
- **Библиографические ссылки** должны быть соответственно оформлены:

1 вариант: Библиографический список – приводится русскоязычный вариант вместе с зарубежными источниками. Оформляется согласно ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». Ссылки на электронные документы должны оформляться согласно ГОСТ 7.82-2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов». Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

2 вариант: References (для зарубежных баз данных) – приводится полностью отдельным блоком, повторяя список литературы к русскоязычной части, независимо от того, имеются или нет в нем иностранные источники. Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, то они полностью повторяются в списке, готовящемся в романском алфавите.

В статье должны быть ссылки на иностранные источники, изданные не ранее, чем за последние 5 лет, свидетельствующие о том, что автором изучен вклад ученых разных стран в исследование проблемы.

- **Критерии авторства, конфликт интересов;**
- **Сведения об авторах:** фамилия, имя, отчество (полностью); ученая степень, звание и должность; название учреждения, его адрес с индексом; e-mail; ORCID.
- **Название рубрики**, в которой должна быть размещена статья.

3. Рекомендации по набору и оформлению текста

Параметры страницы и абзаца: отступы сверху и снизу – 2 см; слева и справа – 2 см; табуляция – 0,6 см; ориентация – книжная;

Шрифт – Arial, размер – 10, межстрочный интервал – одинарный, перенос слов – автоматический.

При вставке формул использовать *Microsoft Equation 3* при установках: элементы формулы выполняются – курсивом; для греческих букв и символов назначать шрифт Symbol, для остальных элементов – Arial.

Размер символов: обычный – 12 пт, крупный индекс – 7 пт, мелкий индекс – 5 пт, крупный символ – 18 пт, мелкий символ – 12 пт. Все экспликации элементов формул необходимо также выполнять в виде формул.

Рисунки, вставленные в текст, должны быть выполнены с разрешением 300 dpi, B&W – для черно-белых иллюстраций, Grayscale – для полутонов, максимальный размер рисунка с надписью: ширина 170 мм, высота 245 мм. Рисунки должны быть представлены в виде файла с расширением *.BMP, *.TIFF, *.JPG, должны допускать перемещение в тексте и возможность изменения размеров. Схемы, графики выполняются во встроенной программе MS Word или в MS Excel, с приложением файлов.

Для построения графиков и диаграмм следует использовать программу *Microsoft Office Excel*. Каждый рисунок вставляется в текст как объект *Microsoft Office Excel*.

Внимание! Публикация статьи является бесплатной.

Статьи направляются в редакцию журнала по электронной почте izv_isn@istu.edu. Рукописи статей и оригиналы всех необходимых документов предоставляются по адресу: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, редакционный отдел, ауд. Д-215, Никишиной О.В.

Телефон: (3952) 40-56-11, с.т.: 8 964 656 46 70 – Никишина Ольга Валерьевна, ответственный за выпуск,
(3952) 40-54-92– Герасимова Юлия Александровна, редактор.

ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ
ИНВЕСТИЦИИ. СТРОИТЕЛЬСТВО. НЕДВИЖИМОСТЬ

Научный журнал

12+

№ 2 (37)

Главный редактор В.В. Пешков
Ответственный за выпуск О.В. Никишина
Дизайн и макет издания Е.В. Хохрина
Перевод Томаса Бивитта, О.В. Никишиной
Верстка О.В. Никишиной
Редактор Ю.А. Герасимова

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

Выход в свет 30.06.2021. Формат 60 x 90 / 8. Бумага
офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 24,75. Тираж
500 экз. Зак. 102. Поз. плана 6н.

Издание распространяется бесплатно

Иркутский национальный исследовательский технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Отпечатано в типографии Издательства
ФГБОУ ВО "Иркутский национальный исследовательский технический университет"
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83



ВЫСШАЯ
АТТЕСТАЦИОННАЯ КОМИССИЯ (ВАК)
Министерства образования и науки Российской Федерации

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ
БИБЛИОТЕКА
LIBRARY.RU

РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ

Science Index



ULRICHSWEBTM
GLOBAL SERIALS DIRECTORY



CYBERLENINKA

OPEN  ACCESS

 **BASE**



 **Crossref**
Content
Registration



INDEX  COPERNICUS
INTERNATIONAL

Google Scholar



АНПИ
Ассоциация научных
редакторов и издателей

 **Academic
Resource
Index**
ResearchBib

 **WorldCat**[®]

Jisc **copac**



 **EuroPub**
Directory of research and scientific journals

