

Научно-теоретический журнал
ВЕСТНИК

БГТУ им. В.Г. Шухова

ISSN 2071-7318

8

2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. В.Г. ШУХОВА

**НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ВЕСТНИК
БГТУ им. В.Г. ШУХОВА**

№ 8, 2023 год

**SCIENTIFIC AND THEORETICAL JOURNAL
BULLETIN
of BSTU named after V.G. Shukhov**

Vol. 8. 2023

Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова

научно-теоретический журнал

К рассмотрению и публикации в НТЖ «Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова» принимаются научные статьи и обзоры по фундаментальным и прикладным вопросам в области строительства, архитектуры, производства строительных материалов и композитов специального назначения, химических технологий, машиностроения и машиноведения, освещающие актуальные проблемы отраслей знания, имеющие теоретическую или практическую значимость, а также направленные на внедрение результатов научных исследований в образовательную деятельность.

Журнал включен в утвержденный ВАК Минобрнауки России Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, по научным специальностям и соответствующим им отраслям науки:

- 2.1.1. – Строительные конструкции, здания и сооружения (технические науки)
- 2.1.3. – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение (технические науки)
- 2.1.5. – Строительные материалы и изделия (технические науки)
- 2.1.11. – Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия (архитектура)
- 2.1.12. – Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности (архитектура)
- 2.1.13. – Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов (технические науки)
- 2.1.13. – Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов (архитектура)
- 2.6.14. – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (технические науки)
- 2.5.4. – Роботы, мехатроника и робототехнические системы (технические науки)
- 2.5.5. – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки)
- 2.5.6. – Технология машиностроения (технические науки)
- 2.5.21. – Машины, агрегаты и технологические процессы (технические науки)

Все поступающие материалы проходят научное рецензирование (двойное слепое). Рецензирование статей осуществляется членами редакционной коллегии, ведущими учеными БГТУ им. В.Г. Шухова, а также приглашенными рецензентами – признанными специалистами в соответствующей отрасли знания. Копии рецензий или мотивированный отказ в публикации предоставляются авторам и в Минобрнауки России (по запросу). Рецензии хранятся в редакции в течение 5 лет.

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

Наименование органа, зарегистрировавшего издание:	Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций Регистрационный номер и дата принятия решения о регистрации: ПИ № ФС77-80909 от 21 апреля 2021 г.
Учредитель/Издатель:	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» (БГТУ им. В.Г. Шухова) Россия, 308012, Белгородская обл., г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46
Адрес редакции:	Россия, 308012, Белгородская обл., г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46, БГТУ им. В.Г. Шухова, оф. 724/4 Гк
Адрес типографии:	Россия, 308012, Белгородская обл., г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46, Издательский центр БГТУ им. В.Г. Шухова
Тел:	+7 (4722) 30-99-77
E-mail:	VESTNIK@intbel.ru
Официальный сайт журнала:	https://bulletinbstu.editorum.ru
Подписка и распространение	Журнал распространяется бесплатно в открытом доступе и по подписке. Подписной индекс в Объединенном каталоге «Пресса России» – 44446. (+12) Online подписка: http://www.akc.ru/itm/2558104627/ Цена свободная.
Подписан в печать	16.08.2023
Выход в свет	28.08.2023

Формат 60×84/8. Усл. печ. л. 14,18. Уч.-изд. л. 15,25. Тираж 40 экз. Заказ № 104

© ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», 2023

Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov

scientific and theoretical journal

Scientific articles and reviews on fundamental and applied questions in the field of construction, architecture, productions of construction materials and composites of a special purpose, chemical technologies, machine building and engineering science covering the current problems of branches of knowledge having the theoretical or practical importance and also directed to introduction of research results in educational activity are accepted to be considered and published in the journal.

The journal is included in the list for peer-reviewed scientific publications approved by the Higher Attestation Commission under the Ministry of Science and Education of the Russian Federation, which should publish the main scientific results of dissertations for the degree of candidate of Sciences, for the degree of Doctor of Sciences, for scientific specialties and relevant branches of science:

- 2.1.1. – Building structures, constructions and facilities (technical sciences)
- 2.1.3. – Heat supply, ventilation, air conditioning, gas supply and lighting (technical sciences)
- 2.1.5. – Building materials and products (technical sciences)
- 2.1.11. – Theory and history of architecture, restoration and reconstruction of historical and architectural heritage (architecture)
- 2.1.12. – Architecture of buildings and structures. Creative concepts of architectural activity (architecture)
- 2.1.13. – Urban planning, rural settlement planning (technical sciences)
- 2.1.13. – Urban planning, rural settlement planning (architecture)
- 2.6.14. – Technology of silicate and refractory nonmetallic materials (technical sciences)
- 2.5.4. – Robots, mechatronics and robotic systems (technical sciences)
- 2.5.5. – Technology and equipment of mechanical and physical-technical processing (technical sciences)
- 2.5.6. – Engineering technology (technical sciences)
- 2.5.21. – Machines, aggregates and technological processes (technical sciences)

All arriving materials undergo scientific reviewing (double blind). Reviewing of articles is carried out by the members of editorial board, the leading scientists of BSTU named after V.G. Shukhov and by invited reviewers – recognized experts in the relevant branch of knowledge. Copies of reviews or motivated refusal in the publication are provided to the authors and to the Ministry of Science and Education of the Russian Federation (on request). Reviews are stored in the editorial office for 5 years.

The editorial policy of the journal is based on the general provisions of the existing Russian legislation concerning copyright, plagiarism and slander, and the ethical principles maintained by the international community of the leading publishers of the scientific periodical press and stated in the recommendations of the Committee on Publication Ethics (COPE).

Founder / Publisher:	Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov” (BSTU named after V.G. Shukhov) 46 Kostyukova street, Belgorod, 308012, Russian Federation
Editorial office address:	46 Kostyukova street, Belgorod, 308012, Russian Federation BSTU named after V.G. Shukhov, of. 724/4
Printing house address:	46 Kostyukova street, Belgorod, 308012, Russian Federation Publishing Center, BSTU named after V.G. Shukhov
Tel:	+7 (4722) 30-99-77
E-mail:	VESTNIK@intbel.ru
Official website of the journal	https://bulletinbstu.editorum.ru
Подписка и распространение	Subscription index in the united catalogue of "Press of Russia" – 44446. Online subscription: http://www.akc.ru/itm/2558104627/
Signed for printing:	16.08.2023

Главный редактор

Евтушенко Евгений Иванович, д-р техн. наук, проф., первый проректор, Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Заместитель главного редактора

Уваров Валерий Анатольевич, д-р техн. наук, проф., директор инженерно-строительного института, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Члены редакционной коллегии

Айзенштадт Аркадий Михайлович, д-р хим. наук, проф., заведующий кафедрой композиционных материалов и строительной экологии Высшей инженерной школы, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова (РФ, г. Архангельск).
Ахмедова Елена Александровна, академик РААСН, д-р арх., проф., заведующий кафедрой градостроительства Самарского государственного технического университета, Архитектурно-строительной академии (РФ, г. Самара).

Благоевич Деян, PhD, проф. Высшей технической школы по профессиональному образованию в Нише (Республика Сербия, г. Ниш).
Богданов Василий Степанович, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой механического оборудования Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Борисов Иван Николаевич, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой технологии цемента и композиционных материалов Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Братан Сергей Михайлович, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой технологии машиностроения Севастопольского государственного университета (РФ, г. Севастополь).

Бурьянов Александр Федорович, д-р техн. наук, проф. НИУ Московского государственного строительного университета (РФ, г. Москва), исполнительный директор Российской гипсовой ассоциации (РФ, г. Москва).

Везенцев Александр Иванович, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой общей химии Белгородского государственного национального исследовательского университета (РФ, г. Белгород).

Глаголев Сергей Николаевич, д-р экон. наук, ректор Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Грабовый Петр Григорьевич, д-р экон. наук, проф., заведующий кафедрой организации строительства и управления недвижимостью, НИУ Московского государственного строительного университета (РФ, г. Москва).

Давидюк Алексей Николаевич, д-р техн. наук, директор НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство» (РФ, г. Москва).

Дуюн Татьяна Александровна, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой технологии машиностроения Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Ерофеев Владимир Трофимович, академик РААСН, д-р техн. наук, проф., декан архитектурно-строительного факультета, заведующий кафедрой строительных материалов и технологий, директор НИИ «Материаловедение» Национального исследовательского Мордовского государственного университета имени Н.П. Огарёва (РФ, Республика Мордовия, г. Саранск).

Зайцев Олег Николаевич, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции Академии строительства и архитектуры – структурное подразделение Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского (РФ, г. Симферополь).

Ильвицкая Светлана Валерьевна, д-р арх., проф., заведующий кафедрой архитектуры Государственного университета по землеустройству (РФ, г. Москва).

Кожухова Марина Ивановна, PhD, научный сотрудник кафедры гражданского строительства и охраны окружающей среды, Школа инжиниринга и прикладных наук, Университет Висконсин-Милуоки, штат Висконсин.

Козлов Александр Михайлович, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой технологии машиностроения Липецкого государственного технического университета (РФ, г. Липецк).

Леонович Сергей Николаевич, иностранный член академик РААСН, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой технологии строительного производства Белорусского национального технического университета (Республика Беларусь, г. Минск).

Лесовик Валерий Станиславович, чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой строительного материаловедения изделий и конструкций Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Лесовик Руслан Валерьевич, д-р техн. наук, проректор по международной деятельности, проф. кафедры строительного материаловедения изделий и конструкций Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Логачев Константин Иванович, д-р техн. наук, проф. кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Мешерин Виктор Сергеевич, PhD, проф., директор института строительных материалов и заведующий кафедрой строительных материалов Дрезденского Технического Университета (Германия, г. Дрезден).

Меркулов Сергей Иванович, чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой по научной работе и издательского строительства Курского государственного университета (РФ, г. Курск).

Павленко Вячеслав Иванович, д-р техн. наук, проф., директор института химических технологий, заведующий кафедрой теоретической и прикладной химии Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Павлович Ненад, PhD, проректор по научной работе и издательской деятельности, проф. Машиностроительного факультета Государственного Нишского университета (Республика Сербия, г. Ниш).

Перькова Маргарита Викторовна, д-р арх., проф., директор Высшей школы архитектуры и дизайна, Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (РФ, г. Санкт-Петербург).

Пивинский Юрий Ефимович, д-р техн. наук, проф., научный руководитель ООО «Научно-внедренческая фирма «КЕРАМБЕТ-ОГНЕУПОР» (РФ, г. Санкт-Петербург).

Потапов Евгений Эдуардович, д-р хим. наук, проф. МИРЭА – Российского технологического университета (РФ, г. Москва).

Рыбак Лариса Александровна, д-р техн. наук, проф. кафедры технологии машиностроения Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Савин Леонид Алексеевич, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой мехатроники, механики и робототехники Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева (РФ, г. Орел).

Семенов Сергей Владимирович, д-р арх., проф., заведующий кафедрой архитектурного и градостроительного наследия Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (РФ, г. Санкт-Петербург).

Сиваченко Леонид Александрович, д-р техн. наук, проф., кафедры транспортных и технологических машин Белорусского-Российского университета (Республика Беларусь, г. Могилев).

Соболев Константин Геннадьевич, PhD, проф. Университета Висконсин-Милуоки (штат Висконсин, Милуоки, США).

Смоляго Геннадий Алексеевич, д-р техн. наук, проф. кафедры строительства и городского хозяйства Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Строкова Валерия Валерьевна, проф. РАН, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой материаловедения и технологии материалов Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Тиратурия Артем Николаевич, д-р техн. наук, проф. кафедры автомобильных дорог, Донского государственного технического университета (РФ, г. Ростов-на-Дону).

Фишер Ханс-Бертрам, Dr.-Ing., Ваймар (Германия, г. Веймар).

Ханин Сергей Иванович, д-р техн. наук, проф. кафедры механического оборудования Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Шاپовалов Николай Афанасьевич, д-р техн. наук, проф. Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Шубенков Михаил Валерьевич, академик РААСН, д-р арх., проф., заведующий кафедрой градостроительства, проректор по образованию в области градостроительства и урбанистики Московского архитектурного института (государственная академия) (РФ, г. Москва).

Юрьев Александр Гаврилович, д-р техн. наук, проф., кафедры теоретической механики и сопротивления материалов Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Яцун Сергей Федорович, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой механики, мехатроники и робототехники Юго-Западного государственного университета (РФ, г. Курск).

CHIEF EDITOR

Evgeniy I. Evtushenko, Doctor of Technical Sciences, Professor; First Vice-Rector, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

DEPUTY OF CHIEF EDITOR

Valery A. Uvarov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

MEMBER OF EDITORIAL BOARD

Arkadiy M. Ayzenshtadt, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (Russian Federation, Arkhangelsk).

Elena A. Akhmedova, Academician of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Doctor of Architecture, Professor, Samara State Technical University, Academy of Construction and Architecture (Russian Federation, Samara).

Deyan Blagoevich, PhD, Professor, Higher Technical School of Professional Education in Nish (Republic of Serbia, Nish).

Vasily S. Bogdanov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Ivan N. Borisov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Sergey M. Bratan, Doctor of Technical Sciences, Professor, Sevastopol State University (Russian Federation, Sevastopol).

Aleksandr F. Buryanov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow State University of civil engineering (National research university). (Russian Federation, Moscow).

Aleksandr I. Vezentsev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod National Research University (Russian Federation, Belgorod).

Sergey N. Glagolev, Doctor of Economic Sciences, Professor, Rector, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Petr G. Graboviy, Doctor of Economic Sciences, Professor, Moscow State University of Civil Engineering (National research University) (Russian Federation, Moscow).

Aleksey N. Davidyuk, Doctor of Technical Science, Director NII ZHB named after A.A. Gvozdeva AO «NIC «Stroitel'stvo» (Russian Federation, Moscow).

Tatyana A. Duyun, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Vladimir T. Erofeev, Academician of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the Institute "Materials Science", National Research Mordovian State University named after N.P. Ogarev (Russian Federation, Republic of Mordovia, Saransk).

Oleg N. Zaytsev, Doctor of Technical Sciences, Professor, V.I. Vernadsky Crimean Federal University (Russian Federation, Simferopol).

Svetlana V. Il'vitskaya, Doctor of Architecture, Professor, State University of Land Use Planning (Russian Federation, Moscow).

Marina I. Kozhukhova, PhD, Research Scientist. Department of Civil Engineering and Environmental Protection, College of Engineering and Applied Science, University of Wisconsin-Milwaukee (USA).

Aleksandr M. Kozlov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Lipetsk State Technical University (Russian Federation, Lipetsk).

Valery S. Lesovik, Corresponding member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Ruslan V. Lesovik, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Sergey N. Leonovich, Foreign member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belarusian National Technical University (Republic of Belarus, Minsk).

Konstantin I. Logachev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Victor S. Meshcherin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Technical University of Dresden (TU Dresden), Director of the Institute of Building Materials and head of the department of building materials (Germany, Dresden).

Sergei I. Merkulov, Corresponding member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kursk State University (Russian Federation, Kursk).

Vyacheslav I. Pavlenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Margarita V. Per'kova, Doctor of Architecture, Professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (Russian Federation, Belgorod).

Nenad Pavlovich, PhD, Vice-rector for Scientific Work and Publishing Activities, Professor, Mechanical Engineering Faculty State University of Nish (Republic of Serbia, Nish).

Yuriy E. Pivinski, Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the "Research and development company" KERAMBET-OGNEUPOR" (Russian Federation, Saint Petersburg).

Evgeniy E. Potapov, Doctor of Chemical Sciences, Professor, MIREA – Russian Technological University (Russian Federation, Moscow).

Larisa A. Rybak, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Leonid A. Savin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Orel State University named after I.S. Turgenev (Russian Federation, Orel).

Sergey V. Sementsov, Doctor of Architecture, Professor, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (Russian Federation, Saint Petersburg).

Leonid A. Sivachenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belarusian-Russian University (Republic of Belarus, Mogilev).

Konstantin G. Sobolev, PhD, Professor, University of Wisconsin-Milwaukee (USA).

Gennadiy A. Smolyago, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Valeriya V. Strokova, Professor of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Artem N. Tiraturyan, Doctor of Technical Sciences, Professor, Don State Technical University, (Russian Federation, Rostov-on-Don).

Hans Bertram Fischer, Dr.-Ing., Deputy Head of the Construction Materials Department, Bauhaus-University of Weimar (Bauhaus-Universität Weimar) (Germany, Weimar).

Sergey I. Khanin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Nikolai A. Shapovalov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Mikhail V. Spubenkov, Academician of the Russian Academy of Architecture and Construction, Doctor of Architecture, Professor, Moscow Institute of Architecture (State Academy) (Russian Federation, Moscow).

Aleksandr G. Yur'yev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Sergey F. Yatsun, Doctor of Technical Sciences, Professor, Southwest State University (Russian Federation, Kursk).

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

- Толыпина Н.М., Хахалева Е.Н., Данилов Д.Ю., Чашин Д.Ю.**
ВЛИЯНИЕ МИКРОНАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ
СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРОВ И ПРОЧНОСТЬ БЕТОНОВ С НИЗКИМ
СОДЕРЖАНИЕМ ЦЕМЕНТА 8
- Шипулин С.А., Беляева З.В., Миронова Л.И.**
РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ПРОЧНОСТИ НАКЛОННЫХ
СЕЧЕНИЙ ПРИ ДВУХОСЕВОМ ДЕЙСТВИИ ПОПЕРЕЧНЫХ СИЛ 16
- Шевченко А.В., Баглаев Н.Н., Зеленев Е.А., Курбатов В.Л.**
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ ПРОГИБОВ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ 31
- Фёдоров О.П., Лявданский Д.В.**
ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ВЭС НА ТЕРРИТОРИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ В АКВАТОРИИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА 41
- Василенко Н.А., Потехина Е.А., Погорелова Ю.В.**
СИСТЕМНЫЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СЕТИ ТВОРЧЕСКИХ
РЕЗИДЕНЦИЙ В РОССИИ 50
- Петрусенко Ю.В.**
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТАРЕЙШИХ КРЫТЫХ РЫНКОВ
В РОСТОВЕ-НА-ДОНУ 72
- Смирнова А.Ю., Перькова М.В., Боровской А.Е.**
ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛОВ
В СИСТЕМЕ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА
НА ТЕРРИТОРИИ Г. БЕЛГОРОДА 86
- Долженко А.С.**
ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ ВРЕМЕННЫХ ЖИЛИЩ
ДЛЯ ЗОН ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 98

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

- Щербинина О.А., Уваров В.А., Щербинин И.А., Попов Е.Н.**
РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫБОРУ ТИПОРАЗМЕРОВ КОРПУСА
И УДАРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОМОЛЬНО-СМЕСИТЕЛЬНОГО
РОТОРНО-ПУЛЬСАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА 110

CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Tolypina N.M., Khakhaleva E.N., Danilov D.Yu., Chashin D.Yu. THE EFFECT OF MICRO-FILLERS ON THE EFFECTIVENESS OF SUPERPLASTICIZERS AND THE STRENGTH OF LOW-CEMENT CONCRETES	8
Shipulin S.A., Beliaeva Z.V., Mironova L.I. DESIGN OF REINFORCED CONCRETE ELEMENTS INCLINED SECTIONS SUBJECTED TO BIAXIAL ACTION OF SHEAR FORCES	16
Shevchenko A.V., Baglaev N.N., Zelenev E.A., Kurbatov V.L. DETERMINATION OF RESIDUAL DEFLECTIONS OF BENT REINFORCED CONCRETE ELEMENTS BASED ON A NONLINEAR DEFORMATION MODEL	31
Fedorov O.P., Liavdanskii D.V. URBAN PLANNING FEATURES OF THE PLACEMENT OF WIND FARMS ON THE TERRITORY OF THE ST. PETERSBURG AGGLOMERATION IN THE WATERS OF THE GULF OF FINLAND	41
Vasilenko N.A., Potekina E.A., Pogorelova Yu.V. THE SYSTEM BASIS OF FORMING A NETWORK OF CREATIVE RESIDENCIES IN RUSSIA	50
Petrusenko Y.V. COMPARATIVE ANALYSIS OF THE OLDEST INDOOR MARKETS IN ROSTOV-ON-DON	72
Smirnova A.Y., Perkova M.V., Borovskoy A.E. FORMATION OF MODELS OF TRANSPORT AND INTERCHANGE HUBS IN THE SYSTEM OF URBAN PASSENGER TRANSPORT ON THE TERRITORY OF BELGOROD	86
Dolzhenko A.S. PREREQUISITES FOR FORMING THE ARCHITECTURE OF TEMPORARY HOUSINGS FOR ZONES OF EMERGENCY SITUATIONS IN THE RUSSIAN FEDERATION	98

MACHINE BUILDING AND ENGINEERING SCIENCE

Shcherbinina O.A., Uvarov V.A., Shcherbinin I.A., Popov E.N. RECOMMENDATIONS FOR THE SELECTION OF STANDARD SIZES OF THE BODY AND IMPACT ELEMENTS OF THE GRINDING AND MIXING ROTARY PULSATION COMPLEX	110
--	-----

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI:10.34031/2071-7318-2023-8-8-15

Толыпина Н.М., *Хахалева Е.Н., Данилов Д.Ю., Чашин Д.Ю.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*E-mail: hahaleva7@mail.ru

ВЛИЯНИЕ МИКРОНАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРОВ И ПРОЧНОСТЬ БЕТОНОВ С НИЗКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ЦЕМЕНТА

Аннотация. В бетонах с низким расходом цемента 170–250 кг/м³ водоредуцирующие действие суперпластификаторов не превышает 10 %. В этой связи в работе исследовано влияние микронаполнителей с различными электроповерхностными свойствами на эффективность действия суперпластификатора и прочность бетонов с низким содержанием цемента.

Показано, что в бетонной смеси контрольного состава достижение нормальной консистенции ($R_K=106–115$ мм) возможно только за счет большого расхода воды, водоредуцирующая эффективность СП составила всего 4,5 %. Установлено, что при добавлении тонкодисперсного кварца от 20 до 70 % расход порошковой части возрос от 230 до 452 кг/м³, при этом наблюдалось снижение В/Ц с 0,68 до 0,51 (33 %), а также рост прочности на 40,5 % ($R^7_{сж}$) и 30,6 % ($R^{28}_{сж}$). С ростом дозировки известнякового микронаполнителя от 20 до 70 % В/Ц снижалось от 0,66 до 0,5 (32 %), прочность возросла на 145 % ($R^7_{сж}$) и 74 % ($R^{28}_{сж}$).

Таким образом, применение тонкодисперсных наполнителей в бетонах с низким содержанием цемента позволяет добиться существенного снижения В/Ц на 23,6–43,8 % в равноподвижных смесях (ГОСТ 310.4) в зависимости от дозировки порошкового наполнителя (20–70 %), при этом вид наполнителя не оказывает заметного влияния на водоредуцирующую способность суперпластификатора, но играет значительную роль в процессах структурообразования цементной матрицы бетона, за счет влияния их электроповерхностных свойств на сцепление между частицами наполнителей и цементным камнем. В бетонах с низким содержанием цемента с ростом тонкодисперсных наполнителей от 20 до 70 % прочность бетона возрастает.

Ключевые слова: суперпластификатор, бетон с низким содержанием цемента, водоредуцирующая способность, прочность, бетонная смесь, бетон.

Введение. Одним из направлений технического прогресса в области строительства является производство высококачественных бетонов. Практически этот вопрос решается путем применения химических добавок различных составов и механизмов действия. Модифицирование бетонных смесей при помощи ПАВ позволяет на основе регулирования параметров цементных систем получать бетоны с заданными строительно-техническими свойствами. Химические добавки-модификаторы в технологии бетона в настоящее время являются необходимым компонентом бетонной смеси наряду с вяжущими, водой и заполнителями, при этом их использование является наиболее результативным способом повышения качества бетона без существенных материальных затрат. На практике в технологии бетона широко применяются модификаторы пластифицирующего, структурирующего действия, регуляторы твердения бетона, комплексные модификаторы полифункционального действия и др. Применение последних расширяет круг решаемых вопросов, направленных на получение высокоэффек-

тивных бетонов с высокой прочностью, повышенной долговечностью, морозостойкостью, низкой проницаемостью и т. д. [1].

Применение современных эффективных супер- и гиперпластификаторов позволяет существенно улучшать технологические показатели бетонных смесей и технические параметры бетонных изделий, однако этот подход справедлив только для бетонов высоких и средних классов прочности, содержащих повышенный расход цемента и пониженное содержание заполнителя. Эффективность действия супер- и гиперпластификаторов резко снижается при недостаточном расходе цемента, его неблагоприятном минеральном составе, повышенном содержании щелочей и т. д. [2–4]. Для бетонов рядовых марок с низким расходом цемента 170–250 кг/м³, доля которых весьма существенна в современном строительном комплексе, максимальное снижение водопотребности бетонных смесей не превышает 10–15 % даже при максимальных дозировках супер- и гиперпластификаторов, при этом в структуре бетонов остается высокая доля капиллярных пор [5–7]. Только в бетонах с высоким расходом

цемента более 400 кг/м^3 может наблюдаться максимальное (до 30 %) снижение В/Ц. Если учесть, что изделия из бетонов низких марок могут подвергаться в процессе эксплуатации воздействию агрессивных сред, а универсальным средством защиты является снижение проницаемости за счет снижения В/Ц, то для повышения эффективности действия СП в бетонные смеси целесообразно добавлять дополнительное количество дисперсного наполнителя [8–12]. При этом следует учитывать большую роль электроповерхностных явлений в процессах гидратации, твердения и эксплуатации бетона.

В большинстве цементных бетонов в качестве минеральных добавок, мелкого и крупного заполнителей используются материалы с активными центрами различного знака заряда и численного значения. К числу компонентов с положительно заряженными активными центрами на поверхности частиц относятся портландит, гидроксиды кальция и магния, гидроалюминаты кальция, оксиды железа, а с отрицательным знаком дзета-потенциала – гидросиликаты кальция, кварцевый песок, гранит, кварцитопесчаник и т. п. Следует отметить, что знак заряда активных центров на поверхности частиц карбонатов кальция зависит от состава внешней среды, условий синтеза и других факторов [13]. Проблема совместимости минеральных и органических добавок (супер- и гиперпластификаторов) в составе бетонной смеси представляет большой теоретический и практический интерес, что особенно важно учитывать, когда их вводят в количестве более двух в одну бетонную смесь. Этой проблеме в последнее время уделяется большое внимание как отечественными, так и зарубежными учеными и специалистами. Однако исследователями мало уделялось внимания таким важным показателям тонкодисперсных наполнителей, как знак и количественное содержание на их поверхности активных центров, несущих положительный или отрицательный заряды, хотя известно, что последние оказывают большое влияние на формирование структурно-механических свойств цементной матрицы бетона [14].

Между оптимальным количеством минеральных добавок и расходом цемента в бетонной смеси наблюдается взаимосвязь, поскольку оптимальное количество тонкодисперсного наполнителя является откликом системы на модификацию дисперсионной среды в бетоне, когда структура дисперсной фазы характеризуется наиболее благоприятными показателями насыщения минеральной добавкой. В этой связи вопрос о влиянии структурно-оптимальных дозировок минеральных добавок с различными электроповерхностными свойствами на водоредуцирующий эффект

суперпластификаторов в бетонах с низким содержанием цемента требует дополнительного рассмотрения.

Цель данной работы – исследовать влияние микронаполнителей с различными электроповерхностными свойствами на эффективность водоредуцирующего действия суперпластификатора и прочность бетонов с низким содержанием цемента.

Материалы и методы. Для исследований использовали составы бетонов с соотношением цемент:заполнитель = 1:8, что характерно для бетонов с низким содержанием цемента класса В 15, с расходом цемента $230\text{--}250 \text{ кг/м}^3$. В качестве крупного заполнителя применяли гранитный щебень размером 3–8 мм, верхний предел крупности частиц которого обусловлен размерами форм $2,5 \times 2,5 \times 10 \text{ см}$. Выбор используемой фракции щебня обусловлен тем, что в настоящее время на практике используется гранитный щебень фракции 3–10 мм (ГОСТ 8267–93), что вполне обосновано в связи с дефицитом крупных ($M_{кр} = 2,5\text{--}3$) и повышенной крупности ($M_{кр} = 3,0\text{--}3,5$) песков в РФ [15]. Мелкий заполнитель: кварцевый песок ($M_{кр} = 2,15$, ГОСТ 8736–2014). В качестве сырьевых материалов использовали портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н ЗАО «Осколцемент» ($\tau_{н.схв} = 230 \text{ мин}$; НГ = 26 %; $C_3S = 61,59 \%$, $C_2S = 14,2 \%$; $C_3A = 6,83 \%$, $C_4AF = 3,73 \%$), суперпластификатор Реопласт ПКЭ 3392 (ТУ 5745-002-25842763-2014). Использовали два вида микронаполнителей: тонкодисперсные кварц ($S_{уд} = 3866 \text{ см}^2/\text{г}$) и известняк ($S_{уд} = 3797 \text{ см}^2/\text{г}$).

Влияние вида и дозировки микронаполнителей на водоредуцирующее действие суперпластификаторов определяли по снижению В/Ц в равноподвижных бетонных смесях по распылу конуса (ГОСТ 310.4). Количество портландцемента оставалось постоянным во всех составах, по мере ввода наполнителей пропорционально снижали содержание заполнителей. Образцы после 1 сут твердения расформовывали и помещали в камеру нормального твердения, через 7 и 28 сут подвергали испытанию на прочность при изгибе и сжатии на лабораторном прессе ПГМ-100МГ4. Микроструктуру образцов исследовали с помощью растрового электронного микроскопа «TESCAN MIRA 3 LMU» на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В. Г. Шухова.

Основная часть. Авторами изучены характеристики шестикомпонентных бетонов с низким содержанием цемента, составы которых отличались видом тонкодисперсных наполнителей (табл. 1). В зависимости от дозировки кварцевого и известнякового наполнителей (20, 40, 55 и 70 %

от массы вяжущего) исследовали водоредуцирующее действие суперпластификатора, прочность образцов нормального твердения при изгибе и сжатии в ранний (7 сут) и нормативный сроки (28 сут) твердения. Результаты исследований приведены в таблице 1 и на рисунке 1 (а, б).

В бетонной смеси контрольного состава добиться разжижения, соответствующего нормальной консистенции ($RK=106-115$ мм), возможно только за счет большого расхода воды. При B/C равном 0,93 расплыв конуса достиг 112 мм, при этом частично рассыпался. Ввод суперпластификатора Реопласт ПКЭ 3392 не оказал существенного водоредуцирующего эффекта, наблюдалось

незначительное снижение B/C на 4,5 % ($B/C=0,89$). Малое содержание порошковой части снижает подвижность смеси, поэтому для обеспечения равноподвижности с другими составами, с более высоким содержанием тонкодисперсных компонентов, такие композиции требуют большого количества воды. При добавлении тонкодисперсного кварца от 20 до 70 % расход порошковой части (цемент+наполнитель) увеличился от 230 до 452 кг/м³, при этом наблюдалось снижение B/C с 0,68 до 0,51, то есть на 33 %.

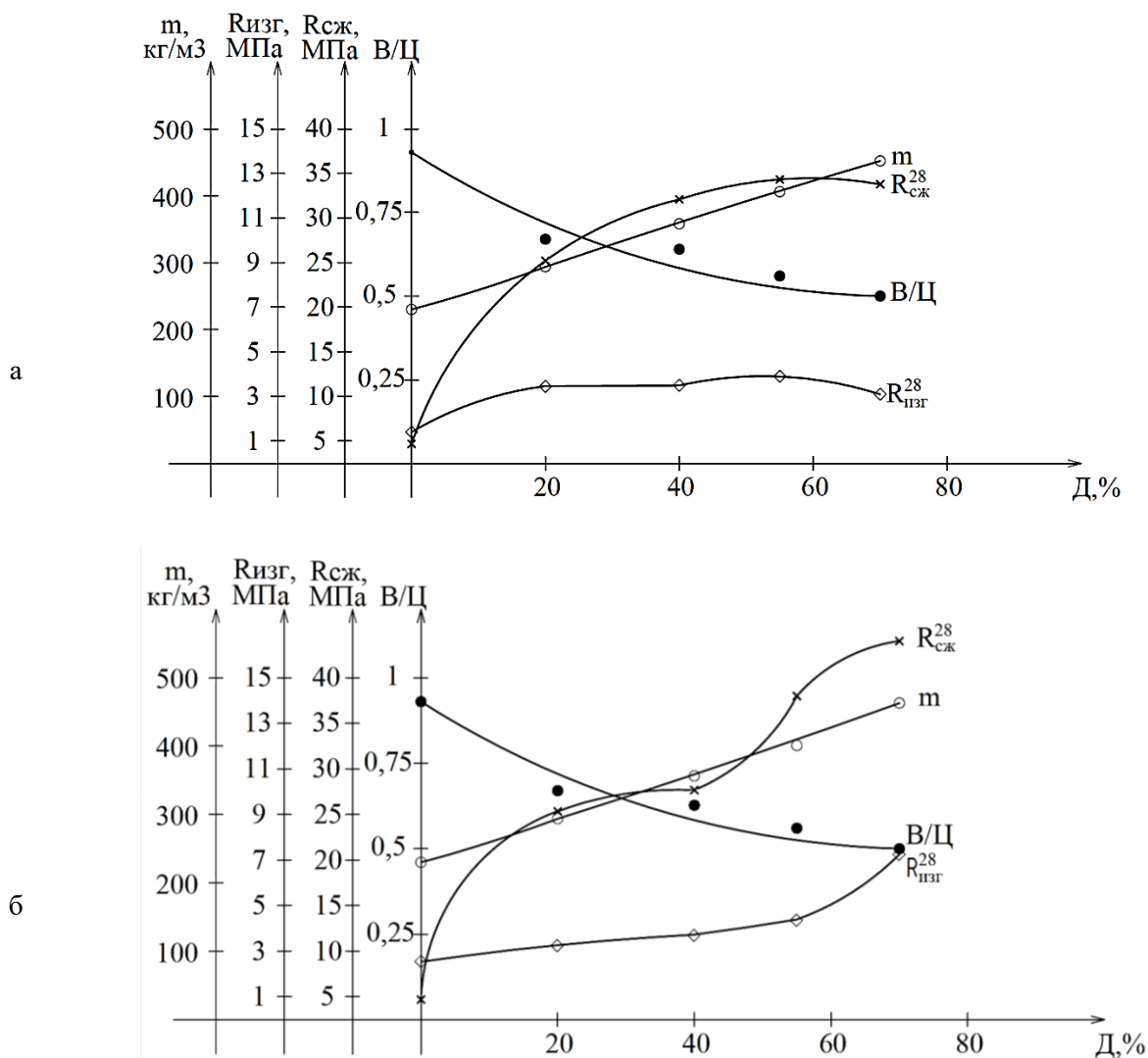


Рис. 1. Физико-механические свойства бетона с низким содержанием цемента:
а) кварцевый наполнитель; б) известняковый наполнитель

Аналогичное водоредуцирующее действие суперпластификатора наблюдалось с ростом содержания известнякового микронаполнителя от 20 до 70 %, при этом B/C снижалось от 0,66 до 0,5 (32 %). Эффективность действия суперпластификатора в жирных составах выше, чем с меньшим содержанием порошковых компонентов. Вид ми-

нерального наполнителя при одинаковом содержании практически не сказывается на эффективности водоредуцирующего действия суперпластификатора в бетонных смесях с низким содержанием цемента, хотя как было установлено авторами ранее, оказывал заметное влияние на эффективность суперпластификаторов при разжижении наполненных цементных систем. Возможно, что при низких

значениях В/Ц, когда возрастает пластическая вязкость цементных систем, расплыв конуса (ГОСТ 310.4) не зависит от последней и слабо отражает реологические свойства дисперсных систем, поэтому такой способ малоинформативен [16].

Через 7 и 28 сут нормального твердения образцы испытывали на прочность при изгибе и сжатии. В 7-ми суточном возрасте прочность при сжатии образцов бетона с тонкодисперсным кварцем (20 %) составила 20,14 МПа, достигла максимального значения 32,17 МПа при дозировке 55 %, затем при дозировке 70 % незначительно снизилась (28,40 МПа), таким образом, в диапазоне дозировок 20–70 % максимальный прирост прочности $R_{сж}^7$ составил 59,7 % ($D_m = 55$ %). При этом прочность при изгибе монотонно возрастала по мере роста содержания наполнителя от 2,42 до 4,84 МПа. По мере роста дозировок тонкодисперсного известняка от 20 до 70 % прочность бетона возрастала до

20,29 МПа (20 %), 23,11 МПа (40 %), 36,75 МПа (55 %) и 49,82 МПа (70 %), достигнув максимального прироста $R_{сж}^7$ на 145 % при $D_m = 70$ %. Результаты испытаний на прочность через 28 сут твердения подтвердили установленную в ранние сроки зависимость: с ростом содержания молотого известняка прочность при сжатии образцов непрерывно возрастала: 25,37 МПа (20 %), 27,67 МПа (40 %); 38,02 МПа (55 %), 44,04 МПа (70 %), то есть рост прочности составил 74 % ($R_{сж}^{28}$). С кварцевым микронаполнителем прочность бетона в диапазоне дозировок 20–55 % составила 25,89 и 34,33 МПа, соответственно, затем при дозировке 70 % практически не изменялась. Таким образом, наибольший прирост прочности $R_{сж}^{28}$ на 32,6–30,6 % показали образцы, содержащие 55–70 % тонкодисперсного кварца. Следует отметить повышенную прочность при изгибе образцов бетона с известняковым наполнителем по сравнению с образцами на кварцевом наполнителе, особенно, при высоких дозировках.

Таблица 1

Влияние наполнителей на свойства бетонов с низким содержанием цемента

№	Ц:Щ:П:Д _м	Д _м , %	СП, %	В/Ц	РК, мм	М _{ц+Д_м} , кг/м ³	ρ _{б.см} , кг/м ³	R ⁷ , МПа		R ²⁸ , МПа	
								R _{изг}	R _{сж}	R _{изг}	R _{сж}
1.1	1:4,02:3,98:0	0	0	0,93	112	230	2257	—	—	1,17	4,11
1.2	1:4,02:3,98:0	0	0,8	0,89	112	241	2359	—	—	1,35	4,45
Тонкодисперсный кварц, S _{уд} =3866 см ² /г											
2	1:3,9:3,9:0,2	20	0,8	0,68	112	294	2359	2,42	20,14	3,46	25,89
3	1:3,8:3,8:0,4	40	0,8	0,64	111	358	2384	3,84	27,76	3,46	31,94
4	1:3,72:3,72:0,55	55	0,8	0,56	112	406	2444	3,95	32,17	3,90	34,33
5	1:3,65:3,65:0,7	70	0,8	0,51	111	452	2478	4,84	28,40	3,10	33,81
Тонкодисперсный известняк, S _{уд} =3797 см ² /г											
6	1:3,9:3,9:0,2	20	0,8	0,66	112	294	2497	3,92	20,29	3,28	25,37
7	1:3,8:3,8:0,4	40	0,8	0,61	111	357	2430	5,24	23,11	3,74	27,67
8	1:3,72:3,72:0,55	55	0,8	0,55	113	401	2450	1,81	36,75	4,4	38,02
9	1:3,65:3,65:0,7	70	0,8	0,50	110	463	2490	7,63	49,82	7,26	44,04

По мере снижения водоцементного отношения происходит сближение частиц, что приводит к тесному межчастичному контакту, обуславливающему действие сил различной природы, способствующих формированию структуры твердения [17–18]. Применяемые минеральные тонкодисперсные кварц и известняк с различными электроповерхностными свойствами по-разному влияют на сцепление с цементной матрицей бетона. Между минеральным порошкообразным известняковым компонентом, характеризующимся положительными электроповерхностными свойствами и цементирующим веществом с противоположным знаком заряда, по мере снижения В/Ц и возникновением тесного контакта между ними, происходит усиление электростатического взаимодействия. Это обуславливает плотное срастание между поверхностью частиц известняка с положительно заряженными актив-

ными центрами и отрицательно заряженной цементной матрицей бетона (рис. 2, а), в результате прочностные характеристики бетона возрастают.

Большая часть поверхности кварцевого наполнителя контактирует с отрицательно заряженными гидросиликатами кальция, кристаллизующимися с огромной удельной поверхностью, обусловленной наноразмерностью частиц, что ослабляет силы сцепления между наполнителем и отрицательно заряженными центрами цементного камня. Кроме того, преобладание в структуре цементных композитов гидратационного твердения отрицательно заряженных элементов при эксплуатации может привести к ухудшению трещиностойкости изделий, росту ползучести, сопротивлению к динамическим нагрузкам. Предотвращение этих нежелательных процессов может быть обеспечено вводом в бетонные смеси минеральных наполнителей с активными центрами противоположного знака. Что лишний раз

подтверждает важность грамотного подбора всех компонентов бетонной смеси.

На фото (рис. 2, б) можно проследить трещины наноразмерного уровня по контактным поверхностям между частицами микрокварца и цементной матрицей. По-видимому, с увеличением

дозировки тонкодисперсного кварца и ростом площади поверхности контакта роль электроповерхностных взаимодействий возрастает, в результате сцепление с гидросиликатной связкой будет ослабевать, что снижает прочностные показатели бетона.

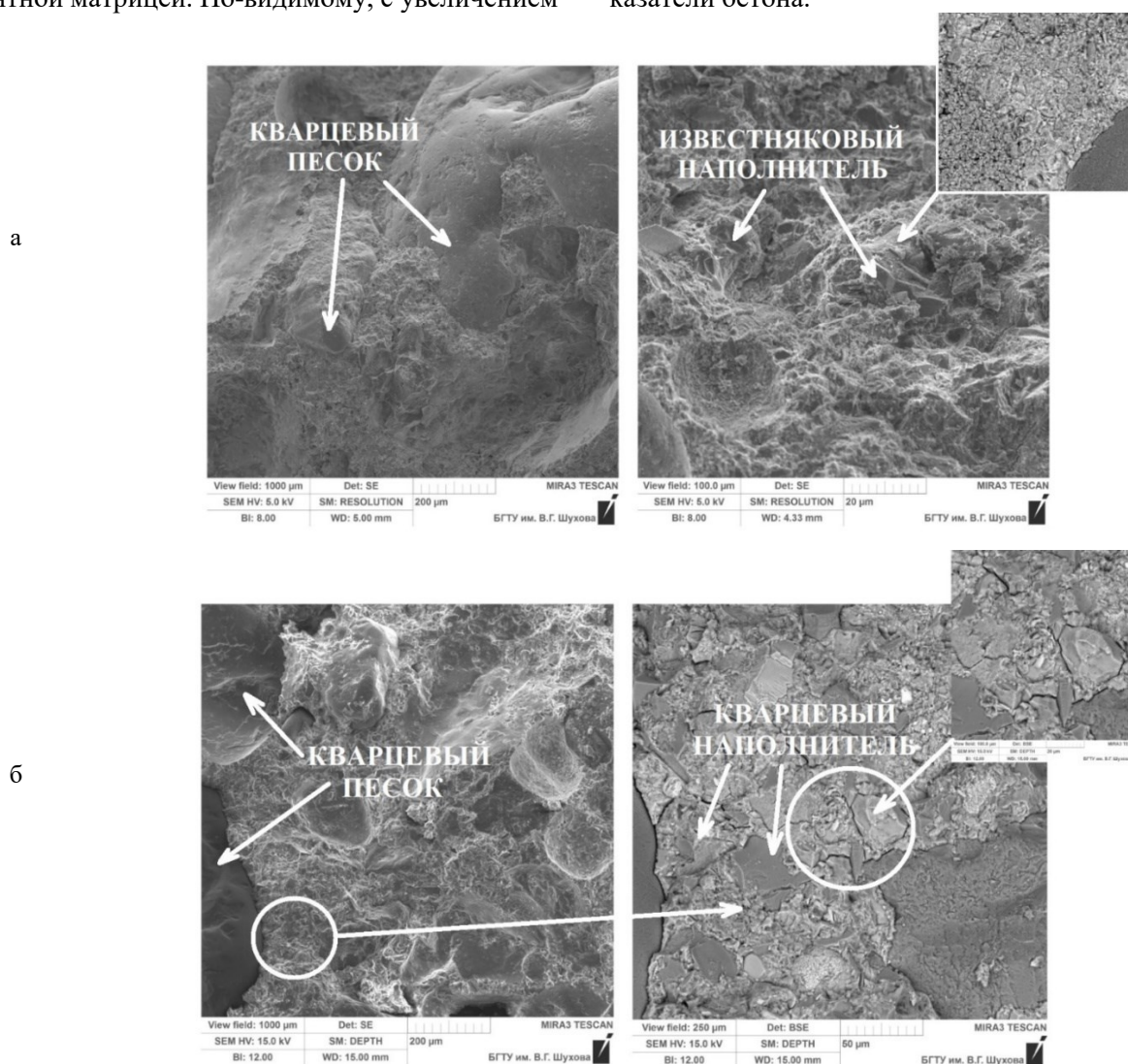


Рис. 2. Микроструктура бетона с 70 % наполнителей:
а) известняковый наполнитель; б) кварцевый наполнитель

Таким образом, роль состава минеральных порошкообразных материалов (электроповерхностные свойства) в процессах структурообразования цементной матрицы бетона усиливается по мере снижения В/Ц, за счет влияния на формирующиеся контактные поверхности между частицами наполнителей и цементным камнем.

Выводы. Применение тонкодисперсных наполнителей в бетонах с низким содержанием цемента позволяет добиться существенного снижения В/Ц на 23,5–40 % (относительно контрольного состава В/Ц=0,89) в равноподвижных смесях в зависимости от дозировки порошкового наполнителя (20–70 %), при этом вид наполни-

теля не оказывает заметного влияния на водоредуцирующую способность суперпластификатора, но играет значительную роль в процессах структурообразования цементной матрицы бетона, за счет влияния их электроповерхностных свойств на сцепление между частицами наполнителей и цементным камнем. В бетонах с низким содержанием цемента с ростом тонкодисперсных наполнителей от 20 до 70 % прочность бетона возрастает.

Влияние микронаполнителя на прочностные показатели бетона связаны с его электроповерхностными свойствами, дозировкой, величиной В/Ц. С увеличением содержания карбонатного

микронаполнителя от 20 до 70 % прочность бетона возрастает благодаря сцеплению частиц известняка с цементной матрицей бетона за счет взаимодействия отрицательно заряженных гидросиликатов кальция (CSH-фазы) с положительно заряженными активными центрами карбонатного наполнителя (CaCO_3). Тонкодисперсный кварцевый наполнитель повышает прочность бетона с низким содержанием цемента в диапазоне дозировок 20–55 %, затем при дозировке 70 % величина прочности нивелируется. Возможно, это обусловлено тем, что при взаимодействии частиц кварца с одноименно отрицательно заряженными гидросиликатами кальция цементной матрицы бетона, происходит ослабление срастания поверхности частиц кварца с цементной матрицей, что приводит к снижению прочности бетона.

Источник финансирования. Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет – 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Батраков В.Г. Модификаторы бетона: новые возможности и перспективы // Строительные материалы. 2006. №10. С. 4–8.
2. Вовк А.И. О некоторых особенностях применения гиперпластификаторов // Технология бетона. 2007. №6. С. 12–13.
3. Prince W., Espagne M., Aitcin P.-C. Ettringite formation: A crucial step in cement superplasticizer compatibility // Cement and Concrete Research. 2003. Vol. 33, Issue 5. Pp. 635–641.
4. Burgos-Montes O., Palacios M., Rivilla P. et al. Compatibility between superplasticizer admixtures and cements with mineral additions // Construction and Building Materials. 2012. Vol. 31. Pp. 300–309.
5. Калашников В.В., Гуляева Е.В., Володин В.М. Высокоэффективные порошково-активированные бетоны различного функционального назначения с использованием суперпластификаторов // Строительные материалы. 2011. №11. С. 44–47.
6. Калашников В.И., Гуляева Е.В. Влияние вида и дозировки суперпластификатора на реотехнологические свойства цементных суспензий, бетонных смесей и порошково-активированных бетонов // Цемент и его применение. 2012. №2. С. 66–72.
7. Bian R.B., Miao C.W., Shen J. Review of chemical structures and synthetic methods for polycarboxylate superplasticizers. Eighth CANMET/ACI International Conference. Sorrento, Italy, 2006. Suppl. Papers, pp. 133–144.
8. Несветаев Г.В. Эффективность применения суперпластификаторов в бетонах // Строительные материалы. 2006. №10. С. 23–25.
9. Spiratos N., Page' M., Mailvaganam N.P., Malhotra V.M., Jolicoeur C. Superplasticizers for Concrete. Fundamental, Technology and Practice. Quebec, Canada, 2006. 322 p
10. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. Изд. 2-е, переработанное и дополненное. М.: Наука, 1998. 768 с.
11. Yamada K. A summary of important characteristics of cement and superplasticizers. Proc. of Ninth ACI International Conference. Seville, Spain, 2009.
12. Houst Y.F., Bowen P., Perche F. Design and function of novel superplasticizers for more durable high performance concrete (superplast project). Cem. and Concr. Res. 2008. Vol. 38. Pp. 1197–1209.
13. Rakhimbayev Sh.M., Tolypina N.M., Kosinova A.A., Khakhaleva E.N. The role and significance of electric and surface properties of mineral filler in increasing the frost resistance of powder concretes // Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Vol. 147. Pp 216–221,
14. Минаков С.В., Рахимбаев Ш.М. Влияние комплексных органо-минеральных добавок на свойства цементного камня // Вестник ДонНКА. 2010. №3(83). С. 43–46.
15. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Чилин И.А. Оптимизация параметров технологии бетона для обеспечения термической трещиностойкости массивных фундаментов // Строительные материалы. 2022. №10. С. 41–51.
16. Рахимбаев Ш.М., Толыпина Н.М., Хахалева Е.Н. Взаимосвязь между пластической вязкостью цементных систем и их реотехнологическими характеристиками // Вестник СибАДИ. 2018. № 15(2). С. 276–282. DOI:10.26518/2071-7296-2018-2-276-282
17. Сычев М.М. Природа активных центров, методы активации гидратации и твердения цементов // Цемент. 1992. №3. С. 79–89.
18. Казанская Е.Н., Сычев М.М. Активация твердения портландцемента // Цемент. 1991. №5. С. 31–35.

Информация об авторах

Толыпина Наталья Максимовна, доктор технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения, изданий и конструкций. E-mail: tolypina.n@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Хахалева Елена Николаевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительства и городского хозяйства. E-mail: hahaleva7@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 308012, Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Данилов Дмитрий Юрьевич, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: dimadan31@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 308012, Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Чашин Дмитрий Юрьевич, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: dmitriychashin11@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 308012, Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 06.06.2023 г.

© Толпыгина Н.М., Хахалева Е.Н., Данилов Д.Ю., Чашин Д.Ю., 2023

Tolypina N.M., *Khakhaleva E.N., Danilov D.Yu., Chashin D.Yu.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

**E-mail: hahaleva7@mail.ru*

THE EFFECT OF MICRO-FILLERS ON THE EFFECTIVENESS OF SUPERPLASTICIZERS AND THE STRENGTH OF LOW-CEMENT CONCRETES

Abstract. In concretes of ordinary grades with a cement consumption of 180–250 kg/m³, the reduction in the water demand of the concrete mixture, even with the maximum consumption of superplasticizers, does not exceed 10 %. In this regard, the influence of micro-fillers with various electro-surface properties on the effectiveness of the superplasticizer and the strength of low-cement concrete is investigated.

It is shown that in the concrete mixture of the control composition, achieving a normal consistency (PK = 106–115 mm) is possible only due to high water consumption, the water-reducing efficiency of the joint venture was only 4,5 %. It was found that with the addition of fine quartz from 20 to 70 %, the consumption of the powder part increased from 230 to 452 kg/m³, while there was a decrease in W / C from 0,68 to 0,51 (33 %), as well as an increase in strength by 40,5 % (R^7_{comp}) and 30,6 % (R^{28}_{comp}). With an increase in the dosage of limestone microfillers from 20 to 70 % W / C decreased from 0,66 to 0,5 (32 %), the strength increased by 145 % (R^7_{comp}) and 74% (R^{28}_{comp}).

Thus, the use of fine-dispersed fillers in low-cement concretes makes it possible to achieve a significant reduction in W/C by 23,6–43,8 % in equally mobile mixtures (GOST 310.4), depending on the dosage of the powder filler (20–70 %), while the type of filler does not have a noticeable effect on the water-reducing ability of the superplasticizer, but plays a significant role in the processes of structure formation of cement concrete matrices, due to the influence of their electro-surface properties on the adhesion between filler particles and cement stone. In low-cement concretes, with the growth of fine fillers from 20 to 70 %, the strength of concrete increases.

Keywords: superplasticizer, low-cement concrete, water-reducing ability, strength, concrete mix, concrete.

REFERENCES

1. Batrakov V.G. Concrete modifiers: new opportunities and prospects [Modifikatory betona: novye vozmozhnosti i perspektivy]. Building materials. 2006. No. 10. Pp. 4–8.
2. Vovk A.I. On some features of the use of hyperplasticizers [O nekotoryh osobennostyah primeneniya giperplastifikatorov]. Technology of concrete. 2007. No. 6. Pp. 12–13.
3. Prince W., Espagne M., Aïtcin P.-C. Ettringite formation: A crucial step in cement superplasticizer compatibility. Cement and Concrete Research. 2003. Vol. 33, Issue 5. Pp. 635–641.
4. Burgos-Montes O., Palacios M., Rivilla P. et al. Compatibility between superplasticizer admix-

tures and cements with mineral additions. Construction and Building Materials. 2012. Vol. 31. Pp. 300–309.

5. Kalashnikov V.V., Gulyaeva E.V., Volodin V.M. Highly effective powder-activated concretes of various functional purposes using superplasticizers [Vysokoeffektivnye poroshkovo-aktivirovannye betony razlichnogo funktsional'nogo naznacheniya s ispol'zovaniem superplastifikatorov]. Building materials. 2011. No.11. Pp. 44–47.

6. Kalashnikov V.I., Gulyaeva E.V. Influence of the type and dosage of superplasticizer on rheotechnological properties of cement suspensions, concrete mixtures and powder-activated concretes [Vliyanie vida i dozirovki superplastifikatora na reotekhnologicheskie svoystva cementnyh suspenzij,

betonnyh smesej i poroshkovo-aktivirovannyh betonov]. Cement and its application. 2012. No.2. Pp. 66–72.

7. Bian R.B., Miao C.W., Shen J. Review of chemical structures and synthetic methods for polycarboxylate superplasticizers. Eighth CANMET/ACI International Conference. Sorrento, Italy, 2006. Suppl. Papers, pp. 133–144.

8. Nesvetaev G.V. The effectiveness of the use of superplasticizers in concrete [Effektivnost' primeneniya superplastifikatorov v betonah]. Building materials. 2006. No. 10. Pp. 23–25.

9. Spiratos N., Page' M., Mailvaganam N.P. Malhotra V.M., Jolicoeur C. Superplasticizers for Concrete. Fundamental, Technology and Practice. Quebec, Canada, 2006. 322 p

10. Batrakov V.G. Modified concrete. Theory and practice [Modified concrete. Theory and practice]. 2nd edition, revised and supplemented. Moscow: Nauka, 1998. 768 p.

11. Yamada K. A summary of important characteristics of cement and superplasticizers. Proc. of Ninth ACI International Conference. Seville, Spain, 2009.

12. Houst Y.F., Bowen P., Perche F. Design and function of novel superplasticizers for more durable high performance concrete (superplast project). Cem. and Concr. Res. 2008. Vol. 38. Pp. 1197–1209.

13. Rakhimbayev Sh.M., Tolypina N.M., Kosinova A.A., Khakhaleva E.N. The role and significance of electric and surface properties of mineral filler in increasing the frost resistance of powder

concretes. Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Vol. 147. Pp. 216–221,

14. Minakov S.V., Rahimbaev Sh.M. The effect of complex organo-mineral additives on the properties of cement stone [Vliyanie kompleksnyh organo-mineral'nyh dobavok na svoystva cementnogo kamnya]. Vestnik DonNASA. 2010. No.3 (83). Pp. 43–46.

15. Kaprielov S.S., Sheinfeld A.V., Chilin I.A. Optimization of concrete technology parameters to ensure thermal crack resistance of massive foundations [Optimizatsiya parametrov tekhnologii betona dlya obespecheniya termicheskoy treshchinostojkosti massivnyh fundamentov]. Building Materials. 2022. No. 10. Pp. 41–51.

16. Rakhimbayev Sh.M., Tolypina N.M., Khakhaleva E.N. The relationship between the plastic viscosity of cement systems and their rheotechnological characteristics [Vzaimosvyaz' mezhdu plasticheskoy vyazkost'yu cementnyh sistem i ih reotekhnologicheskimi harakteristikami]. Bulletin of SibADI. 2018. No. 15(2). Pp. 276–282. DOI:10.26518/2071-7296-2018-2-276-282

17. Sychev M.M. The nature of active centers, methods of activation of hydration and hardening of cements [Priroda aktivnyh centrov, metody aktivatsii gidratsii i tverdeniya cementov]. Cement. 1992. No. 3. Pp. 79–89.

18. Kazanskaya E.N., Sychev M.M. Activation of hardening of Portland cement [Aktivatsiya tverdeniya portlandcementa]. Cement. 1991. No. 5. Pp. 31–35.

Information about the authors

Tolypina, Natalia M. DSc, Professor. E-mail: tolypina.n@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Khakhaleva, Elena N. PhD, Assistant professor. E-mail: hahaleva7@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Danilov, Dmitry Yu. Postgraduate student. E-mail: dimadan31@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Chashin, Dmitry Yu. Postgraduate student. E-mail: dmitriychashin11@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 06.06.2023

Для цитирования:

Толыпина Н.М., Хяхалева Е.Н., Данилов Д.Ю., Чашин Д.Ю. Влияние микронаполнителей на эффективность суперпластификаторов и прочность бетонов с низким содержанием цемента // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 8. С. 8–15. DOI:10.34031/2071-7318-2023-8-8-15

For citation:

Tolypina N.M., Khakhaleva E.N., Danilov D.Yu., Chashin D.Yu. The effect of micro-fillers on the effectiveness of superplasticizers and the strength of low-cement concretes. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 8. Pp. 8–15. DOI:10.34031/2071-7318-2023-8-8-15

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-8-16-30

Шипулин С.А., Беляева З.В., Миронова Л.И.Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина***E-mail: sa_shipulin@mail.ru*

РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ПРОЧНОСТИ НАКЛОННЫХ СЕЧЕНИЙ ПРИ ДВУХОСЕВОМ ДЕЙСТВИИ ПОПЕРЕЧНЫХ СИЛ

Аннотация. В действующих нормах проектирования железобетонных конструкций отсутствуют методики расчета наклонных сечений при двухосевом действии поперечных сил. В то же время значительная часть железобетонных конструкций подвержены действию поперечных сил в двух плоскостях. Актуальность статьи определяется отсутствием нормативных методов расчета наклонных сечений железобетонных элементов на двухосевое действие поперечных сил, что вынуждает проектировщиков прибегать к упрощениям в расчетах. В статье выполнен обзор российской и зарубежной литературы по теории расчета железобетонных элементов на действие поперечных сил и анализ методов расчета, предложенных в действующих российских и зарубежных нормах проектирования, а также в нормах прошлых лет. В анализе методов расчета железобетонных элементов на действие поперечных сил рассматривается учет в различных методах расчета факторов, влияющих на прочность наклонных сечений на действие поперечных сил при плоском и косом изгибе, таких как пролет среза, угол наклона силовой плоскости, количество продольного растянутого армирования, Влияние продольных сил, эффект масштаба. Определены основные направления для дальнейшего исследования вопроса и приведены рекомендации, обобщающие отечественный и зарубежный опыт.

Ключевые слова: наклонное сечение, косой изгиб, поперечная сила, железобетонные конструкции, пролет среза, силы зацепления, нагельный эффект.

Введение. Практически все несущие железобетонные конструкции подвержены действию поперечных сил. Часто встречаются элементы, работающие на косой изгиб или на косое внецентренное сжатие. К таким конструкциям относятся колонны каркасных зданий, сваи, подкрановые балки, элементы фахверков наружных стен, линейные конструкции в условиях работы на сейсмические нагрузки. Отличительной особенностью напряженно-деформированного состояния таких элементов является несовпадение силовой плоскости (плоскости действия суммарного вектора поперечной силы) с одной из главных осей сечения рассматриваемой конструкции.

Для случая плоского изгиба или внецентренного сжатия в одной плоскости произведено большое количество исследований и накоплена обширная база опытных данных, а в различные нормы проектирования включены рекомендации и методики расчета. Работа наклонных сечений железобетонных элементов в большинстве теорий описывается комплексом эмпирических или полуэмпирических зависимостей, полученных экспериментально.

В действующих отечественных нормах проектирования отсутствуют рекомендации по расчету железобетонных конструкций на двухосевое действие поперечных сил. Это связано, во-первых, с относительно небольшим количеством теоретических и экспериментальных исследований в этой области, а во-вторых, со сложностью разработки удобной инженерной методики рас-

чета элементов на двухосевое действие поперечных сил, обладающей одновременно простотой применения и достаточной надежностью результата, проверенной экспериментально. Отсутствие нормативных методик расчета конструкций на двухосевое действие поперечных сил делает вопрос исследований по данной теме актуальным.

Целью статьи является анализ и обобщение отечественной и зарубежной нормативной и научно-технической литературы, посвященной вопросам расчета железобетонных элементов на двухосевое действие поперечных сил, и подготовка практических рекомендаций для инженеров-проектировщиков.

Обзор литературы по теме работы. Экспериментальные работы, определившие развитие отечественной теории расчета железобетонных элементов на действие поперечных сил, были произведены в 30–40-х годах XX века М.С. Боришанским под руководством А.А. Гвоздева [1, 2]. В работах М.С. Боришанского исследован вопрос влияния величины пролета среза на прочность элементов без поперечной арматуры, в результате чего была получена эмпирическая формула, устанавливающая зависимость предельной поперечной силы, воспринимаемой бетоном, от рабочих размеров поперечного сечения элемента, прочности бетона на сжатие при изгибе и от угла наклона опасной трещины. Установлено, что при увеличении относительного пролета среза происходит резкое паде-

ние предельной поперечной силы, воспринимаемой элементом, описываемое гиперболической зависимостью. К тем же выводам позднее пришел G.N.J. Kani [3]. Предпосылки метода М.С. Боришанского предполагали, что на прочность элементов влияет величина усилия, воспринимаемая бетоном над наклонной трещиной и величина усилий, воспринимаемых растянутой арматурой, пересекающей наклонную трещину. Метод М.С. Боришанского впоследствии многократно уточнялся и дополнялся другими отечественными исследователями и был включен в СНиП II-B.1-62 «Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования» [4].

А.С. Залесов и О.Ф. Ильин произвели серию исследований [5–7] и скорректировали формулу для определения предельной поперечной силы, предложенную М.С. Боришанским. Прочность бетона на сжатие при изгибе была заменена на прочность бетона при растяжении, которая зависит от прочности бетона на сжатие по степенному закону. Результаты этих исследований были включены в отечественные нормы проектирования СНиП II-21-75 «Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования» [8].

Последующие работы, выполненные в нашей стране А.С. Залесовым, О.Ф. Ильиным [9–13], И.А. Титовым [14], Э.Е. Сигаловым [15], С.Г. Шеиной [16, 17] и другими учеными [18–19], привели к совершенствованию теории расчета железобетонных элементов при действии поперечных сил, которая получила своё отражение в нормах 1984 г. – СНиП 2.03.01-84 «Бетонные и железобетонные конструкции» [20]. В нормах [20] был усовершенствован метод расчета элементов на действие поперечной силы по сжатой полосе между наклонными трещинами путем учета коэффициента поперечного армирования хомутами, нормальными к продольной оси элемента. Кроме того, в данный расчет был введен учет влияния вида бетона на прочность сжатой полосы.

Результаты исследований [12, 19] были включены в нормы проектирования [20] в части учета влияния продольных сжимающих сил на прочность наклонных сечений на действие поперечных сил. Было установлено, что в зависимости от относительного уровня продольного сжимающего усилия и его эксцентриситета изменяется форма разрушения элемента по наклонному сечению, а также величина предельной поперечной силы, воспринимаемой элементом. Методика учета сжимающих сил впоследствии уточнялась. В современные нормы проектирования СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные

конструкции. Основные положения» [21] на основе работ С.А. Зенина, Р.Ш. Шарипова, О.В. Кудинова [22] включен метод учета влияния сжимающих и растягивающих напряжений на прочность при расчете по полосе между наклонными сечениями и по наклонным сечениям для внецентренно сжатых и предварительно напряженных изгибаемых элементов.

В нормы 1984 г. [20] также были включены рекомендации по учету влияния на прочность элементов на действие поперечных сил сжатых свесов полок тавровых и двутавровых сечений на основании обобщения выводов, полученных в исследованиях Ч.Б. Игнатвичуса [23], У.В. Раускаса [24], М.С. Боришанского [1], Л. Барановского [25], А.С. Залесова [13] и других ученых, исследовавших этот вопрос. Было установлено, что наличие полки, расположенной в сжатой зоне элементов тавровых и двутавровых сечений, увеличивает прочность элемента по наклонному сечению. Исследования влияния формы поперечного сечения на прочность наклонных сечений также производили Т.А. Мухамедиев, С.А. Зенин [26, 27], П.П. Польской [28], Е.В. Клименко [29]. Следует отметить, что в современные нормы проектирования [21] учет влияния сжатых свесов полок тавровых сечений не включен, несмотря на значительный объем исследований по этой теме.

В работе Е.В. Клименко [29] исследовалась прочность наклонных сечений элементов таврового сечения при косом изгибе, обозначены и исследованы факторы, влияющие на прочность наклонных сечений. К данным факторам отнесены соотношение длин сторон прямоугольного сечения, наличие и количество поперечной арматуры, наличие и количество продольной растянутой арматуры, величина пролета среза, угол наклона силовой плоскости. В работе [29] разработан метод расчета наклонных сечений для тавровых и прямоугольных элементов при косом изгибе, учитывающий влияние всех обозначенных факторов. Разработанный алгоритм является развитием методики СНиП II-21-75 [8]. Труды Е.В. Клименко не были включены в нормы проектирования железобетонных конструкций. Методика, приведенная в [29], рассмотрена подробнее далее в статье.

В нормативные документы прошлых лет [30, 31] включены рекомендации по расчету наклонных сечений на действие поперечной силы для элементов с поперечной арматурой при двухосевом действии поперечной силы. Условие прочности записано в виде

$$\left[\frac{Q_x}{Q_{bw(x)}} \right]^2 + \left[\frac{Q_y}{Q_{bw(y)}} \right]^2 \leq 1, \quad (1)$$

где Q_x, Q_y – составляющие поперечной силы, действующие соответственно вдоль оси симметрии и X и в нормальной к ней оси Y в наиболее удаленном от опоры конце наклонного сечения;

$Q_{bw(x)}, Q_{bw(y)}$ – предельные поперечные силы, воспринимаемые наклонным сечением по бетону и по поперечной арматуре при действии их соответственно вдоль осей X и Y , и определяемые в соответствии с [30, 31].

Данная формула в литературе имеет название эллиптической кривой взаимодействия, что продемонстрировано на рис. 1.

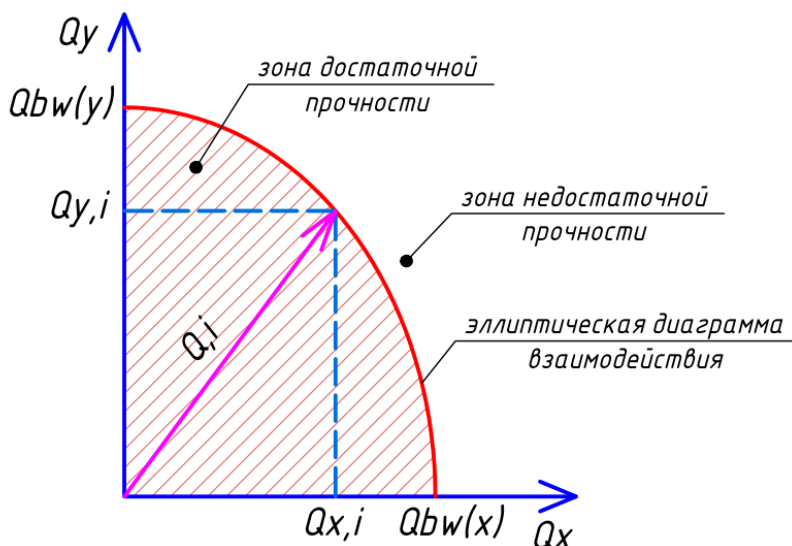


Рис. 1. Эллиптическая диаграмма взаимодействия несущей способности по поперечной силе при двухосевом нагружении

Данная методика расчета не была включена в последующие нормативные документы [32, 33].

А.С. Залесовым, А.А. Гвоздевым, Ю.А. Климовым, О.Ф. Ильиным, И.А. Титовым [9, 10, 12, 19] и другими исследователями была разработана усовершенствованная методика расчета железобетонных элементов при одноосевом действии поперечных сил на основе физических моделей наиболее характерных форм разрушения элементов с учетом напряженно-деформированного состояния сжатой зоны бетона. Исследователи предложили диско-связевую модель железобетонного элемента, состоящую из железобетонных блоков, соединенных между собой податливыми связями. На основании рассмотрения равновесия модели определяются продольные и поперечные усилия в бетоне над наклонной трещиной и под ней, продольные и поперечные усилия в продольной арматуре и продольные усилия в поперечной арматуре, а также силы зацепления по берегам наклонной трещины. В качестве расчетного критерия прочности бетона при плоском напряженном состоянии авторами принято условие прочности, предложенное А.А. Гвоздевым. Методика расчета диско-связевой модели железобетонного элемента на сегодняшний день не была включена в нормы проектирования [20, 21].

Вопросом учета влияния количества продольной растянутой арматуры на прочность

наклонных сечений на действие поперечных сил занимался А.С. Силантьев [34]. Им установлено, что предельная поперечная сила, воспринимаемая элементом без поперечного армирования, зависит от содержания продольной растянутой и сжатой арматуры, собственного момента сопротивления арматурных стержней и вида армирующего материала. Продольное армирование влияет на поперечную силу, воспринимаемую наклонным сечением через два механизма – через высоту сжатой зоны (косвенное влияние) и через собственное сопротивление срезу арматурных стержней (прямое влияние). Косвенное влияние через высоту сжатой зоны оказывается существенно более значимым, чем прямое. Разработана итерационная методика расчета наклонных сечений, основанная на сочетании нелинейной деформационной модели и теории прочности бетона Г.А. Гениева [35].

В нормах Европейского союза [36] различают случаи проектирования элементов с поперечной арматурой и без нее. Расчет конструкций без поперечного армирования производится по эмпирической зависимости, учитывающей цилиндрическую прочность бетона на сжатие через кубический корень, процент продольного растянутого армирования, сжимающие или растягивающие напряжения, вызванные действием продольных сил, влияние коэффициента масштаба

(size effect). Достоинством данной зависимости по отношению к отечественным нормам [21] можно назвать учет продольного армирования и коэффициента масштаба. К недостаткам следует отнести отсутствие учета влияния пролета среза на прочность элемента, а также отсутствие учета формы сечения элемента, отличной от прямоугольной. Методы расчета элементов на двухосевое действие поперечных сил в [36] также не приведены.

Расчет конструкций с поперечной арматурой согласно [36] производится на основании ферменной аналогии (truss and tie model). За несущую способность элемента по поперечной силе принимается наименьшее из двух вычисляемых величин – несущая способность, определяемая только по поперечной арматуре, или несущая способность, определяемая по условию прочности сжатой наклонной полосы между хомутами. В общем случае расчет элементов с хомутами производится без учета работы бетона в наклонном сечении.

В нормах США [37] несущая способность элементов на действие поперечной силы определяется как сумма несущих способностей по бетону и по арматуре. Для элементов без поперечного армирования в определении предельной поперечной силы, воспринимаемой бетоном, учитывается влияние таких факторов, как коэффициент продольного армирования, размер поперечного сечения через коэффициент масштаба (size effect), величина сжимающих или растягивающих напряжений в сечении. При этом прочность бетона, входящая в формулу, определяется через квадратный корень из цилиндрической прочности бетона на сжатие. Для элементов с поперечной арматурой в определении поперечной силы, воспринимаемой бетоном, не учитывается коэффициент масштаба. Как и в случае с Европейскими нормами [36] достоинством метода, приведенного в [37], является учет эффекта масштаба и учет количества продольного армирования, а недостатком является отсутствие учета величины пролета среза и формы поперечного сечения, отличной от прямоугольной.

Согласно [37] поперечная сила, воспринимаемая поперечной арматурой в наклонном сечении, определяется аналогично методике, приведенной в отечественных нормах [21]. При этом величина пролета среза постоянна и равна рабочей высоте сечения.

Американские нормы [37] содержат рекомендации по расчету элементов на двухосевое действие поперечной силы, основанные на исследованиях Н. Umehara и J.O. Jirsa [38]. Испытания колонн, подверженных двухосевому действию

поперечной силы, показали, что предельная поперечная сила, воспринимаемая сечением, зависит от предельных поперечных сил, воспринимаемых элементом в направлениях главных осей, по эллиптической диаграмме взаимодействия. Однако для учета взаимодействия прочностей элемента по направлениям отдельных осей на действие поперечных сил в нормы [37] введены трехлинейные (не эллиптические) зависимости (2, 3, 4):

$$\frac{V_{u,x}}{\phi V_{n,x}} \leq 0,5 ; \quad (2)$$

$$\frac{V_{u,y}}{\phi V_{n,y}} \leq 0,5 ; \quad (3)$$

$$\frac{V_{u,x}}{\phi V_{n,x}} + \frac{V_{u,y}}{\phi V_{n,y}} \leq 1,5 . \quad (4)$$

Должно быть выполнено или условие (2), или условие (3). Если условия (2) и (3) одновременно не выполняются, должно быть выполнено условие (4). В формулах (2, 3, 4) используются следующие обозначения:

$V_{(u,x)}, V_{(u,y)}$ – поперечные силы, действующие в рассматриваемом нормальном поперечном сечении;

$V_{(n,x)}, V_{(n,y)}$ – предельные величины поперечных сил, воспринимаемых бетоном и арматурой элемента в направлении осей поперечного сечения X и Y согласно [37];

ϕ – коэффициент снижения прочности, предусмотренный [37].

Диаграмма взаимодействия, соответствующая условиям (2–4), приведена на рисунке 2. Сравнение диаграмм взаимодействия по условиям (2–4) и условию (1) приведено на рисунке 3.

В японских нормах проектирования [39] в случае двухосевого действия поперечных сил методика оценки прочности элемента аналогична [30, 31] – применяется метод диаграммы эллиптического взаимодействия:

$$\left(\frac{\gamma_i V_{dx}}{V_{yx}} \right)^2 + \left(\frac{\gamma_i V_{dy}}{V_{yy}} \right)^2 \leq 1,0 , \quad (5)$$

где V_{dx}, V_{dy} – величина поперечной силы в рассматриваемом сечении в направлении главных осей поперечного сечения;

V_{yx}, V_{yy} – величина несущей способности по поперечной силе в направлении главных осей поперечного сечения элемента X и Y ;

γ_i – коэффициент надежности.

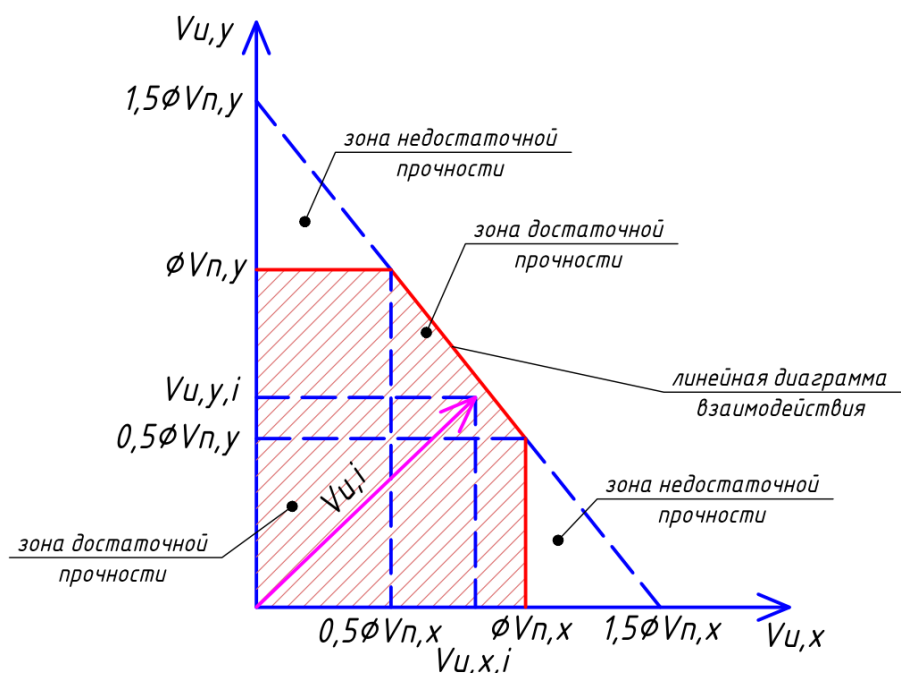


Рис. 2. Линейная диаграмма взаимодействия несущей способности по поперечной силе при двухосевом нагружении

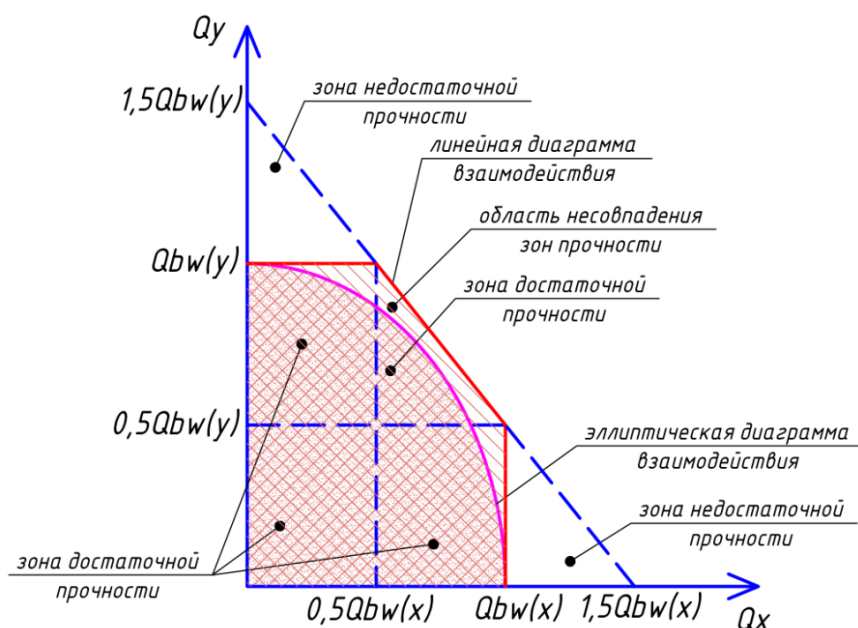


Рис. 3. Сравнение эллиптической и линейной диаграмм взаимодействия

Величина несущей способности по поперечной силе согласно [39] определяется как сумма несущих способностей по бетону и по арматуре. Несущая способность по бетону определяется без учета влияния пролета среза, но с учетом коэффициента масштаба, коэффициента продольного армирования, сжимающих или растягивающих усилий. Несущая способность по поперечной арматуре определяется аналогично [36, 37] на длине проекции наклонной трещины равной h_0 .

Оценка надежности методов расчета, приведенных в [37, 38] выполнена чилийскими уче-

ными Leonardo M. Massone и Agustín Correa в работе [40]. На основании обобщения экспериментальных данных сделан вывод о том, что эллиптические и трехлинейные диаграммы позволяют оценить несущую способность колонн при двухосевом действии поперечных сил с достаточной надежностью.

В работе тайских и японских ученых С. Hansarinyo, К. Maekawa и Т. Chaisomphob [41] произведены испытания серии железобетонных балок прямоугольного поперечного сечения под различным углом наклона силовой плоскости. Для испытуемых балок были построены теорети-

ческие эллиптические диаграммы взаимодействия в соответствии с [39]. Авторы сделали вывод, что несущая способность, полученная по результатам испытаний, расходится с теоретическими величинами, вычисленными по эллиптической зависимости, на $-3 \dots +14 \%$.

R. Thamrin [42] провел экспериментальные исследования шести балок без поперечного армирования, подверженных косому изгибу при относительных пролетах среза более 3 и пришел к выводу, что формула, описывающая несущую способность элементов без поперечной арматуры на действие поперечной силы при плоском изгибе, приведенная в [37], дает оценку несущей способности на 25–55 % ниже, чем величина несущей способности, полученная экспериментально.

A. Tinini [43] аналогично произвел испытания шести балок квадратного поперечного сечения, подверженных косому изгибу, и пришел к выводу, что для балок квадратного поперечного сечения диаграмма прочности при двухосевом действии поперечных сил описывается окружностью.

Факторы, влияющие на прочность наклонных сечений на действие поперечных сил при плоском и косом изгибе.

Пролет среза. Под пролетом среза для элемента, нагруженного сосредоточенными силами, понимается расстояние от сосредоточенной силы до опоры. Известно, что наименьшей несущей

способности наклонного сечения соответствует величина пролета среза от $2h_0$ до $3,5h_0$. В этом диапазоне происходит переход от разрушения по наклонному сечению к разрушению по нормальному сечению от изгиба. Согласно [21] наименьшая величина несущей способности соответствует относительному пролету среза равному $3h_0$. Для величин пролета среза более $3h_0$ несущая способность балок на действие поперечных сил по бетону практически не изменяется и остается минимальной и постоянной [18, 19].

Зарубежные нормы проектирования [36, 37, 39] не рассматривают влияние фактора пролета среза, принимая значение несущей способности по бетону минимальной, существенно упрощая инженерные расчеты и одновременно увеличивая резервы прочности конструкций.

Для расчета элементов при косом изгибе на действие поперечных сил в работе [29] предложено учитывать величину пролета среза при определении прочности по бетону Q_b аналогично принципу, предусмотренному в [21]:

$$Q_b = \frac{K(bh_0^2)_{\text{пр}} R_{bt}}{C}, \quad (6)$$

где R_{bt} – прочность бетона на растяжение;

C – длина проекции на продольную ось элемента следа плоскости среза на силовой плоскости (рис. 4);

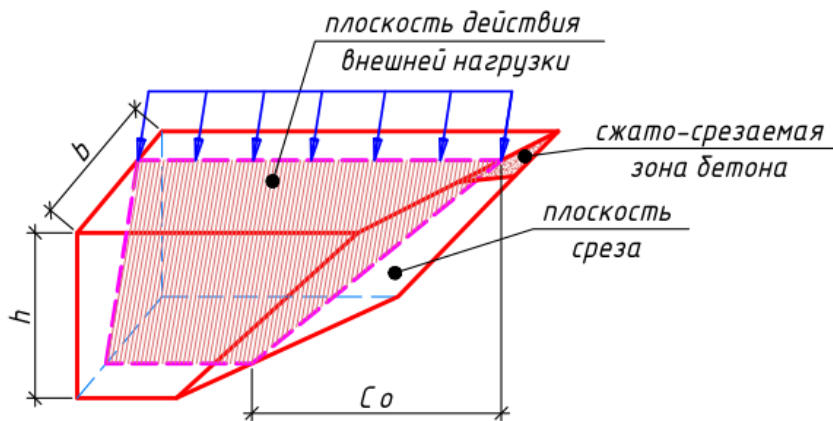


Рис. 4. Принцип определения величины пролета среза при расчете на двухосевое действие поперечных сил

K – эмпирический коэффициент, учитывающий влияние различных факторов, определяемый по выражению:

$$K = K_\alpha (1 + K_\beta^{h/b}); \quad (7)$$

K_α – коэффициент, учитывающий приведенный процент растянутого армирования при косом изгибе:

$$K_\alpha = \sqrt{0,5\mu_s^{\text{пр}}}, \quad (8)$$

где $\mu_s^{\text{пр}}$ – коэффициент продольного растянутого армирования, приведенный к углу наклона силовой плоскости, выраженный в процентах:

$$\mu_s^{\text{пр}} = \mu_s^x \cos \beta + \mu_s^y \sin \beta \quad (9)$$

и

$$\mu_s^{\text{пр}} \geq 0,8\%; \quad (10)$$

$K_{\beta}^{h/b}$ – коэффициент, учитывающий одновременно угол наклона силовой плоскости и соотношение сторон прямоугольного сечения:

$$K_{\beta}^{h/b} = \begin{cases} \left(7,9 - \frac{3,3h}{b}\right) \sin \beta & \text{при } 0 \leq \beta \leq 6^\circ \\ 0,79 - \frac{0,33h}{b} & \text{при } 6^\circ < \beta \leq 45^\circ \end{cases}, \quad (11)$$

$(bh_0^2)_{\text{пр}}$ – произведение ширины сечения на рабочую высоту, приведенное к углу наклона силовой плоскости

$$(bh_0^2)_{\text{пр}} = bh_0^2 \cos \beta + hb_0^2 \sin \beta. \quad (12)$$

В работе [29] рекомендуется в расчете величину пролета среза ограничивать величинами:

$$0,6h_0^{\text{пр}} \leq C \leq 2h_0^{\text{пр}}, \quad (13)$$

где $h_0^{\text{пр}}$ – приведенная рабочая высота сечения:

$$h_0^{\text{пр}} = h_0 \cos \beta + b_0 \sin \beta. \quad (14)$$

Угол наклона силовой плоскости β и соотношение сторон поперечного сечения h/b . Под углом наклона силовой плоскости β понимается угол между одной из главных осей прямоугольного поперечного сечения и плоскостью действия суммарного вектора поперечной силы (рис. 5). Данный параметр является важнейшим при оценке прочности элементов при косом изгибе.

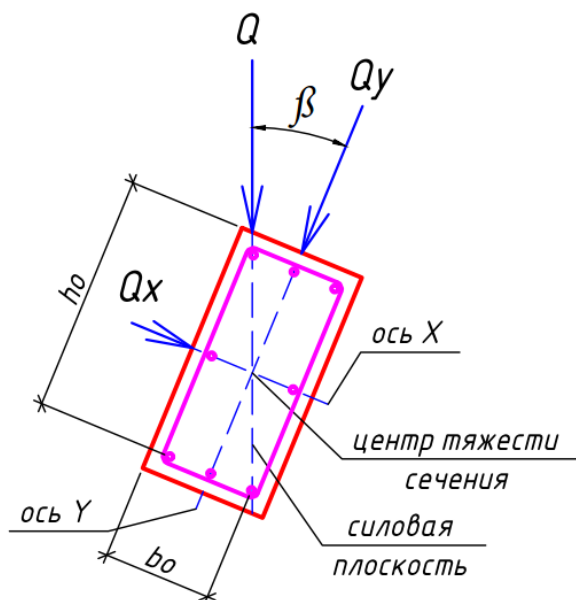


Рис. 5. Определение угла наклона силовой плоскости

При изменении угла наклона силовой плоскости и постоянном соотношении h/b меняется форма сжато-срезаемой зоны бетона в нормальных сечениях элемента – форма может быть треугольной или иметь форму трапеции. Изменяется также расположение этой зоны относительно

граней сечения. Данные изменения влияют на величины касательных и нормальных напряжений в сжато-срезаемой зоне и влияют на условия её прочности при плоском напряженном состоянии. Те же самые изменения происходят при постоянном угле β и при изменении соотношения длин сторон прямоугольного поперечного сечения h/b .

Предлагаемые методики расчета наклонных сечений при двухосевом действии поперечной силы должны учитывать угол β и соотношение сторон поперечного сечения h/b . Кроме того, расчетные зависимости должны перерождаться в зависимости, принятые для случая плоского изгиба при углах наклона силовой плоскости 0 и 90°.

В работе [29] угол наклона силовой плоскости введен в расчетные соотношения для определения прочности наклонного сечения при косом изгибе элемента по бетону и по арматуре через вычисление приведенного произведения рабочей высоты сечения на ширину сечения (формулы (12) и (14)) и при вычислении значений эмпирических коэффициентов (формулы (9) и (11)).

Несущая способность по поперечной арматуре, нормальной к продольной оси элемента. В действующих российских нормах [21] несущая способность поперечной арматуры, нормальной к продольной оси элемента, определяется через произведение площади этой арматуры A_{sw} на величину расчетного сопротивления R_{sw} и на коэффициент неравномерности распределения усилий между поперечными стержнями, принятый равным 0,75. Поперечная арматура учитывается на длине проекции наклонной трещины S_0 . Длина проекции наклонной трещины определяется из условия минимума несущей способности, соответствующего минимальному суммарному значению поперечных сил, воспринимаемых бетоном и поперечной арматурой.

В случае косоугольного изгиба возникают дополнительные задачи по определению длины проекции наклонной трещины, пересекающей поперечную арматуру, а также по определению расчетного количества поперечной арматуры, учитываемой в расчете, принимая во внимание угол наклона силовой плоскости.

В работе [29] предлагается величину поперечной силы, воспринимаемой хомутами, опре-

делять через интенсивность поперечного армирования, определенную для случая косоугольного изгиба отдельно по каждой из сторон сечения элемента и длину проекции наклонной трещины, спроецированную на плоскость приложения внешнего воздействия. Из предположения, что поверхность наклонной трещины при косом изгибе является плоской, делается вывод о том, что она проецируется на боковые грани балки в виде параллелограмма. Длина проекций наклонной трещины на нижней грани равна длине проекции наклонной трещины на верхней грани, а также длины проекций наклонных трещин на боковых гранях равны между собой – $C_0^B = C_0^H$; $C_0^{БЛ} = C_0^{БП}$ (рис. 6).

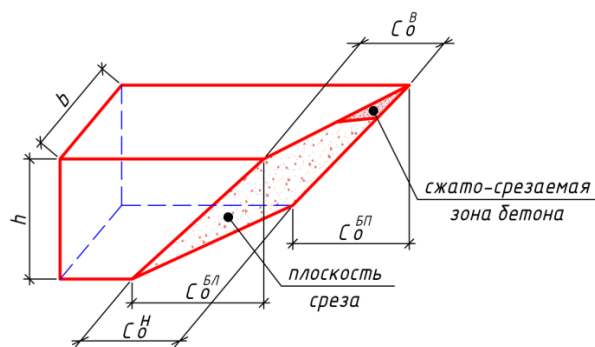


Рис. 6. Обозначение проекций локальных наклонных трещины на гранях элемента

Если обозначить $q^{БЛ}$, $q^{БП}$, q^B , q^H – интенсивности поперечного армирования на боковой левой, боковой правой, верхней и нижней гранях поперечного сечения элемента, то несущая способность поперечной арматуры будет определяться

$$Q_{sw} = (q^B + q^H) C_0^B \sin \beta + (q^{БЛ} + q^{БП}) C_0^{БЛ} \cos \beta. \quad (15)$$

По результатам обработки экспериментальных данных были получены зависимости для определения $C_0^B = C_0^H$ и $C_0^{БЛ} = C_0^{БП}$:

$$C_0^{БП} = C_0 \left(1 - \frac{0,1h \sin \beta}{b} \right) \cos \beta \leq 2h_0; \quad (16)$$

$$C_0^B = C_0 \left(1 - \frac{0,1b \sin \beta}{h} \right) \sin \beta \leq 2b_0; \quad (17)$$

здесь C_0 – длина проекции на продольную ось элемента следа плоскости среза на силовой плоскости.

Рекомендуется длины проекций наклонных трещин на гранях сечения при определении значения Q_{sw} ограничить величинами $2h_0$ для боковых граней и $2b_0$ для верхней и нижней граней.

Зависимость для определения поперечной силы, воспринимаемой хомутами при косом изгибе, преобразуется к виду

$$Q_{sw} = AC_0; \quad (18)$$

$$A = (q^{БЛ} + q^{БП}) \left(1 - \frac{0,1h \sin \beta}{b} \right) \cos^2 \beta + (q^B + q^H) \left(1 - \frac{0,1b \sin \beta}{h} \right) \sin^2 \beta. \quad (19)$$

Исходя из условия минимума суммарной несущей способности по бетону и по арматуре величину C_0 рекомендуется определять по формуле

$$C_0 = \sqrt{\frac{K(bh_0^2)_{пр} R_{bt}}{A}}. \quad (20)$$

Количество продольного растянутого армирования, нагельный эффект в продольной арматуре. Учет влияния процента продольного растянутого армирования на прочность наклонных сечений элементов при действии поперечных сил включен в зарубежные нормы проектирования [36, 37, 39]. Несмотря на значительный объем отечественных исследований по данному вопросу, учет влияния продольного растянутого армирования не включен в отечественные нормы проектирования [21]. В работе [19] отмечено, что в большей степени влияние количества продольной растянутой арматуры проявляется в элемен-

тах без поперечного армирования. С увеличением процента продольного армирования от 1 до 4 % несущая способность элементов без поперечной арматуры повышается на 30–50 %, а с поперечной арматурой в зависимости от количества хомутов на 20–35 %. С уменьшением относительной длины пролета среза влияние продольной арматуры падает. При форме разрушения по сжатой наклонной полосе между наклонными трещинами или между грузом и опорой продольная арматура не оказывает значительное влияние на несущую способность. В работе [34] указано, что действующая методика расчета по прочности наклонных сечений для элементов без поперечной арматуры в случае малых процентов продольного армирования переоценивает несущую способность на 30 %, а в случае нормально армированных элементов и элементов, находящихся на границе переармирования, недооценивает ее в 1,5–2 раза.

Рост прочности наклонного сечения непропорционален увеличению количества продольной растянутой арматуры. Во всех проанализированных работах прочность элементов на действие поперечных сил ставится в зависимости от процента армирования в степени меньше единицы (как правило, применяется степень 1/2 или 1/3).

Продольное растянутое армирование влияет на предельную поперечную силу в наклонном сечении через два механизма – через высоту сжатой зоны бетона и через собственного сопротивление срезу арматурных стержней (нагельный эффект). С увеличением высоты сжатой зоны бетона повышается абсолютная величина предельной поперечной силы, воспринимаемой бетоном при плоском напряженном состоянии (одновременном действии нормальных сжимающих и касательных напряжений). Влияние нагельного эффекта существенно менее значимо, чем влияние фактора относительной высоты сжатой зоны бетона [34].

В работе [29] учет продольного растянутого армирования для элементов, подверженных двухосевому действию поперечных сил учитывается коэффициентом K_a (см. формулу (8)).

Силы зацепления по берегам наклонной трещины. Силы зацепления, наряду с нагельным эффектом и сопротивлением срезу сжатой зоны бетона, являются одной из трех фундаментальных составляющих прочности наклонных сечений на действие поперечных сил для элементов без поперечного армирования (Yuguang Yang [44]). Точное экспериментальное определение величин сил зацепления затруднено.

В действующих российских нормах проектирования [21] величина сил зацепления наряду с величиной нагельного эффекта учитывается косвенным путем через значения эмпирических коэффициентов, входящих в формулы метода М.С. Боришанского. В явном виде силы зацепления не определяются.

В работе [29] учет сил зацепления и нагельного эффекта при двухосевом действии поперечных сил также производится при помощи эмпирических коэффициентов, входящих в формулу (6).

Эффект масштаба (size effect). В зарубежных нормах проектирования включен учет влияния эффекта масштаба (size effect) при расчете элементов на действие поперечных сил. По результатам экспериментов, обзор которых приведен в работе [44], установлено, что при масштабированном увеличении размеров сечения железобетонного элемента его относительная к размеру поперечного сечения прочность на действие поперечных сил снижается. Снижение прочности

элемента на действие поперечных сил в расчетах учитывается при помощи эмпирических коэффициентов:

$$K = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \quad \text{– согласно европейским нормам [36];}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{2}{1 + 0,004d}} \leq 1 \quad \text{– согласно американским нормам [37];}$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{1000}{d}} \leq 1,5 \quad \text{– согласно японским нормам [39];}$$

где d – высота поперечного сечения элемента в мм.

Задача внедрения учета эффекта масштаба в отечественные нормы проектирования является актуальной как для случая плоского изгиба, так и для случая косоугольного изгиба.

Влияние продольных сил. Фактор влияния продольных сил на прочность наклонных сечений при действии поперечных сил учитывается всеми рассмотренными отечественными и зарубежными нормами проектирования [21, 36, 37, 39].

В многочисленных исследованиях делается вывод, что растягивающие продольные силы в целом уменьшают прочность наклонных сечений на действие поперечных сил, а сжимающие усилия в зависимости от их величины и эксцентриситета приложения могут как увеличивать прочность наклонных сечений, так и уменьшать их.

Учет влияния продольных сил производится при помощи эмпирических коэффициентов, полученных на основе обработки опытных данных.

Выводы и рекомендации

1. В действующие отечественные нормы проектирования [21] не включены рекомендации по расчету элементов на двухосевое действие поперечных сил, несмотря на произведенные советскими и российскими учеными исследования [26, 29].

2. Нормы и рекомендации [30, 37, 39] предлагают оценивать прочность элементов при двухосевом действии продольных сил по диаграммам взаимодействия, предварительно оценивая прочность отдельно по главным осям сечения. Причем в [30, 39] применяются эллиптические диаграммы взаимодействия, а в [37] применяется трехлинейная диаграмма.

3. В работе [29] указано, что эллиптическая диаграмма взаимодействия не подтверждается результатами опытов. Однако в работах [41, 40, 38] напротив делается вывод о том, что эллиптическая диаграмма дает надежную оценку несущей способности. Требуется дополнительная

оценка возможности применения эллиптической и линейной диаграмм в отношении методик, приведенных в действующих отечественных нормах проектирования [21]. Для этого требуется произвести анализ данных об отечественных и зарубежных испытаниях элементов на косоугольный изгиб, проведенных в последние десятилетия.

4. При сравнении результатов исследований, выполненных отечественными [29, 26, 34] и зарубежными исследователями [38, 41, 44], а также зарубежных норм проектирования [36, 37, 39] с действующими отечественными нормами проектирования [21] выявлено, что методики расчета наклонных сечений железобетонных элементов на действие поперечных сил, приведенные в [21], не учитывают ряд важных факторов, влияющих на несущую способность по бетону: учет количества растянутого продольного армирования, учет эффекта масштаба (size effect), учет сжатых свесов полков тавровых сечений, учет двухосевого действия поперечных сил. Данный факт делает тему разработки методики расчета наклонных сечений железобетонных элементов на двухосевое действие поперечных сил, адаптацию и включение этой методики в нормы проектирования актуальной.

5. Недостатком всех рассмотренных методов расчета, приведенных в нормах проектирования, является значительное количество эмпирических коэффициентов, не имеющих прозрачного физического смысла. Возникновение эмпирических коэффициентов связано со сложностями одновременного учета всех факторов, влияющих на прочность конструкции в стадии разрушения. При этом методики, подразумевающие избавление от части эмпирических коэффициентов за счет раздельного учета факторов, влияющих на прочность [34, 19] сложны для инженерных расчетов.

6. В статье приведены основные факторы, влияющие на прочность наклонных сечений на действие поперечных сил при плоском и косоугольном изгибе, а также основные положения по расчету конструкций на двухосевое действие поперечных сил по методике, разработанной Е.В. Клименко [29]. Следует отметить, что методика [29] обладает инженерной простотой, развивает и дополняет основную методику расчета для случая плоского изгиба [21], а также учитывает некоторые факторы, влияющие на прочность наклонных сечений, которые основная методика не учитывает. Требуются дополнительные теоретические и экспериментальные исследования для адаптации методики Е.В. Клименко под действующие нормы проектирования, а также проверка и уточнение данной методики на данных об испытаниях элементов на плоский и косоугольный изгиб,

проведенных в последние десятилетия. В частности, требуются дополнительные исследования в части оценки влияния пролета среза на прочность элементов при косоугольном изгибе (в работе [29] исследовались образцы с постоянным относительным пролетом среза равным 2,5). Также требуются дополнительные исследования в отношении влияния сжимающих напряжений на прочность наклонных сечений при двухосевом действии поперечных сил, что особенно актуально для колонн многоэтажных зданий.

7. Актуальной является задача проведения исследований и включение учета влияния эффекта масштаба (size effect) в действующие нормы проектирования, как для случая плоского изгиба, так и для случая косоугольного изгиба.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Боришанский М.С. Новые данные о сопротивлении изгибаемых элементов действию поперечных сил // Вопросы современного железобетонного строительства. М.: Госстройиздат, 1952. С. 136–152.
2. Боришанский М.С. Расчет отогнутых стержней и хомутов в изгибаемых железобетонных элементах по стадии разрушения. М., Л.: Стройиздат, 1946. 79 с.
3. Kani G.N.J. The Riddle of Shear Failure and Its Solution // ACI Journal. 1964. № 61(28). С. 441–467.
4. СНиП II-B.1-62* Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования. М.: Стройиздат, 1970. 102 с.
5. Залесов А.С., Ильин О.Ф. Несущая способность элементов при действии поперечных сил // Бетон и железобетон. 1973. №6. С. 19–21.
6. Ильин О.Ф. Исследование железобетонных балок из высокопрочного бетона при действии поперечных сил : дисс. ... канд. техн. наук. М. (НИИЖБ), 1973. 117 с.
7. Ильин О.Ф. Образование наклонных трещин // Исследования по бетону и железобетонным конструкциям : материалы конференции молодых специалистов. М. : Стройиздат, 1974. С. 32–41.
8. СНиП II-21-75 Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования. М.: Стройиздат, 1976. 89 с.
9. Залесов А.С. Новый метод расчета прочности железобетонных элементов по наклонным сечениям // Расчет и конструирование железобетонных конструкций : труды института. Вып. 39. М.: НИИЖБ, 1977. С. 16–28.
10. Залесов А.С. Сопротивление железобетонных элементов при действии поперечных сил. Теория и новые методы расчета прочности : дисс. ... докт. техн. наук. М.: НИИЖБ, 1979. 345 с.

11. Залесов А.С., Ильин О.Ф. Работа элементов на действие поперечных сил при изгибе // Сборные железобетонные конструкции из высокопрочного бетона. М.: Стройиздат, 1976. С. 116–142.
12. Залесов А.С., Ильин О.Ф., Титов И.А. Опыт построения новой теории прочности балок в зоне действия поперечных сил // Новое о прочности железобетона. 1977. С. 115–130.
13. Залесов А.С., Ильин О.Ф. Трещиностойкость наклонных сечений железобетонных элементов // Предельные состояния элементов железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1976. С. 56–68.
14. Залесов А.С., Титов И.А. Исследование напряженно-деформированного состояния железобетонных элементов в зоне действия поперечных сил // Строительные конструкции и теория сооружений. Минск: БПИ, 1977. Вып. 2. С. 42–47.
15. Залесов А.С., Сигалов Э.Е., Тунгушбаев И. Т. Прочность тавровых элементов по наклонным сечениям // Исследование сейсмостойкости сооружений и конструкций. Алма-Ата, 1977. Вып. 9. С. 18–24.
16. Залесов А.С., Маилян Р.Л., Шеина С.Г. Прочность элементов при поперечном изгибе с продольными сжимающими силами высокого уровня // Бетон и железобетон. 1984. №3. С. 34–35.
17. Шеина С.Г. Прочность и трещиностойкость наклонных сечений железобетонных элементов при совместном действии продольных сжимающих и поперечных сил : дисс. ... канд. техн. наук. Ростов-на-Дону, 1984. С. 159–168.
18. Залесов А.С., Никитин И.К., Лемыш Л.Л., Кодыш Э.Н. Расчет железобетонных конструкций по прочности, трещиностойкости и деформациям : производственное издание. М. : Стройиздат, 1988. 320 с.
19. Залесов А.С., Климов Ю.А. Прочность железобетонных конструкций при действии поперечных сил. Киев : Будивельник, 1989. 104 с.
20. СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. М. : ЦИТП, 1989. 80 с.
21. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения (с Изменениями № 1, 2). М. : ФАУ ФЦСС. 2021. 154 с.
22. Зенин С.А., Шарипов Р.Ш., Кудинов О.В. Влияние сжимающих напряжений на прочность наклонных сечений внецентренно сжатых железобетонных элементов // Бетон и железобетон. 2021. № 1(603). С. 44–52.
23. Игнатовичус Ч.Б. Исследование прочности железобетонных прямоугольных и тавровых балок по наклонному сечению : дисс. ... канд. техн. наук. Вильнюс, 1973 (ВИСИ). 198 с.
24. Раукас У.В. Исследование работы железобетонных балок прямоугольного сечения на изгиб с поперечной силой : дисс. ... канд. техн. наук. Свердловск, 1955. 262 с.
25. Барановский Л. Влияние формы сечения на несущую способность изгибаемых элементов при действии поперечных сил. Варшава : Институт строительной техники. 1970. 261 с.
26. Мухамедиев Т.А., Зенин С.А. О расчете прочности наклонных сечений железобетонных элементов с различной формой поперечного сечения // Строительные материалы. 2022. № 8. С. 70–74. DOI 10.31659/0585-430X-2022-805-8-70-74.
27. Мухамедиев Т.А., Зенин С.А., Жарких А.С. Оценка надежности метода расчета прочности наклонных сечений железобетонных элементов с различной формой поперечного сечения // Вестник НИЦ Строительство. 2022. № 2(33). С. 139–149. DOI 10.37538/2224-9494-2022-2(33)-139-149.
28. Польской П.П. Прочность и трещиностойкость наклонных сечений изгибаемых железобетонных элементов при различных видах бетона и формах сечения : дисс. ... канд. техн. наук. Ростов-на-Дону, 1998. 262 с.
29. Клименко Е.В. Прочность наклонного сечения косоизгибаемых железобетонных тавровых элементов : дисс. ... канд. техн. наук. Полтава, 1984. 227 с.
30. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых легких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01-84). М. : Центр. ин-т типового проектирования, 1989. 192 с.
31. Руководство по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона (без предварительного напряжения). М.: Стройиздат, 1978. 320 с.
32. Пособие к СП 63.13330. Расчет железобетонных конструкций без предварительно напряженной арматуры. М.: ФАУ ФЦС, 2015. 283 с.
33. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003). М. : ОАО «ЦНИИ-Промзданий», 2005. 214 с.
34. Силантьев А.С. Сопротивление изгибаемых железобетонных элементов по наклонным сечениям с учетом влияния продольного армирования : дисс. ... канд. техн. наук. Москва, 2012. 257 с.
35. Гениев Г.А., Киссюк В.Н., Тюпин Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона. М.: Стройиздат, 1974. 316 с.

36. EN 1992-1-1: Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC]. 2004. 225 с.

37. ACI 318M-19 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary / American Concrete Institute, 2019. DOI: 10.14359/51716937

38. Umehara H., Jirsa J.O. Short Rectangular RC Columns Under Bidirectional Loadings // Journal of Structural Engineering. 1984. Vol. 110. № 3. Pp. 605–618. DOI:10.1061/(ASCE)0733-9445(1984)110:3(605)

39. JSCE: Standard Specification for Design and Construction of Concrete Structures – 2007 / Japan Society of Civil Engineers. 2010. 469 с.

40. Massone L.M., Correa A. Behavior of reinforced concrete columns under biaxial shear forces based on ACI 318 // Engineering Structures. 2020. Vol. 219. 110731. DOI:10.1016/j.engstruct.2020.110731.

41. Hansapinyo C., Maekawa K., Chaisomphob T. Behavior of reinforced concrete beams subjected to biaxial shear // Doboku Gakkai Ronbunshu. 2003. Vol. 725. Pp. 321–331. DOI:10.2208/jscej.2003.725_321.

42. Thamrin R., Haris S., Dedi E., Dalmantias E. Shear Capacity of Reinforced Concrete Beams with Square Cross Section Subjected to Biaxial Bending // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 713. 012029. DOI:10.1088/1757-899X/713/1/012029.

43. Tinini A. Biaxial shear in RC square beams: Experimental, numerical and analytical program // Engineering Structures. 2016. Vol. 126. Pp. 469–480. DOI: 10.1016/j.engstruct.2016.07.056.

44. Yang Y. Shear Behaviour of Reinforced Concrete Members without Shear Reinforcement : doctoral thesis. Delft, 2014. 370 с. DOI:10.4233/uuid:ac776cf0-4412-4079-968f-9eacb67e8846.

Информация об авторах

Шипулин Станислав Андреевич, аспирант кафедры строительных конструкций и механики грунтов. E-mail: sa_shipulin@mail.ru. Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19.

Беляева Зоя Владимировна, кандидат технических наук, заведующий кафедрой строительных конструкций и механики грунтов. E-mail: z.v.believa@urfu.ru. Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19.

Миронова Людмила Ивановна, кандидат технических наук, доктор педагогических наук, профессор кафедры гидравлики. E-mail: mirmila@mail.ru. Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19.

Поступила 29.06.2023 г.

© Шипулин С.А., Беляева З.В., Миронова Л.И., 2023

***Shipulin S.A., Beliaeva Z.V., Mironova L.I.**

Ural Federal University

*E-mail: sa_shipulin@mail.ru

DESIGN OF REINFORCED CONCRETE ELEMENTS INCLINED SECTIONS SUBJECTED TO BIAXIAL ACTION OF SHEAR FORCES

Abstract. In the current standards for the design of reinforced concrete structures no methods for calculating inclined sections with a biaxial action of shear forces are presented. At the same time, a significant part of reinforced concrete structures is subjected to the action of shear forces in two planes. The relevance of the article is determined by the lack of standard methods for calculating of reinforced concrete elements inclined sections for the biaxial action of shear, which forces designers to use simplifications in calculations. The article reviews the Russian and foreign literature on the theory of design of reinforced concrete elements for the action of transverse forces and analyzes the design methods proposed in the current Russian and foreign design standards, as well as in the standards of past years. In the analysis of methods for calculating reinforced concrete elements for the action of transverse forces, consideration is given in various methods for calculating the factors that affect the strength of inclined sections on the action of transverse forces in normal and biaxial bending in two planes, such as the shear span, the angle of inclination of the force plane, the amount of longitudinal tensile reinforcement, the influence of longitudinal forces, size-effect.

The main directions for further research of the issue are identified and recommendations are given that

summarize domestic and foreign experience.

Keywords: inclined section, biaxial bend, shear force, reinforced concrete structures, shear span, interlock force, dowel action.

REFERENCES

1. Borishanskiy M.S. New data on the resistance of bending elements to the action of transverse forces [Novyye dannyye o soprotivlenii izgibayemykh elementov deystviyu poperechnykh sil]. Voprosy sovremennogo zhelezobetonogo stroitel'stva. Moscow, TsNIPS. 1952. Pp. 136–152. (rus)
2. Borishanskiy M.S. Calculation of Bent Bars and Clamps in Bent Reinforced Concrete Elements by Fracture Stage [Raschet otognutykh sterzhney i khomutov v izgibayemykh zhelezobetonnykh elementakh po stadii razrusheniya]. Moscow, Leningrad: Stroyizdat, 1946. 79 p. (rus)
3. Kani G.N.J. The Riddle of Shear Failure and Its Solution. ACI Journal. 1964. Vol. 61(28). Pp. 441–467.
4. SNiP II-B.1-62* Concrete and reinforced concrete structures. Design standards. Moscow: Stroyizdat, 1970. 102 p. (rus)
5. Zalesov A.S., Il'in O.F. Bearing capacity of elements under the action of transverse forces [Nesushchaya sposobnost' elementov pri deystvii poperechnykh sil]. Beton i zhelezobeton. 1973. No. 6. Pp. 19–21. (rus)
6. Il'in O.F. Research of reinforced concrete beams from high-strength concrete under the action of transverse forces [Issledovaniye zhelezobetonnykh balok iz vysokoprochnogo betona pri deystvii poperechnykh sil]: dissertation for the degree of candidate of technical sciences. Moscow, 1973. 117 p. (rus)
7. Il'in O.F. Formation of inclined cracks [Obrazovaniye naklonnykh treshchin] Issledovaniya po betonu i zhelezobetonnykh konstruktsiyam. Moscow: Stroyizdat, 1974. Pp. 32–41. (rus)
8. SNiP II-21-75 Concrete and reinforced concrete structures. Design standards. Moscow: Stroyizdat, 1976. 89 p. (rus)
9. Zalesov A.S. New Method for Calculating the Strength of Reinforced Concrete Members by Inclined Sections [Novyy metod rascheta prochnosti zhelezobetonnykh elementov po naklonnym secheniyam]. Raschet i konstruirovaniye zhelezobetonnykh konstruktsiy. Moscow, 1977. Vol. 39. Pp. 16–28. (rus)
10. Zalesov A.S. Resistance of reinforced concrete elements under the action of transverse forces. Theory and new methods for calculating strength [Soprotivleniye zhelezobetonnykh elementov pri deystvii poperechnykh sil. Teoriya i novyye metody rascheta prochnosti]: dissertation for the degree of doctor of technical sciences. Moscow, 1979. 345 p. (rus)
11. Zalesov A.S., Ilyin O.F. The work of elements on the action of transverse forces in bending [Rabota elementov na deystviye poperechnykh sil pri izgibe]. Sbornyye zhelezobetonnyye konstruktsii iz vysokoprochnogo betona. Moscow: Stroyizdat, 1976. Pp. 116–142. (rus)
12. Zalesov A.S., Ilyin O.F., Titov I.A. Experience in constructing a new theory of strength of beams in the area of action of transverse forces [Opyt postroyeniya novoy teorii prochnosti balok v zone deystviya poperechnykh sil]. Novoye o prochnosti zhelezobetona. 1977. Pp. 115–130. (rus)
13. Zalesov A.S., Ilyin O.F. Crack resistance of inclined sections of reinforced concrete elements [Treshchinostoykost' naklonnykh secheniy zhelezobetonnykh elementov]. Predel'nyye sostoyaniya elementov zhelezobetonnykh konstruktsiy. Moscow: Stroyizdat, 1976. Pp. 56–68. (rus)
14. Zalesov A.S., Titov I.A. Study of the stress-strain state of reinforced concrete elements in the area of action of transverse forces [Issledovaniye napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya zhelezobetonnykh elementov v zone deystviya poperechnykh sil]. Stroitel'nyye konstruktsii i teoriya sooruzheniy. Minsk: BPI, 1977. Vol. 2. Pp. 42–47. (rus)
15. Zalesov A.S., Sigalov E.E., Tungushbaev I.T. Strength of tee elements along inclined sections [Prochnost' tavorvykh elementov po naklonnym secheniyam]. Issledovaniye seysmostoykosti sooruzheniy i konstruktsiy. Alma-Ata, 1977. Vol. 9. Pp. 18–24. (rus)
16. Zalesov A.S., Mailyan R.L., Sheina S.G. Strength of elements in transverse bending with high-level longitudinal compressive forces [Prochnost' elementov pri poperechnom izgibe s prodol'nymi szhimayushchimi silami vysokogo urovnya]. Beton i zhelezobeton. 1984. №3. Pp. 34–35. (rus)
17. Sheina S.G. Strength and crack resistance of inclined sections of reinforced concrete elements under the combined action of longitudinal compressive and transverse forces [Prochnost' i treshchinostoykost' naklonnykh secheniy zhelezobetonnykh elementov pri sovmestnom deystvii prodol'nykh szhimayushchikh i poperechnykh sil]: dissertation for the degree of candidate of technical sciences. Rostov-on-Don, 1984. Pp. 15–168. (rus)
18. Zalesov A.S., Nikitin I.K., Lemysh L.L., Kodysh E.N. Calculation of reinforced concrete structures for strength, crack resistance and deformation [Raschet zhelezobetonnykh konstruktsiy po prochnosti, treshchinostoykosti i deformatsiyam]. Moscow: Stroyizdat, 1988. 320 p. (rus)

19. Zalesov A.S., Klimov Yu.A. Strength of reinforced concrete structures under the action of transverse forces [Prochnost' zhelezobetonnykh konstruktsey pri deystvii poperechnykh sil]. Kyiv: Budivelnik, 1989. 104 p. (rus)
20. SNiP 2.03.01-84* Concrete and reinforced concrete structures. Moscow, 1989. 80 p. (rus)
21. SP 63.13330.2018 Concrete and reinforced concrete structures. Basic provisions (with Amendments No. 1, 2). Moscow, FAA FCSS. 2021. 154 p. (rus)
22. Zenin S.A., Sharipov R.Sh., Kudinov O.V. Influence of Compressive Stresses on the Strength of Inclined Sections of Eccentrically Compressed Reinforced Concrete Elements [Vliyaniye szhimayushchikh napryazheniy na prochnost' naklonnykh secheniy vnetsentrenno szhatykh zhelezobetonnykh elementov]. Beton i zhelezobeton. 2021. No. 1(603). Pp. 44–52. (rus)
23. Ignatavichus Ch.B. Investigation of the strength of reinforced concrete rectangular and tee beams along an inclined section [Issledovaniye prochnosti zhelezobetonnykh pryamougol'nykh i tavorovykh balok po naklonnomu secheniyu] : dissertation for the degree of candidate of technical sciences. Vilnius, 1973. 198 p. (rus)
24. Raukas U.V. Study of the work of reinforced concrete beams of non-rectangular section in bending with a transverse force [Issledovanie raboty zhelezobetonnykh balok nepryamougol'nogo secheniya na izgib s poperechnoy siloj] : dissertation for the degree of candidate of technical sciences. Sverdlovsk, 1955. 262 p. (rus)
25. Baranovsky L. Influence of the section shape on the bearing capacity of bending elements under the action of transverse forces [Vliyaniye formy secheniya na nesushchuyu sposobnost' izgibayemykh elementov pri deystvii poperechnykh sil]. Warsaw, 1970. 261 p. (rus)
26. Mukhamediev T.A., Zenin S.A. On the calculation of the strength of inclined sections of reinforced concrete elements with different cross-sectional shapes [O raschete prochnosti naklonnykh secheniy zhelezobetonnykh elementov s razlichnoy formoy poperechnogo secheniya]. CONSTRUCTION MATERIALS. 2022. No. 8. Pp. 7–74. DOI:10.31659/0585-430X-2022-805-8-70-74. (rus)
27. Mukhamediev T.A., Zenin S.A., Zharkikh A.S. Reliability assessment of the method for calculating the strength of inclined sections of reinforced concrete elements with different cross-sectional shapes [Otsenka nadezhnosti metoda rascheta prochnosti naklonnykh secheniy zhelezobetonnykh elementov s razlichnoy formoy poperechnogo secheniya]. Vestnik NITS Stroitel'stvo. 2022. No. 2(33). Pp. 139–149. DOI 10.37538/2224-9494-2022-2(33)-139-149. (rus)
28. Polskoy P.P. Strength and crack resistance of inclined sections of bent reinforced concrete elements for various types of concrete and section shapes [Prochnost' i treshchinostoykost' naklonnykh secheniy izgibayemykh zhelezobetonnykh elementov pri razlichnykh vidakh betona i formakh secheniya] : dissertation for the degree of candidate of technical sciences. Rostov-on-Don, 1998. 262 p. (rus)
29. Klimenko E.V. Strength of the inclined section of oblique reinforced concrete tee elements [Prochnost' naklonnogo secheniya kosoizgibayemykh zhelezobetonnykh tavorovykh elementov] : dissertation for the degree of candidate of technical sciences. Poltava, 1984. 227 p. (rus)
30. Manual for the design of concrete and reinforced concrete structures made of heavy lightweight concrete without prestressing reinforcement (to SNiP 2.03.01-84). Moscow: Central Institute for Standard Design, 1989. 192 p. (rus)
31. Guidelines for the design of concrete and reinforced concrete structures made of heavy concrete (without prestressing). Moscow: Stroyizdat, 1978. 320 p. (rus)
32. Manual for the design to SP 63.13330. Calculation of reinforced concrete structures without prestressed reinforcement. Moscow: FAA FCS, 2015. 283 p. (rus)
33. Manual for the design of concrete and reinforced concrete structures made of heavy concrete without prestressing reinforcement (to SP 52-101-2003). Moscow: Central Research Institute of Industrial Buildings, 2005. 214 p. (rus)
34. Silantiev A.S. Resistance of bending reinforced concrete elements along inclined sections, taking into account the influence of longitudinal reinforcement [Soprotivleniye izgibayemykh zhelezobetonnykh elementov po naklonnym secheniyam s uchetom vliyaniya prodol'nogo armirovaniya] : dissertation for the degree of candidate of technical sciences. Moscow, 2012. 257 p. (rus)
35. Geniev G.A., Kissyuk V.N., Tyupin G.A. Theory of plasticity of concrete and reinforced concrete [Theory of plasticity of concrete and reinforced concrete]. Moscow: Stroyizdat, 1974. 316 p. (rus)
36. EN 1992-1-1: Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC]. 2004. 225 p.
37. ACI 318M-19 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary / American Concrete Institute, 2019. DOI: 10.14359/51716937
38. Umehara H., Jirsa J.O. Short Rectangular RC Columns Under Bidirectional Loadings. Journal of Structural Engineering. 1984. Vol. 110.

No. 3. Pp. 605–618. DOI:10.1061/(ASCE)0733-9445(1984)110:3(605)

39. JSCE: Standard Specification for Design and Construction of Concrete Structures – 2007. 2010. 469 p.

40. Massone L.M., Correa A. Behavior of reinforced concrete columns under biaxial shear forces based on ACI 318. Engineering Structures. 2020. Vol. 219. 110731. DOI:10.1016/j.engstruct.2020.110731.

41. Hansapinyo C., Maekawa K., Chaisomphob T. Behavior of reinforced concrete beams subjected to biaxial shear. Doboku Gakkai Ronbunshu. 2003. Vol. 725. Pp. 321–331. DOI:10.2208/jscej.2003.725_321.

42. Thamrin R., Haris S., Dedi E., Dalmantias E. Shear Capacity of Reinforced Concrete Beams with Square Cross Section Subjected to Biaxial Bending. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 713. 012029. DOI:10.1088/1757-899X/713/1/012029.

43. Tinini A. Biaxial shear in RC square beams: Experimental, numerical and analytical program. Engineering Structures. 2016. Vol. 126. Pp. 469–480. DOI:10.1016/j.engstruct.2016.07.056.

44. Yang Y. Shear Behaviour of Reinforced Concrete Members without Shear Reinforcement. 2014. DOI: 10.4233/uuid:ac776cf0-4412-4079-968f-9eacb67e8846.

Information about the authors

Shipulin, Stanislav A. Postgraduate student. E-mail: sa_shipulin@mail.ru. Ural Federal University. Russia, 620002, Ekaterinburg, Mira str., 19.

Beliaeva, Zoia V. PhD. E-mail: z.v.believa@urfu.ru. Ural Federal University. Russia, 620002, Ekaterinburg, Mira str., 19.

Mironova, Ludmila I. PhD. E-mail: mirmila@mail.ru. Ural Federal University. Russia, 620002, Ekaterinburg, Mira str., 19.

Received 29.06.2023

Для цитирования:

Шипулин С.А., Беляева З.В., Миронова Л.И. Расчет железобетонных элементов по прочности наклонных сечений при двухосевом действии поперечных сил // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 8. С. 16–30. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-8-16-30

For citation:

Shipulin S.A., Beliaeva Z.V., Mironova L.I. Design of reinforced concrete elements inclined sections subjected to biaxial action of shear forces. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 8. Pp. 16–30. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-8-16-30

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-8-31-40

^{1,*}Шевченко А.В., ²Баглаев Н.Н., ²Зеленев Е.А., ³Курбатов В.Л.¹Национальный исследовательский московский государственный строительный университет²АО «КТБ Железобетон»³Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*E-mail: a.shevchenko@ktbbeton.com

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ ПРОГИБОВ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Аннотация. Целью работы является численная реализация определения остаточных прогибов железобетонных элементов на основе нелинейной деформационной модели. Для решения уравнений в физически нелинейной постановке применен метод итераций в сочетании с Microsoft Excel и VBA. Большинство существующих инженерных методов поверочного расчета и усиления изгибаемых элементов базируется на подходах, основанных на определении интегральных жесткостных характеристик сечения по упрощенным методикам. Новую актуальность эта проблема приобретает при использовании действующих норм, когда необходимо учесть особенности нелинейного деформирования материалов, режим загрузки, предысторию работы конструкции. В статье рассмотрено применение нелинейной деформационной модели при расчете остаточных прогибов, для чего изгибаемый элемент разбивается на отдельные участки, на каждом из которых вычисляются жесткости на основе нелинейной деформационной модели. При решении систем уравнений равновесия нелинейной деформационной модели применяется метод итераций. На участках с трещинами напряжения в арматуре корректируются коэффициентом, учитывающим неравномерность их распределения в сечении с трещиной и между ними. После определения жесткостных коэффициентов в каждом сечении производится определение перемещения путем интегрирования численным методом трапеций значений на участках единичных моментов и вычисленной кривизны. Строится график «нагрузка-прогиб» и аппроксимируется квадратным полиномом с выводом аналитической зависимости для определения остаточных прогибов, а также напряженно-деформированного состояния изгибаемых элементов в целом. Приведен анализ и сравнение результатов с нормативной методикой. Численный пример показал хорошую сходимость с нормативной методикой.

Ключевые слова: нелинейная деформационная модель, изгибаемые железобетонные элементы, метод итераций, жесткость, остаточные прогибы.

Введение. Обследование сборных и монолитных железобетонных изгибаемых конструкций, особенно в условиях появления и развития существенных эволюционных или спонтанно приобретенных деформаций, ставящих под вопрос достаточную несущую способность конструкции, представляют собой значительный объем полевой практики строительно-технического эксперта. Выявление причин дефектов и повреждений конструкций, условий возникновения напряженно-деформированного состояния, приведшего к недопустимым перемещениям ее отдельных сечений и фрагментов, влияние установленных инструментально дефектов на параметры ее усиления и безопасность дальнейшей эксплуатации конструкции требует выявления причин деформаций и связанных с ними остаточных прогибов. Основанная на инструментально установленных деформациях конструкций расчетная модель усиливаемого изгибаемого элемента проверяется поверочным расчетом, реализующим общепринятые в профессиональном сообществе расчетные методы и алгоритмы, опери-

рующие установленными дефектами как количественными факторами, снижающими проектную несущую способность конструкции, и в этой связи содержащими ряд дискуссионных положений расчета, имеющих существенный исследовательский потенциал. Большинство существующих инженерных методов поверочного расчета и усиления изгибаемых элементов базируется на подходах, основанных на определении интегральных жесткостных характеристик сечения изгибаемого элемента по упрощенным методикам. В то же время действующие нормы обязывают при поверочном расчете конструкции учесть особенности нелинейного деформирования материалов, режим загрузки элемента и предысторию ее работы под нагрузкой. Основное затруднение на практике в расчетах усиливаемых изгибаемых элементов вызывает учет нелинейной работы материалов конструкции, допустимость и рациональность применяемых алгоритмов определения жесткостных характеристик сечений элемента в условиях отсутствия общепринятой методики, представленной в норматив-

ных документах. В данной работе рассматривается численная реализация определения остаточных прогибов изгибаемых железобетонных элементов на основе нелинейной деформационной модели. Для решения уравнений в физически нелинейной постановке применен метод итераций в сочетании с Microsoft Excel и VBA.

Материалы и методы. Использование нелинейной деформационной модели (НДМ) железобетона позволяет в наиболее полной степени приблизить расчетную схему конструкции к фактическим условиям работы материала, обладающего переменными по времени и уровню нагружения физико-механическими характеристиками. Традиционно отмечается не только возможность учета переменных свойств материала при расчете на предельных и близких к ним деформациях и напряжениях, но и следующая из этого существенно большая точность получаемых результатов расчета, особенно при анализе конструкций, обладающих приобретенными в процессе нагружения или начальными деформациями, или при анализе стадии разрушения элемента. НДМ обеспечивает наиболее полный учет влияние хронологии нагружения на свойства и реакцию конструкции, связанную как с длительностью приложения нагрузки, так и характерной для всех бетонов релаксацией напряжений, что особенно важно при анализе долговечной работы и долгосрочной надежности конструкций. Учет присущих железобетону неоднородностей материала (включения, нарушения сплошности), влияющих на напряженно-деформированное состояние конструкции и ее инженерные характеристики обеспечивается использованием НДМ в основе методов количественного анализа дефектов и повреждений как при проектировании новых, так и оценке технического состояния существующих железобетонных

конструкций [1, 2]. НДМ лежит в основе методов учета температурно-влажностных режима окружающей конструкцию среды и долгосрочного прогноза ее безопасности в этих условиях [3, 4]. Однако, следует отметить, что применение нелинейной деформационной модели требует более сложных вычислительных методов и большего объема данных, чем линейная модель. Также, нелинейная модель может быть более трудоемкой в использовании и требовать более высокой квалификации инженера для ее применения.

Основная часть. Для решения рассматриваемой задачи изгибаемый элемент разбивается на отдельные участки, на каждом из которых вычисляются жесткости на основе нелинейной деформационной модели [5, 6]. Для каждого участка составляется уравнение равновесия усилия в материалах бетона и арматуры, и внутренних сил от внешней нагрузки. При решении систем уравнений равновесия нелинейной деформационной модели применяется метод итераций. На участках с трещинами напряжения в арматуре корректируются коэффициентом, учитывающим неравномерность их распределения в сечении с трещиной и между ними [7]. В расчете используются предпосылка что разгрузка происходит по упругому закону, пропорционально коэффициенту k_{mx} .

Определение остаточных прогибов в общем случае осуществляется по зависимости «нагрузка-прогиб»:

$$q_j = k_{mx}v_j - v_{plj}, \quad (1)$$

где q_j – нагрузка на элемент; v_j – прогиб в плоскости действия изгибающего момента; v_{plj} – остаточное значения прогиба при полной разгрузке; k_{mx} – коэффициент пропорциональности, j – шаг загрузки.

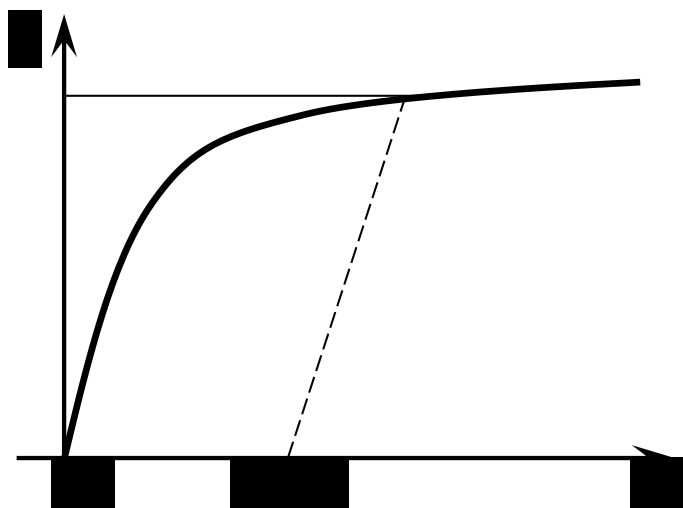


Рис. 1. Определение остаточных параметров напряжений при разгрузке

Расчет осуществляется разбиением конструкции на расчетные участки и последующим определением на каждом из участков жесткости при изгибе D_{11} . Для этого в каждом расчетном сечении составляется и решается система уравнений равновесия (2)–(3):

$$D_{11} \frac{1}{\rho_x} + D_{13} \varepsilon_0 = M_x; \quad (2)$$

$$D_{31} \frac{1}{\rho_x} + D_{33} \varepsilon_0 = N. \quad (3)$$

где $\frac{1}{\rho_x}$ – кривизна балки в рассматриваемом сечении; ε_0 – относительная осевая деформация при сжатии (растяжении); D_{11} , D_{22} , D_{33} – коэффициенты, определяемые по методике [8].

В общем виде решение на каждом шаге можно записать:

$$\left(\frac{1}{\rho_x} \right)_j^{(k)} = \frac{M_{x,j}}{D_{11,j}^{(k-1)}} - \left(\frac{D_{13,j}^{(k-1)}}{D_{11,j}^{(k-1)}} \right) (\varepsilon_0)_j^{(k-1)}, \quad (4)$$

$$(\varepsilon_0)_j^{(k)} = \frac{N}{D_{33,j}^{(k-1)}} - \left(\frac{D_{31,j}^{(k-1)}}{D_{33,j}^{(k-1)}} \right) \left(\frac{1}{\rho_x} \right)_j^{(k-1)}, \quad (5)$$

где (k) – номер итерации; j – шаг загрузки.

Сходимость итерационного процесса следует определять из условия:

$$|D_{ii}| \geq |D_{i1}| + \dots + |D_{i,i-1}| + |D_{i,i+1}| + \dots + |D_{in}|, \quad (6)$$

для всех или по крайней мере для одного i .

Расчет ведем в следующем порядке:

- задаются размеры, класс бетона, армирование,
- сечение стержня разбивается на отдельные участки,
- задаются площади участков бетона и арматуры A_{bij} , A_{sij} ;
- задаются начало координат (например, вверху) и координаты центра тяжести каждого участка x_{ij} , y_{ij} ;
- назначаются начальные кривизна, относительная деформациями и координата нейтрального слоя (обычно из условия упругой работы материалов). Например, для прямоугольного сечения на первом шаге итерации:

$$\left(\frac{1}{\rho_x} \right)^{(0)} = \frac{M_x}{E_b J_{bx}}, \quad (7)$$

$$(\varepsilon_0)^{(0)} = \frac{N}{E_b A_b}, \quad (8)$$

$$z_{y0j}^{(0)} = -\frac{h}{2}, \quad (9)$$

$$z_{x0i}^{(0)} = -\frac{b}{2}, \quad (10)$$

где J_{bx} , J_{by} – моменты инерции сечения (по бетону); E_b – начальный модуль упругости; A_b – площадь поперечного сечения (по бетону); h – высота прямоугольного сечения; b – ширина прямоугольного сечения; z_{y0j} , z_{x0i} – положение нейтрального слоя,

– вычисляются относительные деформации на участках

$$\varepsilon_{ij}^{(0)} = (\varepsilon_0)^{(0)} + \left(\frac{1}{\rho_x} \right)^{(0)} (y_{ij} + z_{y0j}^{(0)}) \quad (11)$$

– вычисляются напряжения и секущие модули бетона и стали согласно законам

$$\sigma_{bij}(\varepsilon_{ij}^{(0)}), \sigma_{sij}(\varepsilon_{ij}^{(0)}), \quad (12)$$

$$E_{b,redij}^{(0)} = \frac{\sigma_{bij}(\varepsilon_{ij}^{(0)})}{\varepsilon_{ij}^{(0)}}, \quad (13)$$

$$E_{s,redij}^{(0)} = \frac{\sigma_{sij}(\varepsilon_{ij}^{(0)})}{\varepsilon_{ij}^{(0)}}, \quad (14)$$

– определяется новое положение нейтрального слоя:

$$z_{x0i}^{(0)} = -\frac{\sum_{j=1}^m (A_{bij} \cdot E_{b,redij}^{(0)} + A_{sij} \cdot E_{s,redij}^{(0)}) x_{ij}}{\sum_{j=0}^m (A_{bij} \cdot E_{b,redij}^{(0)} + A_{sij} \cdot E_{s,redij}^{(0)})}, \quad (15)$$

$$z_{y0j}^{(0)} = -\frac{\sum_{i=1}^n (A_{bij} \cdot E_{b,redij}^{(0)} + A_{sij} \cdot E_{s,redij}^{(0)}) y_{ij}}{\sum_{i=0}^n (A_{bij} \cdot E_{b,redij}^{(0)} + A_{sij} \cdot E_{s,redij}^{(0)})}. \quad (16)$$

– вычисляются коэффициенты системы уравнений равновесия:

$$D_{11}^{(0)} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (A_{bij} \cdot E_{b,redij}^{(0)} + A_{sij} \cdot E_{s,redij}^{(0)}) (y_{ij} + z_{y0j}^{(0)})^2, \quad (17)$$

$$D_{13}^{(0)} = D_{31}^{(0)} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left(A_{bij} \cdot E_{b,redij}^{(0)} + A_{sj} \cdot E_{s,redij}^{(0)} \right) \left(y_{ij} + z_{y0j}^{(0)} \right), \quad (18)$$

$$D_{33}^{(0)} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left(A_{bij} \cdot E_{b,redij}^{(0)} + A_{si,j} \cdot E_{s,redij}^{(0)} \right) \quad (19)$$

– вычисляются новые величины кривизны и осевой деформации на следующей итерации:

$$\left(\frac{1}{\rho_x} \right)^{(1)} = \frac{M_x}{D_{11}^{(0)}} - \left(\frac{D_{13}^{(0)}}{D_{11}^{(0)}} \right) (\epsilon_0)^{(0)}, \quad (20)$$

$$(\epsilon_0)^{(1)} = \frac{N}{D_{33}^{(0)}} - \left(\frac{D_{31}^{(0)}}{D_{33}^{(0)}} \right) \left(\frac{1}{\rho_x} \right)^{(0)}, \quad (21)$$

– расчет по формулам (8)-(18) продолжается пока не выполняются условия:

$$\left| \frac{\left(\frac{1}{\rho_x} \right)^{(k)} - \left(\frac{1}{\rho_x} \right)^{(k-1)}}{\left(\frac{1}{\rho_x} \right)^{(k-1)}} \right| \leq \delta, \quad (22)$$

$$\left| \frac{(\epsilon_0)^{(k)} - (\epsilon_0)^{(k-1)}}{(\epsilon_0)^{(k-1)}} \right| \leq \delta, \quad (23)$$

где δ – точность расчета.

Более подробно решение системы уравнений (4)–(5) рассмотрены в [8].

На каждом шаге нагружения корректируем напряжения в арматуре по методике [8].

После определения D_{11} для каждого участка определяем прогибы методом сил по формуле:

$$v_j^{(k)} = \int_0^l \frac{M_p(x_i) \cdot M_1(x_i)}{(D_{11})_i} dx. \quad (24)$$

После определения жесткостных коэффициентов в каждом сечении производится расчет перемещения путем интегрирования численным методом трапеций значений на участках единичных моментов и вычисленной кривизны [6]. Решение с определением прогибов также возможно при помощи метода начальных параметров, который достаточно хорошо формализуем с точки зрения программирования [9, 10].

При определении прогибов следует учесть особенность распределение жесткости в сечении с трещиной и на участках между ними [7]. Для этого следует использовать экспериментальные зависимости в отношениях между моментом трещинообразования и моментом в сечении, где определяется жесткость, напряжением в арматуре момент трещинообразования и соответствующим напряжением в рассматриваемом сечении [11].

Далее строим зависимость $q(v)$ и аппроксимируем ее в виде полинома:

$$q = av^2 + bv, \quad (25)$$

где a и b – коэффициенты, аппроксимирующие зависимость $q(v)$.

Остаточные прогибы определяем, решая уравнение:

$$k_{mx} v - v_{pl} = av^2 + bv. \quad (26)$$

Так как $k_{mx} = b$, то остаточный прогиб определяем по формуле:

$$v_{pl} = -\frac{a}{b} v^2. \quad (27)$$

Алгоритмизация решения задачи в VBA осуществляется в следующем факторном пространстве [12, 13]:

```
Dim NnodC As Integer ' Количество узлов бетона
Dim XnodC() As Double 'Координаты узлов бетонных участков по оси X
Dim YnodC() As Double 'Координаты узлов бетонных участков по оси Y
Dim n As Integer 'Количество элементов бетона
Dim Ab() As Double 'Площади бетона
Dim X() As Double 'Координаты центров тяжести бетонных участков по оси X
Dim Y() As Double 'Координаты центров тяжести бетонных участков по оси Y
Dim XElem() As Double 'Текущие координаты элемента
Dim YElem() As Double 'Текущие координаты элемента
Dim NnodS As Integer ' Количество узлов стали
Dim XnodS() As Double 'Координаты узлов стальных участков по оси X
Dim YnodS() As Double 'Координаты узлов стальных участков по оси Y
Dim m As Integer 'Количество элементов арматуры
Dim Aarm() As Double 'Площади арматуры
Dim Xs() As Double 'Координаты центров тяжести бетонных участков по оси X
Dim Ys() As Double 'Координаты центров тяжести бетонных участков по оси Y
Dim XElemS() As Double 'Текущие координаты элемента
```



```
Dim YElemS() As Double 'Текущие координаты элемента
Dim ZY0 As Double 'Координаты нейтрального слоя по оси X
Dim ZX0 As Double 'Координаты нейтрального слоя по оси Y
```

со следующими характеристиками бетона:

```
Dim Epsilon() As Double
Dim SigmaB() As Double
Dim Ebred() As Double
Dim NuB() As Double
```

с учетом разрушенных элементов

```
Dim ElemConcreteDead() As Double
```

со следующими характеристиками стали:

```
Dim EpsilonS() As Double
Dim Esred() As Double
Dim SigmaS() As Double
```

параметрами искомых уравнений:

```
Dim ChiX() As Double
Dim ChiY() As Double
Dim Epsilon0() As Double
Dim ChiXn() As Double
Dim ChiYn() As Double
Dim Epsilon0n() As Double
```

и при учете участков с трещиной

```
Dim SectBeamCrc() As Double
```

По отыскании участков с предполагаемыми трещинами:

```
For i = 4 To NSectBeamM - 4 Step 4
    SectBeamCrc(i) = 1 'Элемент не разрушен
Next i
```

устанавливается количество сечений, в которых определяются прогибы:

```
NSectBeam = Sheets(6).Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row - 2
```

и количество сечений, в которых определяются жесткости:

```
NSectBeamM = Sheets(6).Cells(Rows.Count, 15).End(xlUp).Row - 2
```

Затем задаются приращения нагрузки, определяемые количеством шагов длительной части нагружения ($NFL = 10$), последовательными приближениями с контролем установленной сходимости результатов итераций отыскивается нагрузка на этапе jF , по заданным величинам предельных относительных деформаций нелинейной диаграммы бетона и стали вычисляются напряжения и секущие модули бетона и стали на участках, используемые для определения параметров напряженно-деформированного состояния сечения на этапе расчета.

Результаты исследования. Для численной реализации методики определим остаточные деформации от постоянных и длительных нагрузок $q_l = 3,25$ кН/м плиты перекрытия гражданского здания (пример 44 [14]): прямоугольного сечения размерами $h = 20$ см, $b = 100$ см, $h_0 = 17,3$ см, пролетом $l = 5,6$ м; тяжелый бетон класса В15 ($E_b = 24000$ МПа; $R_{b,ser} = 11$ МПа, $R_{bt,ser} = 1,1$ МПа); растянутая арматура класса А400 ($E_s = 206$ ГПа) с площадью поперечного сечения $A_s = 7,69$ см²

(5d14). Диаграммы принимаем по приложению Г [15]. Значения предельных относительных деформаций при непродолжительном действии нагрузки принимались равными $\varepsilon_{b0} = -0,002$, $\varepsilon_{b2} = -0,0035$, $\varepsilon_{bt0} = 0,0001$, $\varepsilon_{bt2} = 0,00015$. При продолжительном действии нагрузки величины предельных относительных деформаций $\varepsilon_{b0,l} = -0,0034$, $\varepsilon_{b2,l} = -0,0048$, $\varepsilon_{bt0,l} = 0,00024$, $\varepsilon_{bt2,l} = 0,00031$. Диаграмма деформирования для стали принята по билинейному закону.

Для автоматизации расчета была написана программа на языке VBA. По составленной программе строим зависимость нагрузки от перемещений $q(v)$. Также для численного анализа была построена зависимость $q(v)$ на основе нелинейных расчетов в программе ЛИРА-САПР с такими же диаграммами материалов. Результаты расчета даны на рис. 1 и в табл. 1.

Предварительно определим момент трещинообразования, при вычислении которого ниспадающие ветвь диаграммы бетона не учитывается.

Режим загрузки принят для кратковременной нагрузки. Из численного решения по методике [8] получим $M_{crc} = 10,22$ кНм. По формуле (9) найдем остаточные прогибы из данных методики нелинейно-деформационной модели (НДМ):

$$v_{pl} = \frac{0,0036}{0,3284} \cdot 10,509^2 = 1,21 \text{ мм},$$

а по результатам расчетов по методу конечных элементов (МКЭ):

$$v_{pl} = \frac{0,0041}{0,3641} \cdot 9,937^2 = 1,11 \text{ мм}.$$

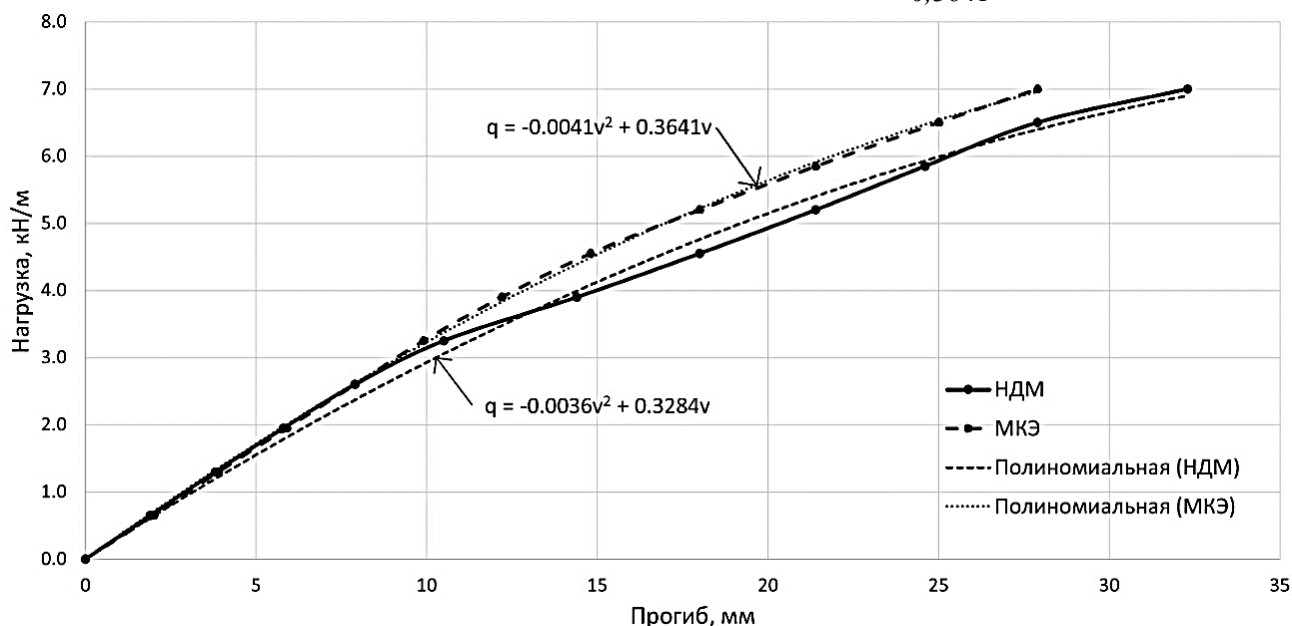


Рис. 2. Результаты расчета зависимости $q(v)$

Таблица 1

Результаты расчета

№ п/п	Нагрузка, кН/м	Прогибы, мм,		Остаточные прогибы, мм,	
		вычисленные по методике НДМ	вычисленные по методике МКЭ	вычисленные по методике НДМ	вычисленные по методике МКЭ
1	0,00	0,000	0,000	0,00	0,00
2	0,65	1,914	1,962	0,04	0,04
3	1,30	3,848	3,910	0,16	0,17
4	1,95	5,827	5,874	0,37	0,39
5	2,60	7,909	7,868	0,69	0,70
6	3,25	10,509	9,937	1,21	1,11
7	3,90	14,367	12,236	2,26	1,69
8	4,55	18,039	14,848	3,57	2,48
9	5,20	21,444	17,999	5,04	3,65
10	5,85	24,578	21,442	6,62	5,18
11	6,50	27,878	25,022	8,52	7,05
12	7,00	32,294	27,920	11,43	8,78

Расчеты по разработанной методике, методом конечных элементов [9, 10] и примера 44

[14] показывают, что прогибы имеют незначительное расхождение, представленное в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение результатов расчета

Методика расчета	Прогиб, мм
СП 63.13330.2018	26,34
МКЭ	25,02
Метод итераций (НДМ)	27,88

Выводы. Представлено подтверждение эффективности подхода, лежащего в основе большинства существующих инженерных методов поверочного расчета и усиления изгибаемых железобетонных конструкций, основанного на определении интегральных жесткостных характеристик сечения по упрощенным методикам. Подтверждена рациональность использования нелинейной деформационной модели при использовании методик действующих норм, определяющих необходимость количественного учета особенностей нелинейного деформирования материалов, режима загрузки и предыстории работы конструкции. Продемонстрирована количественная и качественная эффективность применения нелинейной деформационной модели при расчете остаточных прогибов, при котором изгибаемый элемент разбивается на отдельные участки, на каждом из которых на основе нелинейной деформационной модели вычисляются жесткости. При решении систем уравнений равновесия нелинейной деформационной модели применяется метод итераций. На участках с трещинами напряжения в арматуре корректируются коэффициентом, учитывающим неравномерность их распределения в сечении с трещиной и между ними. После определения жесткостных коэффициентов в каждом сечении производится определение перемещения путем интегрирования численным методом трапеций значений на участках единичных моментов и вычисленной кривизны. Строится график «нагрузка-прогиб» и аппроксимируется квадратным полиномом с выводом аналитической зависимости для определения остаточных прогибов, а также напряжено-деформированного состояния изгибаемых элементов в целом. Приведен анализ и сравнение результатов с нормативной методикой. Численный пример показал хорошую сходимость с нормативной методикой.

При помощи разработанной методики возможно решать практическую задачу, часто встречающуюся при обследовании, имея фактические деформации и нагрузку определять остаточные прогибы. Следует отметить, что важное значение имеет шаг разбивки конструкции на участки и учет в вычислении жесткости неравномерность напряжений между трещинами. Разработанная методика позволяет достовернее определять остаточные деформации, учитывая стадийность работы конструкции и позволяет с большей точностью по сравнению с нормативной методикой определять их прогибы, что может послужить действенным аналитическим инструментом в практической деятельности современного строительного эксперта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колчунов В.И., Скобелева Е.А., Коржавых А.И. К расчету деформативности железобетонных рам с элементами составного сечения // Academia. Архитектура и строительство. 2009. №4. С. 74–78.
2. Ribeiro R.R.J., Diogenes H.J.F., Nobrega M.V., Debs A.L.H.C.EL. A survey of the mechanical properties of concrete for structural purposes prepared on construction sites // Rev. IBRACON Estrut. Mater. 2016. Vol. 9. No. 5. Pp. 722–744.
3. Байдин О.В. Шаповалов С.М.; Шевченко А.В. Учет температурных деформаций при расчете замкнутых цилиндрических оболочек вариационным методом // Строительная механика и расчет сооружений, 2009. №5. С. 6–9.
4. Коянкин А.А., Митасов В.М. Напряженно-деформированное состояние сборно-монолитного здания // Инженерно-строительный журнал. 2017. № 6 (74). С. 175–184.
5. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. М.: Изд. «Наука», 1966. 664 с.
6. Байдин О.В. Шаповалов С.М.; Шевченко А.В. Расчет сборно-монолитных конструкций с применением вариационного метода и интегрального модуля деформации // Строительная механика и расчет сооружений, 2009. №4. С. 9–13.
7. Байдин О.В. Шаповалов С.М., Шевченко А.В. Экспериментальное исследование трещиностойкости стержневых сборно-монолитных конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2009. № 2. С. 78–83.
8. Шевченко А.В., Давидюк А.А., Баглаев Н.Н. Метод итераций для расчета железобетонных элементов на основе нелинейной деформационной модели // Промышленное и гражданское строительство. 2022. №3. С. 13–18.
9. Abdulsamee H. Study the Behavior of Reinforced Concrete Beam Using Finite Element Analysis // Proceedings of the 3rd World Congress on Civil Structural and Environmental Engineering (CSEE'18). Budapest, Hungary. 2018. ICSENM 103.
10. Wellison J.S.G. Reliability analysis of reinforced concrete beams using finite element models // Proceedings of the XXXVIII Iberian Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering. 2017.
11. Poloz M.A., Frolov N.V., Shevchenko A.V., Jiang Ji Mei. Analysis of Prestressed Bent Precast-In Structures in Vlasov-Mileykovsky Method with Physical Non-Linearity of Material // Materials Science Forum. 2019. Vol. 974. Pp. 601–607.

12. McCracken D.D., Dorn W.S. Numerical methods and Fortran programming, Wiley, 1965. 583 p.

13. Pangaribuan G. An Introduction to Excel for Civil Engineers. e-Book, 2016. 387 p.

14. Методическое пособие. Расчет железобетонных конструкций без предварительно напряженной арматуры. Пособие к СП 63.13330. М.: Минстрой России, 2015.

15. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. М.: Минстрой России, 2017.

Информация об авторах

Шевченко Андрей Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций. E-mail a.shevchenko@ktbbeton.com. Московский государственный строительный университет. Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Баглаев Николай Николаевич, генеральный директор. E-mail n.baglaev@ktbbeton.com. АО «КТБ Железобетон». Россия, 109428, г. Москва, 2-я Институтская, д. 6, стр. 64

Зеленев Евгений Александрович заведующий отделом строительного инжиниринга и реконструкции. E-mail e.zelenev@ktbbeton.com. АО «КТБ Железобетон». Россия, 109428, г. Москва, 2-я Институтская, д. 6, стр. 64

Курбатов Владимир Леонидович, доктор экономических наук, профессор кафедры строительства и городского хозяйства. E-mail kurbatov.vl@bstu.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 30.06.2023 г.

© Шевченко А.В., Баглаев Н.Н., Зеленев Е.А., Курбатов В.Л., 2023

^{1,*}Shevchenko A.V., ²Baglaev N.N., ²Zelenev E.A., ³Kurbatov V.L.

¹Moscow State University of Civil Engineering (National Research University)

²KTB Beton Group

³Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

*E-mail: a.shevchenko@ktbbeton.com

DETERMINATION OF RESIDUAL DEFLECTIONS OF BENT REINFORCED CONCRETE ELEMENTS BASED ON A NONLINEAR DEFORMATION MODEL

Abstract. The purpose of this work is to numerically implement the determination of residual deflections of reinforced concrete elements based on a nonlinear deformation model. To solve the equations in a physically nonlinear formulation, the iteration method is used in combination with Microsoft Excel and VBA. Most of the existing engineering methods for the verification calculation and reinforcement of bent elements are based on approaches based on the determination of integral stiffness characteristics of the section by simplified methods. This problem acquires new relevance when using the current norms, when it is necessary to take into account the features of nonlinear deformation of materials, loading mode, and the background of the structure. The article considers the application of a nonlinear deformation model in the calculation of residual deflections. To solve this problem, the bent element is divided into separate sections, on each of which stiffness is calculated based on a nonlinear deformation model. When solving systems of equilibrium equations of a nonlinear deformation model, the iteration method is used. In areas with cracks, the stresses in the reinforcement are adjusted by a coefficient that takes into account the unevenness of their distribution in the section with the crack and between them. After determining the stiffness coefficients in each section, the displacement is determined by integrating the values in the sections of unit moments and the calculated curvature by the numerical method of trapezoids. A load-deflection graph is constructed and approximated by a square polynomial with the derivation of an analytical dependence to determine the residual deflections as well as the stress-strain state of the bent elements as a whole. The analysis and comparison of the results with the normative methodology is given. Numerical example of calculation of good convergence with the normative methodology.

Keywords: nonlinear deformation model, iteration method, residual deflections.

REFERENCES

1. Kolchunov V.I., Skobeleva E.A., Kogzhavnyh A.I. To calculation of deformation of reinforced concrete frames with elements of composite

section [K raschetu deformativnosti zhelezobetonnyh ram s elementami sostavnogo secheniya]. Academia. Architecture and Civil Engineering. 2009. No. 4. Pp. 74–78. (rus)

2. Ribeiro R.R.J., Diogenes H.J.F., Nobrega M.V., Debs A.L.H.C.El. A survey of the mechanical properties of concrete for structural purposes prepared on construction sites. Rev. IBRACON Estrut. Mater. 2016. Vol.9. No. 5. Pp. 722–744.
3. Bajdin O.V., Shevchenko A.V., Shapovalov S.M. Considering temperature deformations in the calculation of closed cylindrical shells by variational method [Uchet temperaturnykh deformacij pri raschete zamknutyh cilindricheskih obolochek variacionnym metodom]. Structural Mechanics and Analysis of Constructions. 2009. No. 5. Pp. 6–9. (rus).
4. Koyankin A.A., Mitsov V.M. Stress-strain state of precast and cast-in place buildings [Napryazhyonno-deformirovannoe sostoyanie sborno-monolitnogo zdaniya]. Magazine of Civil Engineering. 2017. No. 6. Pp. 175–184. (rus)
5. Demidovich B.P., Maron I.A. Demidovich B. P. Fundamentals of Computational Mathematics [Osnovy vychislitel'noj matematiki]. M.: Nauka Publ., 1966. 664 p. (rus)
6. Bajdin O.V., Shevchenko A.V., Shapovalov S.M. Calculation of precast-monolithic structures using variational method and the integral of the modulus of deformation [Raschet sborno-monolitnykh konstrukcij s primeneniem variacionnogo metoda i integral'nogo modulya deformacii]. Structural Mechanics and Analysis of Constructions. 2009. No. 4. Pp. 9–13. (rus)
7. Bajdin O.V., Shevchenko A.V., Shapovalov S.M. Experimental study of the fracture toughness of the core precast-monolithic structures [Eksperimental'noe issledovanie treshchinostojkosti sterzhnevnykh sborno-monolitnykh konstrukcij]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2009. No. 2. Pp. 78–83. (rus).
8. Shevchenko A.V., Davidyuk A.A., Baglaev N.N. Iteration Method for the Calculation of Reinforced Concrete Elements Based on a Nonlinear Deformation Model [Metod iteracij dlya rascheta zhelezobetonnykh elementov na osnove nelinejnoj deformacionnoj modeli]. Industrial and Civil Engineering, 2022. No. 3. Pp. 13–18. (rus)
9. Abdulsamee H. Study the Behavior of Reinforced Concrete Beam Using Finite Element Analysis. Proceedings of the 3rd World Congress on Civil Structural and Environmental Engineering (CSEE'18). Budapest, Hungary. 2018. ICSENM 103. DOI:10.11159/icsenm18.103
10. Wellison J.S.G. Reliability analysis of reinforced concrete beams using finite element models. Proceedings of the XXXVIII Iberian Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering. 2017.
11. Poloz M.A., Frolov N.V., Shevchenko A.V., Jiang Ji Mei. Analysis of Prestressed Bent Precast-Cast-In Structures in Vlasov-Mileykovsky Method with Physical Non-Linearity of Material. Materials Science Forum. 2019. Vol. 974. Pp. 601–607.
12. McCracken D.D., Dorn W.S. Numerical methods and Fortran programming, Wiley, 1965. 583 p.
13. Pangaribuan G. An Introduction to Excel for Civil Engineers. e-Book, 2016. 387 p.
14. Methodical manual. Calculation of reinforced concrete structures without prestressed reinforcement. Manual for SP 63.13330 [Metodicheskoe posobie. Raschet zhelezobetonnykh konstrukcij bez predvaritel'no napryazhennoj armatury. Posobie k SP 63.13330]. M.: Ministry of Construction of Russia, 2015. (rus)
15. SP 63.13330.2018 Concrete and reinforced concrete structures. The main provisions [SP 63.13330.2018 Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii. Osnovnye polozheniya.]. M.: Ministry of Construction of Russia, 2017. (rus)

Information about the authors

Shevchenko, Andrey V. PhD, Asc. professor. E-mail: a.shevchenko@ktbbeton.com. Moscow State University of Civil Engineering. Russian Federation, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26

Baglaev, Nikolai N. General Director. E-mail: n.baglaev@ktbbeton.com. KTB BETON GROUP, Russian Federation, 109428, Moscow, 2nd Institutskaya str., 6, 64

Zelenev, Evgeny A. Head of the Department of Construction Engineering and Reconstruction. E-mail: e.zelenev@ktbbeton.com. KTB BETON GROUP, Russian Federation, 109428, Moscow, 2nd Institutskaya str., 6, 64

Kurbatov, Vladimir L. DSc, Professor. E-mail: kurbatov.vl@bstu.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46

Received 30.06.2023

Для цитирования:

Шевченко А.В., Баглаев Н.Н., Зеленов Е.А., Курбатов В.Л. Определение остаточных прогибов изгибаемых железобетонных элементов на основе нелинейной деформационной модели // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 8. С. 31–40. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-8-31-40

For citation:

Shevchenko A.V., Baglaev N.N., Zelenev E.A., Kurbatov V.L. Determination of residual deflections of bent reinforced concrete elements based on a nonlinear deformation model. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 8. Pp. 31–40. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-8-31-40

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-8-41-49

Фёдоров О.П., *Лявданский Д.В.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

*E-mail: lyacdanski@gmail.com

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ВЭС НА ТЕРРИТОРИИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ В АКВАТОРИИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА

Аннотация. В статье рассматриваются градостроительные аспекты установки ветряных электростанций на территории Санкт-Петербургской агломерации в акватории Финского залива.

Основным методом исследования является анализ различных данных: законодательной базы, природно-климатических условий, научных исследований, установленных маршрутов движения крупных судов и визуально-пространственных характеристик. Собранная информация нанесена на сводную карту-схему, позволяющую выявить и оценить пригодные для установки ВЭС участки акватории Финского залива.

В результате исследования установлено наличие в заливе четырех пригодных для установки ветряных электростанций зон. Эти зоны расположены по обе стороны от комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений, а также вдоль северного берега залива между поселком Лисий Нос и общественно-деловым комплексом «Лахта-центр». Каждая из выявленных зон обладает различным набором природно-климатических, композиционных и объемно-пространственных характеристик, обеспечивающих гибкость в принятии решений и возможность создать уникальный архитектурный ансамбль. Также даны рекомендации по выбору методики оценки степени влияния планируемых объектов на сложившиеся туристические панорамы и виды города в случаях, когда рассматриваемая под застройку территория находится за пределами охраняемых законом зон.

Ключевые слова: ветрогенератор, эстетика, экология, альтернативная энергия, город, ветроэнергетическая установка.

Введение. По состоянию на 2023 год Санкт-Петербург получает электроэнергию от 15 газовых ТЭС совокупной мощностью 4532,5 МВт [1]. Хотя данная технология и намного чище, чем угольные тепловые электростанции, все же она наносит ущерб экологии региона по причине того, что при выработке энергии газовые ТЭС выбрасывают в атмосферу углекислый газ, который, как известно, создает парниковый эффект и снижает содержание кислорода в воздухе. Помимо углекислого газа опасность представляют окислы азота, негативно влияющие на центральную нервную систему [2]. Угрозой является и само топливо – природный газ крайне огнеопасен и требует соблюдения техники безопасности на высочайшем уровне. Описанные выше особенности газовых ТЭС являются одной из причин присвоения им третьего уровня опасности. Сложившаяся ситуация говорит о необходимости продумать стратегию модернизации сложившейся энергетической системы города. Одним из перспективных вариантов модернизации является популярный в наше время переход к альтернативным источникам энергии. Этот путь избрали многие развитые страны мира и успешно его реализуют [3].

Альтернативу ТЭС предлагает сама природа и география региона. Санкт-Петербург расположен на равнинном берегу Финского залива и постоянно продувается с его стороны. Согласно данным метеослужбы аэропорта Пулково ветер

наиболее силен в акватории залива на незначительном удалении от берега. Современные технологии в области ветряной энергетики позволяют превратить ветер в высокопроизводительный источник энергии. Для полноценной замены ТЭС придется устанавливать промышленные ВЭУ. Однако помимо инженерной у этого вопроса есть и эстетическая сторона [4].

Высота современного промышленного ветрогенератора варьируется от 60 до 150 метров, что соответствует 20–50 этажной застройке. Высота застройки Санкт-Петербурга до революции редко превышала 5–7 этажей, за исключением доминант в виде храмов или шпилей [5]. Из этого следует, что появление такой ВЭУ в границах Санкт-Петербурга 1917 года серьезно скажется на градостроительном облике и небесной линии, которые охраняются не только неравнодушными горожанами и градозащитниками, но и законом [6]. Более того, такой чисто техногенный объект категорически не сочетается с исторической застройкой города не только из-за гигантизма, но и из-за диссонанса в архитектурном облике. ВЭУ, в отличие от любого исторического здания или объекта представляет из себя вытянутую минималистичную подвижную конструкцию. Получается, что установка промышленных ветрогенераторов в описанных районах не представляется возможной по целому ряду причин.

Методы и материалы. Методы исследования: анализ документов, карт, данных наблюдений за погодой. Систематизация путем отображения всех полученных сведений на картах-схемах.

Основная часть. Главным ограничением для установки промышленных ветрогенераторов в Санкт-Петербурге является закон, поэтому в рамках исследования было проанализировано законодательство в сфере градостроительства, а именно закон Санкт-Петербурга от 19 января 2009 г. № 820-7 "О границах объединенных зон охраны объектов культурного наследия, расположенных на территории Санкт-Петербурга, режимах использования земель и требованиях к градостроительным регламентам в границах указанных зон" (Принят Законодательным Собранием Санкт-Петербурга 24 декабря 2008 года, с изменениями 2022 г.). В пункте 2.2.1.1. настоящего закона сказано: «Силуэт города определяет соотношение доминант и фоновой застройки. Не допускается появление новых доминант в пределах охранной зоны, зоны регулирования застройки и хозяйственной деятельности 1, а также в пределах обзора панорам исторического центра, открытых городских пространств». Пункт 2.2.2.1.:

«Визуальные направления – направления зрительного восприятия архитектурных доминант и акцентов, завершающих перспективу открытых городских пространств. Охраняются визуальные направления, в пределах которых ограничивается высота застройки городской среды с целью обеспечения высотного преобладания над нею доминант и акцентов на фоне неба». Пункт 2.2.3.1.; «Охраняются сочетания ценных компонентов городского ландшафта с акцентами и доминантами, зрительно четко воспринимаемые на фоне неба в пределах видимости 6 км. Объекты дальних планов, расположенные за пределами видимости 6 км, не должны снижать композиционную роль компонентов ближних планов» [7]. Вышеперечисленные цитаты из закона №820-7 Санкт-Петербурга указывают, что надлежит проверять возводимый объект на предмет попадания в 6 километровый радиус от каждой охраняемой панорамы и степень его влияния на среду (рис.1). Де-факто это значит, что строительство видимых в таком радиусе от охраняемых панорам объектов, скорее всего запретят.

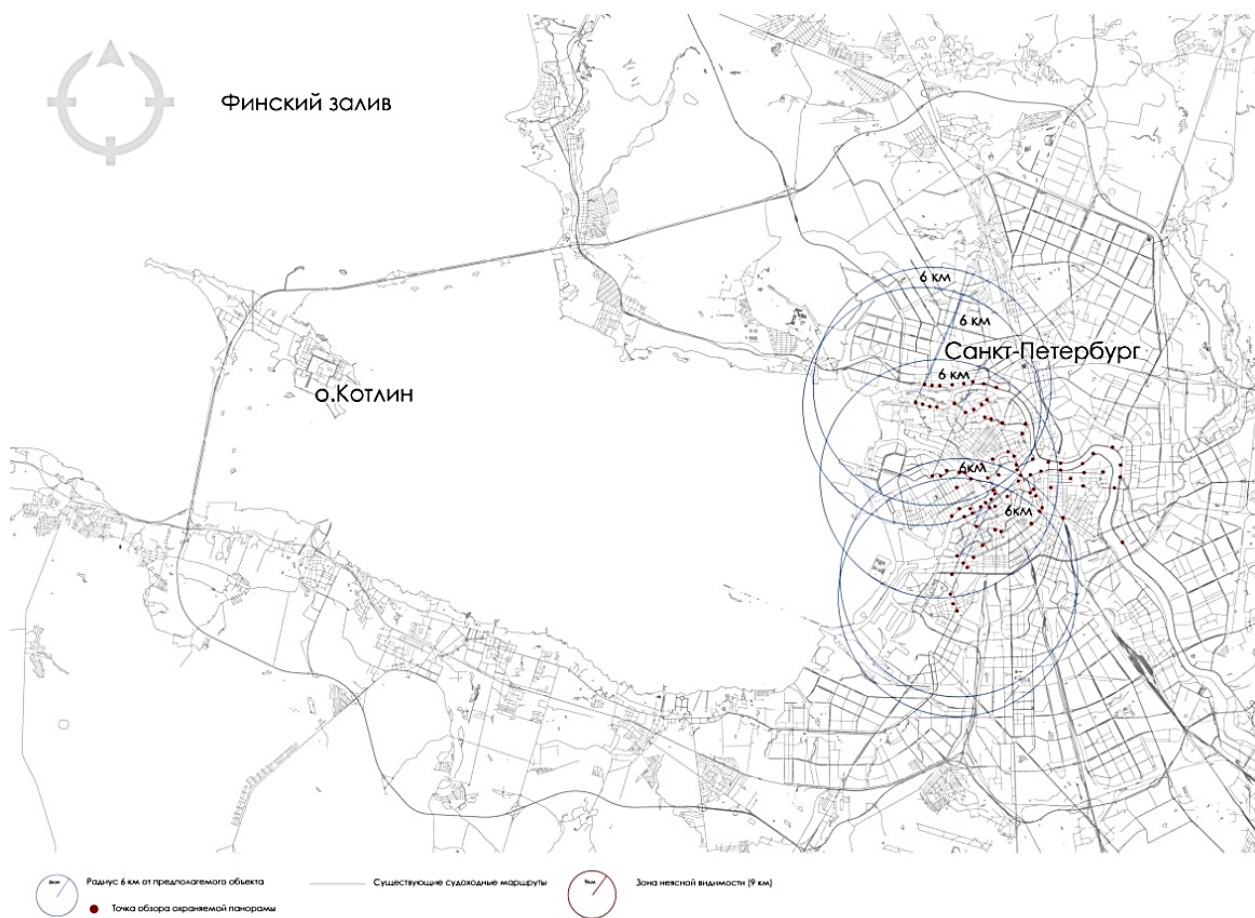


Рис. 1. Схема 6 километровых радиусов от охраняемых панорам

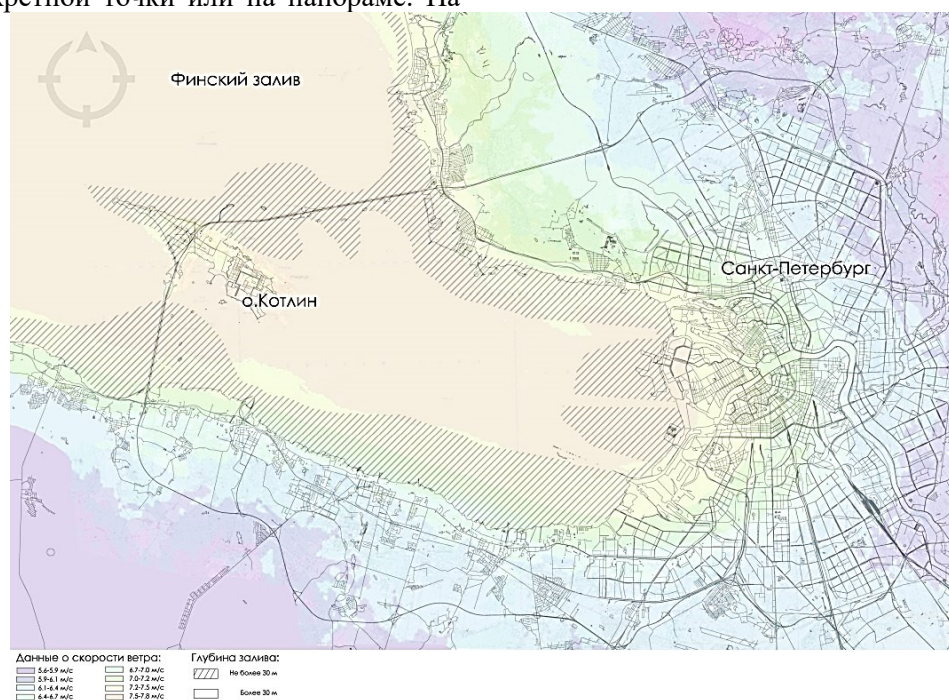
Но в данном вопросе стоит руководствоваться не только законом, но и здравым смыслом и уважением к городу. Нарушать исторически

сложившиеся панорамы, за которые так любят Санкт-Петербург неправильно и неэтично. По-

этому, даже если предполагаемый объект находится за пределами обозначенных радиусов зон, необходимо провести исследование на потенциальный риск снижения композиционной значимости существующих акцентов и доминант. В качестве методики для такого исследования целесообразно использовать подход, разработанный в СПбГАСУ в рамках НИРС «Влияние "Лахта-Центра" на историческую панораму Санкт-Петербурга» (Фёдоров О.П., Белослюдцева Ю.О., Метлицкая А.А., Фазлиева Д.М.). Эта методика предполагает признание объекта не нарушающим рассматриваемые «открыточные» виды и панорамы, и не снижающим композиционную значимость существующих акцентов и доминант при соблюдении следующих условий: объект не должен визуально возвышаться более чем на 1/3 средней высоты застройки над линией средней высоты застройки на панораме, и должен быть визуально удален от ближайшей доминанты (группы доминант) не менее, чем на собственную высоту этой доминанты, взятую от линии горизонта. Таким образом, проверяются все охраняемые панорамы, на которые потенциально может попасть планируемый высотный объект. Результаты анализа наносятся на две карты-схемы: «Карта видимости» и «Карта доминант». На первой карте цветом выделяются участки улиц или открытых пространств, отдельные точки, на которых видно объект в градации от 0 до 1, то есть от отсутствия видимости до абсолютной просматриваемости во всю высоту в светлое время суток. Для наглядности используется силуэтное изображение объекта, на котором выделяется цветом его часть, видимая невооруженным взглядом из конкретной точки или на панораме. На

второй карте отмечаются участки, с которых рассчитывается степень визуального отдаления от доминант ближних планов [8]. В контексте рассматриваемой темы рекомендуется проводить подобные исследования не только для обозначенных в законе панорам и видов, но и для неохраняемых, но известных «туристических» панорам. В особенности Кронштадта и территории вокруг него, на которой расположено множество исторических фортов и других значимых для истории объектов, на визуальное восприятие которых могут повлиять шельфовые ветрогенераторы.

Для размещения ВЭУ помимо эстетических параметров должны учитываться и природно-климатические [9]. Это наиболее открытые и продуваемые территории с наиболее высокой среднегодовой скоростью ветра. Таким характеристикам лучше всего соответствуют участки акватории Финского залива на расстоянии от двух до четырех километров от береговой линии. Помимо этого, должны быть учтены и геологические условия, особенно характеристика дна Финского залива в районе Санкт-Петербурга, а также средняя глубина акватории [10–13]. Поскольку приемлемой для установки промышленных ВЭУ считается глубина не более 30 метров, необходимо изучить лоцманские карты и найти участки дна с соответствующей требованию глубиной (рис. 2). В случае с Финским заливом найти такие зоны не очень сложно. Исторически это место славилось множеством мелей и в целом малой глубиной. Участок Финского залива между устьем Невы и островом Котлин даже получил в свое время фольклорное название «Маркизова лужа».



В результате проведенного анализа законодательства, климатических и геологических условий было выделено несколько зон вокруг дамбы и вдоль северного берега Финского залива, подходящих для установки промышленных ветрогенераторов (рис. 3, 4). Выбранные участки соответствуют нескольким важным параметрам: не попадают на охраняемые исторические панорамы, находятся в местах с наиболее высокой средней скоростью ветра на рабочей высоте ветрогенератора, расположены в акватории залива в наиболее мелководных местах с глубиной не более 30 метров и не препятствуют проходу судов

по установленным маршрутам. Также важным фактором является большая площадь выявленных зон, поскольку технические особенности промышленных ветрогенераторов не позволяют ставить их очень компактно. Требуется расстояние не менее, чем в пять раз больше диаметра лопастей по основному направлению ветра, а в идеале десять и в три раза – по второстепенному направлению лопастей между соседними установками. Ненормативное расстояние может привести к снижению их эффективности и производительности [14].

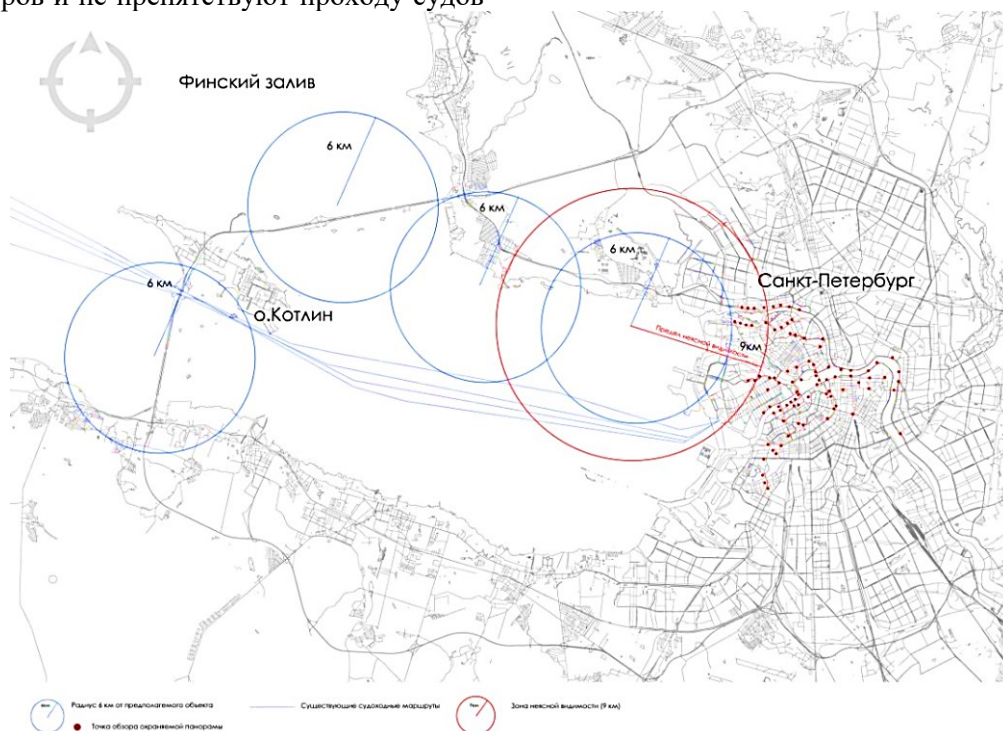


Рис. 3. Схема радиусов от проектных точек

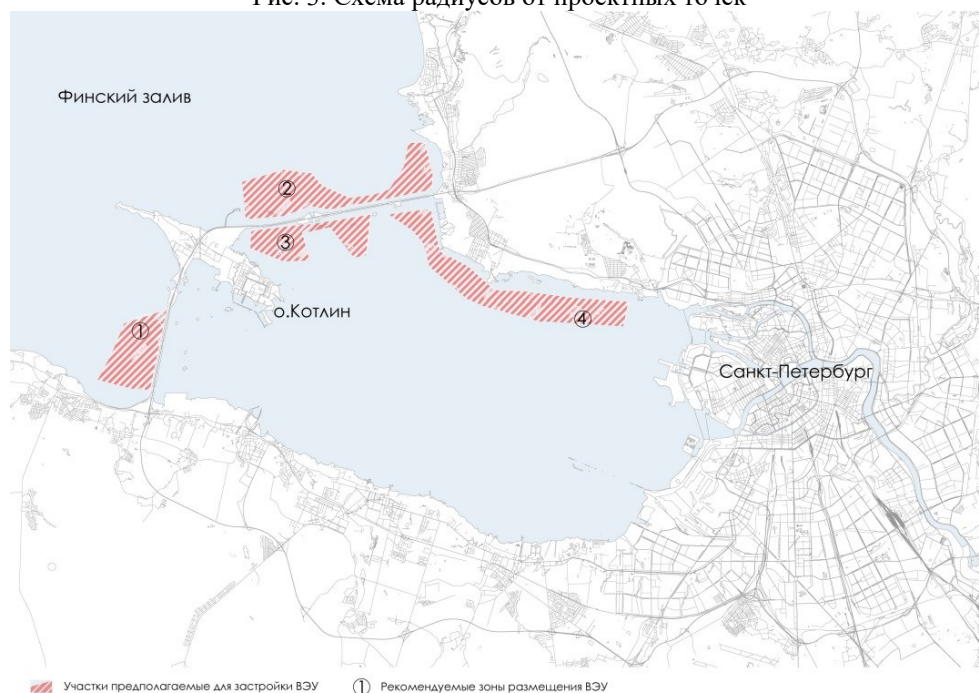


Рис. 4. Схема расположения зон для установки ВЭС



Рис. 6. Вид на ветрогенераторы у южной части дамбы (проект)

Кроме того, при движении по дамбе данная зона формирует первый план для панорамы о. Котлин, важным компонентом которой является Кронштадтский Морской собор. Таким образом, расположение ВЭС в этой зоне создает риски для данной исторически и ландшафтно ценной панорамы. Если же рассматривать под застройку зону 2, то важнейшей точкой обзора и анализа видовых характеристик должна стать эстакада судопропускных сооружений комплекса защитных сооружений С-2. Отметка КАД над С-2 выше, чем по остальной дамбе, а значит обзор с неё будет лучше, что определяет важность этого отрезка.

Четвертая зона при идентичных климатических параметрах более благоприятна с инженерной точки зрения. Согласно данным лоцманских карт глубина залива в этом месте варьируется от 12 до 20 метров, что в 1,5–2 раза меньше, чем в других зонах. Этот фактор может стать решающим за счет меньших трудозатрат и необходимых финансовых вложений для установки ветрогенераторов на шельфе вдоль северного берега залива.

Однако эта зона входит в зону охраняемого ландшафта акватории Невской губы и Финского залива ЗОЛ-3-1, что вызывает необходимость представления обоснований для получения разрешения на строительство. На этой территории отсутствуют рукотворные линейные объекты, что затруднит согласование, поскольку не получится обосновать появление новых объектов как дополнение и завершение существующего архитектурного ансамбля, как в случае с зоной 3.

С точки зрения архитектурной композиции все тоже сложится по-другому. На 4 участке нет горизонтальных суперобъектов наподобие комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений. Но нет и существующих исторических доминант, влияющих на формирование панорам и накладывающих комплекс ограничений. Застройка береговой линии в этом месте либо отсутствует, либо представляет из себя малоэтажную коттеджную или курортную застройку, а также несколько благоустроенных и диких пляжей. Поэтому там необходимо выстраивать из ветряков самостоятельную композицию на фоне залива.

Исключение в этой зоне составляет башня «Лахта-центр» и окружающие ее вспомогательные здания. В последнее время эта территория бурно развивается, вокруг башни растет современный деловой квартал. Поддержать его рост необходимо, поскольку в Петербурге других таких кварталов нет, что нехарактерно для большинства современных мегаполисов [15]

Башня, имеющая закручивающуюся заостренную кверху форму, и расположенные рядом с ней 175 метровые флагштоки обеспечивают объемно-пространственную совместимость с ветряками. Грамотное дополнение ансамбля «Лахта-Центра» ветроэнергетическими установками способно создать современный городской пейзаж на игре высот и футуристичных форм, визуально связать пространство акватории с сушей. Это, безусловно, повысит привлекательность места для прогулок среди туристов и жителей города.

Выводы.

1. Определены зоны на территории Санкт-Петербурга, пригодные для размещения ветроэнергетических установок, соответствующие Российскому и Санкт-Петербургскому законодательству, а также природно-климатическим параметрам.

2. Выделенные зоны имеют различные характеристики, что дает гибкость в эстетических и инженерных решениях при проектировании ветроэлектростанций.

3. Наиболее пригодными для размещения ветрогенераторов по совокупности факторов оказались участки шельфа Финского залива по обе стороны от дамбы и вдоль северного берега от посёлка Лисий Нос до башни «Лакhta-Центр».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Действующая схема и программа перспективного развития электроэнергетики Санкт-Петербурга на 2022-2026 годы. [Электронный ресурс] // Администрация Санкт-Петербурга. URL: https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2022/04/29/32/25-%D0%BF%D0%B3_%D0%BE%D1%82_27.04.2022.PDF (дата обращения: 9.04.2023).
2. Ситникова Ю.И., Батухтин А.Г. Экологические проблемы ТЭЦ // Экология водоемов – охладителей энергетических станций. Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. Забайкальский государственный университет (Чита), 2017. С. 259–263
3. Корниенко Д.Н., Попова Н.М., Долбилова М.А., Калинина А.И. Состояние и перспективы развития энергетики России // Градостроительство. инфраструктура. коммуникации. 2021. № 4 (25) С. 32–37
4. Федоров О.П., Кузьмина А.А., Лобанов Ю.Н. Архитектурные особенности использования ветроэнергетических установок в исторической застройке // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 4(81). С. 29–38. DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-4-29-38.
5. Семенцов С.В. Этапы формирования пространственной среды Санкт-Петербурга. Ч.1. Историческое развитие кварталов и их регламентация // Вестник гражданских инженеров. 2006. № 2 (7) С. 16–19
6. Приказ Министерства культуры Российской Федерации от 30.10.2020 № 1295 "Об утверждении предмета охраны, границ территории и требований к градостроительным регламентам в границах территории исторического поселения федерального значения город Санкт-Петербург" (Зарегистрирован 16.06.2021 № 63887) Действующая схема и программа перспективного развития электроэнергетики Санкт-Петербурга на 2022–2026 годы [Электронный ресурс] // Официальное опубликование правовых актов. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202106160028> (дата обращения: 09.05.2023).
7. ЗАКОН САНКТ-ПЕТЕРБУРГА О границах объединенных зон охраны объектов культурного наследия, расположенных на территории Санкт-Петербурга, режимах использования земель и требованиях к градостроительным регламентам в границах указанных зон* (с изменениями на 29 марта 2023 года) [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/891801807> (дата обращения: 11.03.2023).
8. Fedorov O., Lobanov Y. Conformity of pre-design studies on Lakhta-Center influence on the Saint Petersburg historical panorama and scenery spots // E3S Web of Conferences : Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019, Moscow. Moscow: EDP Sciences. 2020. Vol. 164. 05013. DOI:10.1051/e3sconf/202016405013.
9. Илья Н. Бузаджи Подбор площадки для строительства ветроэлектростанции // С.О.К. 2019. №5. С. 88–90
10. Санкт-Петербург (Saint Petersburg) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ventusky.com/ru/saint-petersburg> (дата обращения: 10.05.2023).
11. Архив погоды в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс]. URL: https://world-weather.ru/archive/russia/saint_petersburg/#t2 (дата обращения: 10.05.2023).
12. Карта "25002 - 0,25 - От Ленинграда до Кронштадта" [Электронный ресурс]. URL: http://www.rivermap.narod.ru/maps/Finsky_zaliv/finsky_gulf.htm (дата обращения: 21.05.2023).
13. Карта "23000 - 1,0 - От Санкт-Петербурга до маяка Шепелевский", 2004г. [Электронный ресурс] // Электронные лоции Финского залива. URL: http://www.rivermap.narod.ru/maps/Finsky_zaliv/finsky_gulf.htm (дата обращения: 21.05.2023).
14. Безруких П.П., Безруких(мл.) П.П., Грибков С.В. Ветроэнергетика М.: Изд-во Теплоэнергетик, 2014. 89 с.
15. Безлепкин М.Н. Территориальные экономические зоны как новый механизм управления пространственным развитием Санкт-Петербурга // Управленческое консультирование. 2014. №3 (63) С. 81–88.

Информация об авторах

Фёдоров Олег Павлович, доцент, б.зв. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д.4.

Лявданский Даниил Владленович, студент 4 курса очной формы по направлению обучения градостроительство. E-mail: lyacdanski@gmail.com. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д.4.

Поступила 07.06.2023 г.

© Фёдоров О.П., Лявданский Д.В., 2023

Fedorov O.P., *Liavdanskii D.V.

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

**E-mail: lyacdanski@gmail.com*

URBAN PLANNING FEATURES OF THE PLACEMENT OF WIND FARMS ON THE TERRITORY OF THE ST. PETERSBURG AGGLOMERATION IN THE WATERS OF THE GULF OF FINLAND

Abstract. *The article deals with urban planning aspects of the installation of wind power plants on the territory of the St. Petersburg agglomeration in the waters of the Gulf of Finland.*

The main method of research is the analysis of various data: the legislative framework, natural and climatic conditions, scientific research, established routes of large vessels and visual and spatial characteristics. The collected information is plotted on a summary map-scheme that allows you to identify and evaluate the areas of the Gulf of Finland suitable for the installation of wind farms.

As a result of the study, the presence of four zones suitable for the installation of wind power plants in the bay was established. These zones are located on both sides of the complex of flood defenses of St. Petersburg, as well as along the northern shore of the bay between the village of Lisiy Nos and the public and business complex "Lakhta Center". Each of the identified zones has a different set of climatic, compositional and spatial characteristics that provide flexibility in decision-making and the ability to create a unique architectural ensemble. Recommendations are also given on the choice of a methodology for assessing the degree of influence of planned objects on the established tourist panoramas and views of the city in cases when the territory under consideration for development is outside the legally protected zones.

Keywords: *wind generator, aesthetics, ecology, alternative energy, city, wind power plant.*

REFERENCES

1. The current scheme and program for the long-term development of the St. Petersburg electric power industry-St. Petersburg for 2022-2026 [Dejstvuyushchaya skhema i programma perspektivnogo razvitiya elektroenergetiki Sankt-Peterburga na 2022-2026 gody]. Administration of St. Petersburg. URL: https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2022/04/29/32/25-%D0%BF%D0%B3_%D0%BE%D1%82_27.04.2022.PDF (date of treatment: 04.19.2023).
2. Sitnikova Y.I., Batukhtin A.G. Environmental Problems CHP [Ekologicheskie problemy TEC] Ecology of cooling reservoirs of power plants. All-Russian Scientific and practical conference with international participation. 2017. Pp. 259–263. (rus)
3. Kornienko D.N., Popova N.M., Dolbilova M.A., Kalinina A.I. The state and prospects of development of energy in Russia [Sostoyanie i perspektivy razvitiya energetiki Rossii]. Urban planning. infrastructure. communications. 2021. No. 4 (25). Pp. 32–37. (rus)
4. Fedorov O.P., Kuzmina A.A., Lobanov Yu.N. Architectural features of the use of wind power plants in historical buildings [Arkhitekturnyye osobennosti ispol'zovaniya vetro-energeticheskikh ustanovok v istoricheskoy zastroyke]. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2020. No. 4(81). Pp. 29–38. DOI:10.23968/1999-5571-2020-17-4-29-38.
5. Sementsov S.V. Stages of forming of St. Petersburg spatial pattern. Part 1. Historical development of quarters and their regulation. [Etapy formirovaniya prostranstvennoj sredy Sankt-Peterburga. CH.1. Istoricheskoe razvitie kvartalov i ih reglamentaciya] Bulletin of Civil Engineers. 2006. No. 2 (7). Pp. 16–19 (rus)
6. Order of the Ministry of Culture of the Russian Federation No. 1295 dated 10/30/2020 "On Approval of the Subject of Protection, Boundaries of the Territory and Requirements for Urban Planning Regulations within the Boundaries of the Territory of the Historical Settlement of Federal Significance of the City of St. Petersburg" (Registered 06/16/2021 No. 63887) The current scheme and program for the long-term development of the St. Petersburg electric

power industry-St. Petersburg for 2022-2026. [Priказ Ministerstva kul'tury Rossijskoj Federacii ot 30.10.2020 № 1295 "Ob utverzhdenii predmeta ohrany, granic territorii i trebovanij k gradostroitel'nyim reglamentam v granicah territorii istoricheskogo poseleniya federal'nogo znacheniya gorod Sankt-Peterburg" (Zaregistrovan 16.06.2021 № 63887). Dejstvuyushchaya skhema i programma perspektivnogo razvitiya elektroenergetiki Sankt-Peterburga na 2022-2026 gody]. Official publication of legal acts. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202106160028> (date of treatment: 09.05.2023).

7. THE LAW OF ST. PETERSBURG ON the Borders of the United Zones for the Protection of Cultural Heritage Objects Located on the Territory of St. Petersburg, Land Use Regimes and Requirements for Urban Planning Regulations within the Boundaries of these Zones* (as amended on March 29, 2023) [ZAKON SANKT-PETERBURGA O granicah ob"edinennykh zon ohrany ob"ektov kul'turnogo naslediya, raspolozhennykh na territorii Sankt-Peterburga, rezhimakh ispol'zovaniya zemel' i trebovaniyakh k gradostroitel'nyim reglamentam v granicah ukazannykh zon* (s izmeneniyami na 29 marta 2023 goda)]. Electronic fund of legal and regulatory documents. URL: <https://docs.cntd.ru/document/891801807> (date of treatment: 03.11.2023).

8. Fedorov O., Lobanov Y. Conformity of pre-design studies on Lakhta-Center influence on the Saint Petersburg historical panorama and scenery spots. E3S Web of Conferences : Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019, Moscow. 2019. Vol. 164.

Moscow: EDP Sciences, 2020. 05013. DOI: 10.1051/e3sconf/202016405013.

9. Il'ya N. Buzadzhi Selection of a site for the construction of a wind farm [Podbor ploshchadki dlya stroitel'stva vetroelektrostantsii]. S.O.K. 2019. No. 5. Pp. 88–90 (rus)

10. Saint Petersburg (Saint Petersburg) [Sankt-Peterburg (Saint Petersburg)]. URL: <https://www.ventusky.com/ru/saint-petersburg> (date of treatment: 10.05.2023).

11. Archive of weather in St. Petersburg [Arhiv pogody v Sankt-Peterburge]. URL: https://world-weather.ru/archive/russia/saint_petersburg/#t2 (date of treatment: 05.10.2023).

12. Map "25002 - 0.25 - From Leningrad to Kronstadt" [Karta "25002 - 0,25 - Ot Leningrada do Kronshtadta"]. URL: http://www.rivermap.narod.ru/maps/Finsky_zaliv/finsky_gulf.htm (date of treatment: 10.05.2023).

13. Map "23000 - 1,0 - From St. Petersburg to the Shepelevsky lighthouse", 2004. [Karta "23000 - 1,0 - Ot Sankt-Peterburga do mayaka SHepelevskij", 2004g]. Electronic lots of the Gulf of Finland. URL: http://www.rivermap.narod.ru/maps/Finsky_zaliv/finsky_gulf.htm (date of treatment: 10.05.2023).

14. Bezrukikh P.P., Bezrukikh(ml.) P.P., Gribkov S.V. Wind Power Engineering [Vetroenergetika]. Teploenergetik, 2014. 89 p. (rus)

15. Bezlepkin M.N. Territorial Economic Zones as a New Mechanism Managing Spatial Development of Saint-Petersburg. [Territorial'nye ekonomicheskie zony kak novyj mekhanizm upravleniya prostranstvennym razvitiem Sankt-Peterburga]. Managerial consulting. 2014. No. 3 (63). Pp. 81–88. (rus)

Information about the authors

Fedorov, Oleg P. Assistant professor. St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Russia, 190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya str., 4.

Liavdanskii, Daniil V. 4th year full-time student in the field of urban planning. E-mail: lyacdanski@gmail.com. St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Russia, 190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya str., 4.

Received 07.06.2023

Для цитирования:

Фёдоров О.П., Лявданский Д.В. Градостроительные особенности размещения ВЭС на территории Санкт-Петербургской агломерации в акватории Финского залива // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 8. С. 41–49. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-8-41-49

For citation:

Fedorov O.P., Liavdanskii D.V. Urban planning features of the placement of wind farms on the territory of the St. Petersburg agglomeration in the waters of the Gulf of Finland. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 8. Pp. 41–49. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-8-41-49

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-8-50-71

***Василенко Н.А., Потекина Е.А., Погорелова Ю.В.**

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

*E-mail: nvasilenko_domik@mail.ru

СИСТЕМНЫЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СЕТИ ТВОРЧЕСКИХ РЕЗИДЕНЦИЙ В РОССИИ

Аннотация. Данная статья посвящена определению места и роли творческих индустрий и творческих резиденций в общей системе социально-культурной инфраструктуры населения; выявлению особенностей формирования сети творческих резиденций в России. Показано, что системное появление сети творческих резиденций в Российской Федерации в начале 2000-х годов преимущественно в результате реконструкции/реновации объектов индустриального наследия и объектов культурного обслуживания населения (клубы, кинотеатры, музеи и др.) было предопределено как необходимостью обновления депрессивных городских территорий, так и модернизацией системы социально-культурного обслуживания населения в целом. Модернизация так называемой «социальной инфраструктуры» населения связана с широким внедрением информационных технологий, возрастающей эстетизацией бытовых процессов и все большим вовлечением в производство экономических ценностей творческой и креативной составляющих. Дан обзор современных объектов федеральной сети творческих резиденций в России. Показано, что так называемые «творческие индустрии», являющиеся профильным видом деятельности творческих резиденций, находятся в области слияния трех видов деятельности бытовой подсистемы: культурно-развлекательной, торгово-бытовой и образовательно-просветительской. Приведены авторские модели, описывающие место творческих индустрий и творческих резиденций в структуре социальной инфраструктуры с точки зрения системного подхода. Дано обоснование функциональной структуры любого архитектурного объекта социально-культурного назначения, раскрывающее его системную сущность и строение.

Ключевые слова: арт-резиденция, арт-кластер, творческие индустрии, система, системный подход, социальная инфраструктура, индустриальное наследие.

Введение. В настоящее время приоритетными направлениями государственной культурной политики Российской Федерации [1] являются: формирование гармонично развитой личности и укрепление единства российского общества через приоритетное культурное и гуманитарное развитие как основы экономического процветания, цивилизационной самобытности и государственного суверенитета страны. В Основах государственной культурной политики Российской Федерации заложены следующие цели [1]:

- приоритетное культурное и гуманитарное развитие населения;
- развитие личности, укрепление гражданской идентичности;
- создание условий для воспитания граждан;
- сохранение историко-культурного наследия и его использование для воспитания и образования поколений;
- передача молодым поколениям традиционных для российской цивилизации ценностей, традиций, обычаев, норм и образцов поведения;
- создание условий для реализации творческого потенциала каждого человека;
- обеспечение доступа граждан к информации, знаниям, культурным ценностям и благам.

Широкое внедрение цифровизации в культурное пространство, в производство экономических ценностей послужило основой к зарождению новых профессий в сферах культуры, искусства и информационных технологий, объединенных общим понятием «творческие (креативные) индустрии». Реализации государственной культурной политики способствуют «Концепция развития творческих (креативных) индустрий и механизмов осуществления их государственной поддержки в крупных и крупнейших городских агломерациях до 2030 года» [2], Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации [3].

Объекты сферы деятельности творческих индустрий являются составляющими, в первую очередь, культурной подсистемы социальной инфраструктуры. Социальная инфраструктура является распространенным показателем классификации инфраструктуры экономики, которую разделяют на производственную и непроизводственную (социальную) [4]. Систематизации и классификации социальной инфраструктуры как вида деятельности населения и определению места в ней культурно-развлекательной и образовательной составляющих посвящены исследования ряда авторов [5, 6] и специалистов ЦНИИП градостроительства [7].

Традиционно социальная инфраструктура включает отрасли и подотрасли человеческой деятельности, опосредованно связанные с производством вещного мира и обеспечивающие условия трудовой и общественной деятельности населения в сфере культуры, быта, социального общения, образования и воспитания личности [8, 9]. Как экономический показатель, социальную инфраструктуру делят на социально-экономическую (обеспечивает всестороннее развитие личности (образование, культура, здравоохранение) и бытовую (создает условия жизнедеятельности населения (коммунальное хозяйство, розничная торговля, жилой фонд и т.д.) [9].

Обозначенный в Концепции развития творческих (креативных) индустрий и механизмов осуществления их государственной поддержки в крупных и крупнейших городских агломерациях до 2030 года [2] процесс формирования целостной системы творческих индустрий тесно связан с необходимостью определения и обоснования ее строения и структуры. Развитие системы социальной инфраструктуры и формирование творческих индустрий находится во взаимосвязи с появлением типологически новых объектов – творческих резиденций (арт-резиденций).

Первые творческие резиденции, как правило, стали результатом реконструкции/реновации объектов индустриального наследия. Вопросам роли творческих резиденций и творческих кластеров в реновации бывших промышленных территорий в зарубежной и отечественной практике посвящен ряд исследований [10, 11]. Анализу наиболее показательных примеров щадящей реконструкции/реновации исторически сложившихся территорий городов посвящен ряд научных публикаций [12, 13].

Вопросам сохранения и редевелопмента объектов индустриального наследия, возможностям создания на их базе культурно-туристических центров и центров развития промышленного туризма посвящены исследования ряда авторов [14]. Основным направлением интеграции объектов индустриального наследия в современную среду городов посвящены работы ряда исследований [13, 15–17]. Джентрификации депрессивных постиндустриальных городских территорий как способу их архитектурного и социально-экономического обновления посвящены работы ряда авторов [18–21]. Методам сохранения и адаптации архитектурно-индустриального наследия в малых населенных пунктах посвящен ряд научных исследований [22, 23].

Уникальный опыт по ревитализации промышленных территорий группой компаний «Флакон» (г. Москва) и созданию сети креативных объектов, центров культурной жизни в г.

Москве, Московской области и регионах России нашел отражение в практическом руководстве по созданию креативного кластера [24]. Ассоциация арт-резиденций России публикует методические материалы для организаторов арт-резиденций и статьи участников на официальном сайте www.airofrussia.ru [25]. Арт-кластер «Таврида» на официальном сайте www.tavrida.art публикует информацию о развитии федеральной сети творческих резиденций в регионах России [26].

Появление сети творческих резиденций в Российской Федерации в начале 2000-х годов преимущественно в результате реконструкции/реновации объектов индустриального наследия, а также модернизация системы социально-культурного обслуживания населения с выделением творческих индустрий сопряжены с необходимостью определения места и роли творческих индустрий и творческих резиденций в общей системе социальной инфраструктуры и предопределили цель и задачи данного исследования.

Материалы и методы. В данном исследовании определяющим научную основу и методы исследования является представление архитектурных объектов как целостных архитектурных (экологических) систем типа «население ↔ среда», в которых население и его жизненная среда находятся в системной взаимозависимости. Архитектурные объекты, к которым относят объекты творческих индустрий в силу своей сложности, целостности и динамичности требуют системного подхода [27–29].

Объектом данного исследования является архитектурно-градостроительная среда арт-резиденций в Российской Федерации. Предметом исследования являются системные закономерности формирования сети арт-резиденций в регионах России.

Цель исследования – выявление системных основ творческой деятельности (творческих индустрий) в социально-культурной инфраструктуре населения в целом и предпосылок для формирования сети творческих резиденций в России.

Задачи исследования:

- определение места и роли творческих индустрий и творческих резиденций в общей подсистеме социально-культурной инфраструктуры населения;
- выявление особенностей формирования сети творческих резиденций в России;
- разработка структурной модели системы «социальная инфраструктура» с конкретизацией подсистемы «творческие индустрии».

Методика исследования базируется на воззрениях общей теории систем применительно к архитектурным объектам социальной инфра-

структуры разных уровней иерархии. Функциональную структуру архитектурного объекта любой сложности и иерархического уровня можно рассматривать с учетом четырех основных видов жизнедеятельности населения: производственных (Π), бытовых (Б), рекреационных (Р) и коммуникационных (С), являющихся компонентами архитектурных систем. Архитектурная среда создается с учетом функционирования в ней четырех основных невазимоменяемых видов человеческой деятельности (компонентов системы) [27–29]:

– процессов производства «вещного» мира, материальной среды обитания, производства информации (наука) и энергии (энергетика), (Π);

– процессов, связанных с воспитанием и формированием личности, социально-культурным и коммунально-бытовым обслуживанием населения (Б);

– рекреационных процессов (Р), направленных на отдых, восстановление и оздоровление людей и биологических систем в целом, а также на модернизацию, восстановление утраченных свойств технических систем производства, социальной инфраструктуры и коммуникаций;

– коммуникационных процессов (связей), осуществляющих обмен информацией, веществом и энергией между элементами системы (С).

На рисунке 1 представлена схема с выделением нормируемых и ненормируемых системообразующих видов деятельности в архитектурных системах [27–29].

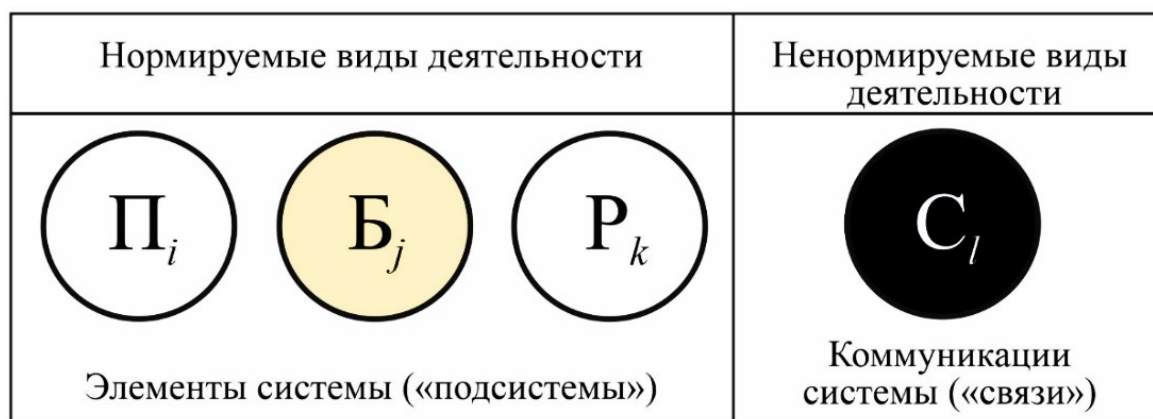


Рис. 1. Системообразующие невазимоменяемые виды деятельности (компоненты) архитектурных систем: Π_i – производство материальной среды обитания (вещного мира), $i = 1, 2, \dots, m$; Б_j – социальная инфраструктура (сфера коммунально-бытового и социально-культурного обслуживания населения), $j = 1, 2, \dots, n$; Р_k – рекреация (оздоровление, лечение, восстановление, отдых), $k = 1, 2, \dots, p$; С_l – коммуникации (связи) системы, $l = 1, 2, \dots, s$. Сост.: Василенко Н.А., Лаврик Г.И.

Данные методологические положения, основанные на системном подходе, и предопределяют дальнейшие исследования по выявлению места и роли творческих индустрий в общей подсистеме социальной сферы как системообразующего вида человеческой деятельности.

Основная часть. В общей системе основных видов жизнедеятельности населения процессы, направленные на воспитание и формирование личности, социально-культурное и коммунально-бытовое обслуживание населения, объединяют единым понятием «социальная инфраструктура» [5, 8, 9, 27, 29]. С учетом обособления рекреации (Р_k) в отдельный невазимоменяемый вид деятельности [27, 29] можно выделить следующие виды социальной инфраструктуры (Б_j):

– жилищно-коммунальное хозяйство;

– торгово-бытовая инфраструктура;

– просвещение, воспитание (система воспитательно-образовательных учреждений);

– культурно-развлекательная (сеть зрелищных предприятий):

– кредитно-страховая;

– инфраструктура общественно-политической деятельности;

– инфраструктура социальной работы.

А.В. Зверев [5] в зависимости от источников финансирования выделяет два вида отраслей социальной инфраструктуры: отрасли, развивающиеся за счет собственных ресурсов и ориентированные на получение прибыли (торговля, общественное питание, бытовое обслуживание) и отрасли, осуществляющие свою деятельность за счет централизованных территориальных и коллективных общественных фондов потребления (полностью или частично ориентированы на бюджетные средства).

Культурно-развлекательная инфраструктура представлена сетью зрелищных предприятий: театральными зрелищными зданиями, выставочными залами,

музеев, цирков, объектами киноиндустрии, видео- и звукозаписи, телекоммуникации, клубами, домами культуры, издательствами (газетными, журнальными и книжными), библиотеками, книгораспространением, организациями средств массовой информации (СМИ), радио и телевидения [5].

Согласно определению, данному в «Основах государственной культурной политики» [1], «творческие индустрии» – это «... компании, организации и объединения, производящие экономические ценности в процессе творческой деятельности, а также деятельность по капитализации культурных продуктов и их представлению на рынке. К сфере творческих индустрий относятся: промышленный дизайн и индустрию моды, музыкальную индустрию и индустрию кино, телевидение и производство компьютерных игр, галерейный бизнес, издательский бизнес и книготорговлю, рекламное производство и средства массовой информации».

Исследование специалистов группы компаний «Флакон» (г. Москва) показывает, что значительная доля трудовой силы в современных отраслях экономики занята творческим и интеллектуальным трудом в так называемых «творческих (креативных) индустриях» (искусство и культура, дизайн, медиа и коммуникации, цифровые технологии) [24, 30].

Появление в ближайшие 5–10 лет новых востребованных профессий на рынке труда в области творческих индустрий вызывает необходимость мотивации учащихся старших классов к освоению данных профессий. В 2022 г. Департаментом образования и науки г. Москвы утвержден Стандарт городского образовательного проекта «Креативная вертикаль» в государственных образовательных организациях, подведомственных департаменту образования и науки г. Москвы [31]. Проект направлен на формирование знаний и прикладных умений у учащихся 7–9-х классов в сфере творческих индустрий с целью решения теоретических и ориентированных на практику задач, последующего обучения в предпрофессиональных классах и самореализации в сферах искусства, культуры, информационных технологий.

В 2022 году Федеральным агентством по делам молодежи разработан Стандарт учреждения молодежной политики. Данное методическое пособие дает определение понятию «Арт-резиденция в системе молодежной политики», как одному из базовых типов учреждений для развития творческой молодежи [32]. Стандарт выделяет пять основных типов целевых аудиторий арт-резиденций: творческая и креативная молодежь в

возрасте 14–35 лет; самоопределившаяся в творческих и креативных профессиях молодежь, студенты творческих направлений (16–25 лет); молодежь в возрасте 20–35 лет, создающая регулярно собственный творческий продукт, команды креативных стартапов; одаренная творческая молодежь; творческие профессиональные сообщества.

Согласно Стандарта [32], креативные молодёжные пространства могут существовать как на региональном, так и на муниципальном уровнях. Данным Стандартом для каждого уровня предложены рекомендации к помещениям размещения молодёжных арт-резиденций (креативных пространств). На региональном уровне арт-резиденция может быть представлена отдельным зданием или помещением с отдельным входом, иметь общие площади и общее здание с муниципальным креативным пространством. На муниципальном уровне в крупных городах арт-резиденция для развития творческой молодежи может иметь отдельное здание или помещения с отдельным входом. В средних и малых городах, сельских населенных пунктах арт-резиденция для творческой молодежи может существовать как помещение с отдельным входом, как часть молодёжного многофункционального центра; может быть размещена на базе библиотеки, дома творчества, дома культуры и т.п.

Согласно «Концепции развития творческих (креативных) индустрий и механизмов осуществления их государственной поддержки в крупных и крупнейших городских агломерациях до 2030 года» [2] к творческим (креативным) индустриям в том числе относят:

- сферы деятельности, основанные на использовании историко-культурного наследия (ремесла и народно-художественные промыслы, музейная деятельность);
- сферы деятельности, основанные на искусстве (музыка, театр, кино, живопись, анимация, деятельность галерей и др.);
- современные медиа и производство цифровой информации, содержащейся в средствах коммуникаций (аудио-, видео-, кино-, анимационное производство, разработка программного обеспечения и обработка данных, компьютерные и видеоигры, виртуальная и дополненная реальность, блогерство (как новый формат журналистики), печатное производство, средства массовой информации, реклама и пр.);
- прикладные творческие (креативные) сферы деятельности (архитектура, промышленный дизайн, мода, индустрия гастрономическая и т.п.).

Термин «резиденция» означает место проживания высокопоставленного лица; место проживания кого-либо (от лат. *residentia*, *residēns* «сидящий, остающийся на месте») [33]. Синонимами термина «резиденция» являются: дом, жилище, жильё, жилая площадь. Приставка «арт» означает «искусство» (с англ. *art*). Арт-группа – объединение (группа, союз) художников (творческих людей), создающих произведения совместно.

В арт-резиденции художник может переключить свое время и внимание от бытовых забот на творчество и полностью посвятить себя искусству в кругу единомышленников. Существуют арт-резиденции для писателей, скульпторов, художников, драматургов и представителей других направлений искусства. Выделяют и совместные арт-проекты коллег по цеху смежных творческих специальностей. Арт-резиденции, организованные государственными учреждениями, известными галереями или художественными университетами, предъявляют высокие требования к потенциальным участникам.

Различают две сформировавшиеся модели арт-резиденций: крупные площадки, дающие большие возможности творческим людям и небольшие резиденции (творческие лаборатории, выездные резиденции). Оба вида пространств реализуют обменные проекты с расширением коммуникаций и кругозора, контактов для творческого сотрудничества.

Термин «творческий кластер» (*creative cluster*) предложен американским урбанистом Саймоном Эвансом, куратором программы ЮНЕСКО «Creative Cities». Под «креативным кластером» или «творческим кластером» Эванс подразумевал сообщество творчески ориентированных предпринимателей, взаимодействующих на определенной территории [10]. Как правило, центрами таких объединений становились заброшенные фабрики и заводы, расположенные в центре города в результате динамичной застройки его окраин.

Под понятием «кластер» согласно определению, данному в толковом словаре обществоведческих терминов, понимают «устойчивое образование (группа, класс и т.п.), объединяющее кого-либо, что-либо по каким-то сходным признакам» [33, 34]. Кластер объединяет объекты, входящие в один класс в самостоятельную единицу, обладающую самостоятельными свойствами.

По определению Федотовой [35] под «арт-кластером» понимают объединенную единой стратегией, инфраструктурой и сервисным коммуникативным пространством культурное и биз-

нес-объединение, являющееся платформой возможностей для деятелей культуры, искусства и креативных индустрий.

Согласно «Концепции развития творческих (креативных) индустрий и механизмов осуществления их государственной поддержки в крупных и крупнейших городских агломерациях до 2030 года» понятие «креативный кластер» включает «взаимосвязанные организации и предприятия, размещенные на территории компактно расположенных объектов недвижимости. Креативные кластеры развиваются управляющей компанией под единым брендом и объединяют резидентов (арендаторов) из секторов творческих (креативных) индустрий, субъектов творческого (креативного) предпринимательства в целом, имеют необходимую инфраструктуру для творческой и (или) предпринимательской деятельности, являются центром для создателей и потребителей творческого продукта и позитивно воздействуют на территорию своего присутствия» [2].

А.М. Сергеев выделяет следующую типологию творческих кластеров, исходя из концепции, природы возникновения, преобладающих составляющих элементов этих объединений [11]:

- однородные, объединяющие предприятия творческих индустрий одного сектора (например, мультимедиа или дизайн);
- многопрофильные, объединяющие предприятия творческих индустрий разных секторов (например, архитектурные и дизайнерские бюро, создание кино- и видеопроизведений, музыки и т.д.).

Творческий кластер, сформированный в депрессивных районах города, формирует среду с новыми общественными точками притяжения, повышает общий уровень привлекательности городской застройки, создает новые рабочие места и условия для роста уровня экономики на территории размещения [36].

Формирование творческих резиденций на бывших промышленных территориях связано с процессами реновации, ревитализации территорий и еще одним понятием – джентрификацией. Термин «джентрификация» был введен в 1964 году социологом Рут Гласс [37]. Джентрификация (англ. *gentrification*) – буквально означает «облагораживание» (повышение уровня «престижности», привлекательности для проживания или коммерческой аренды) помещений, зданий, целых районов, ранее социально неблагополучных (депрессивных) или ставших таковыми в результате объективных процессов (депопуляция, снижение уровня материального благополучия населения, деиндустриализация, последствия стихийных бедствий).

Первые арт-резиденции были организованы руководителями отелей, привлекающими в межсезонье посетителей выставками искусства. Создавали для таких выставок экспонаты художники и скульпторы, нуждающиеся в поддержке в виде бесплатного проживания и питания в этих отелях. Заинтересованными в таких проектах были недавно окончившие обучение творческие люди и самоучки. Позднее городские власти и предприниматели стали проводить реконструкцию депрессивных городских кварталов и промышленных зон, создавая арт-резиденции. С 2000-х годов в разных городах России начали более стремительно открываться арт-резиденции – программы, которые предоставляют участникам возможность жить и работать в творческой среде [35].

В таблице 1 приведен перечень творческих резиденций России, предоставляющих пространство, время и ресурсы для работы профессионалов в области культуры и искусства с целью поддержки их практики. Перечень составлен на основе материалов сайта Ассоциации арт-резиденций России www.airofrussia.ru [25]. В таблице 2 приведен перечень коммерческих и некоммерческих творческих резиденций и кластеров России, предоставляющих пространство, время и ресурсы для творческих людей, свободу творчества

на арендуемых пространствах для предпринимателей и коллективов (коммерческие и некоммерческие организации, хостелы и гостиницы, дома творчества, сообщества, инкубаторы, коворкинги и пр.). Приведенные данные в перечнях резиденций не претендует на полноту и завершенность и дают общий обзор действующих коммерческих и некоммерческих творческих резиденций и кластеров, в том числе при поддержке Фонда президентских грантов [38], и не включают арт-резиденции федеральной сети.

Первым ревитализированным пространством коммерческой сети арт-резиденций в России стал Хрустальный завод имени Калинина, созданный в 1861 году, и в дальнейшем с 2009 г., послуживший стартом бренда «Флакон» (ныне «Дизайн-завод»). Группа компаний «Флакон» [24] занимается ревитализацией промышленных территорий. Бренд «Флакон» объединяет ряд уникальных проектов на территории России: дизайн-завод «Флакон», «Хлебозавод № 9», «Рынок новых ремёсел «Vernissage»» в г. Москве, творческое объединение «Деревня» в Московской области, дизайн-резиденцию «Flacon1170» (курорт «Роза Хутор»), а также сеть креативных объектов «Flacon Space» в регионах России. Объекты «Флакон» являются центрами культурной жизни и повышают инвестиционный и социальный интерес к местам своего размещения [24].

Таблица 1

Творческие резиденции коммерческой и некоммерческой сети, предоставляющие пространство, время и ресурсы для работы профессионалов в области искусства и культуры с целью поддержки их практики (по состоянию на июнь 2023 г.).

(Сост.: Н.А. Василенко на основе материалов сайта www.airofrussia.ru [25])

Место размещения	Название резиденции	Учредитель	Год создания	Способ отбора участников
1	2	3	4	5
г. Норильск, Красноярский край	Полярная арт-резиденция «PolArt»	Музейно-выставочный комплекс «Музей Норильска» при поддержке администрации г. Норильска и компании «Норильский никель»	2016	Открытый конкурс
с. Чакола, Пинежский район, Архангельская обл.	«Марьин Дом» (дом-музей имени сказительницы М.Д. Кривополеновой и арт-резиденция)	НКО «ЦСИ „Открытая идея“»	2019	Смешанный
г. Екатеринбург, Свердловская обл.	«Новые истории Екатеринбурга»	Фотографический музей «Дом Метенкова»	2016	Смешанный
Индустриальные города Урала и РФ	Арт-резиденции Уральской индустриальной биеннале современного искусства	Государственный музей изобразительных искусств им. А. С. Пушкина при поддержке Министерства культуры Российской Федерации	2012	По приглашению

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
г. Екатеринбург, Свердловская обл.	Арт-резиденция «Шимская горка»	Девелоперская компания «Брусника». Оператор проекта фонд «Культурный транзит».	2019	По приглашению
г. Костомукша, респ. Карелия	Арт-резиденция «Костомукша» (Карельская сеть арт-резиденций)	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный заповедник „Костомукшский“»	2019	Открытый конкурс
г. Сортавала, респ. Карелия	Арт-резиденция «Сортавала» (Карельская сеть арт-резиденций)	Автономное учреждение Сортавальского муниципального района «Социально-культурный молодежный центр», Карельская сеть арт-резиденций	2019	Смешанный
г. Вышний Волочек, Тверская обл.	Летняя арт-резиденция «Дача Рябушинских»	НКО «Вышневолоцкое краеведческое общество им. М.И. Сердюкова» (общественная организация по изучению историко-культурного наследия Вышневолоцкого района Тверской области)	2018	Открытый конкурс
г. Апрелевка, Московская обл.	Резиденция «Pomidor»	Мария Саркисянц, Полина Егорушкина (группа Pomidor)	2021	По приглашению
г. Коломна, Московская обл.	«Арткоммуналка Ерофеев и другие»	Государственное автономное учреждение культуры Московской области «Центра культурных инициатив», Автономная некоммерческая организация «Коломенский посад» при поддержке Министерства культуры Московской области	2011	Ежегодно в октябре
Музей-заповедник В. Д. Поленова, Тульская обл.	Арт-резиденция «POLENOVO A-I-R»	Государственный мемориальный историко-художественный музей-заповедник Василия Дмитриевича Поленова, Ассоциация Василия Поленова (Франция)	2006	Открытый конкурс
Павильон ВДНХ, г. Москва, Московская обл.	Мастерские музея «Гараж»	Музей современного искусства «Гараж», Фонд развития и поддержки искусства «Айрис»	2019	Смешанный
«Винзавод», г. Москва, Московская обл.	Резиденция в открытых студиях «Винзавода»	Фонд «Винзавод»	2018	Смешанный (проект временно приостановлен)
г. Москва, Московская обл.	Программа «Художник в резиденции» ЦТИ «Фабрика»	ЦТИ «Фабрика» (АО ФТБ «Октябрь»)	2008	Смешанный (не для граждан РФ)
г. Москва, Московская обл.	Фонд «Сфера»	Фонд Владимира Смирнова и Константина Сорокина	2014	Смешанный
г. Москва, Московская обл.	rhIZOme, арт-резиденция фонда MaxArt	Фонд поддержки современного искусства MaxArt	2020	Открытый конкурс
с. Дмитровское, Московская обл.	«Гридчинхолл»	Сергей Гридчин при поддержке фонда современного искусства «Гридчинхолл»	2009	По приглашению
г. Москва, Московская область	Клуб друзей «Сводов»	Дом культуры «ГЭС-2»	2022	Открытый конкурс

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Арт-парк Никола-Ленивец, Калужская обл.	Арт-резиденция Никола-Ленивец	Арт-парк Никола-Ленивец	2019	Открытый конкурс (проект временно приостановлен)
Выкса, Нижегородская обл.	Арт-резиденция «Выкса»	Благотворительный фонд «ОМК-Участие»	2017	Смешанный
г. Пенза, Пензенская обл.	Арт-резиденция «Пенза»	Галерея современного искусства «Арт-Пенза»	2010	Открытый конкурс
г. Петрозаводск, респ. Карелия	Арт-резиденция «Петрозаводск» (Карельская сеть арт-резиденций)	Государственное автономное учреждение Республики Карелия «Центр народного творчества и культурных инициатив РК»	2015	Открытый конкурс (проект временно приостановлен)
Пос. Нижний Архыз, Карачаево-Черкесская респ.	Художественная резиденция Gogova Foundation	Мариана Губер-Гогова	2016	Открытый конкурс (отбор осуществляет экспертный совет)
г. Санкт-Петербург, Ленинградская обл.	AIR (Art.ITMO.Residency)	Центр Art&Science Университета ИТМО	2020	Открытый конкурс (проект временно приостановлен)
	ArtsLink Back Apartment Residency	СЕС ArtsLink	2015	
г. Мурманск, Мурманская обл.	«ФМ-резиденция»	«Фрайдеймилк» (Fridaymilk)	2015	По приглашению (проект временно приостановлен)
г. Анапа, Краснодарский край	База отдыха «Как один»	Диана Казанчян, «Группировка ЗИП»	2018	Открытый конкурс (проект приостановлен)
Пос. Пятихатки, Анапский район, Краснодарский край	Арт-дача «Пятихатки»	«Группировка ЗИП»	2010	Смешанный (проект временно приостановлен)
ст. Голубицкая, Темрюкский район, Краснодарский край	Арт-резиденция «Голубицкое»	Фонд искусства «Голубицкое»	2020	Смешанный (проект временно приостановлен)
г. Калининград, Калининградская обл.	Арт-пространство «Ворота»	КРОО «Союз фотохудожников»	2017	Открытый конкурс
г. Владивосток, Приморский край	Арт-резиденция «Заря»	Центр современного искусства «Заря», Фонд искусства «Голубицкое»	2014	Открытый конкурс
Деревня Пласкино, Московская обл.	Резиденция «Лесное 11»	Анна Семенова-Ганц	2019	Открытый конкурс
Пушкинская улица, г. Санкт-Петербург, Ленинградская обл.	Санкт-Петербургская арт-резиденция (СПАР)	Музей неконформистского искусства, Арт-центр «Пушкинская-10»	2012	Открытый конкурс (с 2020 года работает в формате виртуальной студии)
	Виртуальная мастерская Санкт-Петербургской Арт-резиденции (онлайн-представительство) #VirtualSPAR	Санкт-Петербургская Арт-резиденция при поддержке Арт-центра «Пушкинская-10»	2020	
г. Санкт-Петербург, Ленинградская обл.	Арт-резиденция «Студия 4413»	Временная автономная зона	2019	Смешанный (проект временно приостановлен)
г. Красноярск, Красноярский край	Проект PubLab (Public Art + Laboratory)	Музейный центр «Площадь Мира», КРОО «Интерна», Красноярский художественный музей им. В.И. Сурикова	2021	Проект временно приостановлен

Продолжение таблицы 1

с. Ильинский Погост, Орехово-зудский городской округ, Московская обл.	Творческая усадьба «Гуслица»	Автономная некоммерческая организация (АНО) Культурно-просветительский центр «Творческая усадьба «Гуслица»	2012	Смешанный
ДСК «Мичуринец», поселение Внуковское, г. Москва, Московская обл.	«Творческие резиденции в Переделкине»	Автономная некоммерческая организация «Дом творчества писателей в Переделкино»	2021	Открытый конкурс (отбор осуществляет рабочая группа экспертов)

Таблица 2

Коммерческие и некоммерческие творческие резиденции и кластеры, предоставляющие пространство, время и ресурсы для творческих людей, свободу творчества на арендуемых пространствах для предпринимателей и коллективов (хостелы и гостиницы, дома творчества, сообщества, коворкинги, инкубаторы и пр.), (по состоянию на июнь 2023 г.)
(Сост.: Н.А. Василенко, Е.А. Потеекина, Ю.В. Погорелова)

Место размещения	Название резиденции	Учредитель	Год создания	Краткая характеристика, способ отбора участников
1	2	3	4	5
Остров Новая Голландия, г. Санкт-Петербург, Ленинградская обл.	«Новая Голландия»	АНО развития современных форм организации культурного досуга «Новая Голландия», Шатуновская Роксана Марковна	2017	Пространство для творческих людей, предпринимателей и коллективов
проспект Стачек, г. Санкт-Петербург, Ленинградская обл.	«Дом культуры»	Управляющая компания «BS Art Development Group»	2016	Конкурсный отбор резидентов
Литейный проспект, г. Санкт-Петербург, Ленинградская обл.	Third Place	Ольга Звагольская и Дмитрий Гачко	2021	Конкурсный отбор резидентов
Лиговский проспект, г. Санкт-Петербург, Ленинградская обл.	Лофт-проект «Этажи»	Фонд развития культуры и просвещения «Лофт-проект «Этажи»	2007	Пространство для творческих людей, предпринимателей и коллективов
Лиговский проспект, г. Санкт-Петербург, Ленинградская обл.	«Открытые мастерские»	НКО «Открытые мастерские»	2013	Образовательный центр, пространство для творческих людей и коллективов
Пер. Пирогова, г. Санкт-Петербург, Ленинградская обл.	«Пальма» в особняке Общества немецких ремесленников «Пальма»	ООО «Пальма»	2014	Организация мероприятий и работы творческих резидентов
13-я линия Васильевского острова, г. Санкт-Петербург, Ленинградская обл.	«Артмуза»	АО «Муза»	2013	Музей современного искусства и креативное пространство, открытый конкурс
г. Москва, Московская обл.	Культурный центр «Традиция»	НОУ Центр «Традиция» при поддержке Президентского фонда культурных инициатив и Министерства культуры Московской области	(1996), 2011	Популяризация творчества деятелей культуры и искусства, поддерживающих нашу страну. Отбор участников экспертным советом
г. Нижний Новгород, Нижегородская обл.	«Центр Пешков» – региональное представительство культурного центра «Традиция»		2023	

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
г. Москва, Московская обл.	«Казачья арт-резиденция»	МГУТУ имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), Хуторское казачье общество «Университет Разумовского» при поддержке Фонда президентских грантов	2022	Конкурсный отбор
Бывший Хрустальный завод имени Калинина, г. Москва, Московская обл.	Дизайн-завод (дизайн-завод «Флакон»)	Николай Юрьевич Матушевский	2009	Предоставление свободы творчества на арендуемых пространствах
Новодмитровская ул., г. Москва, Московская обл.	«Хлебозавод № 9»	Николай Юрьевич Матушевский, Михаил Владимирович Малов	2015	
Можайский район, Московская обл.	Творческое объединение «Деревня»	Николай Юрьевич Матушевский, Михаил Александрович Егошин	2016	
Новый Вернисаж, КРК «Кремль в Измайлово», г. Москва, Московская обл.	«Рынок новых ремесел «Vernissage» («Vernissage by Flacon»)	Николай Юрьевич Матушевский, Михаил Александрович Егошин	2017	
Бывший завод «Оргстекло», ул. Свободы, г. Челябинск, Челябинская обл.	«Svoboda-2»	Николай Юрьевич Матушевский	2017	
Большая Новодмитровская ул., г. Москва, Московская обл.	завод «Знамя», сеть креативных объектов «Flacon Space»		2019	
Московское шоссе, г. Рязань, Рязанская обл.	«Flacon Space» Рязань		2021	
ул. Баррикад, бывший завод «Доренберг», г. Иркутск, Иркутская обл.	Арт-завод «Доренберг»	Николай Юрьевич Матушевский	2022	
г. Гусев, Калининградская обл.	Дизайн-резиденция «GUMBINNEN»	Николай Юрьевич Матушевский	2022	
Бывшая олимпийская столовая в Сочи (Роза Хутор), Краснодарский край	«FLACON 1170»		2017	Предоставление свободы творчества на арендуемых пространствах (проект приостановлен)
г. Красноярск, Красноярский край	Культурное пространство «Каменка»	ООО «ФЛАКОН ФРАНШИЗА», Николай Юрьевич Матушевский, Михаил Александрович Егошин	2013	Культурное пространство и резиденция для креативного производства
г. Казань, респ. Татарстан	Резиденция креативных индустрий «Штаб»		2015	Резиденция для медиа- и креативного бизнеса

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Адмиралтейский район, МО №2 «Сенной», г. Санкт-Петербург, Ленинградская обл.	Центр креативных индустрий «Техдизайн»	ООО «ФЛАКОН ФРАНШИЗА», Николай Юрьевич Матушевский, Михаил Александрович Егошин	2015–2016	Швейный коворкинг
г. Санкт-Петербург, Ленинградская обл.	Digital- кластер Zavod (ранее – «Zavod Space»)		2014	Пространство для агентств в сфере информационных технологий и продвижения компаний в социальных сетях
г. Барнаул, Алтайский край	Инкубатор для студенческого бизнеса «ASU.INC»		2012-2013	Инкубатор проектов АлтГУ
г. Санкт-Петербург, Ленинградская обл.	«Севкабель Порт»	ООО «УК «Севкабель Порт», ООО «УК «Политбюро»	2018	Пространство для творческих людей, предпринимателей и коллективов
	Арт-центр «Пушкинская-10»	РОО «Товарищество «Свободная культура»	1989	Конкурс
г. Тула, Тульская обл.	Творческий индустриальный кластер «Октава», арт-резиденция «Культурный код города»	ООО «Октава», Михаил Шелков и госкорпорация «Ростех» при поддержке руководства Тульской области	2018	Отбор участников экспертным советом
Завод Турчаниновых-Соломирских, г. Сысерть, Свердловская обл.	Арт-кластер «Лето на Заводе в Сысерти», арт-резиденция «Точка с запятой»	Ян Владиславович Кожан, Иван Губанов, Илья Борисович Орлов-Бунин при поддержке Фонда президентских грантов	2020	Креативное пространство для деловых и дружеских встреч, досуговых и культурных мероприятий, выставок и кинопоказов
Гольф-деревня «Предгорье», ст-ца Натухаевская, Новороссийское МО, Краснодарский край	Арт-резиденция «МАСКАГА»: креативный кластер Юга России	Наделяев Станислав Владимирович при поддержке Фонда президентских грантов	2022	Отбор участников экспертным советом
Хутор Дивногорье, Лискинский район, Воронежская обл.	Мастерская и междисциплинарная творческая резиденция «Полевой культурный центр» в Дивногорье	Яна Малиновская при поддержке Департамента культуры Воронежской области	2016	Разработка и создание общественных пространств, детских площадок, арт-объектов
г. Волгоград, Волгоградская обл. (выездная резиденция)	Арт-резиденция «Изумрудная дельта»	Институт региональной экономики и социального проектирования (ИРЭСП) при поддержке Фонда президентских грантов и «Росмолодёжь»	2022	Актуализация искусства, совместное творчество художников, фотографов, литераторов
с. Шелота Верховажский район, Волгодонская обл.	Арт-резиденция «Керамика в Шелотах»	АНКО «Центр культурных проектов «Фестиваль» при поддержке Фонда президентских грантов	2017	Формирование облика села как керамического центра, организация культурного события

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
с. Оскуй, Чудовский район, Новгородская обл	Арт-резиденция в селе Оскуй	ООО «ДИАБАЗ» при под- держке Фонда президент- ских грантов	2022	Взаимодействие направлений искус- ства и творчества - керамики и литера- туры
Озеро Байкал, ост- ров Ольхон, пос. Хужир, Ольхонский район, Иркутская обл.	Международная резид- денция керамики на Байкале «Байкал-Ке- раМистика»	ИРОО «Творческое объединение художников-керамистов» при поддержке Фонда прези- дентских грантов	2012	Мероприятия в об- ласти декоративно- прикладного искус- ства для художни- ков-керамистов
Города России (вы- ездные резиденции)	Литературные резид- денции Ассоциации союзов писателей и издателей (АСПИ) России	Ассоциация союзов писате- лей и издателей России при поддержке Фонда президент- ских грантов	2022	Открытый конкурс
Литературные резиденции АСПИ в: - Центральном федеральном округе; - Северо-Западном федеральном округе; - Южном федеральном округе; - Северо-Кавказском федеральном округе; - Приволжском федеральном округе; - Уральском федеральном округе; - Сибирском федеральном округе; - Дальневосточном федеральном округе				
г. Белгород, Белгородская обл.	Арт-резиденция «АРТА»	Андрей Ханифович Минга- зов	2016	Пространство для творческих людей, предпринимателей и коллективов

В настоящее время созданный в 2019 году арт-кластер «Таврида» – некоммерческий проект, объединяющий форум и образовательный центр для молодых деятелей культуры и искусств на одной территории, фестиваль творческих со-

обществ «Таврида-арт», арт-парк и арт-резиденцию «Таврида» в бухте Капсель г. Судак в Крыму [26]. «Таврида – Арт» является проектом от «Росмолодежь» и объединяет ряд творческих направлений (табл. 3).

Таблица 3

Творческие направления арт-кластера «Таврида». Сост.: Н.А. Василенко на основе [26]

Направления творческой реализации																	
Дизайн	Музыка	Кино	Хореография	Медиа	Архитектура	Литература	Театр	Народная культура	Анимация	Цирк	Мода	Изобразительное искусство	Маркетинг	Гастрономия	Предпринимательство	Арт-менеджмент и управление	Индустрия гостеприимства

Арт-кластер «Таврида» проводит образовательные форумы, фестивали творческих сообществ, стажировки, имеет кастинг-платформы, интернет-магазин; предлагает участие в грантах и трудоустройство участникам. В 2023 году запланировано введение в эксплуатацию ряда архитектурных объектов академии «Меганом» арт-кластера «Таврида»:

– общественно-деловой центр (центр гостеприимства);

– жилые корпуса для преподавателей и обучающихся;

– учебные творческие мастерские;

– рекреационные территории с сетью велосипедных дорожек и прогулочных маршрутов;

– пункты общественного питания (столовая, ресторан, закусочные).

Академия «Меганом» арт-кластера «Таврида» предназначена для практикующих специ-

алистов, участников творческих союзов, мастеров креативных индустрий, студентов профильных вузов творческих направлений подготовки (дизайн, архитектура, современное искусство, медиа, информационные технологии (ИТ, музыкальная, театральная и киноиндустрия), а также управленцев региональных структур (представителей некоммерческих партнерских организаций и фондов, профильных учреждений, департаментов и структурных подразделений муниципалитетов) [26].

Учебные творческие мастерские академии «Меганом» включают: залы для репетиций, мастерские цифрового дизайна, архитектурные мастерские, учебные аудитории, концертный зал, гримерные комнаты, помещения для музыкантов, типографию, художественную мастерскую, мастерскую иллюстрации, мультимедийную студию, литературные мастерские, залы

хореографии, мастерские индустрии моды, зал с трансформируемым подиумом, гримерные комнаты, театральные мастерские, мастерскую анимации и создания клипов, кинотеатр, съемочный павильон.

В настоящее время одними из лидеров по реализации молодежных проектов Арт-кластера «Таврида» являются Краснодарский край (арт-резиденции «Вектор» (г. Новороссийск), «Кубань-Арт» (г. Краснодар)) и республика Татарстан (арт-резиденции «Шатлык» (г. Набережные Челны), «МОЯ БУГА» – раньше «DM» (г. Бузулук), молодежный центр «ПОРТ» (г. Зеленодольск), «НУР» (г. Набережные Челны), «Ковёр» (г. Нижнекамск), «RE'ACTOR», «УРАМ» (г. Казань)). В таблице 4 приведен перечень творческих резиденций регионов России (федеральная сеть) по данным сайта www.new.tavrida.art [26].

Таблица 4

Федеральная сеть творческих резиденций (по состоянию на июнь 2023 г.)

Сост.: Н.А. Василенко на основе [26]

Место размещения 1	Наименование творческого пространства 2
г. Архангельск, Архангельская область	«Дом молодежи»
г. Барнаул, Алтайский край	Арт-галерея «КОД»
г. Уфа, республика Башкортостан	«Арт-квадрат»
г. Белгород, Белгородская область	Арт-пространство «Октябрь»
г. Волгоград, Волгоградская область	ЦУМ lab
г. Калининград, Калининградская область	«Дом Молодёжи»
г. Новороссийск, Краснодарский край	«Вектор»
г. Краснодар, Краснодарский край	«Кубань-Арт»
г. Красноярск, Красноярский край	арт-резиденция «КАМЕНКА»
г. Курск, Курская область	Креативное пространство «Веранда»
г. Элиста, республика Калмыкия	«Цифровые кочевники»; «Zurach_art»
г. Петрозаводск, республика Карелия	Арт-пространство «PERLAMUTER»
г. Кемерово, Кемеровская область	Кузбасс – «Редакция»
г. Липецк, Липецкая область	Коллаборация творческих сообществ «Арт-Завод»
г. Нахабино, Московская область	«АртНахабино»
г. Нижний Новгород, Нижегородская область	«Высота»
г. Новосибирск, Новосибирская область	«Юность»; арт-пространство «Фактура»
г. Омск, Омская область	Центр креативных индустрий «АвангАрт»; Омская арт-резиденция
г. Орел, Орловская область	«Арт-Квартал»
г. Ноябрьск, Ямало-Ненецкий автономный округ	Арт-резиденция «Миксер»
г. Салехард, Ямало-Ненецкий автономный округ	Арт-резиденция «Полярис»
г. Новый Уренгой, Ямало-Ненецкий автономный округ	«Арт-резиденция»
г. Пермь, Пермский край, Пермский государственный национальный исследовательский университет	Арт-резиденция «Космос развития»
г. Рязань, Рязанская область	Арт-резиденция «Горьковка»
г. Ростов-на-Дону, Ростовская область	Региональный центр развития креативных индустрий «арт-резиденция «квАРТИра»; Центр креативных проектов
г. Санкт-Петербург, Ленинградская область	Дом молодежи «Пулковец»; библиотека и арт-резиденция «ШКАФ»; Арт-резиденция молодой культуры Санкт-Петербурга; ЦСТД «ПРОМ-ТЕХДИЗАЙН»; «ПРОСТО.PRODUCTION»
г. Южно-Сахалинск, Сахалинская область	«Маяк»

Продолжение таблицы 4

1	2
Набережные Челны, республика Татарстан г. Бугульма, республика Татарстан г. Зеленодольск, республика Татарстан г. Набережные Челны, республика Татарстан г. Нижнекамск, республика Татарстан г. Казань, республика Татарстан	«Шатлык» «МОЯ БУГА» (раньше «DM») Молодежный центр «ПОРТ» «НУР» «Ковёр» «УРАМ»
г. Тула, Тульская область	«ДКЖ»; Арт-резиденция «Родина»
г. Тюмень, Тюменская область	Молодежный театральный центр «Космос»; Мультицентр «Контора пароходства»
г. Томск, Томская область	Креативный кластер «Пенаты»
г. Ижевск, республика Удмуртия	«Udmurt Live»; «Молодежное объединение Арт-резиденция»
г. Димитровград, Ульяновская область	Креативное бизнес-пространство «Горизонт»
г. Нягань, ХМАО-Югра г. Нижневартовск, ХМАО-Югра г. Сургут, ХМАО-Югра г. Нефтеюганск, ХМАО-Югра	Арт-резиденция «Точка» «Ядро» Арт-резиденция «Квартира» «KoVчег»
г. Якутск, республика Саха, Якутия	«TAG»
г. Челябинск, Челябинская область	«Art Flow - творческий поток»
г. Иваново, Ивановская область	«Арт-Вокзал»

В Высшей школе экономики (НИУ ВШЭ) на факультете городского и регионального развития в 2022 г. проведено исследование культурного потенциала российских городов, по результатам которого лидером рейтинга стал город Петрозаводск [39]. В десятку городов с наибольшим культурным потенциалом вошли: Белгород, Томск, Архангельск, Вологда, Саранск, Якутск, Калининград, Екатеринбург и Иркутск. В данном рейтинге Санкт-Петербург занял 13-е место, Москва – 28-е. Авторы исследования учитывали не только наличие объектов городской «культурной инфраструктуры», но и частоту пользования ими местными жителями.

В настоящее время в Петрозаводске (республика Карелия) действует арт-пространство «PERLAMUTER», арт-резиденция «Петрозаводск» (Карельская сеть арт-резиденций); в Белгородской области – Арт-пространство «Октябрь»; в Томске – креативный кластер «Пенаты»; в Архангельске – «Дом молодежи», «Марьян Дом»; в Якутске (республика Саха) – арт-резиденция «TAG»; в Калининграде – «Дом Молодёжи», Арт-пространство «Ворота». Большинство из них входит в федеральную сеть арт-резиденций, объединяющую многофункциональные креативные пространства в регионах России [26].

В июле 2022 г. в Белгородской области запущена программа формирования региональной системы арт-резиденций. На уровне администрации Белгородской области запланировано создание семи арт-резиденций, среди которых: пространство «Октябрь» в Центральном парке г. Белгорода (действующее на месте бывшего кинотеатра «Октябрь»); арт-резиденция (Центр urba-

нистики) «Подкова» в г. Белгороде; усадьба Мухановых в с. Весёлой Лопани Белгородского района; арт-резиденция в г. Строителе; арт-пространство кинотеатра «Новая быль» в г. Старом Осколе; арт-резиденция на территории бывшего химического завода в г. Шебекино; усадьба Михаила Сафроновича Балабанова в Корочанском районе [40]. Информационной базой для создаваемых в Белгородской области арт-резиденций является Арт-кластер «Таврида», эксперты которого участвуют в отборе резидентов. Куратором работы белгородских арт-резиденций является Центр развития культурных инициатив [41]. Запланировано создание открытых мастерских, студий звукозаписи, репетиционных, концертных и хореографических залов, вокальной студии, киберспортивных клубов, пространств для открытых лекториев, мастер-классов, тренингов, форумов, фестивалей, дополнительных образовательных курсов и IT-мастерских, направленных на создание сайтов и имеющих возможность 3D-печати. В целом к 2030 году в Российской Федерации запланировано введение в работу 85 арт-резиденций [2]. На основе обзора действующих и запланированных творческих резиденций в Российской Федерации можно предложить следующую трактовку места и роли их профильных видов деятельности в общей системе социальной инфраструктуры. На рисунке 2 представлена модель основных подсистем и компонентов целостных архитектурных систем с выделением видов (подсистем) социальной инфраструктуры и места в них творческих индустрий. Показано, что так называемые «творческие индустрии», являющиеся профильным видом деятельности творческих резиденций, находятся в области слияния трех

видов деятельности бытовой подсистемы: культурно-развлекательной, торгово-бытовой (маркетинг, гастрономия, предпринимательство, арт-менеджмент, индустрия гостеприимства), а

также образовательно-просветительской (передача опыта, воспитание, получение профессиональных навыков в творческих профессиях) подсистем.

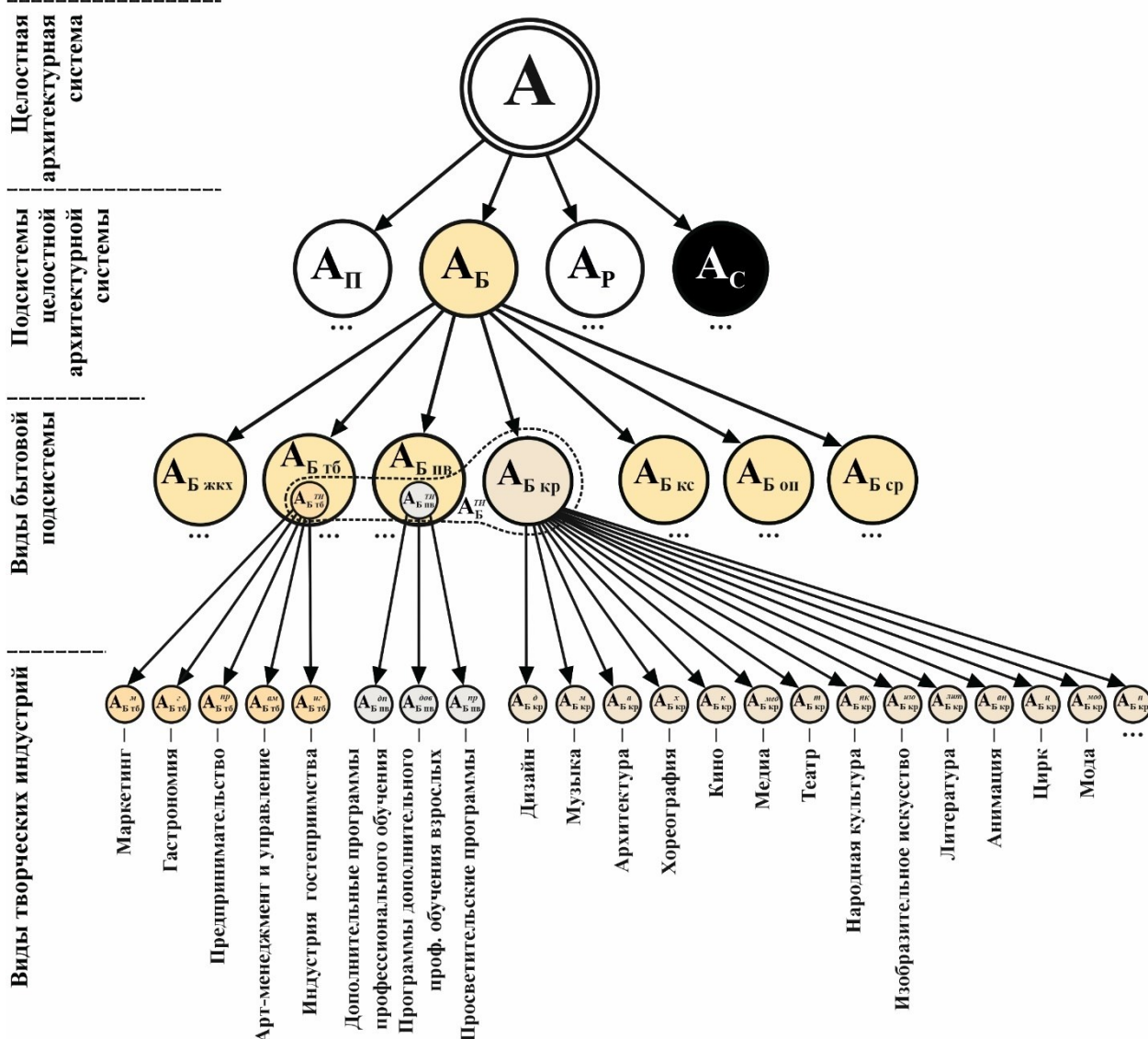


Рис. 2. Функциональная структура основных подсистем и компонентов целостных архитектурных систем:

$A_{п}$ – производственная подсистема, профиль i -го типа; $A_{б}$ – бытовая подсистема (социальная инфраструктура);

$A_{р}$ – рекреационная подсистема; $A_{с}$ – коммуникационная подсистема.

Виды социальной инфраструктуры ($A_{б}$): $A_{б жкх}$ – жилищно-коммунальное хозяйство;

$A_{б тб}$ – торгово-бытовая инфраструктура; $A_{б пв}$ – просвещение, воспитание (система воспитательно-образовательных учреждений); $A_{б кр}$ – культурно-развлекательная (сеть зрелищных предприятий);

$A_{б кс}$ – кредитно-страховая; $A_{б оп}$ – инфраструктура общественно-политической деятельности;

$A_{б ср}$ – инфраструктура социальной работы. $A_{б тб}^{III}$ – творческие индустрии торгово-бытовой

инфраструктуры: $A_{б тб}^M$ – маркетинг; $A_{б тб}^G$ – гастрономия; $A_{б тб}^{np}$ – предпринимательство;

$A_{б тб}^{am}$ – арт-менеджмент и управление; $A_{б тб}^{иg}$ – индустрия гостеприимства. $A_{б пв}^{III}$ – творческие индустрии подсистемы просвещения, воспитания: $A_{б пв}^{дн}$ – дополнительные программы профессионального обучения в организациях, осуществляющих социальное обслуживание; $A_{б пв}^{доп}$ – программы дополнительного профессионального обучения взрослых; $A_{б пв}^{np}$ – просветительские программы.

Подсистемы $A_{б кр}$: $A_{б кр}^d$ – дизайн; $A_{б кр}^M$ – музыка; $A_{б кр}^a$ – архитектура; $A_{б кр}^x$ – хореография;

$A_{б кр}^k$ – кино, $A_{б кр}^{мед}$ – медиа; $A_{б кр}^m$ – театр; $A_{б кр}^{нк}$ – народная культура (промыслы);

$A_{б кр}^{изо}$ – изобразительное искусство; $A_{б кр}^l$ – литература; $A_{б кр}^{ан}$ – анимация; $A_{б кр}^ц$ – цирк;

$A_{б кр}^м$ – мода; $A_{б кр}^n$ – культурно-развлекательное направление n -го вида. Сост.: Василенко Н.А.

На рисунке 3, а представлена модель функциональной структуры основных компонентов (подсистем) целостной архитектурной системы

бытового профиля $A_{бj}$ в форме диаграммы Эйлера-Венна. На рисунке 3, б представлена структура творческих индустрий бытовой подсистемы.

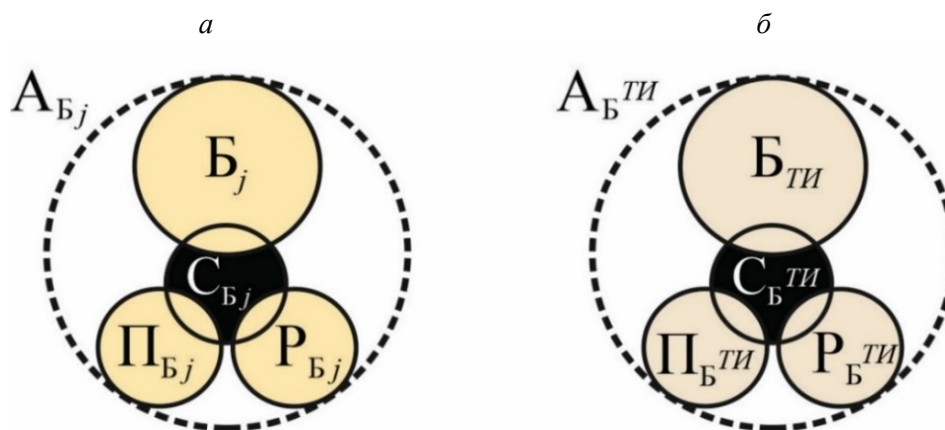


Рис. 3. Функциональная структура компонентов целостных архитектурных систем (подсистем):
 а – бытового профиля j -го типа (A_{Bj}); B_j – системообразующий вид бытовой деятельности (социальной инфраструктуры); P_{Bj} – производственные процессы, обеспечивающие j -ый тип бытовой деятельности; R_{Bj} – рекреационные процессы, обеспечивающие j -ый тип бытовой деятельности; C_{Bj} – связи, коммуникации, обеспечивающие j -ый тип бытовой деятельности; б – творческих индустрий бытовой подсистемы ($A_{B^{TI}}$); B_{TI} – системообразующий вид бытовой деятельности творческих индустрий; $P_{B^{TI}}$ – производственные процессы, обеспечивающие деятельность творческих индустрий; $R_{B^{TI}}$ – рекреационные процессы, обеспечивающие деятельность творческих индустрий; $C_{B^{TI}}$ – коммуникации, обеспечивающие деятельность творческих индустрий. Сост.: Василенко Н.А.

Согласно данной функциональной модели, системообразующими видами деятельности творческих резиденций являются так называемые «творческие индустрии». Творческие резиденции являются подсистемой творческих индустрий и представляют собой специально оборудованную архитектурную среду, предназначенную для обмена опытом, межкультурного диалога, реализации совместных творческих проектов среди приглашенных людей творческих профессий, в которой помимо основных функциональных процессов осуществляются все остальные системообразующие виды деятельности (производственные, рекреационные, коммуникационные), обеспечивающие профильный вид деятельности.

Выводы.

1. В настоящее время мы наблюдаем формирование типологически новых объектов – творческих резиденций, творческих кластеров и их комплексов. В различных регионах России формирование и функционирование новых креативных пространств арт-резиденций осуществляется преимущественно на территории объектов, ранее социально неблагополучных (депрессивных), – бывших кинотеатров, клубов, заводов, фабрик, а также историко-культурных объектов, нуждающихся в материальной поддержке и вовлечении в творческую работу местного сообщества (музеи, музеи-усадьбы и др.). Формирование такого рода объектов социальной инфраструктуры осуществляется в результате модернизации, реконструкции, ревитализации, ревалоризации, джентрификации объектов архитектурного наследия (зача-

стую индустриального), заброшенных, нерентабельных, морально устаревших и т.п. зданий и комплексов, а в условиях нового строительства – по индивидуальным проектам.

2. В Российской Федерации намечено два основных направления развития творческих резиденций – федеральная (некоммерческая) и коммерческая сети. Развитие федеральной сети творческих резиденций в культурных центрах регионов России является одним из направлений реализации Основ государственной культурной политики и национальной идентичности народов России. Данное явление было предопределено как необходимостью обновления депрессивных городских территорий, так и модернизацией системы социально-культурного обслуживания населения в целом. В ряде регионов России запущены программы формирования региональных систем арт-резиденций, внедрение которых сможет оказать большое влияние на культурную и экономическую ситуации в российских городах.

3. Формирование федеральной и коммерческой сети творческих резиденций в России, создание условий на государственном уровне по развитию творческих резиденций и кластеров в регионах России, имеющих круглогодичный формат работы и вовлекающих в свою деятельность все более молодые поколения и разные тематические направления в области культуры и искусств, позволяет говорить о развитии творческих резиденций как системном явлении, управляемом государством.

4. Новизной данного исследования является выявление системных основ социально-культурной инфраструктуры населения и предпосылок

для формирования сети творческих резиденций в современной России. Появление так называемых «творческих индустрий» позволяет говорить о расширении традиционных представлений о структуре и составе культурно-развлекательной составляющей социальной инфраструктуры. Речь идет о возрастающей эстетизации бытовых процессов и все большем вовлечении в производство экономических ценностей творческой и креативной составляющих.

5. Впервые приведены авторские модели, описывающие место творческих индустрий и творческих резиденций в структуре так называемой «социальной инфраструктуры» населения с точки зрения системного подхода. Дано обоснование функциональной структуры любого архитектурного объекта социально-культурного назначения, раскрывающее его системную сущность и строение.

6. Дано определение творческой резиденции как целостного архитектурного объекта подсистемы творческих индустрий, в котором помимо основных функциональных процессов осуществляются все остальные системообразующие виды деятельности, обеспечивающие профильный вид деятельности.

5. Профильным видом деятельности творческих резиденций, творческих кластеров являются творческие индустрии, область деятельности которых находится на слиянии трех видов бытовой подсистемы: культурно-развлекательной (зрелищной), торгово-бытовой (маркетинг, гастрономия, предпринимательство, арт-менеджмент, индустрия гостеприимства), а также образовательно-просветительской (передача опыта, воспитание, получение профессиональных навыков, дополнительное образование в творческих профессиях) подсистем. Таким образом, федеральная сеть творческих резиденций участвует в воспитании, образовании, развитии личности, получении и совершенствовании профессиональных навыков в творческих профессиях. Способствует передаче опыта, традиционных культурных ценностей молодому поколению и его творческой самореализации.

Источник финансирования. Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основы государственной культурной политики // Сайт Президента Российской Федерации. Утв. Указом Президента Российской Федерации 24.12.2014. [2023]. www.kremlin.ru – офиц. интернет-портал Администрации Президента

России. URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/39208> (дата обращения 24.05.23).

2. Концепция развития творческих (креативных) индустрий и механизмов осуществления их государственной поддержки в крупных и крупнейших городских агломерациях до 2030 года. Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 сентября 2021 г. № 2613-р. 27.09.2021 публикация №: 0001202109270012. [2023]. www.pravo.gov.ru – офиц. интернет-портал правовой информации. URL: <http://static.government.ru/media/files/HEXNAom6EJunVIXBCjIAAtAya8FAV-DUfP.pdf> (дата обращения 24.05.23).

3. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации // Сайт Президента Российской Федерации. Утв. Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». [2023]. www.kremlin.ru – офиц. интернет-портал Администрации Президента России. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449> (дата обращения 24.05.23).

4. Кокурин Д.И., Назин К.Н. Формирование и реализация инфраструктурного потенциала экономики России. М.: Транслит, 2011. 336 с.

5. Зверев А.В. Систематизация и классификация социальной инфраструктуры // Terra Ecomicus. 2011. Том 9. № 2. Часть 2. С. 39–42.

6. Русскова Е.Г. Инфраструктура рыночной экономики: методология системного исследования. Волгоград: Волгоградское научное издательство, 2006. 296 с.

7. Рекомендации по разработке раздела «Социальная инфраструктура» в схемах и проектах районной планировки. ЦНИИП градостроительства, Москва. 1989. 160 с.

8. Шульгина И.В. Инфраструктура науки в СССР / Отв. ред. [и авт. предисл.] В. А. Жамин; АН СССР, Ин-т истории естествознания и техники. Москва: Наука, 1988. 153 с.

9. Хомелянский Б.Н. Экономический эффект социального планирования: Соц.-экон. инфраструктура в воспроизв. процессе. Москва: Мысль, 1980. 260 с.

10. Амосова Е.В. Творческие кластеры как способ сохранения и редевелопмента объектов индустриального наследия // Общество. Среда. Развитие. 2019. № 3. С. 98–102.

11. Сергеенко А.М. Творческий кластер как новый импульс развития городских промышленных территорий // Региональные архитектурно-художественные школы. 2016. № 1. С. 44–47.

12. Бондаренко И.А., Возвышаева Т.И., Грязнова Н.В., Дущев М.В., Кукина И.В., Лешко С.С., Михайкин Д.И., Птичникова Г.А.,

Ухналев А.Е. Реновация городской среды: исторические прецеденты / Отв. ред.-сост. И. А. Бондаренко; Научно-исследовательский институт теории и истории архитектуры и градостроительства. Москва, Санкт-Петербург: КОЛО, 2021. 333 с. EDN UKNEKF.

13. Чайко Д.С. Современные направления интеграции исторических производственных объектов в городскую среду: автореф. дис. ... канд. архитектуры. М., 2007. 34 с.

14. Зайцева А.И., Брель О.А., Кайзер Ф.Ю. Анализ опыта сохранения и редевелопмента объектов индустриального наследия // Общество. Среда. Развитие. 2018, № 4. С. 77–82.

15. Алексеева Е.В. Ревалоризация индустриального наследия в России и странах Западной Европы: подходы, объекты, ландшафты, акторы // Экономическая история. 2017. № 1. С. 9–23.

16. Солонина Н.С. Принципы архитектурно-презентационной актуализации индустриального наследия // Диалоги о защите культурных ценностей: Материалы II Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 19–20 мая 2022 года / Под редакцией Е.Ю. Витюк, Ю.В. Кондаковой, Е.В. Штифановой. – Екатеринбург: Уральский государственный архитектурно-художественный университет, 2022. С. 189–193.

17. Туртыгина С.А. Тенденции реконструкции старых промышленных зданий и территорий с целью перепрофилирования // Строительные материалы и изделия. 2019. Том 2. №5. С. 40–46.

18. Афанасьев К.С. Джентрификация и реиндустриализация в развитии городской территории // Вестник Ленинградского государственного университета им. А.С. Пушкина. 2014. Т. 6, № 2. С. 48–60.

19. Птичникова Г.А., Антюфеев А.В. Джентрификация депрессивных постиндустриальных прибрежных территорий городов как архитектурное обновление // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2022. № 2(38). С. 34–49. DOI:10.21869/2311-1518-2022-38-2-34-49

20. Веретенников Д.Б., Кузнецов И.В. Возрождение старых промышленных городских кварталов в контексте процессов джентрификации // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 8 (98). URL: <https://research-journal.org/archive/8-98-2020-august/vozrozhdenie-staryx-promyshlennyx-gorodskix-kvartalov-v-kontekste-processov-dzhentrifikacii> (дата обращения: 18.05.2023). doi.org/10.23670/IRJ.2020.98.8.034 (дата обращения: 24.05.2023).

21. Шалина Д.С., Степанова Н.Р. Реновация, редевелопмент, ревитализация и джентрификация городского пространства // Фундаментальные исследования. 2019. № 12–2. С. 285–289.

22. Пенькова М.В., Цветкова Ю.П. Особенности сохранения и адаптации архитектурно-индустриального наследия сахарных заводов // Архитектура и современные информационные технологии. 2020. № 4(53). С. 135–151.

23. Цветкова Ю.П., Пенькова М.В. Модели формирования архитектурно-пространственной среды бывших промышленных объектов в малых населенных пунктах // Неделя науки ИСИ: Сборник материалов Всероссийской конференции, Санкт-Петербург, 04–10 апреля 2022 года. Том Часть 3. Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. С. 85–88.

24. Сносить нельзя ревитализировать. Практическое руководство по созданию креативного кластера / Сост.: Т. Журавлева, И. Токарев, Я. Ярмошук. URL: <http://flacon.ru/> Книга Флакона (дата обращения: 24.05.2023).

25. Ассоциация арт-резиденций России. URL: <http://airofrussia.ru/> (дата обращения: 05.06.2023).

26. Федеральная сеть арт-резиденций. URL: <http://tavrida.art/art-residences/> (дата обращения: 05.06.2023).

27. Василенко Н.А., Черныш Н.Д. Определение и обоснование функциональной структуры архитектурных объектов на основе системного подхода // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. №. 1. С. 74–88. DOI:10.34031/2071-7318-2022-8-1-74-88

28. Василенко Н.А., Черныш Н.Д. Функционально-планировочная структура транспортных зданий и сооружений на примере морских пассажирских терминалов // Architecture and Modern Information Technologies (AMIT). 2020. № 3(52). С. 58–83. DOI:10.24411/1998-4839-2020-15204

29. Лаврик Г.И. Методологические основы районной планировки. Введение в демоэкологию. Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2007. 117 с.

30. Каннер Д.Д., Лысоченко А.А. MICE как инструмент реализации творческих проектов // Московский экономический журнал. 2021. № 7. С. 480–486. DOI:10.24412/2413-046X-2021-10425

31. Приказ ДОИМ от 03.03.2022 № 114 «Об утверждении Стандарта городского образовательного проекта «Креативная вертикаль» в государственных образовательных организациях, подведомственных Департаменту образования и науки города Москвы». URL: http://www.mos.ru/donm/documents/view/266003220/?utm_source=search&utm_term=serp (дата обращения: 24.05.2023).

32. Стандарт учреждения молодежной политики: методическое пособие для руководителей и учреждений в сфере молодежной политики / Сост.: М.С. Аверков, Н.В. Бажитов, Е.Е. Богомаз, Е.А. Вишневецкая и др.; Федеральное агентство

по делам молодёжи (Росмолодёжь); под общей редакцией Н. В. Бажитова. Москва: Институт молодёжной политики – Институт молодёжи, 2022. 168 с. URL: <http://youth.institute/standartmol> (дата обращения: 24.05.2023).

33. Универсальный энциклопедический словарь. Москва: Большая Российская энциклопедия, 2000. 1551 с.

34. Яценко Н.Е. Толковый словарь обществоведческих терминов. Серия «Учебники для вузов». Специальная литература. Санкт-Петербург: Изд-во «Лань». 1999. 528 с.

35. Федотова Н.Г. Креативный кластер в контексте социокультурных проблем региона // Всероссийская научно-практическая конференция «Социокультурное пространство современной России: вызовы XXI века»: материалы науч. конференции. 30 апреля 2013 г. // Книжный дом «Либроком». 2013. С. 59–68.

36. Сапрыкина А.Н. Кластеры в сфере культуры: необходимость формирования и особенности создания // Вопросы управления. 2014. № 2(27). С. 152–156.

Информация об авторах

Василенко Наталья Анатольевна, кандидат архитектуры, доцент кафедры архитектурных конструкций. E-mail: nvasilenko_domik@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Потекина Екатерина Андреевна, студентка магистратуры. E-mail: potykina1999@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Погорелова Юлия Владимировна, студентка магистратуры. E-mail: julia.pogorelova1906@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 27.06.2022 г.

© Василенко Н.А., Потекина Е.А., Погорелова Ю.В., 2023

**Vasilenko N.A., Potekina E.A., Pogorelova Yu.V.
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
E-mail: nvasilenko_domik@mail.ru

THE SYSTEM BASIS OF FORMING A NETWORK OF CREATIVE RESIDENCIES IN RUSSIA

Abstract. *This paper considers determining the place and role of creative industries and creative residencies in the general system of public social-cultural infrastructure and identifying the peculiarities of forming a network of creative residencies in Russia. It is demonstrated that the systemic appearance of a network of creative residencies in the Russian Federation in the early 2000s mostly as a result of reconstruction /renovation of industrial heritage objects and public cultural services objects (clubs, movie theaters, museums etc.) was predetermined both by the necessity of depressed urban areas renewal and by modernization of cultural and social public services' system in general. Modernization of the so-called «social infrastructure» for the population is associated with the large-scale information technologies implementation, the increasing aestheticization of everyday processes and the ever-growing involvement of art and creative components into economic values production. An overview of modern objects of the country-wide creative residencies network in Russia is presented. It is demonstrated that the so-called «creative industries», which are the core sphere of activity of art residencies, are located at the joining point of three types of the community subsystem's activities: cultural-and-entertainment, trade-and-service and training-and-educational. The author's models,*

37. Glass R., Hobsbawm E. J., Pollins H., Ashworth W., Westergaard J. H., Holford W., Jefferys M., Jackson John A. and Patterson Sh. London: Aspects of Change. Ed. by Centre for Urban Studies. Report No. 3. London. Macgibbon & Kee. 1964. 342 p.

38. Президентский фонд культурных инициатив. URL: <http://фондкультурныхинициатив.рф/> (дата обращения: 05.06.2023).

39. Круглый стол «Культурный потенциал российских городов» // НИУ ВШЭ: [2022]. URL: <http://ics.hse.ru/news/811737183.html> (дата обращения: 24.05.2023).

40. Вячеслав Гладков: «Арт-резиденции должны стать центром креативных индустрий» // Губернатор и Правительство Белгородской области. [2023]. URL: <http://belregion.ru/press/news/index.php?ID=57073> (дата обращения: 24.05.2023).

41. Центр развития культурных инициатив. URL: <http://www.crki.art/> (дата обращения: 05.06.2023).

describing the role of creative industries and creative residencies in the social infrastructure from the perspective of system approach, are presented. The functional structure of any architectural objects of social and cultural designation, which would reveal their systemic essence and composition, is substantiated.

Keywords: art residency, art cluster, creative industries, system, system approach, social infrastructure, industrial heritage.

REFERENCES

1. Fundamentals of the state cultural policy [Osnovy gosudarstvennoy kulturnoy politiki]. Website of the President of the Russian Federation. Approved by Decree of the President of the Russian Federation on 24.12.2014. [2023]. www.kremlin.ru – official Internet portal of the Presidential Administration of Russia. URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/39208> (date of treatment: 24.05.23). (rus)

2. The concept of the development of creative (creative) industries and mechanisms for the implementation of their state support in large and largest urban agglomerations until 2030 [Kontseptsiya razvitiya tvorcheskikh (kreativnykh) industriy i mekhanizmov osushestvleniya ikh gosudarstvennoy podderzhki v krupnykh i krupneyshikh gorodskikh aglomeratsiyakh do 2030 goda]. Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation of September 20, 2021 No. 2613-R. 27.09.2021 Publication No.: 0001202109270012. [2023]. www.pravo.gov.ru – official internet portal of legal information. URL: <http://static.government.ru/media/files/HEXNAom6EJunVlxBcJlAtAya8FAVDUfP.pdf> (date of treatment: 24.05.23). (rus)

3. Strategy of scientific and technological development of the Russian Federation [Strategiya naychno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii]. Internet portal of the Presidential Administration of Russia. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449> (date of treatment: 24.05.23). (rus)

4. Kokurin D.I., Nazin K.N. Formation and realization of the infrastructural potential of the Russian economy [Formirovanie i realizatsiya infrastruktornogo potentsiala ekonomiki Rossii]. Moscow: Translit, 2011. 336 p. (rus)

5. Zverev A.V. Systematization and classification of social infrastructure [Sistematizatsiya i klassifikatsiya sotsialnoy infrastruktury]. Terra Economicus. 2011. Vol. 9. No. 2. Part 2. Pp. 39–42. (rus)

6. Russkova E.G. Infrastructure of market economy: methodology of system research [Infrastruktura rynochnoy ekonomiki: metodologiya sistemnogo issledovaniya]. Volgograd: Volgograd Scientific Publishing House, 2006. 296 p. (rus)

7. Recommendations for the development of the section «Social infrastructure» in the schemes and projects of district planning [Rekomendatsii po razrabotke razdela «Sotsialnaya infrastruktura» v

skhemakh i proektakh rayonnoy planirovki]. TSNIIP urban Planning, 1989. 160 p. (rus)

8. Shulgina I.V. Infrastructure of science in the USSR [Infrastruktura nauki v SSSR]. Ed. [and author's preface] V. A. Zhamin; USSR Academy of Sciences, Institute of the History of Natural Science and Technology. Moscow: Nauka, 1988. 153 p. (rus)

9. Khomelyansky B.N. Economic effect of social planning: Social-economic. infrastructure in play. the process [Ekonomicheskiy effekt sotsial'nogo planirovaniya: sotsial'no-ekonomicheskaya infrastruktura v vosпроизводstvennom protsesse]. Moscow: Mysl, 1980. 260 p. (rus)

10. Amosova E.V. Creative clusters as a way to preserve and redevelop industrial heritage sites [Kreativny klaster kak sposob sokhraneniya i redevelopmenta obektov industrialnogo naslediya]. Society. Wednesday. Development. 2019. No. 3. Pp. 98–102. (rus)

11. Sergeenko A.M. Creative cluster as a new impetus for the development of urban industrial territories [Tvorcheskii klaster kak novy impuls razvitiya gorodskikh promyshlennykh territoriy]. Regional architectural and art schools. 2016. No. 1. Pp. 44–47. (rus)

12. Bondarenko I.A., Vysozaeva T.I., Gryaznova N.V., Dutsev M.V., Kukina I.V., Levoshko S.S., Mikheikin D.I., Ptichnikova G.A. and Ukhnaev A.E. Urban environment renovation: historical precedents [Renovatsiya gorodskoy sredy: istoricheskie pretsedenty]. Ed.-comp. I. A. Bondarenko. Research Institute of Theory and History of Architecture and Urban Planning. Moscow, St. Petersburg: KOLO, 2021. 333 p. (rus)

13. Chaiko D.S. Modern directions of integration of historical production facilities into the urban environment [Sovremennye napravleniya integratsii istoricheskikh proizvodstvennykh obektov v gorodskuyu sredu] : abstract. dis. ... cand. architecture. M., 2007. 34 p. (rus)

14. Zaitseva A.I., Brel O.A., Kaiser F.Yu. Analysis of the experience of preservation and redevelopment of industrial heritage objects [Analiz opyta sokhraneniya i redevelopmenta obektov industrialnogo naslediya]. Society. Wednesday. Development. 2018, No. 4. Pp. 77–82. (rus)

15. Alekseeva E.V. Revalorization of industrial heritage in Russia and Western Europe: approaches, objects, landscapes, actors [Revalorizatsiya industrialnogo naslediya v Rossii i stranakh Zapadnoy Evropy: podkhody, obekty, landshafty, aktory]. Economic history. 2017. No. 1. Pp. 9–23.

(rus)

16. Solonina N.S. Principles of architectural and presentation actualization of industrial heritage [Printsipy arkhitekturno-prezentatsionnoy aktualizatsii industrialnogo naslediya]. Dialogues on the protection of cultural values: Materials of the II International Scientific and Practical Conference, Yekaterinburg, May 19–20, 2022. Edited by E. Y. Vityuk, Y. V. Kondakova, E. V. Shtifanova. Yekaterinburg: Ural State University of Architecture and Art, 2022. pp. 189–193. (rus)

17. Turtygina S.A. Trends in the reconstruction of old industrial buildings and territories for the purpose of repurposing [Tendentsii rekonstruktsii starykh promyshlennyykh zdaniy i territoriy s tselyu pereprofilirovaniya]. Building materials and products. 2019. Vol. 2. No. 5. Pp. 40–46. (rus)

18. Afanasyev K.S. Gentrification and reindustrialization in the development of urban territory [Dzhentifikatsiya i reindustrializatsiya v razvitii gorodskoy territorii]. Bulletin of the Leningrad State University named after A.S. Pushkin. 2014. Vol. 6, No. 2. Pp. 48–60. (rus)

19. Ptichnikova G.A., Antyufeev A.V. Gentrification of depressive post-industrial coastal territories of cities as architectural renewal [Dzhentifikatsiya depressivnykh postindustrialnykh pribrezhnykh territoriy gorodov kak arkhitekturnoe obnovenie]. Biosphere compatibility: man, region, technologies. 2022. No. 2(38). Pp. 34–49. DOI: 10.21869/2311-1518-2022-38-2-34-49. (rus)

20. Veretennikov D.B., Kuznetsov I.V. Revival of old industrial city quarters in the context of gentrification processes [Vozrozhdenie starykh promyshlennyykh gorodskikh kvartalov v kontekste protsessov dzhentifikatsii]. International Research Journal. 2020. № 8 (98). URL: <https://research-journal.org/archive/8-98-2020-august/vozrozhdenie-starykh-promyshlennyykh-gorodskikh-kvartalov-v-kontekste-processov-dzhentifikatsii> (date of application: 18.05.2023). doi.org/10.23670/IRJ.2020.98.8.034 (rus)

21. Shalina D.S., Stepanova N.R. Renovation, redevelopment, revitalization and gentrification of urban space [Renovatsiya, redevelopment, revitalizatsiya i dzhentifikatsiya gorodskogo prostranstva]. Fundamental research. 2019. No. 12–2. Pp. 285–289. (rus)

22. Perkova M.V., Tsvetkova Yu.P. Features of preservation and adaptation of the architectural and industrial heritage of sugar factories [Osobennosti sokhraneniya i adaptatsii arkhitekturno-industrialnogo naslediya sakharnykh zavodov]. Architecture and modern information technologies. 2020. No. 4(53). Pp. 135–151. (rus)

23. Tsvetkova Yu.P., Perkova M.V. Models of the formation of the architectural and spatial environment of former industrial facilities in small

settlements [Modeli formirovaniya arkhitekturno-prostranstvennoy sredy byvshikh promyshlennyykh obektov v malykh naselennykh punktakh]. ISI Science Week: Collection of materials of the All-Russian Conference, St. Petersburg, April 04–10, 2022. Vol. Part 3. St. Petersburg: POLYTECH PRESS, 2022. Pp. 85–88. (rus)

24. It is impossible to demolish and revitalize. Practical guide to creating a creative cluster [Snosit' nel'zya revitalizirovat'. Prakticheskoe rukovodstvo po sozdaniyu kreativnogo klastera]. Comp.: T. Zhuravleva, I. Tokarev, Ya. Yarmoshchuk. [2023]. www.flacon.ru – ofits. website of the design factory «Flacon». URL: <https://flacon.ru>. The Flacon's Book. (rus)

25. Association of Art Residences of Russia [Assotsiatsiya art residentsiy Rossii]. Official website: www.airofrussia.ru (date of treatment: 05.06.23). (rus)

26. Federal network of art residences [Federal'naya set' art rezidentziy]. [2023]. URL: <http://tavrida.art/art-residences> (date of treatment: 05.06.23). (rus)

27. Vasilenko N.A., Chernysh N.D. Definition and justification of the functional structure of architectural objects based on a systematic approach [Opredelenie i obosnovanie funktsional'noy struktury arkhitekturnyykh ob'ektov na osnove sistemnogo podkhoda]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 1. Pp. 74–88. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-1-74-88 (rus)

28. Vasilenko N.A., Chernysh N.D. Functional and planning structure of transport buildings and structures on the example of marine passenger terminals [Funktsional'no-planirovochnaya struktura transportnykh zdaniy i sooruzheniy na primere morskikh passazhirskikh terminalov]. Architecture and Modern Information Technologies (AMIT). 2020. No. 3(52). Pp. 58–83. doi: 10.24411/1998-4839-2020-15204. (rus)

29. Lavrik G.I. Methodological foundations of district planning. Introduction to demoeology [Metodologicheskie osnovy rayonnoy planirovki. Vvedenie v demoekologiyu]. Belgorod: V.G. Shukhov BSTU, 2007. 117 p. (rus)

30. Kanner D.D., Lysochenko A.A. MICE as a tool for implementing creative projects [MICE kak instrument realizatsii tvorcheskikh proektov]. Moscow Economic Journal. 2021. No. 7. Pp. 480–486. DOI: 10.24412/2413-046X-2021-10425 (rus)

31. DONM Order No. 114 dated 03.03.2022 «On approval of the Standard of the city educational project «Creative Vertical» in state educational organizations subordinate to the Department of Education and Science of the City of Moscow» [Priказ DONM ot 03.03.2022 No 114 «Ob utverzhdenii Standarta gorodskogo obrazovatel'nogo proekta «Kreativnaya vertikal'» v

gosudarstvennykh obrazovatelnykh organizatsiyakh, podvedomstvennykh Departamentu obrazovaniya I nayki goroda Moskvyy». [2023]. URL: http://www.mos.ru/donm/documents/view/266003220/?utm_source=search&utm_term=serp (rus)

32. The standard of youth policy institutions: a methodological guide for managers and institutions in the field of youth policy [Standart uchrezhdeniya molodezhnoy politiki: metodicheskoe posobie dlya rukovoditeley I uchrezhdeny v sfere molodezhnoy politiki]. Comp.: M. S. Averkov, N. V. Bazhitov, E. E. Bogomaz, E. A. Vishnevskaya, etc.; Federal Agency for Youth Affairs (Rosmolodezh); under the general editorship of N.V. Bazhitov. – Moscow: Institute Youth Policy – Institute of Youth, 2022. 168 p. [2023]. Official website of ANO DPO Youth Institute www.youth.institute.ru. URL: <http://youth.institute/standartmol> (rus)

33. Universal encyclopedic dictionary [Universalnyy entziklopedicheskiy slovar']. Moscow: The Great Russian Encyclopedia, 2000. 1551 p.

34. Yatsenko N.E. Explanatory dictionary of social science terms [Tolkovy slovar' obshchestvenno-nauchnykh terminov]. The series «Textbooks for universities». Special literature. St. Petersburg: Publishing house «Lan». 1999. 528 p. (rus)

35. Fedotova N.G. Creative cluster in the context of socio-cultural problems of the region [Kreativnyy klaster v kontekste sociokulturnykh problem regiona]. All-Russian scientific and practical conference «Socio-cultural space of modern Russia: challenges of the XXI century»:

materials of the scientific conference. April 30. 2013. Book house «Librocom». 2013. Pp. 59–68. (rus)

36. Saprykina A.N. Clusters in the sphere of culture: the need for formation and features of creation [Klastery v sfere kul'tury: neobkhodimost formirovaniya I osobennosti sozdaniya]. Management issues. 2014. No. 2(27). Pp. 152–156. (rus)

37. Glass R., Hobsbawm E.J., Pollins H., Ashworth W., Westergaard J.H., Holford W., Jefferys M., Jackson John A. and Patterson Sh. London: Aspects of Change. Ed. by Centre for Urban Studies. Report No. 3. London. Macgibbon & Kee. 1964. 342 p.

38. Presidential Foundation for Cultural Initiatives: [website]. URL: <http://CulturalInitiativeFoundation.rf/> (date of treatment: 05.06.23). (rus)

39. Round table «Cultural potential of Russian cities» [Krugly stol «Kul'turnyy potentsial rossiyskikh gorodov»]. HSE. [2022]. URL: <http://ics.hse.ru/news/811737183.html> (date of treatment: 05.24.2023). (rus)

40. Vyacheslav Gladkov: «Art residences should become the center of creative industries» [Art residentsii dolzhny stat tsentrom kreativnykh indystryi]. Governor and Government of the Belgorod region. [2023]. URL: <http://belregion.ru/press/news/index> (date of treatment: 24.05.23). (rus)

41. Center for the Development of Cultural Initiatives [Tsentr razvitiya kul'turnykh initsiativ]. [website]. URL: <http://www.crki.art/> (date of treatment: 05.06.23). (rus)

Information about the authors

Vasilenko, Natalia A. PhD, Assistant professor. E-mail: nvasilenko_domik@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Potekina, Ekaterina A. Master student. E-mail: potykina1999@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Pogorelova, Julia V. Master student. E-mail: julia.pogorelova1906@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 27.06.2023

Для цитирования:

Василенко Н.А., Потекина Е.А., Погорелова Ю.В. Системные основы формирования сети творческих резиденций в России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 8. С. 50–71. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-8-50-71

For citation:

Vasilenko N.A., Potekina E.A., Pogorelova Yu.V. The system basis of forming a network of creative residences in Russia. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 8. Pp. 50–71. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-8-50-71

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-8-72-85

Петрусенко Ю.В.

Южный федеральный университет

E-mail: miss.smiyukha21@yandex.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТАРЕЙШИХ КРЫТЫХ РЫНКОВ В РОСТОВЕ-НА-ДОНУ

Аннотация. В данной работе рассматривается историческое возникновение старейших рынков: Нахичеванского крытого рынка на Базарной площади (1914 г.) и Крытого рынка на Старом Базаре (1893 г.), выявляются их архитектурно-художественные и конструктивные особенности. Исследована реконструкция, реставрация и сохранение объектов в современных городских условиях, получены новые фактологические данные. Целью исследования является рассмотрение и сравнительный анализ крытых рынков Ростова-на-Дону и Нахичевани-на-Дону. Каждый объект был проанализирован с точки зрения расположения в структуре городской ткани, функционально-планировочного решения, конструктивных особенностей, а также рассмотрены архитектурно-художественные особенности, историко-культурная ценность, сохранившаяся до наших дней. В результате проведенного исследования было выявлено, что оба объекта имеют схожие исторически сложившиеся месторасположения и образования рынков в формировавшейся городской структуре, аналогичные функционально-планировочные и конструктивные решения. В архитектурных решениях есть схожие композиционные особенности построения фасадов и объемного решения, но существуют характерные архитектурно-художественные особенности для каждого павильона. В современных условиях объекты сохранились в хорошем состоянии, но утратили свой первоначальный облик «кирпичного стиля». Подлинно оба здания были выполнены методом открытой кладки из красного кирпича без применения штукатурки и краски. В результате сравнительного анализа выявлено, что Крытый рынок на Старом Базаре (1893 г.) послужил аналогом для Нахичеванского крытого рынка на Базарной площади.

Ключевые слова: крытые рынки, Нахичеванский рынок, Базарная площадь, Старый базар, Ростов-на-Дону.

Введение. Данное исследование проведено с целью рассмотрения конструктивных и архитектурно-художественных особенностей старейших рынков Ростова-на-Дону: Нахичеванского крытого рынка на Базарной площади (1914 г., арх. В. Сазонов) и Крытого рынка на Старом Базаре (1893 г., арх. Н.М. Соколов), проведение сравнительного историко-архитектурного анализа, исследование сохранности объектов в городской среде в наши дни. В связи с этим в исследовании были сформулированы следующие задачи: 1) собрать и систематизировать проектные и исторические материалы, результаты натурных исследований по объектам крытых рынков в Ростове-на-Дону; 2) уточнить исторические факты и данные по исследуемым объектам; 3) выявить и проанализировать характерные принципы в каждом из рассматриваемых объектов; 4) провести сравнительный анализ рынков: Нахичеванского крытого рынка на Базарной площади (1914 г.) и Крытого рынка на Старом Базаре (1893 г.). Объектом исследования являются крытые рынки Ростова-на-Дону: Нахичеванский крытый рынок на Базарной площади (1914 г.) и Крытый рынок на Старом Базаре (1893 г.).

С целью изученности данной темы были рассмотрены работы авторов, описывающих основные исторические события, городскую среду,

экономику, быт населения Ростова-на-Дону и Нахичевани-на-Дону, таких авторов: Лобжанидзе В.Н., Лаптев Г.Ф., Малаховский Е.М., Сидоров В.С., Швецов С.Д. В ходе исследования изучены работы, посвященные общей характеристике архитектуры городов Юга России в XVIII–XX вв., в которых особое внимание уделяется архитектуре второй половины XIX – начала XX вв., следующих авторов: Есаулов Г.В., Черницына В.А., Зимин А.П., Волошинова Л.Ф., Иванова-Ильичева А.М., Халпахчян О.Х. Также была исследована периодическая печать, такие издания как: Ведомости Ростовской-на-Дону Городской управы, газеты «Приазовский край», газета «Южный телеграф». В трудах исследователей присутствуют частичные исторические описания крытых рынков, их архитектура и конструктивные особенности, но подробного изучения и анализа Крытого рынка на Базарной площади (Нахичеванского рынка) и крытого рынка на площади Старого базара (Центрального рынка) до настоящего исследования нет. Сравнительный анализ рынков, согласно выявленным критериям, проводится автором впервые. Также впервые в научный обиход вводятся данные по реконструкции и реставрации павильонов крытых рынков. Данная тема актуальна по причине возникшего интереса к региональной архитектуре, к историческому

наследию города, в условиях которого происходят процессы реконструкции и нового строительства, влияющие на облик города Ростова-на-Дону в целом, формирующие его архитектурно-строительную практику.

Ростов и Нахичевань – два города, имеющие одну историю. В конце XIX – начале XX века города Ростов-на-Дону и Нахичевань-на-Дону являлись торговыми и промышленными центрами на Юге России. Сегодня Нахичевань входит в состав Ростова-на-Дону, являясь одним из районов. Историческое слияние городов произошло в 1929 году [1]. Ростов-на-Дону основан в 1749 году в результате подписания российской императрицей Елизаветой Петровной указа об учреждении в устье реки Темерник государственной таможни. «...на Дону, у устья Темерника, против урочища, называемого Богатый колодец, где и донские казаки могут вести свою торговлю с приезжими греками, турками и армянами...» [2]. Таможня была названа в честь реки Темерник. Вскоре после образования таможни возник порт, который был единственным пунктом, через который Россия могла вести торговлю с портами Азовского, Черного и Средиземного морей, что играло важную роль в экономической и торговой жизни городов.

Город Нахичевань-на-Дону был образован в 1779 году. По указу Екатерины II [3], армяне переселились из Крыма на Дон, получив земли и самоуправление. Название города Нахичевань происходит от двух армянских слов: «нах» – первый, «ичеван» – пристанище, по аналогии с местом, где Ной впервые высадился из Ковчега. Дон явился первым пристанищем армян в России. К началу XIX века Нахичевань-на-Дону стал ремесленно-промышленным и торговым центром. «Нахичевань-на-Дону к 1860-м гг. оформляется как значительный торговый и промышленный центр на юге России, с развитыми традиционными ремеслами. Новонахичеванские купцы налаживают деловые связи с зарубежными странами, городами Центральной России и южнороссийского региона, при этом большинство торговых фирм располагается в соседнем Ростове» [4].

В связи с выгодным географическим положением городов Ростов-на-Дону и Нахичевань-на-Дону, а именно расположение на пересечении водных и сухопутных торговых путей, отмечаются высокие темпы развития торговли.

В первой половине XIX века в Ростове и Нахичевани-на-Дону распространенным видом торговли являлись рынки, обеспечивающие население основными продуктами. Изначально рынки представляли собой деревянные лавки, затем они сменились каменными. Во второй половине XIX

века появляется новый тип – крытые рынки. Крытые рынки позволяли улучшить санитарные условия и урегулировать розничную торговлю. В статье рассматриваются два старейших крытых рынка Ростова-на-Дону и Нахичевани-на-Дону: крытый рынок в Нахичевани-на-Дону, по проекту архитектора В. Сазонова в 1914 г., третий корпус крытого рынка на Старом Базаре, по проекту городского архитектора второго участка г. Ростова-на-Дону Соколова Н.М. в 1893 г.

Вопрос о постройке больших городских крытых рынков возник в результате большого спроса и стечения определенных обстоятельств. Горожане вели активную торговлю на необустроенных торговых местах, тем самым происходило большое скопление на определенных торговых точках, не всегда необходимыми товарами. Городские власти решили дать людям возможность легко и безопасно заниматься торговлей, что было необходимо для самих горожан, но и получать выгодную прибыль от рыночной торговли, также необходимую для процветания и финансового благополучия города.

Корпус Нахичеванского крытого рынка (рис. 1,2) строился по проекту архитектора В. Сазонова, под руководством известного городским властям подрядчика Матосов Мартына Гавриловича [6]. Подрядчик-строитель Мартын Гаврилович Матросов являлся представителем немаленького рода Матросовых, домовладелец, проживавший в самом центре города, немного выше центрального прямоугольника Нахичевани на 2-й Соборной улице в доме 25. Он являлся собственником известково-обжигательного и кирпично-черепичного заводов, и, кроме того, содержал каменоломни на городском выгоне, имел хорошую репутацию строителя в городе. Данные обстоятельства, вероятно, и давали возможность обозначать самые низкие конкурсные цены, действия подрядчика относительно постройки крытого рынка получили наименование *матосовщина* [7].

В газете «Приазовский край» от 2 июня 1912 г. говорится о начале предварительных работ по сооружению грандиозного здания городского рынка Нахичевани. Сообщалось, что были произведены уже нивелировочные и начальные земляные работы [8]. Позднее местная хроника от 9 октября 1913 г. пишет, что сооружение крытого рынка подходит к концу, идет подготовка материалов для торгов на отдачу в аренду торговых мест. «В новом рынке будет открыто 30 магазинов и 24 внутренние лавки, не считая обширной галереи, специально для торговли молоком, маслом и разными пищевыми продуктами. На первых порах предполагается получить дохода не

менее 15 тыс. руб.» [9]. «В виду скорого окончания сооружения рынка, управа распорядилась снести трамвайный павильон и разные мелкие строения, прилегающие к рынку. Освобожденная от построек площадь будет асфальтирована. Сооружение крытого рынка закончено. В половине

ноября будут назначены торги на отдачу в аренду магазинов и других помещений рынка» [10]. 19 февраля 1914 г. газета «Приазовский край» сообщает о том, что все расчеты с подрядчиком закончены, состоялось открытие рынка, позднее будет совершено освящение здания [11].



Рис. 1. «Павильон Нахичеванского рынка». Вид здания с восточной стороны [18]. 2017 г., фото до реконструкции



Рис. 2. «Павильон Нахичеванского рынка». Общий вид северного фасада [18]. 2017 г., фото до реконструкции

На сегодняшний день Павильон крытого рынка на Нахичеванском базаре Постановлением Главы администрации Ростовской области № 411 от 09.10.1998 г. включен в перечень объектов культурного наследия регионального значения (памятников истории, архитектуры, монументального искусства), название согласного охранному обязательству – Здание «Крытый павильон Пролетарского (Нахичеванского) рынка» по адресу пл. Базарная, 7/1, ул. 22-я линия.

Другой павильон крытого рынка находится на площади Старого Базара и получил современное название – Центральный рынок в г. Ростове-

на-Дону, старое название – Крытый рынок на площади Старого базара (рис. 3, рис. 4).

Центральный рынок является историческим центром города. «С него, первого ростка, начинался город. А сам рынок возник на перекрестке двух важнейших дорог, одна из которых вела на Северный Кавказ, а вторая в Причерноморскую степь» [12]. Центральный рынок считается одной из главных достопримечательностей города.



Рис. 3. «Павильон крытого рынка». Вид здания с северо-западной стороны. Фото Петрусенко Ю.В., 2023 г.



Рис. 4. «Павильон крытого рынка». Вид здания с северной стороны.
Фото Петрусенко Ю.В., 2023 г.

В 1820 году на рыночной площади по проекту Шаржинского был построен гостиный ряд, и с него начал формироваться архитектурный ансамбль центрального рынка. Первые гостиные ряды были деревянными и не производили впечатления монументальных построек. Независимо от внешнего вида, они были построены по общепринятым в России того времени правилам. Общим для всех рынков был принцип разделения их на ряды. Это облегчало покупателям выбор товара, а продавцам схожих товаров – общение друг с другом. Рыночная площадь была переименована в Старый базар в середине 1840-х годов. Это было связано с появлением другого базара, Нового базара, который в то время располагался на месте нынешнего здания местной администрации. Новый базар в основном использовался для продажи одежды и непродовольственных товаров, и в 1879 году городской совет решил снести деревянные здания рынка и в место них построить два каменных здания с 20 скамейками в каждом, но позже Дума решила уменьшить количество скамеек, так как они портили вид на прекрасный собор [12].

Методология. Метод исследования включает в себя несколько этапов: натурное исследование объектов, фотофиксация павильонов крытых рынков, работа с проектными и охранными документами по данным объектам, обследование построек, замеры. Для более полного исследования используются документы проектных организаций и общая специальная литература по данной теме. Для более детального изучения используется историко-архитектурный сравнительный метод, исследована реставрационная практика по данным объектам, сохранившимся в современной городской среде.

Основная часть. Старейшие рынки Ростова-на-Дону: Нахичеванский крытый рынок на Базарной площади, крытый рынок на Старом Ба-

заре были проанализированы согласно следующим критериям: *местоположение в структуре города; функциональное назначение; планировочное решение; конструктивные особенности; архитектурно-художественные решения.* Первым и важным критерием, с которого начинается исследование любого архитектурного объекта – это его *расположение в городской среде*, градостроительная ситуация. Месторасположения рынков в структуре города обозначены на карте План городов Ростова и Нахичевани-на-Дону, 1917 г. (рис. 5).

Рынок на Старом Базаре положил начало развитию г. Ростова-на-Дону. Развитие ростовской торговли непосредственно и неразрывно связано с городским рынком — Старым базаром, выросшим из переправы через Темерник. Переправа через Дон связывала в перекресток важнейшие дороги Северного Кавказа с Причерноморской степью. На месте данного пересечения образовался узел, в котором сосредоточилась важная функция - торговля. Таким узлом на оси дороги становится торговая площадь, торжок, положивший начало современному Центральному рынку [13].

История появления Нахичеванского базара уходит своими корнями в прошлое более чем на два века. «Основание Нахичевани как торгового и промышленного города в низовьях Дона обусловило возведение в нем одновременно с жилыми и общественными зданиями многочисленных торговых и складских сооружений, которые строились достаточно капитально как из дерева, так и из камня» [13]. В 1781 году в городе Нор-Нахичевани была спроектирована Базарная площадь. В 1870-е годы на площади по проекту Василия Сазонова были построены два ряда кирпичных торговых лавок. В 1912 году началось строительство павильона крытого Нахичеванского рынка, по примеру рынка на Старом Базаре. Базарная площадь, на которой расположен

павильон, изначально проектировалась, как композиционный центр зарождающегося города Нахичевань-на-Дону. Торговля являлась основой жизни и финансового положения города, как и в

случае с Ростовским Старым базаром. Базар являлся тем узлом, с которого начинался город, а позднее стал историческим центром.



Рис. 5. Карта План городов Ростова и Нахичевани-на-Дону, 1917 г.[5]
с указанием фрагментов, в которых располагаются крытые рынки на Базарной площади и на площади Старого базара

Павильон крытого рынка Нахичеванского базара располагается в центральной части г.

Ростов-на-Дону на пересечении Базарной площади и площади Толстого (рис6, рис.7).



Рис. 6. Крытый рынок, общий вид с юго-востока, 1980 г. [13]

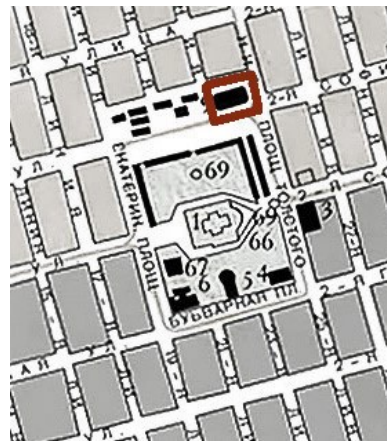


Рис. 7. Фрагмент 1 карты города Нахичевани-на-Дону, 1917 г., с указанием крытого рынка на Базарной площади [5]

Здание кирпичное состоит из двух основных объемов. Первый – основной двухэтажный торговый зал мясомолочного павильона, с галереей, устроенной вдоль стен здания, условно делящей данный объем на два уровня. Второй – пониженный объем различных торговых помещений по внешнему периметру. Под данной частью устроен подвал, в уровне которого выполнены дополнительные разгружающие колонны. В плане здание прямоугольной формы с размерами в осях 63,40×31,20 м. В здании имеется четыре входа,

расположенных по центру стен здания, следует отметить, что северный вход заложен кирпичом [14].

Павильон Крытого рынка на Старом Базаре (Центральный рынок) является объектом культурного наследия. Павильон построен по проекту городского архитектора конца XIX - начала XX века Соколова Н.М. Объект расположен в системе застройки ул. Станиславского и пр. Буденновского по адресу: ул. Станиславского, 56, является частью комплекса торговых строений Старого базара (рис.8, рис. 9).



Рис. 8. Корпус крытого рынка. Площадь Старого базара 1900–1915 г. [20]



Рис. 9. Фрагмент 2 карты города Ростова-на-Дону, 1902 г., с указанием крытого рынка на площади Старого базара [19]

Композиционная значимость объекта является неотъемлемой частью застройки исторического центра г. Ростова-на-Дону. Аналогом рассматриваемого павильона крытого рынка на Старом базаре служат Корпуса крытого рынка на Сенной площади (1883-1885 гг.) по проекту Китнера И.С. «Китнер использовал традиционный прием, замаскировав железные конструкции кирпичной кладкой. Для продольной устойчивости каркаса Китнер применил парные фермы. Которые представляли собой рамы без затяжных струн» [15].

Функциональное назначение. Здания крытых рынков сохранили свое первоначальную исторически сложившуюся функцию – это торговля, и в настоящее время являются местом сосредоточения торговли, не только снабжая город необходимым продовольствием, но и создавая местный колорит исторической части города.

Планировочные решения. Объект культурного наследия павильон крытого Нахичеванского рынка (рис. 10) имеет аналогичную конфигура-

цию плана и функционально-планировочное решение, как и Крытый рынок на Старом Базаре (рис. 11).

Конфигурация планов павильонов довольно проста, представляет собой прямоугольник, что продиктовано функциональными особенностями и санитарными требованиями того времени. Функциональной особенностью торговых павильонов является доминирующий двухсветный центральный объем торгового зала, с примыкающими к нему по периметру одноэтажными пристройками. Одной из важных особенностей является правильное распределение потоков людей, входы в основной объем здания расположены на первом этаже. В помещении торгового зала, представляющего собой двухсветный объем здания, на первом этаже были установлены прилавки для продажи хлеба, мяса и молочной продукции. Торговые места располагались вдоль периметра зала, и были поделены на небольшие ячейки, которые располагались по обе стороны от прохода и в центре. На верхнем этаже размещались однорядные прилавки, на верхний этаж вели лестницы, расположенные в торцах зала.

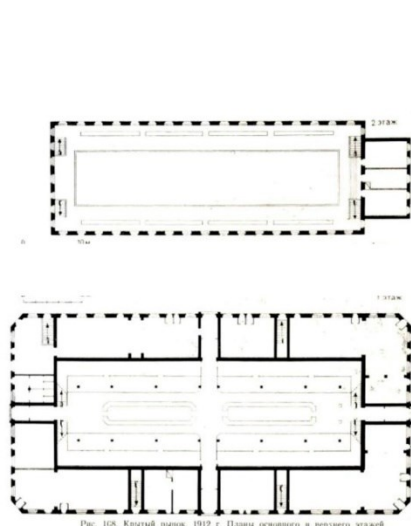


Рис. 10. Планы основного и верхнего этажей
Павильона крытого рынка на Базарной площади
[13]

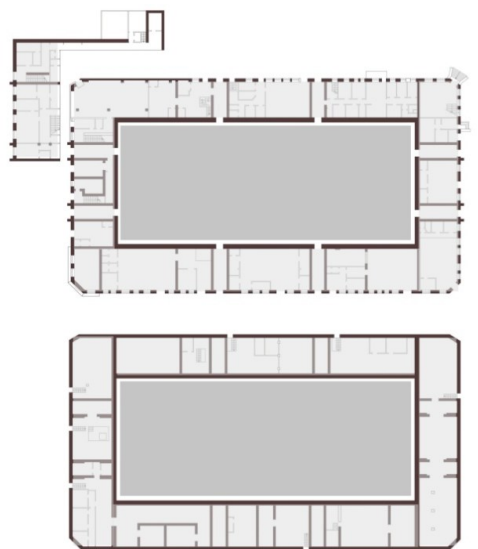


Рис. 11. План 1-го и 2-го этажей павильона
крытого рынка на Старом базаре [22]

Конструктивные особенности. Конструктивные решения павильонов крытых рынков были для того времени прогрессивными. В каждом из рассматриваемых объектов перекрытия осуществлены с помощью безопорных большепролетных конструкций. «При строительстве были использованы прогрессивные для Европы и России безопорные большепролетные металлические фермы, учтены удобства торговых и складских операций с соблюдением санитарно-гигиенических и противопожарных условий» [16]. Безопорные

перекрытия павильона крытого рынка на Старом Базаре (рис. 12) и крытого павильона на Базарной площади (рис. 13) позволяли сделать торговый зал двухсветным объемом, с опоясывающими его по периметру одноэтажными пристройками, в которых располагались как торговые, так и обслуживающие вспомогательные помещения. Несущие стены каждого из рассматриваемых павильонов выполнены из керамического полнотелого кирпича на цементно-песчаном растворе.



Рис.12. «Павильон крытого рынка».
Интерьер двухсветного торгового зала [21]

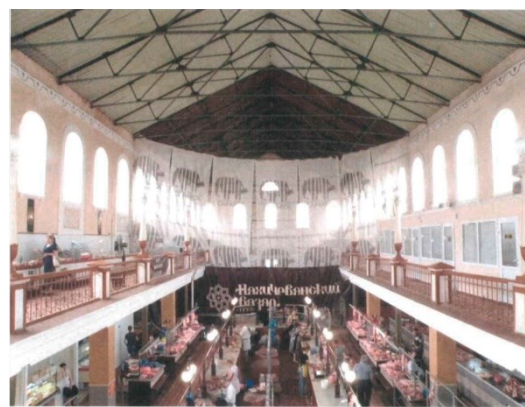


Рис. 13. «Павильон Нахичеванского рынка»
Торговые ряды верхнего и нижнего ярусов павильона.
Вид с западной стороны [18]

Благодаря обследованию 2011 г. технического состояния несущих строительных конструкций ООО «Нахичеванский рынок» удалось точно изучить конструктивные особенности Нахичеванского рынка. Конструктивная схема обследуемого здания бескаркасная, с несущими продольными и поперечными наружными и внутренними

несущими стенами. Пространственная жесткость обеспечивается совместной работой стен здания и горизонтальным диском перекрытия над подвалом, покрытия. Фундаменты – ленточные кирпичные, под кирпичные в уровне подвала колонны – монолитные железобетонные столбчатого типа. Стены здания – кирпичные толщиной

700-760 мм (с учетом отделочных слоев). Колонны в уровне подвала кирпичные квадратного сечения 510×510 мм, а также выполненные из прокатных металлических профилей. Данные колонны установлены, вероятнее всего, в процессе эксплуатации в качестве дополнительных разгружающих конструкций. Фасады оштукатурены и окрашены красками на водной основе. Для опирания элементов галереи, по ее периметру были установлены металлические колонны, выполненные в виде декоративных элементов. Галерея располагается по периметру торгового зала, выполнена по металлическим балкам из прокатных профилей, опирающихся на наружные стены здания с одной стороны и главную металлическую балку с другой. Покрытие павильона представлено металлическими стропильными фермами. Кровля двускатная, выполненная из стального профилированного листа по сплошному дощатому настилу. Кровля боковых торговых помещений по периметру торгового зала – односкатная, выполненная из асбестоцементных волнистых листов и стальных профилированных листов по сплошной деревянной обрешетке [14]. Аналогичная кровля на павильоне крытого рынка на Старом Базаре, за исключением устройства на ней светового фонаря. В последующем, «в ходе ремонтов верхний световой фонарь был демонтирован» [17].

Архитектурно-художественные решения. Павильоны крытых рынков (Нахичеванского) и (Центрального) в первоначальном своем решении были выполнены из красного кирпича, методом открытой кладки, без применения штукатурки и краски. Данный метод отделки фасадов являлся экономичным и долговечным в данных климатических условиях, что отвечало рациональному направлению архитектуры в характерном для того времени «кирпичном стиле». Архитектурный облик павильона крытого рынка на Базарной площади отличает его от других торговых сооружений Нахичевани. Фасады обоих павильонов крытых рынков композиционно разбиты на два уровня: первый уровень – верхняя часть торгового зала, второй уровень – фасады одноэтажных пристроек. Несмотря на первый взгляд схожий архитектурный облик обоих павильонов, каждый из объектов имеет свои архитектурно-художественные особенности и композиционные построения фасадов. Второй уровень Нахичеванского крытого рынка решен полуциркулярными арочными окнами второго света с расположенным над ними рядом из малых пилястр ионического ордера и филенок, обрамляющих прямоугольные ниши фриза. А второй уровень Крытого рынка на Старом Базаре (Центрального рынка) представлен прямоугольными окнами, в

простенках которых располагаются пилястры стилизованного ионического ордера, оформленные декоративными муфтами. Нижний уровень павильона Нахичеванского базара оформлен прямоугольными окнами, стены лишены декоративного убранства, портал южного входа, увенчан небольшим дугообразным фронтоном (внешний облик порталов северного, западного и восточного фасадов был изменен в ходе послевоенной реконструкции конца 1940-х годов). В павильоне Центрального рынка «архитектура нижнего яруса фасада сформирована профилированным карнизом, небольшими «полочками» – тениями, завершающими ордер, рустовкой, оформляющей простенки оконных проемов, а также перемычками оконных проемов» [17]. Входы в павильоны решены по-разному: в павильоне Нахичеванского крытого рынка – подчеркнуты несколько выступающими над кровлей одноэтажных частей здания козырьками, поддерживаемыми по краям косо срезанными к низу, выступами тонких стен; в павильоне Крытого рынка на Старом базаре – входы представлены порталами с полуциркулярными арочными проемами, которые венчают декоративные замки. Треугольные фронтоны павильона Центрального рынка решены полуциркулярными окнами различной высоты, а фронтоны Нахичеванского павильона имеют по одному полуциркулярному окну, но при этом имеют слуховые окошки боковых фронтонов, обрамленные широкими архивольтами. Интерьер крытого рынка Нахичеванского базара оформлен (рис.13) сложносоставными композициями барельефов торгового зала, включающими в себя лепные зооморфные вставки, выполненные в форме бычьей головы, рельефные пояски иконок и изящные завитки цветочно-растительного и геометрического орнаментов. Литые чугунные колонны, служащие опорами галереи [18]. Интерьер Крытого рынка на Старом базаре (Центральный рынок) (рис.12) представлен открытыми металлическими конструкциями перекрытия, большими поверхностями остекления.

Реконструкция. Реконструкция Нахичеванского рынка началась в 2017 году и завершится в конце 2023 года. Перед началом реконструкции было сделано обследование технического состояния несущих строительных конструкций здания. Работы проводились специализированной организацией, имеющей лицензию ООО «Архитектурное наследие». По результатам исследования были разработаны рекомендации по усилению конструкций. Объект культурного наследия-павильон крытого рынка (мясомолочный павильон) вход в комплекс построек Нахичеванского базара (рис. 14, 15).



Рис. 14. «Павильон Нахичеванского рынка». Вид здания с восточной стороны, 2023 г.
Фото Петрусенко Ю.В.



Рис. 15. «Павильон Нахичеванского рынка». Вид здания с северо-восточной стороны, 2023 г.
Фото Петрусенко Ю.В.

В ходе реконструкции проиллюстрированной на плане реконструкции (рис.16) видно, что помимо реконструкции исторического объекта, были возведены новые павильоны в стилистике исторической архитектуры (рис.17, рис.18).

Так как строительство капитальных объектов на данной территории запрещено, то новые

павильоны было принято строить из легковозводимых конструкций, без заливки фундаментов. Важным критерием является то, что новое строительство выполнено в духе старой Нахичевани. В ходе производства работ была обнаружена старая брусчатка-ровесница рынка, данный артефакт сохранен. Шумная Базарная площадь, на которой

расположен Нахичеванский рынок появилась почти одновременно с основанием города Нахичевань. Рынок сохранил свое функциональное историческое назначение и по сей день, сохранив

не только старинную архитектуру, но и колорит старой Нахичевани [14].

Генеральный план реконструкции Нахичеванского Базара.

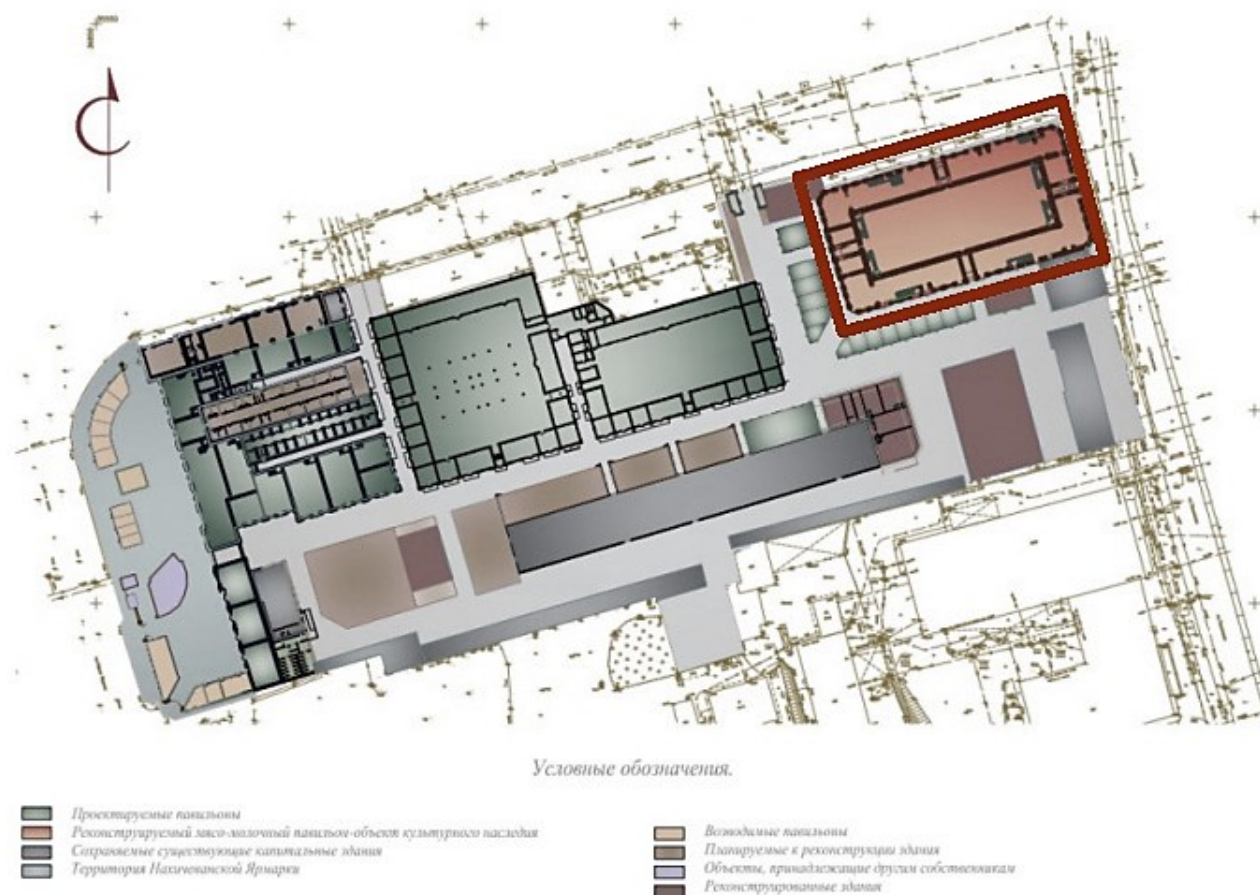


Рис. 16. Генеральный план реконструкции Нахичеванского базара. 2021 г. [23]



Рис. 17. Фасад овощного павильона (главная аллея).
Фасад из проекта реконструкции
Нахичеванского базара, 2021 г. [24]

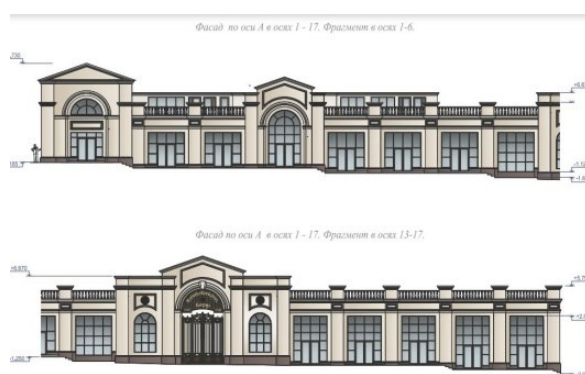


Рис. 18. Фасад павильона из комплекса проекта
реконструкции Нахичеванского базара, 2021 г. [24]

Крытый рынок на Старом базаре, построенный в 1893 году по проекту городского архитектора Н.М. Соколова, назывался третьим крытым рынком. Данный павильон единственный сохранившийся до наших дней, он был отреставрирован и носит название вещевого

павильона №1. Ростовский Центральный рынок (Старый базар) является одним из старейших на Юге России и широко известен не только в донской столице, но и далеко за ее пределами. Его с уверенностью можно назвать исторической достопримечательностью города. С начала 2000-

х годов Центральный рынок непрерывно реставрируется и строится. В первую очередь был воссоздан исторический вход на его территорию со стороны Буденновского проспекта, а затем реставрирован вещевой павильон № 1, построенный еще до революции по проекту архитектора Соколова. В 2007 году был завершен этап реконструкции монументальной арки и двух торговых павильонов Центрального рынка. Архитектурные формы и цветовое решение выполнены с учетом соседних объектов – памятников архитектуры города. Таким образом, постепенно восстанавливается архитектурный ансамбль, который становится украшением не только Старого базара, но и всей центральной части Ростова. Закончена грандиозная реконструкция центральной части рынка, включающая в себя строительство подземной парковки и большого крытого павильона «Овощи-фрукты», гармонично вписавшегося в величественную панораму вида на храм Рождества Пресвятой Богородицы со стороны набережной реки Дон в створе Соборного переулка. Оформлены два входа на Центральный рынок со стороны улицы Станиславского, и вход с улицы Оборона и переулка Семашко. Построен ряд современных торговых павильонов, примыкающих к вещевому павильону №2 со стороны улицы Станиславского [11]. Закачивается строительство небольших современных торговых павильонов на внутренней территории рынка.

Выводы. В результате сравнительного анализа Крытого рынка на Базарной площади (Нахичеванского рынка) и крытого рынка на площади Старого базара (Центрального рынка) были выявлены следующие характерные принципы:

1. *Местоположение в структуре города.* С базара начинался город. Торговля являлась основой жизни и финансового положения города. На сегодняшний день оба павильона крытых рынков находятся в плотной городской ткани разросшегося города Ростова-на-Дону, в состав которого вошла Нахичевань-на-Дону.

2. *Функциональное назначение.* Оба здания крытых рынков сохранили свое первоначальную исторически сложившуюся функцию – это торговля.

3. *Планировочные решения* продиктованы функциональными особенностями и санитарными требованиями того времени. Функциональной особенностью торговых павильонов является доминирующий двухсветный центральный объем торгового зала, с примыкающими к нему по периметру одноэтажными пристройками. Одним из важных планировочных решений зданий

является правильное распределение потоков людей.

4. *Конструктивные решения.* Перекрытия торговых залов каждого из объектов выполнены с помощью большепролетных металлических конструкций – ферм, что являлось прогрессивной технологией для того времени и позволяло перекрывать большие пролеты без использования дополнительных опор. Такие конструкции были применены в обоих зданиях крытых рынков.

5. *Архитектурно-художественное решение – «кирпичный стиль».* Изначально фасады здания крытых рынков были созданы без штукатурки, стены выполнены из красного кирпича, методом открытой кладки, что отвечает рациональному направлению архитектуры в характерном для того времени «кирпичном стиле». Несмотря на первый взгляд схожий архитектурный облик обоих павильонов, каждый из объектов имеет свои архитектурно-художественные особенности и композиционные построения фасадов.

В результате проведенного исследования было выявлено, что оба объекта имеют схожие исторически сложившиеся месторасположения и образования рынков в формировавшейся городской структуре, аналогичные функционально-планировочные и конструктивные решения. В архитектурных решениях есть схожие композиционные особенности построения фасадов и объемного решения, но существуют характерные архитектурно-художественные особенности для каждого павильона. В современных условиях объекты сохранились в хорошем состоянии, но утратили свой первоначальный облик «кирпичного стиля». В результате сравнительного анализа выявлено, что Крытый рынок на Старом Базаре (1893 г.) послужил аналогом для Нахичеванского крытого рынка на Базарной площади.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Донской временник. Всероссийский центральный исполнительный комитет. Постановление от 14 января 1929 года [Электронный ресурс]. URL: <http://www.donvrem.dspl.ru/arch-PlaceArt-Text.aspx?pid=9&id=2142&ysclid=ljmjma-rjxv333727994>, (дата обращения: 12.04.2023).
2. Местная хроника // Журнал «Донские Войсковые Ведомости». 1864. №27, 14.07.
3. Исторический документ о предоставлении привилегий переселенцам армянам, с Крымского полуострова в низовье реки Дон в 1779 г. Последующие подтверждения русских царей Павла и Александра I, названных выше привилегий (на 6 листах). (копия XIX в.). Государствен-

ное бюджетное учреждение культуры Ростовской области «Ростовский областной музей краеведения». Номер в Госкаталоге:35279785. 6 с.

4. Иванова-Ильичева А.М. Рационалистические тенденции в архитектуре городов Нижнего Дона и Приазовья второй половины XIX - начала XX вв.: На примере Таганрога, Ростова-на-Дону и Нахичевани-на-Дону, Новочеркасска. Москва, 2000. 232 с.

5. План Ростова и Нахичевани на Дону издания Южного Военно-Топографического отдела, 1917г. [Электронный ресурс] - Режим доступа: URL: http://www.etomesto.ru/map-rostov-na-donu_1921/?ysclid=ljmkplvcif318358041, (дата обращения: 10.02.2023).

6. Местная хроника // Южный Телеграф. Жизнь в Нахичевани. 1908.08.14.

7. Ростовский берег. Роман о Донской Армии. Часть 3. [Электронный ресурс]. URL: http://www.rostovbereg.ru/publ/rostop-so_vsekh_storon/roman_o_donskoj_armeenii_chast_4/1-1-0-494?ysclid=ljmk7szwnx699338928 (дата обращения 15.02.2023)

8. Местная хроника // Приазовский край. 1912.06.02.

9. Местная хроника // Приазовский край. 1913.10.09.

10. Местная хроника // Приазовский край. 1913.10.12.

11. Местная хроника // Приазовский край. 1914.02.19.

12. Официальный сайт Центрального рынка города Ростова-на-Дону // Историческая справка. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.trademarket.ru>, (дата обращения: 18.02.2023).

13. Халпахчян О.Х. Архитектура Нахичевани-на-Дону – Айастан. Ереван, 1988. 168 с.

14. ООО «Архитектурное наследие» Отчет по результатам детального (инструментального) обследования технического состояния несущих строительных конструкций ООО «Нахичеванский рынок» Здание мясомолочного павильона в г. Ростове-на-Дону, пл. Базарная, 2. 32/11-ОБ. 2011г. 58 с.

15. Петрусенко Ю.В. Влияние зодчих-наставников на творчество архитектора Н.М. Соколова / Ю.В. Петрусенко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова». 2019. №8. С. 73–80. DOI:10.34031/article_5d4969dbea51e1.94144488.

16. Кукушин В.С. История архитектуры Нижнего Дона и Приазовья. – Ростов-на-Дону: издательство «ГинГо», 1996. 274 с.

17. Петрусенко Ю.В. Конструктивные и архитектурно-художественные особенности павильона крытого рынка на старом базаре в г. Ростове-на-Дону // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. №3. С. 52–58. DOI:10.34031/article_5ca1f6317f5159.81058787.

18. Охранное обязательство № 23/01-01/04 от 28 августа 2017г. на объект культурного наследия «Павильон Нахичеванского рынка»-Ростов-на-Дону. 36 с.

19. Старая карта Ростова-на-Дону, 1902г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.etomesto.ru/rostov-na-donu/?ysclid=ljimps2zjfb890938417> (дата обращения: 03.02.2023).

20. Старые фото Ростова-на-Дону. Крытый рынок, Площадь Старого базара, 1900-1915г. [Электронный ресурс]. URL: <https://pastvu.com>, (дата обращения: 30.05.2023).

21. Охранное обязательство № 186-14 от 29 августа 2014г. на объект культурного наследия Закрытое акционерное общество «Центральный рынок». 15 с.

22. Петрусенко Ю.В. Творчество архитектора Николая Матвеевича Соколова. Нижний Новгород, 2022. 516 с.

23. Мелихов Г. Интервью с директором Нахичеванского базара о реконструкции. [Электронный ресурс]. URL: <https://bloknot-rostov.ru/news/pomoshchi-ne-prosim-ne-meshayte-direktor-nakhichev-1366911?ysclid=ljmq9h0te9405295501>, (дата обращения: 20.03.2023).

24. Мелихов Г. Нахичеванский рынок в Ростове реконструируют и превратят в туристический объект. [Электронный ресурс]. URL: <https://bloknot-rostov.ru/news/nakhichevanskiy-rynok-v-rostove-na-donu-rekonstrui-1344716?ysclid=ljmqf3or99111303355>, (дата обращения: 20.03.2023).

Информация об авторах

Петрусенко Юлия Викторовна, кандидат архитектуры, преподаватель кафедры Основ Архитектурно-Художественного Проектирования. E-mail: miss.smiyukha21@yandex.ru. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный Федеральный Университет». Академия архитектуры и искусств. Россия, 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42.

Поступила 03.07.2023 г.

© Петрусенко Ю.В., 2023

Petrusenko Y.V.

Southern Federal University

E-mail: miss.smiyukha21@yandex.ru

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE OLDEST INDOOR MARKETS IN ROSTOV-ON-DON

Abstract. This paper examines the historical emergence of the oldest markets: the Nakhichevan Covered Market on the Market Square (1914) and the Covered Market on the Old Bazaar (1893), reveals their architectural, artistic and design features. Reconstruction, restoration and preservation of objects in modern urban conditions are investigated, new factual data are obtained. The purpose of the study is to review and compare the covered markets of Rostov-on-Don and Nakhichevan-on-Don. Each object was analyzed from the point of view of its location in the structure of the urban fabric, functional and planning solutions, design features, as well as architectural and artistic features, historical and cultural value preserved to the present day. As a result of the conducted research, it was revealed that both objects have similar historically established locations and market formations in the emerging urban structure, similar functional planning and design solutions. Architectural solutions have similar compositional features of building facades and volumetric solutions, but there are characteristic architectural and artistic features for each pavilion. In modern conditions, the objects have been preserved in good condition, but have lost their original appearance of the «brick style». Both buildings were originally made by the method of open masonry of red brick without the use of plaster and paint. As a result of comparative analysis, it was revealed that the Indoor Market in the Old Bazaar (1893) served as an analogue for the Nakhichevan indoor market on the Market Square.

Keywords: covered markets, Nakhichevan market, Market Square, Old Bazaar, Rostov-on-Don.

REFERENCES

1. Donskoy temporary. All-Russian Central Executive Committee. Resolution of January 14, 1929. [Donskoj vremennik. Vserossijskij central'nyj ispolnitel'nyj komitet. Postanovlenie ot 14 yanvarya 1929 goda]. URL: <http://www.donvrem.dspl.ru/archPlaceArt-Text.aspx?pid=9&id=2142&ysclid=ljmjma-pjxv333727994>, (date of treatment: 12.04.2023). (rus)
2. Local chronicle. Journal «Don Military Vedomosti» [Mestnaya hronika.. ZHurnal «Donskie Vojskovye Vedomosti»] 1864. No. 27. 14.07. (rus).
3. Historical document on granting privileges to Armenian settlers from the Crimean Peninsula in the lower reaches of the Don River in 1779. Subsequent confirmations of the Russian tsars Paul and Alexander I, the privileges mentioned above (on 6 sheets). (a copy of the XIX century). [Istoricheskij dokument o predostavlenii privilegij pereselencam arмянam, s Krymskogo poluostrova v nizov'e reki Don v 1779 g. Posleduyushchie podtverzhdeniya russkih carej Pavla i Aleksandra I, nazvannyh vyshe privilegij (na 6 listah). (kopiya XIX v.)] The state budgetary institution of culture of the Rostov region «Rostov Regional Museum of Local Lore». Number in the State Catalog:35279785. 6 p. (rus)
4. Ivanova-Ilyicheva A.M. Rationalistic trends in the architecture of the cities of the Lower Don and Azov region of the second half of the XIX - early XX centuries: On the example of Taganrog, Rostov-on-Don and Nakhichevan-on-Don,Novocherkassk.[Racionalisticheskie tendencii v arhitekture gorodov Nizhnego Dona i Priazov'ya vtoroj poloviny XIX - nachala XX vv.: Na primere Taganroga, Rostova-na-Donu i Nahichevani-na-Donu, Novocherkasska]. Moscow, 2000. 232 p. (rus)
5. The plan of Rostov and Nakhichevan on Don editions of the Southern Military Topographic Department, 1917. [Plan Rostova i Nahichevani na Donu izdaniya YUzhnogo Voenno-Topograficheskogo otdela,1917g.]. URL: http://www.etomesto.ru/map-rostov-na-donu_1921/?ysclid=ljmkplvcif318358041, (date of treatment: 10.02.2023). (rus)
6. Local chronicle. Southern Telegraph. Life in Nakhichevan. [Mestnaya hronika. YUzhnyj Telegraf. ZHizn' v Nahichevani]. 1908.08.14. (rus).
7. Rostov coast. A novel about Don Armenia. Part 3. [Rostovskij bereg. Roman o Donskoj Armenii. Chast' 3.]. URL: http://www.rostovbereg.ru/publ/rostov_so_vsekh_storon/roman_o_donskoj_armeenii_chast_4/110494?ysclid=ljmk7szwnx699338928 (date of treatment: 02.15.2023) (rus)
8. Local chronicle. Azov region. [Mestnaya hronika. Priazovskij kraj]. 1912.06.02. (rus)
9. Local chronicle. Azov region. [Mestnaya hronika. Priazovskij kraj]. 1913.10.09. (rus)
10. Local chronicle. Azov region. [Mestnaya hronika. Priazovskij kraj]. 1913.10.12. (rus)
11. Local chronicle. Azov region. [Mestnaya hronika. Priazovskij kraj]. 1914.02.19. (rus)
12. The official website of the Central Market of the city of Rostov-on-Don. Historical background. [Oficial'nyj sajt Central'nogo rynka goroda Rostova-na-Donu.. Istoricheskaya spravka]. URL:

<http://www.trademarket.ru> (date of treatment: 02.18.2023). (rus)

13. Khalpakhchyan O.H. Architecture of Nakhichevan-on-Don [Arhitektura Nahichevani-na-Donu] –Hayastan: Yerevan, 1988. 168 p. (rus)

14. Architectural Heritage LLC Report on the results of a detailed (instrumental) survey of the technical condition of bearing building structures of Nakhichevan Market LLC Meat and Dairy Pavilion building in Rostov-on-Don, Bazarnaya Square, 2. 32/11 - [OOO «Arhitekturnoe nasledie» Otchet po rezul'tatam detal'nogo (instrumental'nogo) obsledovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya nesushchih stroitel'nyh konstrukcij OOO «Nahichevanskij rynek» Zdanie myasomolochnogo pavil'ona v g. Rostove-na-Donu, pl. Bazarnaya, 2. 32/11-OB. - 2011g]. 2011. 58 p. (rus).

15. Petrusenko Y.V. The influence of architects-mentors on the work of architect N.M. Sokolov [Vliyanie zodchih-nastavnikov na tvorchestvo arhitekora N.M. Sokolova]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 8. Pp. 73–80. DOI:10.34031/article_5d4969dbea51e1.94144488. (rus)

16. Kukushin V.S. History of Architecture of the Lower Don and the Azov Sea. [Istoriya arhitektury Nizhnego Dona i Priazov'ya]. Rostov-on-Don: publishing house «GinGo», 1996. 274 p. (rus)

17. Petrusenko Y.V. Constructive and architectural and artistic features of the pavilion of the covered market at the old bazaar in Rostov-on-Don [Konstruktivnye i arhitekturno-hudozhestvennye osobennosti pavil'ona krytogo rynka na starom bazare v g. Rostove-na-Donu]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No.3. Pp. 52–58. DOI: 10.34031/article_5ca1f6317f5159.81058787. (rus)

18. Security obligation № 23.01-01.04 dated August 28, 2017 for the object of cultural heritage «Pavilion of Nakhichevan Market» [Ohrannoe

obyazatel'stvo № 23.01-01.04 ot 28 avgusta 2017g. na ob"ekt kul'turnogo naslediya «Pavil'on Nahichevanskogo rynka»]. Rostov-on-Don. 36 p. (rus)

19. Old map of Rostov-on-Don, 1902. [Staraya karta Rostova-na-Donu, 1902g.]. URL: <http://www.etomesto.ru/rostov-na-donu/?ysclid=ljimps2zjfb890938417> (date of treatment: 03.02.2023). (rus)

20. Old photos of Rostov-on-Don. Covered market, Old Bazaar Square, 1900-1915. [Starye foto Rostova-na-Donu. Krytyj rynek, Ploshchad' Starogo bazara, 1900-1915g.]. URL: <https://pastvu.com>, (date of treatment: 30.05.2023). (rus)

21. Security obligation № 186-14 dated August 29, 2014 for the object of cultural heritage Closed Joint Stock Company «Central Market» [Ohrannoe obyazatel'stvo № 186-14 ot 29 avgusta 2014g. na ob"ekt kul'turnogo naslediya Zakrytoe akcionernoe obshchestvo «Central'nyj rynek»]. 15p. (rus)

22. Petrusenko Yu.V. Creativity of architect Nikolai Matveevich Sokolov. [Tvorchestvo arhitekora Nikolaya Matveevicha Sokolova]. Nizhny Novgorod, 2022. 516 p. (rus)

23. Melikhov G. Interview with the director of the Nakhichevan bazaar about reconstruction. [Interv'yu s direktorom Nahichevanskogo bazara o rekonstrukcii]. URL: <https://bloknotrostov.ru/news/pomoshchineprosimmeshaytedirektornakhi-chev1366911?ysclid=ljmq9h0te9405295501>, (date of treatment: 20.03.2023). (rus)

24. Melikhov G. Nakhichevan market in Rostov will be reconstructed and turned into a tourist object. [Nahichevanskij rynek v Rostove rekonstruiruyut i prevratyat v turisticheskij ob"ekt]. URL: <https://bloknot-rostov.ru/news/nakhichevanskiy-rynek-v-rostove-na-donu-rekonstrui-1344716?ysclid=ljmqf3or99111303355>, (date of treatment: 20.03.2023). (rus)

Информация об авторах

Petrusenko, Yulia V. Candidate of Architecture, lecturer of the Department of Fundamentals of Architectural and Artistic Design., E-mail: miss.smiyukha21@yandex.ru. Federal state Autonomous educational institution of higher education «Southern Federal University». Academy of architecture and arts. Russia, 344006, Rostov-on-don, Bolshaya Sadovaya street, 105/42.

Received 03.07.2023

Для цитирования:

Петрусенко Ю.В. Сравнительный анализ старейших крытых рынков в Ростове-на-Дону // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 8. С. 72–85. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-8-72-85

For citation:

Petrusenko Y.V. Comparative analysis of the oldest indoor markets in Rostov-on-Don. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 8. Pp. 72–85. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-8-72-85

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-8-86-97

^{1,*}Смирнова А.Ю., ²Перькова М.В., ¹Боровской А.Е.¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

*E-mail: alex.perkova2000@mail.ru

ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛОВ В СИСТЕМЕ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА НА ТЕРРИТОРИИ Г. БЕЛГОРОДА

Аннотация. На сегодняшний день происходит разрастание и урбанизация пригородов, возрастает уровень автомобилизация населения, который влечёт за собой увеличение интенсивности движения и нагрузки на улично-дорожную сеть города. Организация интермодальной транспортной системы способствует повышению уровня комфортности городской среды, надежности и безопасности при комплексном использовании пригородного и наземного городского транспорта. Оптимально выбранное место формирования ТПУ позволит повысить уровень жизни населения крупного города и его пригорода. В данной работе рассматриваются интермодальные транспортно-пересадочные узлы. В зависимости от категории ТПУ взаимодействует пригородный железнодорожный и маршрутный транспорт, наземный городской пассажирский и индивидуальный транспорт, а также обслуживание пассажиров объектами социальной инфраструктуры, расположенными в непосредственной близости ТПУ. Проведён анализ нормативной, отечественной и зарубежной научно-технической литературы по особенностям формирования и функционирования ТПУ. Изучена возможность комплексного подхода при организации мероприятий по формированию и развитию ТПУ в рамках сложившейся городской застройки. Рассмотрены методы к проектированию транспортно-пересадочных узлов и их модели. Существующие модели ТПУ адаптированы к контексту и ресурсному потенциалу территорий г. Белгорода с выявленной наиболее высокой интенсивностью трудовой и социально-бытовой миграцией населения. Предложено формирование четырех ТПУ: 1) 2 категории с южного направления (посёлок Дубовое) на пересечении улиц Щорса – проспект Ватутина; 2) ТПУ 1 категории на базе железнодорожной и автобусной остановки «Рынок салют»; 3) ТПУ 2 категории с северного направления (посёлок Северный) вдоль Белгородской объездной дороги; 4) ТПУ 1 категории по ул. Вокзальная (вокзальная площадь).

Ключевые слова: городская агломерация, город, транспортная инфраструктура, транспортно-пересадочные узлы, общественный транспорт.

Введение. На сегодняшний день происходит разрастание и урбанизация пригородов, возрастает уровень автомобилизация населения, который влечёт за собой увеличение интенсивности движения и нагрузки на улично-дорожную сеть (УДС) города. Изменение интенсивности движения, нагрузка на УДС города снижают скорость, регулярность и комфорт передвижения населения, что влечет к увеличению себестоимости всех видов перевозок практически на 30 %. Потеря времени во время движения и при пересадке снижают качество среды жизнедеятельности горожан, порождает социальную напряжённость и конфликтность [1]. Автомобильные заторы являются одной из самых серьезных и актуальных социально-экономических проблем современных российских городов. Ситуация усугубляется большим количеством объектов торговли, хаотичной парковкой личного транспорта в местах, не предусмотренных для стоянки на территории УДС. В связи с этим вопрос развития городской среды и оптимизации функционирования транспортной инфраструктуры является актуальным и

поднимается практически во всех российских крупных и крупнейших городах.

Организация интермодальной транспортной системы способствует повышению уровня комфортности городской среды, надежности и безопасности при комплексном использовании пригородного и наземного городского транспорта. Оптимально выбранное место и классификация транспортно-пересадочных узлов позволит повысить уровень жизни населения крупного города и его пригорода [2, 3].

В данной работе рассматриваются интермодальные транспортно-пересадочные узлы (ТПУ). Их структура предполагает максимально короткую по времени и комфортную пересадку жителей города и пригорода с одного вида транспорта на другой. В зависимости от категории ТПУ может объединять пригородный железнодорожный транспорт, наземный рельсовый транспорт (трамвай или монорельс), маршрутный транспорт и индивидуальные транспортные средства [4]. При расчете зон доступности учитывается движение пешком, на велосипеде или электроса-

мокате. Для комфортного размещения индивидуальных транспортных средств в структуре ТПУ планируются «перехватывающие» парковки и крытый паркинг для жителей, приезжающих из пригородов в рамках социально-бытовых и трудовых миграционных маятниковых потоках на личных транспортных средствах.

Основной целью формирования ТПУ в рамках оптимизации транспортной системы города и взаимосвязанного с ним субурбанизированного пригорода является снижение пиковых нагрузок на транспортную сеть города, популяризация общественного городского транспорта, снижение временных затрат на передвижение и создание в целом комфортной среды жизнедеятельности. Размещение на территории ТПУ офисно-деловых центров будет способствовать малому и среднему бизнесу и повышать инвестиционную привлекательность места.

Материалы и методы. В исследовании проведён анализ нормативной, отечественной и зарубежной научно-технической литературы по особенностям формирования и функционирования ТПУ. Изучена возможность комплексного подхода при организации мероприятий по формированию и развитию ТПУ в рамках сложившейся городской застройки. Благодаря комплексному подходу, взаимодействующему с экологическими требованиями ресурсосберегающей архитектуры, ТПУ продвигается на новый уровень формообразования. При проектировании и изучении интермодальных транспортно-пересадочных узлов в настоящее время становится популярной концепция создания «города в городе», аккумулируются городские функции, разнообразие и количество которых является достаточным для эффективного существования комплекса [5, 6]. При проектировании транспортно-пересадочных узлов происходит выявление характера и специфики взаимодействия пространственных, экономических, социально-культурных условий. Изучаются факторы, которые могут повлиять на выбор архитектурного решения, стилистику, а также возможное его воздействие на среду с положительной и отрицательной стороны.

Рассмотрены методы к проектированию транспортно-пересадочных узлов. Основными представителями комплексного подхода являются: Шагимуратова А.А. «Развитие системы транспортно-пересадочных узлов железнодорожного транспорта с учетом градостроительных факторов»; работа Безверхой Е.П. «Функционально-типологические модели в архитектуре интермодальных транспортно-пересадочных узлов»; Леонова С.А. «Методические основы выбора мест размещения транспортно-пересадочных узлов» [7]. Шагимуратовой А.А. проведен

анализ нормативной и научно-технической отечественной и зарубежной литературы по особенностям формирования и функционирования ТПУ ЖД, сформулированы пути совершенствования подходов к оценке и развитию территории и инфраструктуры пересадочных узлов, исследована возможность комплексного подхода при проведении мероприятий по формированию и развитию ТПУ в условиях сложившейся городской застройки [8], а также разработана методика оценки развития ТПУ ЖД и концепция системы критериев результатов развития транспортно-пересадочных узлов, которая состоит из следующих этапов [7, 8].

Целью работы Леоновой С.А. «Методические основы выбора мест размещения транспортно – пересадочных узлов» становится исследование методики проведения выявления мест размещения ТПУ и определение их оптимального количества [9, 10]. По критерию среднего времени поездки при ограничениях для решения задачи выбора мест расположения ТПУ разработана оптимизационная математическая модель, которая предусматривает выбор системы ТПУ на базе эффективных пересадочных узлов. Данная модель Леоновой С.А. позволяет выбрать оптимальную концепцию ТПУ наподобие задачи математического программирования на сети общественного транспорта.

Евреновой Н.Ю. в работе «Выбор параметров транспортно-пересадочных узлов, формируемых с участием железнодорожного транспорта» были разработаны критерии для оценки проектов (предпроектов) сооружения ТПУ; критерии и показатели оценки качества обслуживания пассажиров и посетителей ТПУ.

Система оценки проектов (предпроектов) сооружения ТПУ включает в себя следующие требования и критерии при формировании ТПУ:

- транспортные (организация транспортного и пешеходного потоков, организация паркования личного транспорта; взаимодействие различных видов транспорта в ТПУ);
- градостроительные (соответствие требованиям, определяемым генеральным планом развития города; соответствие плану развития прилегающих территорий различного функционального назначения; соблюдение охранных зон исторического наследия и ценных природных объектов; соблюдение ограничений, накладываемых действующими «красными линиями»);
- социальные (комфорт и быстрота пересадки; наличие и качество объектов попутного обслуживания; наличие комнат матери и ребенка; обеспечение условий жизнедеятельности маломобильных групп населения);

- экономические (общая стоимость сооружения; сроки сооружения; балансовая (валовая) прибыль; сроки окупаемости;
- функционально-планировочные (пропускная способность; общая площадь ТПУ; соответствие функциональному назначению; удобство планировочных решений; соблюдение принципов зонирования площадей ТПУ; соблюдение требований противопожарной безопасности; расчетное время эвакуации людей);
- экологические (загрязнение природной среды; уровень защиты от шума; степень учета природных факторов; соответствие нормам освещенности; соблюдение санитарных норм; качество применяемых материалов).

На основании существующих критериев оценки пересадочных узлов Безверхой Е.П. построено дерево результатов развития ТПУ ЖД к количеству 96 свойств, которые характеризуют градостроительные, транспортно-технологические, социально-экономические данные и перспективы развития ТПУ муниципального значения. В работе Безверхой Е.П. «Функционально-типологические модели в архитектуре интермодальных транспортно-пересадочных узлов» в виде общей теоретической модели интермодального транспортного -пересадочного узла рекомендуется функциональная блок-система, которая позволяет проверить основные коммуникативные связи и смоделировать между всеми составляющими частями ТПУ возможные варианты компоновки [5]. Исследование возможных компоновочных схем транспортно-пересадочных узлов и проведенное вариативное функционально-пространственное моделирование позволили свести в труде Безверхой Е. П. транспортно-пересадочные узлы к функционально-типологическим моделям ТПУ. Наиболее устойчивыми из них являются центрическая, перекрёстная (мостовая), линейная, многоцентровая, сложно-расчленённая, открытая [5]. Данный спектр функционально-типологически моделей ТПУ позволяет проводить их сравнительный анализ и предполагает выбор более эффективного варианта интермодального транспортного пересадочного узла в пределах особенностей контекста и специфики ключевых задач. Функционально-типологические модели по Безверхой Е.П. и Скопинцеву А.В. взяты за основу в данном исследовании и адаптированы к имеющимся условиям сформированности сети общественного транспорта г. Белгорода и пригородных субурбанизированных территорий.

Основная часть.

На основании работы Еврееновой Н.Ю. [9], были уточнены основные принципы формирования ТПУ в России:

1. *Единство пространственной организации городской среды.* Это принцип базируется на том, что территории ТПУ должны рассматриваться в качестве единого пространства, которое представляет собой комплексную городскую структуру.

2. *Принцип синтеза* основан на том, что развитие ТПУ и прилегающей территории должно рассматриваться изначально как комплексный, инвестиционно-градостроительный, девелоперский проект, который реализуется в интересах граждан с участием города.

3. *Принцип широты охвата проблемы* заключается в том, что, разрабатывая проект, необходимо детально оценить его коммерческую эффективность, построить прогнозируемую бизнес-модель, определить предполагаемые затраты участников бизнеса и их окупаемость [8]; также необходимо оценить сопутствующие социальные выгоды от реализации проекта, учитывая его общественную эффективность.

Выявлено, что одними из основных факторов, влияющих на развитие белгородской субурбии является социальная и транспортная инфраструктура [11, 12]. Основными транспортными проблемами пригородных субурбанизированных территорий г. Белгорода являются: приоритет использования личного транспорта, малая доступность остановок общественного транспорта, недостаточное количество маршрутов, отсутствие подвозных маршрутов, несформированная велосипедная и пешеходная инфраструктура, недостаточное количество образовательных, досуговых и медицинских учреждений для удовлетворения всего спектра потребностей населения [13, 14].

На основе имеющейся теоретической базы авторами предложен алгоритм по организации транспортно-пересадочных узлов в г. Белгороде, который применим для пригородных субурбанизированных территорий г. Белгорода и других крупных городов с аналогичными агломерационными процессами, который включает в себя 5 этапов: 1) анализ исходных данных; 2) выбор наиболее загруженных направлений маятниковых миграций; 3) выбор оптимального расположения интермодальных пересадочных узлов; 4) адаптация существующих моделей ТПУ к региональным особенностям; 5) пространственное моделирование ТПУ (рис. 1).

Интермодальные (мультимодальные) транспортно-пересадочные узлы подразумевают пересадку пассажиров с одного вида транспорта на другой. Правильно сформированный ТПУ позволит организовать связанную систему работы городского пассажирского транспорта, играющую

важную роль в жизнедеятельности и развитии города. Улучшение системы городского пассажирского транспорта повысит комфортность и безопасность пользования общественным транспортом, позволит сократить временные затраты при пересадке [13, 15]. Развитие транспортной системы в целом позволит жителям пригородных

субурбанизированных территорий стать более мобильными, повысит качество и удобство движения как в черте города, так и за его пределами [16, 17, 18]. Таким образом, оптимально расположенные ТПУ повышают уровень жизни населения, являясь визитной карточкой любого города.



Рис. 1. Алгоритм по организации транспортно-пересадочных узлов в г. Белгороде

В данном исследовании предлагается на территории г. Белгорода сформировать четыре ТПУ на базе предложенных моделей [5] в системе имеющегося городского пассажирского транспорта.

Анализ исходных данных согласно предложенному алгоритму и выбор наиболее загруженных направлений маятниковых миграций был сделан авторами ранее [19]. Выбор оптимального расположения интермодальных пересадочных узлов осуществлялся на основе анализа больших данных и построенной матрицы корреспонденций [13]. Адаптация существующих моделей ТПУ к региональным особенностям осуществлялась путем изучения контекста городской среды и ее ресурсного потенциала.

Рассмотрим формирование первого ТПУ. На сегодняшний день существует 5 пригородных железнодорожных маршрутов (Белгород-Готня, Белгород-Наумовка, Белгород-Ржава, Белгород-Курск, Белгород-Нежеголь, Белгород – 134 км, Белгород-Томаровка (через 143 км «Новая жизнь»)). Адаптирование моделей ТПУ интермо-

дального типа, включающих перевозки пассажиров автомобильным и железнодорожным транспортом, предлагается на базе действующей железнодорожной станции «Рынок салют» (143 км)).

Организация транспортно-пересадочного узла 1 категории на базе железнодорожной и автобусной станции «Рынок салют» позволит жителям пригородов Томаровка, Пушкарное, Стрелецкое, Готня, Болховец, Майский осуществить пересадку с пригородного железнодорожного (пригородные поезда Наумовка-Белгород (данный поезд идет со стороны майского через «Спутник» и «Салют», возможно организация ТПУ также на «Спутнике»), Томаровка-Белгород, Готня-Белгород, 134 км-Белгород) на городской общественный транспорт. Ключевым моментом является то, что два маршрута Томаровка-Белгород, 134 км-Белгород проходят через станцию «Новая жизнь (143 км)» поскольку с 2018 года продолжается активная застройка этого юго-западного района Белгорода. В связи с этим организация транспортно-пересадочного

узла с учётом дальнейшего маятниковых миграций с использованием пригородного железнодорожного транспорта в этом направлении является шагом вперед к созданию надежного, связанного, быстрого и комфортного передвижения жителей из пригородных жилых районов как с малоэтажной, так и со среднеэтажной жилой застройкой в центр города. Ещё одним из критериев выбора места формирования ТПУ является концентрация основных городских маршрутов в существующей на 2022 год системе общественного транспорта г. Белгорода. Остановка «Рынок «Салют» также является станцией начала движения автобусов по 11 маршрутам (12, 41, 41а, 101, 101а, 113, 223, 223а, 223д, 223и, 271), благодаря которым можно попасть в любую точку города. Однако не обязательно пересаживаться на автобус. Если мобильным молодым горожанам необходимо добраться до главной площади, администрации города, спортивного комплекса Светланы Хоркиной, БелГУ, главного почтового отделения, района харьковской горы и БГТУ им. В.Г. Шухова – это можно сделать на велосипеде или электросамокате, так как транспортно-пересадочный узел оборудован пунктами проката, а пешеходная и велосипедная доступность расположения данного ТПУ обеспечит оптимальные пути передвижения. Территория, предполагаемая для формирования данного ТПУ, находится практически в пространственном центре города. Для более дальних поездок в составе ТПУ предполагается стоянка такси/каршеринга.

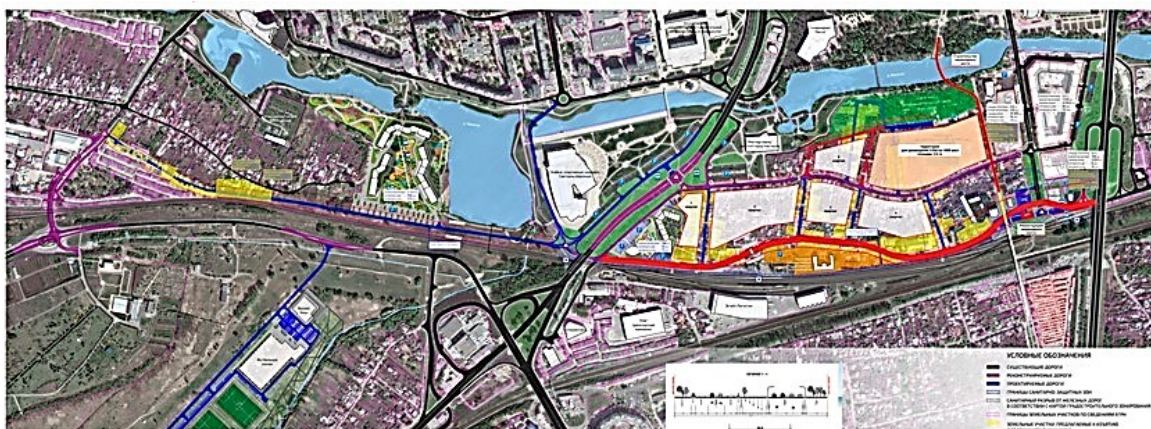
В ТПУ также расположены открытая «перехватывающая» парковка, предназначенная на 250–300 м/м и «перехватывающий» паркинг на 250 м/м, зона остановки наземного городского пассажирского транспорта подразумевает платформы посадки и высадки пассажиров, а также стоянки городских автобусов. Реконструкция существующего пешеходного моста позволит организовать пешеходный распределительный уровень, связывающий с остановочными пунктами пригородного железнодорожного транспорта. «Концепция развития территории» администрации г. Белгорода, в которую включены отданные под строительство новых жилых комплексов территории на правом берегу р. Везёлки и предложения по реконструкции старых и проектирование новых дорог, а также строительство новой четырёхполосной дороги, соединяющей проспект Ватутина с проспектом Богдана Хмельницкого, подтверждает целесообразность выбранного участка для организации транспортно-пересадочного узла 1 категории с учетом перспектив на дальнейшее развитие города Белгорода. На сле-

дующем этапе, согласно предложенному алгоритму, начинается пространственное моделирование ТПУ (рис. 2).

Организация входов в ТПУ обеспечена с наземного уровня и с уровня земли. Следовательно, в представленном ТПУ большую часть от общего пассажирооборота составляют именно пассажиры, приезжающие на пригородном железнодорожном транспорте, что обуславливает необходимость размещения небольшого количества парковочного пространства («перехватывающих» парковок).

Рассмотрим второе предложение в рамках данного исследования по организации транспортно-пересадочного узла 2 категории на пересечении ул. Щорса – пр. Ватутина. Данный ТПУ предполагает организацию быстрой и комфортной пересадки жителей с пригородного общественного транспорта (подвозные маршруты, «маршрутки по вызову») на наземный городской пассажирский транспорт. Пространственное моделирование транспортно-пересадочного узла на пересечении ул. Щорса – пр. Ватутина представлено на рисунке 3.

В состав данного ТПУ входит торгово-деловой комплекс (1 и 2 этаж – торговый центр, 3 этаж – зона отдыха и зона фудкорта, 4 этаж – коммуникативная зона, конгресс-зона и верх идущие 4 этажа бизнес зоны, что позволит увеличить количество мест приложения труда на периферии города) с индивидуальной парковкой. Распределительный наземный пешеходный переход свяжет основные точки притяжения на пересечении двух магистралей. «Перехватывающий» паркинг площадью около 2,5 тыс. м² на 250–300 м/м; открытая «перехватывающая» парковка на 500–550 м/м с целью «перехвата» приезжающих из пригородных субурбанизированных территорий жителей на личном транспорте, что позволит значительно разгрузить улично-дорожную сеть города Белгорода с южного направления (ул. Щорса), практически на 30 % по отношению к потоку машин, движущихся со стороны южного направления (порядка 2400 автомобилей, въезжающих в город ежедневно). Зона остановок наземного городского и пригородного пассажирского транспорта будет включать платформы посадки/высадки пассажиров. Также в данном ТПУ предусматривается зона стоянки пригородного маршрутного такси; зона стоянки такси/каршеринга; пункты проката велосипедов/самокатов (рис. 3). С одной стороны, к ТПУ подходит проспект Ватутина, с другой – ул. Благодатная, с которой будет осуществляться заезд на открытую «перехватывающую» парковку. Организация входов в ТПУ обеспечена с наземного уровня и с уровня земли.



Предложение по организации транспортной инфраструктуры правого берега р.Везелка в городе Белгороде
Кашарский проезд - проспект Ватутина (по материалам администрации г. Белгорода)

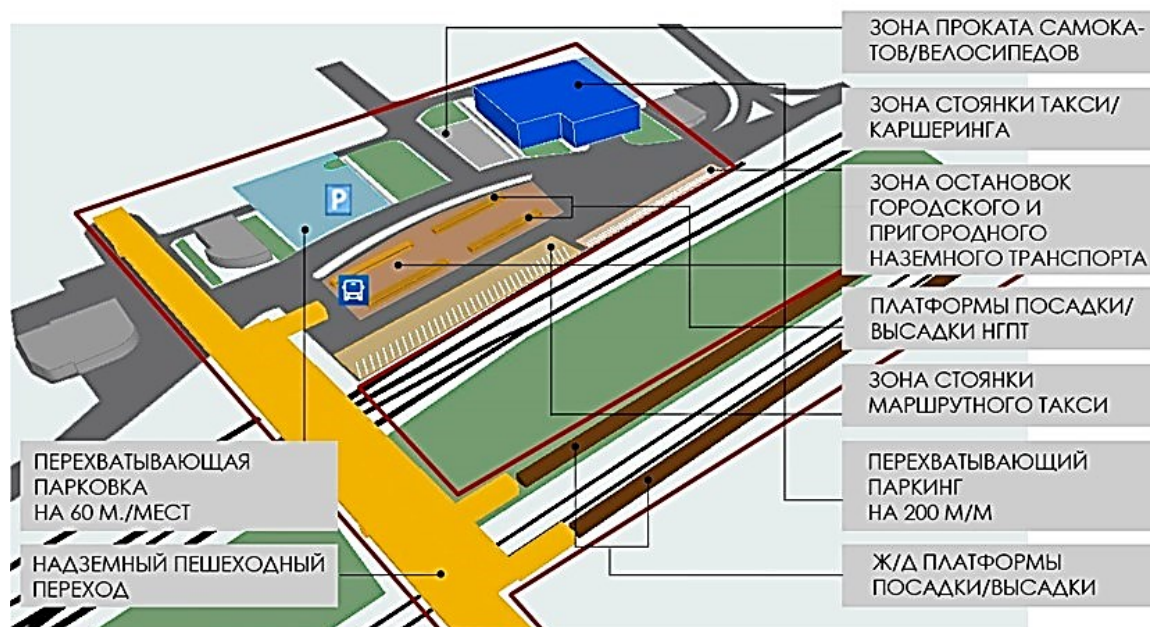


Рис. 2. Моделирование ТПУ по ул. Железнодорожная, рынок «Салют». Разраб. Боровской А.Е., Смирнова А.Ю.

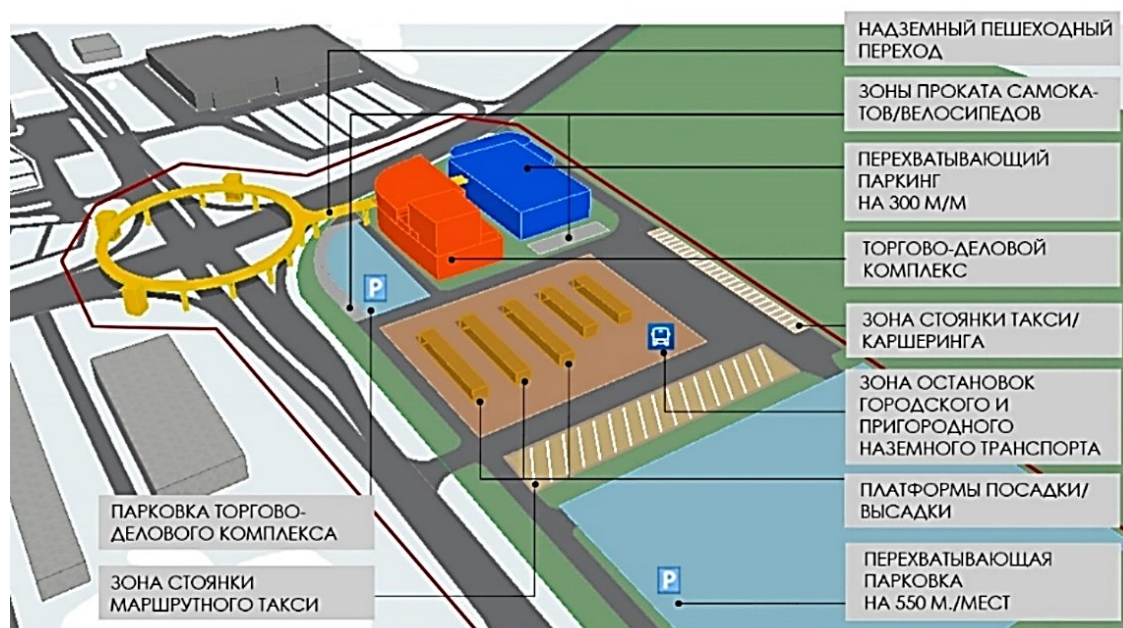


Рис. 3. Объемное моделирование ТПУ по ул. Железнодорожная, (рынок «Салют»). Разраб. Перькова М.В., Смирнова А.Ю.

Организация третьего транспортно-пересадочного узла вдоль Белгородской объездной дороги со стороны северного направления (промышленный парк «Северный») подразумевает сокращение времени пересадки жителей с пригородного общественного транспорта (организация подвозных маршрутов, «маршрутки по вызову») на наземный городской пассажирский транспорт (городские транзитные автобусы). Транзитными существующими городскими маршрутами с северного направления являются: автобус 127 «с. Шопино-БГТУ», 237 «с. Шопино – ул. Красноармейская, 238 «с. Шопино – ЮМР- ул. Энергетиков», позволяющий с наименьшими затратами по времени добраться до центра города. Пространственное моделирование транспортно-пересадочного узла на пересечении вдоль БОД представлено на рисунке 3.

В состав данного ТПУ 2 категории входят: торговые точки, открытая «перехватывающая» парковка на 450–500 м/м; «перехватывающий» паркинг площадью около 2,5 тыс. м² на 250–300 м/м с целью «перехвата» приезжающих из приго-

родных субурбанизированных территорий жителей на личном транспорте с северного направления (проспект Б. Хмельницкого) практически на 30 % по отношению к потоку машин, движущихся со стороны южного направления (порядка 2500 автомобилей, въезжающих в город ежедневно); зона остановки наземного городского и пригородного пассажирского транспорта, включающая платформы посадки/высадки пассажиров; зона стоянки пригородного маршрутного такси; зона стоянки такси/каршеринга; пункты проката велосипедов/самокатов. С одной стороны, к ТПУ подходит Белгородская объездная дорога, с другой – проектируемая дорога, соединяющая белгородскую объездную дорогу (БОД) с новым жилым комплексом. Въезд на территории будет осуществляться с проектируемой дороги и с кругового движения БОД, что позволит сделать его удобным в доступности как жителям, приезжающим на пригородном общественном транспорте, так и на личных транспортных средствах. Входы в данный ТПУ организованы с уровня земли (рис. 4).

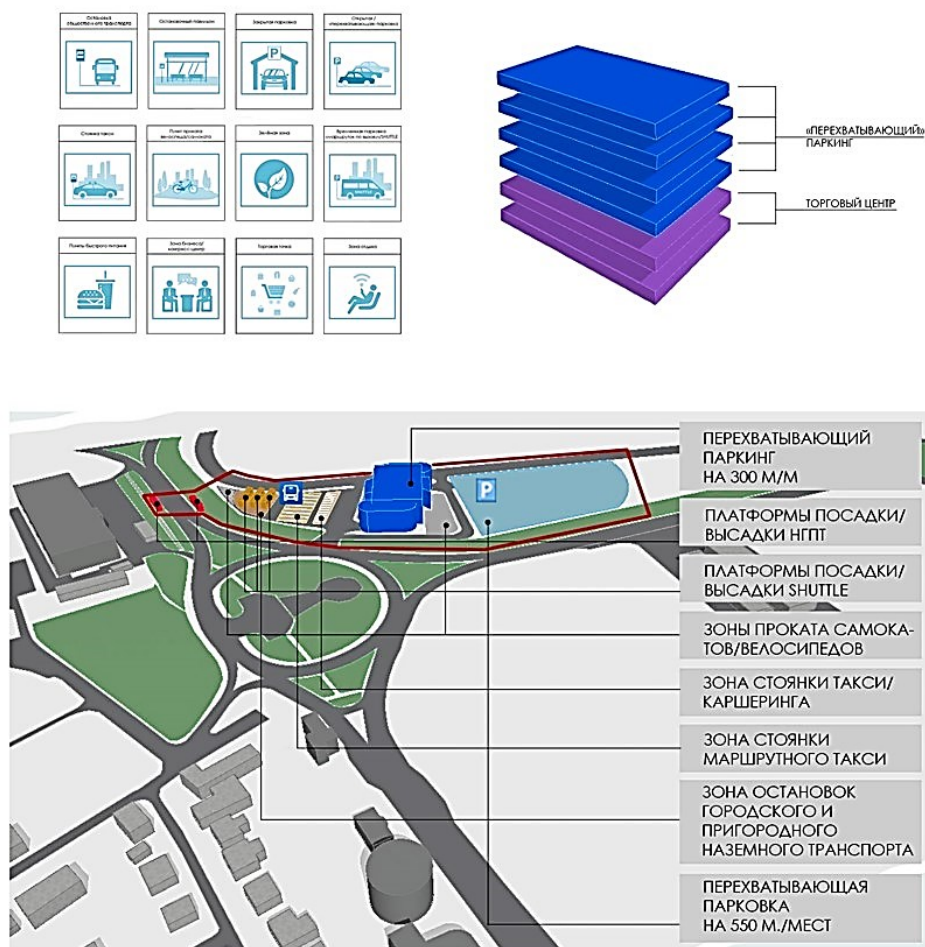


Рис. 4. Моделирование ТПУ вдоль БОД (промышленный парк «Северный»).
Разраб. Боровской А.Е., Перькова М.В., Смирнова А.Ю.

Организация четвертого транспортно-пересадочного узла 1 категории по ул. Вокзальная (вокзальная площадь) подразумевает изменение

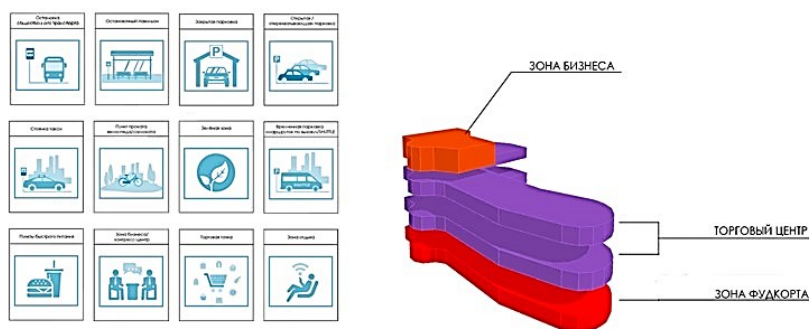
функционального зонирования транспортного узла в рамках «Концепции развития г. Белгорода». В южной части площади предполагается

увеличение количества мест на открытой автомобильной парковке (порядка 150 м/м), организация вокруг нее подъезда личного транспорта и такси с целью беспрепятственной посадки/высадки пассажиров. В северной части предлагается реконструкция платформ для остановки городского пассажирского транспорта с учётом маршрутов их движения. На данный момент такое регулирования отсутствует, отправка автобусов по одинаковым маршрутам происходит с разных платформ, что плохо влияет на ориентирование пассажиров. Проектом администрации г. Белгорода предлагается организация четырех остановочных платформ параллельно площади, а также разделение по направлениям движение автобусов и троллейбусов. Таким образом, посадка/высадка пассажиров на маршруты городского транзитного транспорта будет осуществляться с отдельной (первой) платформы, вторая и третья платформы будут осуществлять посадку/высадку пассажиров по маршрутам по северному и южному направлению соответственно, четвертая – дополнительная (резервная). Одним из вариантов может быть остановка на них пригородных маршрутных такси или туристических автобусов. Сложная конфигурация

платформ, обусловленная функциональным зонированием и выбранная на примере эффективного практического решения на площади Савёловского вокзала в Москве, позволит избежать заторов в зоне посадки. Благодаря узкой части проезда между платформами предлагается остановка для посадки, в широком месте – для межрейсового отстоя.

В северо-западной части площади около пересечения ул. Железнодорожная и пр. Славы вблизи торгового комплекса существует остановка транзитного городского пассажирского транспорта, осуществляющего движение в сторону Гражданского проспекта. Предлагается организация обособленной полосы движения НГПТ от пр. Славы до пешеходного перехода.

В рамках благоустройства площади предлагается организация системы навесов для обеспечения комфортного ожидания транспорта. Доминантой площади остаётся памятник И.Р. Апанасенко, вокруг которого также сохраняется зелёный островок с существующими насаждениями. Два дополнительных зелёных островка организуются по обе стороны от главного входа в вокзал. По периметру открытой от навесов площади организуется рядовая посадка деревьев в приствольных решётках (рис. 5).



г. Белгород
Вокзальная площадь (по материалам администрации г. Белгорода)



Рис. 5. Пространственное моделирование транспортно-пересадочного узла по ул. Вокзальная (вокзальная площадь). Предложения по корректировке Боровской А.Е., Смирнова А.Ю.

Выводы. Существующие модели ТПУ адаптированы к контексту и ресурсному потенциалу территорий г. Белгорода с выявленной наиболее высокой интенсивностью трудовой и социально-бытовой миграцией населения:

1. Модель организации ТПУ 2 категории с южного направления (посёлок Дубовое) на пересечении улиц Щорса – проспект Ватутина, в состав которой входят: торгово-деловой комплекс, «перехватывающая» парковка на 450-550 м/м, «перехватывающий» паркинг на 300 м/м, зона посадки/высадки наземного городского пассажирского и пригородного транспорта, надземный пешеходный переход, зоны проката велосипедов/самокатов, стоянка маршрутного пригородного такси, стоянка такси/каршеринга.

2. Модель организации ТПУ 1 категории на базе железнодорожной и автобусной остановки «Рынок салют», включающая зоны посадки/высадки НГПТ и пригородного ж/д транспорта, «перехватывающая» парковка на 150-200 м/м, «перехватывающий» паркинг на 250-300 м/м.

3. Модель организации ТПУ 2 категории с северного направления (посёлок Северный) вдоль Белгородской объездной дороги, в состав которой входят: торговые точки, «перехватывающая» парковка на 300 м/м, «перехватывающий» паркинг на 300 м/м, зона посадки/высадки наземного городского пассажирского и пригородного транспорта, зоны проката велосипедов/самокатов, стоянка маршрутного пригородного такси, стоянка такси/каршеринга.

4. Модель организации ТПУ 1 категории по ул. Вокзальная (вокзальная площадь).

Главной целью предложенных транспортно-пересадочных узлов является создание максимально комфортных условий пользования жителями городского пассажирского и пригородного общественного транспорта. Данное исследование направлено на снижение использования личного транспорта с целью разгрузки улично-дорожной сети г. Белгорода по основным магистральным артериям города, улучшения экологического состояния окружающей среды за счёт сокращения количества выхлопных газов, а в последствии психологического состояния людей. Грамотное планировочное решение обеспечивает целостность узла, создает связанность транспортной системы города и пригородных субурбанизированных территорий, обеспечит комфортные и безопасные условия движения наземного транспорта, пешеходов и велосипедистов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Афонин М.В. Маятниковая миграция как фактор субурбанизации // Вестник социально-политических наук. 2012. №11 С.14–19.

2. Щетинин А.С. Транспортно-пересадочные узлы современного города // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2019. С. 290–294.

3. Юшкова Н.Г. Территориально-пространственная политика развития градостроительных систем регионов: ретроспектива законодательных основ // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2014. № 35 (54). С. 212–230.

4. Шевелев В.П., Гольянова А.О. Транспортно-планировочная структура города // Архитектурные исследования. 2019. № 2(18). С. 110–120.

5. Безверхая Е.П., Скопинцев А.В. Функционально-типологические модели в архитектуре интермодальных транспортно-пересадочных узлов // Архитектура и современные информационные технологии. 2019. № 3(48). С. 135–147.

6. Шубенков М.В., Шубенкова М.Ю. Современный город как антропогенно-природная система // Архитектура и современные информационные технологии. 2020. № 4 (53). С. 182–190. DOI: 10.24411/1998-4839-2020-15311.

7. Шагимурадова А.А. Методика оценки развития транспортно-пересадочных узлов железнодорожного транспорта // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2017. № 1. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/58TVN117.pdf> // (дата обращения: 14.05.2023).

8. Шагимурадова А.А. Развитие системы транспортно-пересадочных узлов железнодорожного транспорта с учетом градостроительных факторов // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва. 2017. 296 с.

9. Леонова С.А. Методические основы выбора мест размещения транспортно-пересадочных узлов // Диссертация на соискание ученой степени кандидата наук. Самара, 2020. 240 с.

10. Медведев П.В. Формирование транспортно-пересадочных узлов в городах // Вестник университета. Москва. 2014. № 11. С. 120–124.

11. Перькова М.В., Бик О.В., Перькова А.Ю. Влияние градостроительной политики на развитие транспортной инфраструктуры Белгородской субурбии // Архитектура и строительство России. 2021. № 3 (239). С. 58–65.

12. Перькова М.В. Градостроительное развитие региональной системы расселения и ее элементов (на примере Белгородской области) // Диссертация на соискание ученой степени доктора архитектуры. Санкт – Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Санкт-Петербург, 2019. 342 с.

13. Боровской А.Е., Смирнова А.Ю., Перькова М.В., Смирнов К.Л., Бердников М.Н. Маятниковые миграционные потоки Белгородской агломерированной территории // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 2. С. 53–66. DOI:10.34031/2071-7318-2022-8-2-53-66.

14. Arbaci S., Rae I. Efecto barrio y desigualdades: evidencias para desmitificar las políticas urbanas de diversificación residencial // ACE: Architecture, City and Environment. 2014. № 26. Pp. 147–176.

15. Воронов, В. А., Чистяков В.А. Транспортно-пересадочные узлы и интермодальные комплексы. Термины и определения // Архитектура и современные информационные технологии. 2020. № 3(52). С. 252–264.

16. Боровской А.Е., Новиков И.А., Шевцова А.Г. Внедрение интеллектуальных транспортных

систем в рамках национальных программ повышения безопасности дорожного движения // Вестник ХНАДУ. 2013. № 61–62. С. 279–283.

17. Горбун Ю.В., Бондарь А.С., Головкин М.В., Боровской А.Е. Исследование и формализация данных о характеристиках транспортных потоков // Материалы III международной научно-практической конференция. Логистический аудит транспорта и цепей поставок. Тюмень, 2020. С. 50–58.

18. Перькова А.Ю., Иванькина Н.А., Смирнов К.Л. Оптимизация транспортного сообщения Белгородской субурбии // Техническая эстетика и дизайн – исследования. 2021. №1. С. 61–71. DOI:10.34031/2687-0878-2021-3-1-61-71.

19. Ortuzar J.D., Willumsen L.G. Modelling Transport, Third Edition. John Wiley & Sons Ltd., England, 2001. Pp. 499–513.

Информация об авторах

Смирнова Александра Юрьевна, магистрант кафедры архитектуры и градостроительства. E-mail: alex.perkova2000@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, 46.

Перькова Маргарита Викторовна, доктор архитектуры, доцент, советник РААСН, директор Высшей школы дизайна и архитектуры, E-mail: perkova.margo@mail.ru. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. Россия, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29.

Боровской Алексей Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации и организации движения автотранспорта. E-mail: a.e.borovskoy@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, 46.

Поступила 19.07.2023 г.

© Смирнова А.Ю., Перькова М.В., Боровской А.Е., 2023

^{1,*}Smirnova A.Y., ²Perkova M.V., ¹Borovskoy A.E.

¹Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

²St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great

*E-mail: alex.perkova2000@mail.ru

FORMATION OF MODELS OF TRANSPORT AND INTERCHANGE HUBS IN THE SYSTEM OF URBAN PASSENGER TRANSPORT ON THE TERRITORY OF BELGOROD

Abstract. Today, the suburbs are growing and urbanizing, the level of motorization of the population is increasing, which entails an increase in traffic intensity and load on the city's road network. The organization of an intermodal transport system contributes to an increase in the level of comfort of the urban environment, reliability and safety in the integrated use of suburban and surface urban transport. The optimally chosen place for the formation of the transfer hub will improve the standard of living of the population of a large city and its suburbs. In this paper, intermodal transport hubs are considered. Depending on the category of transport hub, commuter rail and route transport, land-based urban passenger and individual transport, as well as passenger services with social infrastructure facilities located in the immediate vicinity of the transport hub interact. The analysis of normative, domestic and foreign scientific and technical literature on the features of the formation and functioning of TPU was carried out. The possibility of an integrated approach in organizing activities for the formation and development of transport hubs within the framework of the existing urban development has been studied. Methods for the design of transport interchange nodes and their models are considered. The existing TPU models are adapted to the context and resource potential of the territories of Belgorod with the highest intensity of labor and social migration of the population. It is proposed to form four

transport hubs: 1) category 2 from the south direction (Dubovoe village) at the intersection of Shchorsa streets - Vatutina avenue; 2) TPU of the 1st category based on the railway and bus stop "Salyut Market"; 3) TPU of the 2nd category from the northern direction (Severny village) along the Belgorod bypass road; 4) TPU of the 1st category on the street. Vokzalnaya (station square).

Keywords: urban agglomeration, city, transport infrastructure, transport hubs, public transport.

REFERENCES

1. Afonin M.V. Pendulum migration as a factor of suburbanization [Mayatnikovaya migratsiya kak faktor suburbanizatsii]. Bulletin of socio-political sciences. 2012. No. 11. Pp. 14–19. (rus).
2. Shchetin A.S. Transport hubs of the modern city [Transportno-peresadochny'e uzly' sovremennogo goroda]. New ideas of the new century: materials of the international scientific conference FAD TOGU. 2019. Pp. 290–294. (rus).
3. Yushkova N.G. Territorial and spatial policy of development of urban planning systems of regions: a retrospective of legislative foundations [Territorial'no-prostranstvennaya politika razvitiya gradostroitel'nykh sistem regionov: retrospektiva zakonodatel'nykh osnov]. Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and architecture. 2014. No. 35 (54). Pp. 212–230. (rus).
4. Shevelev V.P., Golyanova A.O. Transport and planning structure of the city [Transportno-planirovchnaya struktura goroda]. Architectural research. 2019. No. 2(18). Pp. 110–120. (rus).
5. Bezverkhaya E.P., Skopintsev A.V. Functional-typological models in the architecture of intermodal transport hubs [Funktsional'no-tipologicheskie modeli v arkhitekture intermodal'nykh transportno-peresadochnykh uzlov]. Architecture and modern information technologies. 2019. No. 3(48). Pp. 135–147. (rus).
6. Shubenkov M.V., Shubenkova M.Yu. The modern city as an anthropogenic-natural system [Sovremennyy gorod kak antropogennno-prirodnaya sistema]. Architecture and modern information technologies. 2020. No. 4 (53). Pp. 182–190. DOI:10.24411/1998-4839-2020-15311. (rus).
7. Shagimuratova A.A. Methodology for assessing the development of transport interchange nodes of railway transport [Metodika ocenki razvitiya transportno-peresadochnykh uzlov zheleznodorozhnogo transporta]. Internet journal "NAUKOVEDENIE". 2017. No. 1. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/58TVN117.pdf>. (Date of access: 05/14/2023). (rus).
8. Shagimuratova A.A. Development of the system of transport interchange nodes of railway transport, taking into account urban planning factors [Razvitie sistemy transportno-peresadochnykh uzlov zheleznodorozhnogo transporta s uchetom gradostroitel'nykh faktorov]. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences. Moscow. 2017. 296 p. (rus).
9. Leonova S.A. Methodological bases for choosing locations for transport interchange hubs [Metodicheskie osnovy vybora mest razmesheniya transportno-peresadochnykh uzlov]. Dissertation for the degree of candidate of sciences / Samara, 2020. 240 p. (rus).
10. Medvedev P.V. Formation of transport hubs in cities [Formirovanie transportno-peresadochnykh uzlov v gorodakh]. Bulletin of the University. Moscow. 2014. No. 11. Pp. 120–124. (rus).
11. Perkova M.V., Perkova A.Y., Bik O.V. Influence of urban planning policy on the development of the transport infrastructure of the Belgorod Suburbia [Vliyaniye gradostroitel'noy politiki na razvitie transportnoy infrastruktury Belgorodskoy suburbi]. Journal of Architecture and Construction of Russia. 2021. No. 3. Pp. 58–65. (rus).
12. Perkova M.V. Urban development of the regional settlement system and its elements (on the example of the Belgorod region) [Gradostroitel'noye razvitie regional'noy sistemy rasseleniya i ee elementov (na primere Belgorodskoy oblasti)]. Dissertation for the registration degree of Doctor of Architecture. St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. St. Petersburg. 2019. 342 p. (rus).
13. Borovskoy A.E., Smirnova A.Yu., Perkova M.V., Smirnov K.L., Berdnikov M.N. Pendulum migration flows of the Belgorod agglomerated territory [Mayatnikovye migratsionnye potoki Belgorodskoy aglomerirovannoy territorii]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 2. Pp. 53–66. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-2-53-66. (rus).
14. Arbaci S., Rae I. Efecto barrio y desigualdades: evidencias para desmitificar las politicas urbanas de diversificación residencial. ACE: Architecture, City and Environment. 2014. No. 26. Pp. 147–176.
15. Voronov V.A., Chistyakov V.A. Transport interchange hubs and intermodal complexes. Terms and definitions [Transportno-peresadochny'e uzly' i intermodal'nye komplekсы. Terminy i opredeleniya]. Architecture and modern information technologies. 2020. No. 3(52). Pp. 252–264. (rus).
16. Borovskoy A.E., Novikov I.A., Shevtsova A.G. Implementation of intelligent transport systems within the framework of national programs to improve road safety [Vnedrenie intellektual'nykh transportnykh sistem v ramkah nacional'nykh program

povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya]. Bulletin of KhNADU. Belgorod. 2013. No. 61–62. Pp. 279–283. (rus).

17. Gorbun Yu.V., Bondar' A.S., Golovkin M.V., Borovskoy A.E. Research and formalization of data on the characteristics of traffic flows [Issledovanie i formalizaciya danny'x o xarakteristikax transportny'x potokov]. Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference. Logistic audit of transport and supply chains. Tyumen, 2020. Pp. 50–58. (rus).

18. Perkova A.Y., Ivankina N.A., Smirnov K.L. Optimization of the transport communication of the Belgorod suburbia [Optimizaciya transportnogo soobshcheniya Belgorodskoj suburbii]. Journal of technical aesthetics and design – research. 2021. No 1. Pp. 61–71. DOI:10.34031/2687-0878-2021-3-1-61-71. (rus).

19. Ortuzar J.D., Willumsen L.G. Modelling Transport, Third Edition. John Wiley & Sons Ltd. England. 2001. Pp. 499–513.

Information about the authors

Smirnova, Alexandra Yu. Master student. E-mail: alex.perkova2000@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Perkova, Margarita V. Doctor of Architecture, Professor. E-mail: perkova.margo@mail.ru. Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. Russia, 195251, St. Petersburg, st. Politekhnikeskaya, 29.

Borovskoy, Aleksey E. PhD, Assistant professor. E-mail: a.e.borovskoy@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 19.07.2023

Для цитирования:

Смирнова А.Ю., Перькова М.В., Боровской А.Е. Формирование моделей транспортно-пересадочных узлов в системе городского пассажирского транспорта на территории г. Белгорода // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 8. С. 86–97. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-8-86-97

For citation:

Smirnova A.Y., Perkova M.V., Borovskoy A.E. Formation of models of transport and interchange hubs in the system of urban passenger transport on the territory of Belgorod. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 8. Pp. 86–97. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-8-86-97

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-8-98-109

Долженко А.С.

Центральный научно-исследовательский и проектный институт
Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации
E-mail: alexds@bk.ru

ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ ВРЕМЕННЫХ ЖИЛИЩ ДЛЯ ЗОН ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Аннотация. В статье исследуется роль временных жилищ в программах восстановления для зон чрезвычайных ситуаций Российской Федерации. Анализируется частота стихийных бедствий и чрезвычайных ситуаций, а также ряд проблем связанных с необходимостью расселения пострадавшего населения в существующий жилой фонд поселений, располагаемых на смежных с зоной ЧС территориях, или переселение пострадавших в другие регионы.

Рассматриваются особенности использования пунктов временного размещения как стационарных, так и мобильных, возможная длительность их применения, анализируется обеспеченность ими регионов Российской Федерации. Осуществляется обзор существующих исследовательских работ и разработанных решений по мобильным жилищам для временного пребывания на примере отечественных и зарубежных работ.

Обосновывается актуальность дальнейших исследований в вопросе определения общих проблем, закономерностей и технических решений при формировании временных жилищ для зон чрезвычайных ситуаций Российской Федерации в контексте дальнейшей разработки принципов. Выделяются цели, границы, новизна, задачи дальнейшего исследования. Впервые поднимается вопрос возможности применения трансформирующихся мобильных зданий из жестких элементов в качестве временных жилищ для зон чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации в рамках общего исследования по формированию принципов.

Ключевые слова: временные жилища для зон чрезвычайных ситуаций (ЧС), мобильные жилища, принципы формирования временных жилищ, трансформируемые жилища, трансформирующиеся мобильные здания из жестких элементов.

Материалы и методы исследования. Для подготовки статьи применяется теоретический метод исследования – изучение и анализ разнообразных источников информации как отечественных, так и зарубежных авторов.

В качестве материалов для исследования используются нормативно-правовые источники, доклады, статьи, книги и методические рекомендации.

Применяемый метод системного анализа, опирающийся на комплексный подход, включающий в себя изучение работ по исследованию вопросов разработки и применения временных жилищ, анализ существующей нормативно-правовой документации и конкретных примеров реализации конструктивно-технических требований на территории субъектов Российской Федерации, позволил выявить предпосылки формирования архитектуры временных жилищ для зон чрезвычайных ситуаций Российской Федерации, определить проблематику и сформировать укрупненный план дальнейших исследований, на примере ключевых предпосылок.

Объект исследования, цели и задачи. В качестве объекта исследования выделяются мобильные жилища для временного пребывания.

Ключевыми целями является:

- исследование применения временных жилищ в РФ для зон ЧС;
- исследование предпосылок для формирования архитектуры временных жилищ для зон ЧС в Российской Федерации;
- определить необходимость дальнейших исследований в части применения временных жилищ для устранения последствий ЧС.

Задачи.

- Изучить нормативно-правовые источники в части обеспечения временными жилищами населения РФ в зонах ЧС.
- Выявить ограничения существующих решений в РФ в части применения их для ликвидации последствий ЧС.
- Рассмотреть отечественные и зарубежные труды в рамках применения жилищ для временного пребывания.
- Сформировать укрупненный план исследований, на примере ключевых предпосылок.

Введение. Территория Российской Федерации подвержена влиянию различных видов опасных природных явлений и процессов, разрушительное проявление которых реализуется ежегодно как природные катастрофы и стихийные бедствия, приводя к масштабному материальному ущербу и появлению человеческих жертв среди населения страны. К возникновению жертв

и ущерба также приводят техногенные и биолого-социальные чрезвычайные ситуации, включая вооруженные конфликты.

Частота стихийных бедствий и чрезвычайных ситуаций значительно возросла за последние годы [1–5].

Таблица 1

**Количество чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации за период 2017–2021 гг.
(по данным официальных источников)**

Вид чрезвычайных ситуаций	Годы				
	2017	2018	2019	2020	2021
Всех видов, в том числе природные	257	266	266	331	386
	42	44	49	104	110

При этом наибольшее количество разрушений жилищ возникает вследствие природных чрезвычайных ситуаций, это могут быть: землетрясения, извержения вулканов, пожары, наводнения, цунами, сели, обвалы, осыпи, оползни, лавины, метеорологического характера (включая бури, ураганы, смерчи, шквалы), разрушения в виду подверженности территории различным геологическим процессам (карсты, суффозия) и пр.

Жилища чрезвычайно уязвимы, и их разрушение является одним из наиболее заметных последствий стихийного бедствия. Как следствие, в большинстве случаев после стихийных бедствий значительное количество людей становятся бездомными и остро нуждаются в жилье.

Сценарии разрушений в различных чрезвычайных ситуациях создают условия для усиления последствий стихийного бедствия. Чем раньше будут выполнены восстановительные работы, тем меньше будет последствий в будущем.

Одной из проблем в вопросе восстановления жилых зданий после чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) является время, необходимое для ремонта, разработки архитектурных решений и строительства новых.

Одними из ключевых работ по устранению последствий ЧС являются действия, ориентированные на спасение жизней и сохранение здоровья людей, минимизацию зон ЧС, подавление действий, характерных для них опасных факторов, оперативное восстановление жизнедеятельности и социально-экономического состояния пострадавших [6, 7].

При потере жилищ для защиты населения от внешних факторов, обеспечения санитарно-гигиенических условий на территории, приостановки и снижения социально-экономической напряженности необходимо расселение пострадавших в кратчайшие сроки. Учитывая широкую географию расположения зон ЧС на территории Российской Федерации, значительную удаленность населенных пунктов друг от друга, не всегда возможно выполнить

оперативное расселение нуждающихся в существующий жилой фонд поселений, располагаемых на смежных с зоной ЧС территориях, а переселение в другие регионы не всегда целесообразно.

Это связано с тем, что вынужденное переселение создает кадровый дисбаланс и, как следствие, приводит к нарушению производственных цепочек и безработице. Также при планировании переселений следует учитывать низкую мобильность пожилых групп населения, формирующий негативный эффект от разрыва социальных контактов, а также значительный рост нагрузки на существующую инфраструктуру.

Степень изученности темы в современный период времени в исследованиях отечественных и зарубежных ученых. Вопросы формирования временных жилищ рассматривались в работах отечественных и зарубежных специалистов, ключевым образом временные жилища выделялись как наиболее значимые для освоения северных и труднодоступных территорий, в периоды войн, природных катаклизмов и перенаселенности мегаполисов.

Для Российской Федерации и стран постсоветского пространства с учетом значительно меняющихся температурных режимов, многие разработки зарубежных архитекторов не могут быть применены. В работах российских специалистов выделяются многие значимые параметры временного жилья, такие как транспортируемость, обрачиваемость, сборность, скорость возведения, энергоэффективность, экологичность и пр., но в целом рассматриваются в ограниченном формате применения.

Так, например, в своем труде Стаукас В.П. [11] исследует мобильные временные жилища как один из нестационарных рекреационных объектов.

Черепанов Д.А. и Ермаков А.Д. рассматривают мобильные дома в качестве средств размещения автотуристов для отдыха и проживания на

природе, в том числе и в кемпинге [12], Пюрвеев Д. и Майдар Д. – как объект кочевого образа жизни [13].

В последние десятилетия в некоторой мере затрагивали вопрос применения быстровозводимых комплексов в условиях ЧС в России и за рубежом: Асаул А.Н., Казаков Ю.Н., Быков В.Л., Князь И.П., Ерофеев П.Ю. [14].

Однако в значительной части эти исследования охватывают быстровозводимые здания в широком функциональном назначении и, лишь касаясь возможности их применения в условиях ЧС. В части возможного использования для гражданских целей в качестве временных жилищ упоминаются сборно-разборные и контейнерные виды комплексов, но не учитываются новейшие зарубежные разработки трансформируемых зданий и не прогнозируется их применение как перспективного класса.

Указанные работы не рассматривают принципы применения временных жилищ для зон чрезвычайных ситуаций, отсутствуют рекомендации в части их унификации с учетом применения в ключевых регионах, подверженных ЧС на территории Российской Федерации, их историко-культурных особенностей и пр.

Перспективность применения быстровозводимых временных поселков из мобильных зданий для проживания пострадавшего населения исследовал Медведев Г.Н., Щегольков В.В., Лагутина А.В., Шалимов Д.П. [13]. Данное исследование обобщенно излагает возможность применения блок-контейнеров для проживания населения, пострадавшего в ЧС.

Вопросы архитектуры быстрого реагирования в концепции временного мобильного жилья в условиях чрезвычайных ситуаций рассматривались в работах Аширова А.М., Айдарова Г.Н. [15]. В основе изложенной ими проектной модели мобильного модуля предполагаются сборные конструкции из деревянных и картонных элементов, при этом в качестве групп потребителей рассматриваются беженцы, туристы, паломники, мигранты и гастарбайтеры. Использование предполагалось в Республике Татарстан.

Также стоит отметить труд А.В. Панфилова, в своей работе [16] по анализу особенностей развития и классификационных основ формирования мобильного жилища для временного пребывания автор рассматривает различные системы классификаций мобильных жилищ с целью сформировать универсальную классификационную модель мобильного жилища, основанную на взаимном сочетании факторов, отвечающих за формирование его внешних и внутренних характери-

стик. В рамках данной работы автор рассматривает среди различных видов мобильных жилищ также и трансформируемый вид в контексте разработки классификационной системы, упоминает такое значимое свойство как адаптируемость жилищ. Однако структура классификационного механизма предлагаемой системы не детализирована применительно к зонам ЧС, не выделяет конкретные виды и особенности территорий Российской Федерации, не исследуются историко-культурные особенности и т.д. При этом под историко-культурными факторами, понимается система, сочетающая в себе особенности хозяйственно-культурных типов и историко-культурных областей — двух типологически разных систем, но тесно связанных.

Основная часть. На сегодняшний день временное жилище все больше становится значимой частью архитектуры. Историческое развитие начинается с периодов зарождения первобытных шалашей, которые использовали древние кочевые народы на рассвете цивилизаций до новейших высокотехнологичных и адаптивных проектов различных типов временных жилищ. В качестве примеров древних временных жилищ следует отметить шалаши, шатры и кибитки кочевников, юрты, чумы и яранги северных народов, многообразные плавучие жилища народов Востока и Африки.

Вопросы первоочередного жизнеобеспечения пострадавшего населения и его защиты при наступлении ЧС являются приоритетными видами деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и органов управления подсистем Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (далее – МЧС России) [7].

Существуют утвержденные МЧС России методики и рекомендации по созданию пунктов временного размещения (далее – ПВР) для пострадавшего в ЧС групп населения. На основании исходных данных из зоны ЧС и результатов работы оперативной группы руководителями служб жизнеобеспечения формируется план мероприятий, для развертывания ПВР. В местах концентрации пострадавшего населения в случае нецелесообразности или невозможности расселения его в капитальные строения, возводятся временные поселки (рис. 1). Поселки могут быть образованы из палаток, сборно-разборных и контейнерных модулей, пневмокаркасных зданий, юрт и пр. [8].



Рис. 1. Пункт временного размещения г. Белгород.

[Электронный ресурс]. – URL: <https://moe-belgorod.ru/news/city/1152894> (дата обращения 08.04.2023)

Однако ключевая особенность ПВР – это краткосрочность использования. Срок размещения пострадавшего населения в ПВР должен быть, как правило, не более 6 месяцев [9].

Стоит отметить, что создание ПВР может осуществляться на базе объектов капитального строительства, предназначенных для социального обслуживания населения, и для размещения административных и общественных организаций, но в рамках соответствия требованиям стандарта ГОСТ Р 22.3.19–2022 [10].

При этом сопоставив плановую вместимость ПВР и общую численность населения в разрезе субъектов РФ за 2020 год, можно заметить, что процент обеспеченности варьируется, начиная от 0,17 % в республике Карачаево-Черкессия и заканчивая 34,3 % для Магаданской области [4].

Таким образом, можно констатировать высокий разброс в обеспеченности ПВР субъектов Российской Федерации, при этом стоит отметить, что величина риска ЧС (природного, техногенного и биолого-социального характера) из года в год может меняться.

Поэтому одним из решений, по оперативному нивелированию возможного дефицита и гармонизации обеспеченности ПВР субъектов Российской Федерации, способен стать мобильный фонд временных жилищ. При этом следует предусматривать период их использования более чем 6 мес, в связи с продолжительностью ремонтно-восстановительных работ жилищ и необходимой инфраструктуры.

В национальном стандарте РФ ГОСТ Р 22.3.18-2021 [8] приведены конструктивные требования к мобильным пунктам временного размещения, разворачиваемым на базе палаток каркасных (пневнокаркасных) и зданий и сооружений мобильных (инвентарных).

Так, например, решения на базе палаток должны быть оборудованы входным тамбуром (шлюзом) и иметь плотно закрывающийся вход. Окна и двери должны быть оснащены защитными сетками. Однако на практике (рис. 2) данное требование не в полной мере достижимо с учетом имеющегося мобильного фонда ПВР.

Также палатки должны быть оборудованы съемным сборно-разборным полом, а конструктив обеспечивать возможность установки не менее одной дровяной печи, подключение внешних тепловентиляционных агрегатов (не менее двух) и ввода кабелей электроснабжения (рис. 3).

Существуют и более технологичные решения, так, например, НПО "Центр Профессионального Снаряжения" в рамках спец. заказа АО "Оборонстрой" разработало автономный полевой лагерь [19], в котором применены системы кондиционирования и обогрева способные поддерживать комфортную температуру внутри при перепадах температуры снаружи от -50 до +50 градусов по Цельсию при этом системы размещаются за пределами жилой зоны палатки (рис. 4). А полы в палатках покрыты панелями с антискользящим покрытием, под которыми находится слой утеплителя (рис. 5).



Рис. 2. Входная зона пункта временного размещения г. Белгород.
[Электронный ресурс]. – URL: <https://fonar.tv/online/2022/03/18/voennaya-spesoperaciya-na-ukraine-chto-proishodit-v-belgorodskoy-oblasti-23-y-den> (дата обращения 23.07.2023).



Рис. 3. Сборно-разборный пол и дровяная печь в пункте временного размещения на учениях в Воронежской области. [Электронный ресурс]. – URL: <https://special.govrn.ru/novost/-/~id/4278194> (дата обращения 23.07.2023).



Рис. 4. Входная зона палатки автономного полевого лагеря АПЛ-500 с системой обогрева приставной тепловой пушкой. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.arms-expo.ru/articles/armed-forces/ustroystvo-avtonomno-polevogo-lagerya-apl-500/> (дата обращения 23.07.2023)



Рис. 5. Конструкция пола палатки автономного полевого лагеря АПЛ-500. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.arms-expo.ru/articles/armed-forces/ustroystvo-avtonomno-polevogo-lagerya-apl-500/> (дата обращения 23.07.2023)

Данные примеры показывают возможности по совершенствованию используемых конструктивно-технических решений.

Помимо организации проживания пострадавшего населения в ПВР, одним из способов реализации права на жилище является предоставление помещений специализированного жилищного фонда. К жилым помещениям специализированного жилищного фонда в соответствии с жилищным кодексом [20] среди прочих относятся жилые

помещения маневренного фонда, которые предназначены для временного проживания граждан. Примером использования некапитального строения в качестве маневренного фонда для временного проживания может послужить общежитие (рис. 5), построенное в 2018 г. для студентов Санкт-Петербургского политехнического университет Петра Великого из быстровозводимых блок-модулей.



Рис. 6. Комплекс модульных зданий, общежития студентов Политехнического университета Петра Великого (Фото с наружи, фасады).

[Электронный ресурс]. – URL: <https://www.elmaco.ru/portfolio/kompleks-modulnyix-obshhezhitij-dlya-studentov-politexnicheskogo-universiteta-v-sankt-peterburge> (дата обращения 04.05.2023)

Таким образом, следует отметить что обзор существующих исследовательских работ и разработанных решений мобильного жилища для временного пребывания подтверждает высокую актуальность и необходимость дальнейших разработок по созданию универсального временного мобильного жилища для зон ЧС на территории Российской Федерации как для использования в формате ПВР, так и в качестве временного жилища маневренного фонда. Существующие работы не сопоставимы между собой ввиду их фрагментарности, а также появления новых технических решений, так, например, в отечественных трудах не исследуется применимость трансформирующихся мобильных зданий из жестких элементов для зон ЧС, в этой связи отсутствует комплексность обобщающих исследований.

За последние десятилетия в США и странах Западной Европы разработаны и реализованы новые программы и стратегии осуществления строительства временных жилищ, однако их анализ показывает, что многие из этих решений не учитывают региональные особенности и формируют чуждую среду и не могут быть применены для других стран. [17].

Выявление особенностей местного жилья и того, как они отражают образ жизни населения (традиции, привычки, культурные ценности, особенности жизненного уклада) важно для соответствия временных жилищ потребностям и ожиданиям людей.

При правильном использовании, то есть с учетом культурной и местной интеграции, инновации и технологии могут внести полезный вклад в улучшение решений по временному

размещению. Поэтому проекты временных жилищ должны быть сбалансированы и сочетать в себе как современные технологические решения, так и местные особенности жилищ и материалов, а одной из задач проектирования является заблаговременное привлечение местных сообществ для оценки своих собственных потребностей, чтобы гарантировать, что временные решения будут приемлемы для их образа жизни. [17]

Подход, заключающийся в проектировании временного жилья с привлечением местных сообществ, был опробован и описан экспертами из Индийского технологического института [18]. Так для пострадавших от наводнения поселений в долине реки Брахмапутра в Индии проектировалось аварийное убежище (временное жилище), в которых должно было размещаться эвакуированное население. Исследовались образ жизни и социально-культурная среда жителей в данных поселениях, проводились регулярные консультативные встречи с жителями, затем был сформирован полноценный прототип и передан в одну семью, для того чтобы опытным путем подтвердить простоту установки и эксплуатационные особенности, затем были осуществлены модификации. Итог применения такого гибкого подхода с вовлечением групп населения в процесс архитектурного моделирования был задокументирован и положительно оценен пострадавшими жителями, также была разработана методология совместного проектирования, включающая исследования в части критериев дизайна, основанных на видах человеческих потребностей.

Поэтому проектирование жилищ является многодисциплинарной задачей и должно учитывать результаты анализа природно-климатических, социальных, культурных, религиозных, экономических, градостроительных, технологических и других факторов.

В этой связи автором начата исследовательская работа, целью которой является определение критериев и требований к временному мобильному жилищу фонда расселения на территориях ЧС в Российской Федерации.

Исследование планируется осуществлять в границах всего спектра мобильного жилища от его зарождения до начала XXI века, в части эволюции его объемно-планировочных и конструктивно-технических решений¹ (преимущественно стандартного жилища).

В качестве основных задач исследования планируется выполнение анализа специфики

формирования основных видов временных жилищ в Российской Федерации и за рубежом, основных зон ЧС, определение ключевых требований к временному мобильному жилищу и критериев выбора конструктивно-технологических и функционально-планировочных, объемно-планировочных его решений.

По результатам комплекса исследований положения, планируемые к вынесению на защиту и составляющие научную новизну работы, будут включать:

- ключевые требования к временному мобильному жилищу для основных зон чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации;
- принципы и рекомендаций формирования мобильного жилища для временного пребывания, предназначенного для различных природно-климатических условий эксплуатации на территории Российской Федерации, с учетом новейших разработок в области перспективных направлений развития архитектуры.

Выводы. Ежегодный рост числа ЧС в Российской Федерации и существенный разброс в обеспеченности ПВР субъектов Российской Федерации, с учетом годовой волатильности величины риска ЧС (природного, техногенного и биолого-социального характера) отмечается особая роль временных жилищ для зон ЧС.

Помимо вопроса первоочередного жизнеобеспечения пострадавшего населения и его защиты при наступлении ЧС, важное значение имеет обеспечение временным жилищем в горизонте среднесрочного использования, более 6 месяцев. В этой связи роль временных жилищ не ограничивается только использованием в качестве ПВР в рамках текущей нормативно-правовой базы МЧС.

Также на основании проведенного анализа, подтверждается перспективность использования временных жилищ для противодействия последствиям ЧС на территории Российской Федерации в рамках государственного и муниципального маневренного фонда.

Проведенный в статье обзор говорит о том, что текущие исследования охватывают быстро-возводимые здания в широком функциональном назначении, и лишь касаясь возможности их применения в условиях ЧС, без учета множества региональных особенностей субъектов Российской Федерации. Таким образом, на текущий день отсутствует комплексный анализ с выделением наиболее подходящих видов временных жилищ,

¹ Исключая положения, связанные с эргономикой и внутренней обстановкой мобильного жилища, учитывая наличие ряда исследований по данной проблеме

(Сапрыкиной Н.А., Карташовой К.К., Поморова С.Б., Пюрвеева Д.Б., Степанова И.В. и др.).

в том числе с точки зрения формирования оптимальных архитектурно-планировочных решений, проработанных с учётом планировочных схем, функционально-планировочных и объёмно-планировочных решений, а также учитывающий условия градостроительного размещения и новейшие конструктивно-технические возможности.

В качестве перспективного вида временных жилищ для зон ЧС в Российской Федерации, следует исследовать возможности применения трансформирующихся мобильных зданий из жестких элементов.

При этом следует учитывать, что для формирования резервного мобильного фонда, позволяющего противостоять последствиям ЧС на территории Российской Федерации в краткосрочном и среднесрочном периоде, важно исследовать общие проблемы и закономерности и в дальнейшем на основе комплексного анализа, целесообразно выделить перспективных классов с описанием принципов по формированию временных жилищ для указанных территорий и разработки модели на их основе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2017 году». М.: МЧС России; ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2018, 376 с.
2. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2018 году». М.: МЧС России; ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2019, 344 с.
3. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2019 году». М.: МЧС России; ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2020, 259 с.
4. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году». М.: МЧС России; ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021, 264 с.
5. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2021 году». М.: МЧС России; ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России», 2022, 250 с.
6. Методические рекомендации «по порядку создания пунктов временного размещения пострадавших в чрезвычайных ситуациях». М.: МЧС России. [Электронный ресурс]. URL: https://sudact.ru/law/metodicheskie-rekomendatsii-po-organizatsii-pervoocherednogo-zhizneobespecheniia-naseleniia_1/metodicheskie-rekomendatsii/ (дата обращения 08.04.2023).
7. Федеральный закон № 68 от 21 декабря 1994 г. «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [Электронный ресурс]. URL: <https://mchs.gov.ru/uploads/document/2022-01-13/f90164668fe9c6203b010a334b94c352.pdf> (дата обращения 07.04.2023).
8. Национальный стандарт ГОСТ Р 22.3.18-2021 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Пункты временного размещения населения, пострадавшего в чрезвычайных ситуациях. Общие требования. Приемка в эксплуатацию [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200178018/titl/es/7DK0KB> (дата обращения 08.04.2023).
9. Постановление Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2003 г. № 794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» [Электронный ресурс]. URL: https://54.mchs.gov.ru/uploads/resource/2022-03-31/postanovleniya-pravitelstva-rf_1648720520998618807.pdf (дата обращения 07.04.2023).
10. Национальный стандарт ГОСТ Р 22.3.19-2022 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Стационарные пункты временного размещения населения, пострадавшего в ЧС. Общие требования. Приемка в эксплуатацию. URL: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/6418> (дата обращения 09.04.2023).
11. Стаукас В.П. Градостроительная организация районов и центров отдыха. Л.: Стройиздат, 1977. 164 с.
12. Черепанов Д.А., Ермаков А.С. Анализ рынка мобильных средств размещения автотуристов // Сервис в России и за рубежом. 2014, №7(54). С. 179–191.
13. Медведев Г.Н., Щегольков В.В., Лагутина А.В., Шалимов Д.П. Перспективы применения в МЧС России быстровозводимых временных поселков из мобильных зданий для проживания пострадавшего в ЧС населения // Технологии гражданской безопасности. 2011. Т. 8, № 4(30). С. 34–39.
14. Асаул А.Н., Быков В.Л., Князь И.П., Ерофеев П.Ю. Теория и практика использования быстровозводимых зданий в обычных условиях и чрезвычайных ситуациях в России и зарубежом // Под ред. д.т.н., проф. Ю.Н. Казакова СПб.: «Гуманистика», 2004. 472 с.

15. Аширова М.В., Айдарова Г.Н. Архитектура быстрого реагирования: концепция временного мобильного жилья в условиях чрезвычайных ситуаций // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. №2(36). С. 17–22.

16. Панфилов А.В. Эволюция, особенности развития и классификационные основы формирования мобильного жилища для временного пребывания // Архитектура и современные информационные технологии, 2011. №4(17). С. 14.

17. Феликс Д., Монтейро, Д., Бранко, Дж. М. и др. Роль временных жилых домов в реконструкции жилья после бедствий // Журнал жилищного строительства и постройки. Окружающая среда. 2015. № 30(4). С. 683–699. DOI:10.1007/s10901-014-9431-4.

18. Kankana N.D., Amarendra K.D. SHELTERING EMERGENCIES: Design development process of temporary housing in post-disaster settle-

ment by community participation//Conference: Proceedings of NordDesign 2020 URL: <https://www.designsociety.org/publication/42531/SHELTERING+EMERGENCIES%3A+Design+development+process+of+temporary+housing+in+post-disaster+settlement+by+community+participation>(дата обращения 13.04.2023).

19. Жуковский А.В. Городок закрытого цикла жизнеобеспечения для комфортного проживания военнослужащих в полевых условиях (АПЛ-500). Журнал «Материально-техническое обеспечение Вооруженных Сил Российской Федерации» 2001. URL: <https://mto.ric.mil.ru/Stati/item/316019/> (дата обращения 23.07.2023).

20. Жилищный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 188-ФЗ (ред. от 24.06.2023) URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51057/efcb64953d29f609d8bd6ce72849678dd48c75e6/ (дата обращения 25.07.2023)

Информация об авторах

Долженко Александр Станиславович, аспирант кафедры архитектура. E-mail: alexds@bk.ru. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский и проектный институт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации» (ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России»). Россия, 119331, Москва, пр. Вернадского, д. 29.

Поступила 11.04.2023 г.

© Долженко А.С., 2023

Dolzhenko A.S.

Central Research and Design Institute of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation

E-mail: alexds@bk.ru

PREREQUISITES FOR FORMING THE ARCHITECTURE OF TEMPORARY HOUSINGS FOR ZONES OF EMERGENCY SITUATIONS IN THE RUSSIAN FEDERATION

Abstract. The article examines the role of temporary shelters in recovery programs for emergency zones of the Russian Federation. The frequency of natural disasters and emergencies is analyzed, as well as a number of problems associated with the need to resettle the affected population in the existing housing stock of settlements located in territories adjacent to the emergency zone or resettlement of the affected to other regions.

The features of the use of temporary accommodation centers, both stationary and mobile, the possible duration of their use are considered, the provision of the regions of the Russian Federation with them is analyzed. A review of existing research works and developed solutions for mobile housing for temporary stay is carried out on the example of domestic and foreign works.

The relevance of further research in the issue of determining common problems, patterns and technical solutions in the formation of temporary dwellings for emergency zones of the Russian Federation in the context of further development of principles is substantiated. Goals, boundaries, novelty, tasks of further research are highlighted. For the first time, the question of the possibility of using transforming mobile buildings from rigid elements as temporary housing for emergency zones in the Russian Federation is raised as part of a general study on the formation of principles.

Keywords: temporary housing for emergency zones (emergencies), mobile dwellings, principles of formation of temporary dwellings, transformable dwellings, transforming mobile buildings from rigid elements.

REFERENCES

1. Gosudarstvennyi doklad [O sostoianii zashchity naseleniia i territorii Rossiiskoi Federatsii ot chrezvychainykh situatsii prirodnogo i tekhnogen-nogo kharaktera v 2017 godu]. Moskva: MCHS Rossii; FGBU VNII GOCHS (FTS), 2018, 376 p. (rus)
2. Gosudarstvennyi doklad [O sostoianii zashchity naseleniia i territorii Rossiiskoi Federatsii ot chrezvychainykh situatsii prirodnogo i tekhnogen-nogo kharaktera v 2018 godu]. Moskva: MCHS Rossii; FGBU VNII GOCHS (FTS), 2019, 344 p. (rus)
3. Gosudarstvennyi doklad [O sostoianii zashchity naseleniia i territorii Rossiiskoi Federatsii ot chrezvychainykh situatsii prirodnogo i tekhnogen-nogo kharaktera v 2019 godu]. Moskva: MCHS Ros-sii; FGBU VNII GOCHS (FTS), 2020, 259 p. (rus)
4. Gosudarstvennyi doklad [O sostoianii zashchity naseleniia i territorii Rossiiskoi Federatsii ot chrezvychainykh situatsii prirodnogo i tekhnogen-nogo kharaktera v 2020 godu]. Moskva: MCHS Ros-sii; FGBU VNII GOCHS (FTS), 2021, 264 p. (rus)
5. Gosudarstvennyi doklad [O sostoianii zashchity naseleniia i territorii Rossiiskoi Federatsii ot chrezvychainykh situatsii prirodnogo i tekhnogen-nogo kharaktera v 2021 godu]. Moskva: MCHS Ros-sii; FGBVOU VO «Akademiia grazhdanskoi zashchity MCHS Rossii», 2022, 250 p. (rus)
6. Metodicheskie rekomendatsii [Po poriadku sozdaniia punktov vremennogo razmeshcheniia postradavshikh v chrezvychainykh situatsiiakh]. Moskva: MCHS Rossii. URL: https://sudact.ru/law/metodicheskie-rekomendatsii-po-organizatsii-pervoocherednogo-zhizneobespecheniia-naseleniia_1/metodicheskie-rekomendatsii/ (date of treatment: 08.04.2023). (rus)
7. 7. Federal'nyi zakon no 68 ot 21 dekabria 1994 g. [O zashchite naseleniia i territorii ot chrezvychainykh situatsii prirodnogo i tekhnogen-nogo kharaktera] AdobeAcrobatReader. URL: <https://mchs.gov.ru/uploads/document/2022-01-13/f90164668fe9c6203b010a334b94c352.pdf> (date of treatment: 07.04.2023). (rus)
8. Natsional'nyi standart GOST R 22.3.18-2021 [Bezopasnost' v chrezvychainykh situatsiiakh. Punkty vremennogo razmeshcheniia naseleniia, postradavshogo v chrezvychainykh situatsiiakh. Obshchie trebovaniia. Priemka v ekspluatatsiiu] AdobeAcrobatReader. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200178018/titles/7DK0KB> (data obrashcheniia 08.04.2023). (rus)
9. Postanovlenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 30 dekabria 2003 . no 794 [O edinoi gosudarstvennoi sisteme preduprezhdeniia i likvidatsii chrezvychainykh situatsii]. AdobeAcrobatReader. URL: https://54.mchs.gov.ru/uploads/resource/2022-03-31/postanovleniia-pravitelstva-rf_1648720520998618807.pdf (date of treatment: 07.04.2023). (rus)
10. National standard GOST R 22.3.19-2022 Safety in emergency situations. Stationary points of temporary accommodation of the population affected by emergencies. General requirements. Acceptance into operation. [Natsional'nyi standart GOST R 22.3.19-2022 Bezopasnost' v chrezvychainykh situatsiiakh. Statsionarnye punkty vremennogo razmeshcheniia naseleniia, postradavshogo v CHS. Obshchie trebovaniia. Priemka v ekspluatatsiiu] AdobeAcrobatReader. URL: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/6418> (data obrashcheniia 09.04.2023). (rus)
11. Staukas V.P. Urban planning organization of residential premises and recreation centers [Gradostroitel'naia organizatsiia raionov i tsentrov otdykha]. Stroizdat, 1977. 164 p. (rus)
12. Cherepanov D.A., Ermakov A.S. Analysis of the market for mobile accommodation for autotourists [Analiz rynka mobil'nykh sredstv razmeshcheniia avtoturistov]. Service in Russia and abroad. 2014, No. 7(54), Pp. 179–191. (rus)
13. Medvedev G.N., Shchegol'kov V.V., Lagutina A.V., Shalimov D.P. Prospects for the use of pre-fabricated temporary settlements from mobile buildings in the Russian Emergencies Ministry for living in the population affected by emergencies [Perspektivy primeneniia v MCHS Rossii bystrovozvodimykh vremennykh poselkov iz mobil'nykh zdanii dlia prozhivaniia postradavshogo v CHS naseleniia] Tekhnologii grazhdanskoi bezopasnosti. 2011. Vol. 8, no 4(30). Pp. 34–39. (rus)
14. Asaul A.N., Kazakov UN. [Teoriia i praktika ispol'zovaniia bystrovozvodimykh zdanii v obychnykh usloviakh i chrezvychainykh situatsiiakh v Rossii i zarubezhom]. Gumanistika. Sankt-Peterburg, 2004. 472 p. (rus)
15. Ashirova, M.V., Aidarova, G.N., Knyaz' I.P., Erofeev P.Yu. Theory and practice of using pre-fabricated buildings in normal conditions and emergency situations in Russia and abroad [Arkhitektura bystrogo reagirovaniia: kontseptsiiia vremennogo mobil'nogo zhil'ia v usloviakh chrezvychainykh situatsii] Izvestiia Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2016. No. 2(36). Pp. 17–22.
16. Panfilov A.V. Evolution, development features and classification bases for the formation of a mobile dwelling for temporary stay [Evoluciia, osobennosti razvitiia i klassifikatsionnye osnovy formirovaniia mobil'nogo zhilishcha dlia vremennogo prebyvaniia]. Architecture and Modern Information Technologies, 2011. No. 4(17). 14 p. (rus)
17. Feliks D., Monteiro, D., Branko Dzh. M. et

al. The Role of Temporary Housing in Post-Disaster Housing Reconstruction [Rol' vremennykh zhilykh domov v rekonstruktsii zhil'ia posle bedstvi] Zhurnal zhilishchnogo stroitel'stva i postroiki. Okruzhaiushchaia sreda. 2015. no 30(4). Pp. 683-699. DOI 10.1007/s10901-014-9431-4. (rus)

18. Kankana N.D., Amarendra K.D. SHELTERING EMERGENCIES: Design development process of temporary housing in post-disaster settlement by community participation Conference: Proceedings of NordDesign 2020. AdobeAcrobatReader. URL: <https://www.designsociety.org/publication/42531/SHELTERING+EMERGENCIES%3A+Design+development+process+of+temporary+housing+in+post-disaster+settlement+by+community+participation> (date of treatment: 13.04.2023).

19. Zhukovsky A.V. The town of a closed life support cycle for comfortable living of military personnel in the field (APL-500) Journal "Material and

technical support of the Armed Forces of the Russian Federation" 2001 [Gorodok zakrytogo cikla zhizneobespecheniya dlya komfortnogo prozhivaniya voennosluzha-shchih v polevykh usloviyakh (APL-500). Zhurnal «Material'no-tekhnicheskoe obespechenie Vooruzhennykh Sil Rossijskoj Federacii» 2001]. AdobeAcrobatReader. URL: <https://mto.ric.mil.ru/Stati/item/316019> (date of treatment: 23.07.2023). (rus)

20. Housing Code of the Russian Federation of 29.12.2004 N 188-FZ (ed. of 24.06.2023) [Zhilishchnyj kodeks Rossijskoj Federacii ot 29.12.2004 N 188-FZ (red. ot 24.06.2023)] AdobeAcrobatReader URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51057/efcb64953d29f609d8bd6ce72849678dd48c75e6/ (date of treatment: 25.07.2023). (rus)

Information about the authors

Dolzhenko, Alexander S. Post-graduate student of the Department of Architecture. E-mail: alexds@bk.ru. Federal State Budgetary Institution "Central Research and Design Institute of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation" (FGBU "TsNIIP of the Ministry of Construction of Russia"). Russia, 119331, Moscow, Vernadsky Ave., 29.

Received 11.04.2023

Для цитирования:

Долженко А.С. Предпосылки формирования архитектуры временных жилищ для зон чрезвычайных ситуаций Российской Федерации // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 8. С. 98–109. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-8-98-109

For citation:

Dolzhenko A.S. Prerequisites for forming the architecture of temporary housings for zones of emergency situations in the Russian Federation. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 8. Pp. 98–109. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-8-98-109

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-8-110-122

^{1,*}Щербинина О.А., ¹Уваров В.А., ²Щербинин И.А., ¹Попов Е.Н.¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова²ООО «ВЕГА»

*E-mail: shcherbinina.oa@gmail.com

РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫБОРУ ТИПОРАЗМЕРОВ КОРПУСА И УДАРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОМОЛЬНО-СМЕСИТЕЛЬНОГО РОТОРНО-ПУЛЬСАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА

Аннотация. В данной статье были проанализированы и даны основные рекомендации, направленные для оптимального выбора типоразмеров корпуса и ударных элементов помольно-смесительного роторно-пульсационного комплекса с учетом потребляемой мощности. Данные рекомендации были направлены для решения конструкторских задач, связанных с определением зависимостей размера корпуса с его основными технологическими параметрами, с возможностью применения данных при проектировании данных комплексов. Произведены расчеты ряда основных типоразмеров комплекса с учетом соотношений диаметра и ширины комплекса, размеров рабочих элементов, их площади тел, числом прорезей основанные на следующих входных величинах производительностью, потребляемой мощностью и параметром, характеризующим эффективность работы комплекса – знакопеременное давление в каналах ротора и статора.

В работе были определены критерии мощности, рассчитываемые для турбулентного режима. Получены графические зависимости общих затрат мощности комплекса от частоты вращения элементов статора и ротора для ряда основных типоразмеров комплекса. Был спроектирован корпус комплекса с учетом принятых типоразмеров. С учетом полученных значений общих затрат мощности для каждого зазора комплекса определили максимальный радиус ротора. Принимая во внимание условия конструктивной прочности толщины стенки цилиндров комплекса провели расчеты для диаметров статора и ротора для ряда типоразмеров комплекса. На основе данных вычислений выбрали число прорезей на роторе и статоре их ширину и высоту.

Ключевые слова: помольно-смесительный роторно-пульсационный комплекс, корпус, критерии мощности, общие затраты мощности, прорези.

Введение. Требования, предъявляемые различными отраслями промышленности, таких как строительная, пищевая, фармацевтическая, нефтеперерабатывающая, молочная, пивная, парфюмерная, сельскохозяйственная и многими другими, всегда опережают внедрение в практику эффективного смесительного оборудования, способного не только перемешивать, но и при этом одновременно гомогенизировать, диспергировать, а если требует технология производства, то и поризовывать, а также частично измельчать и при этом механоактивировать компоненты смеси. С учетом такой подачи необходимых требований, итоговым результатом процесса смешения является обеспечение высокой степени однородности показателей, характеризующих смесь, для исходного объема произведенной смеси, а определяется как получение наиболее максимальных, имеющихся в его составе необходимых для промышленности параметров [1].

Процесс смешения – это целый комплекс химико-технологической системы, главной составной частью которой является смешивающее оборудование [2]. При этом должна быть высокая надежность узлов и деталей самой установки, её

мобильность. Также возможность использования установки для смешения различных компонентов смеси для различных отраслей промышленности и пожеланий заказчика при сохранении высоких технологических параметров готового продукта. С учетом наличия множества актуальных аппаратов применяемых для решения задач смешения отлично себя показали следующие типы смесителей, помольно-смесительные роторно-пульсационные аппараты (РПА), основанные на принципах с реализацией электрогидравлического эффекта [3]. Их знаковыми особенностями являются небольшие габариты и при этом высокая производительность. Также конструктивной особенностью установок является создание значительных величин деформации и напряжений сдвига и обеспечение их равномерности в объеме рабочей камеры рабочего корпуса, что обеспечивает высокие показатели смешения компонентов многокомпонентной смеси.

Методы, оборудование, материалы. В качестве методов, применяемых к обоснованию рекомендаций к обоснованному выбору типоразмеров корпуса и ударных элементов роторно-пульсационного комплекса приняты работы [1–5].

Основная часть. Размер корпуса напрямую связан с тремя основными технологическими параметрами помольно-смесительного роторно-пульсационного комплекса производительностью, потребляемой мощностью и параметром, характеризующим эффективность работы комплекса – знакопеременное давление в каналах ротора и статора.

Размер корпуса его ширина и диаметр, и соотношение диаметра и ширины продиктованы размерами рабочих элементов сегмента статора и ротора и их площадями сечений, и количеством прорезей.

Для корпуса (рис. 1) диаметром 380 мм и шириной 125 мм. Расчет основных параметров мощности и производительности будет определен согласно аналитическим выражениям 1-7.

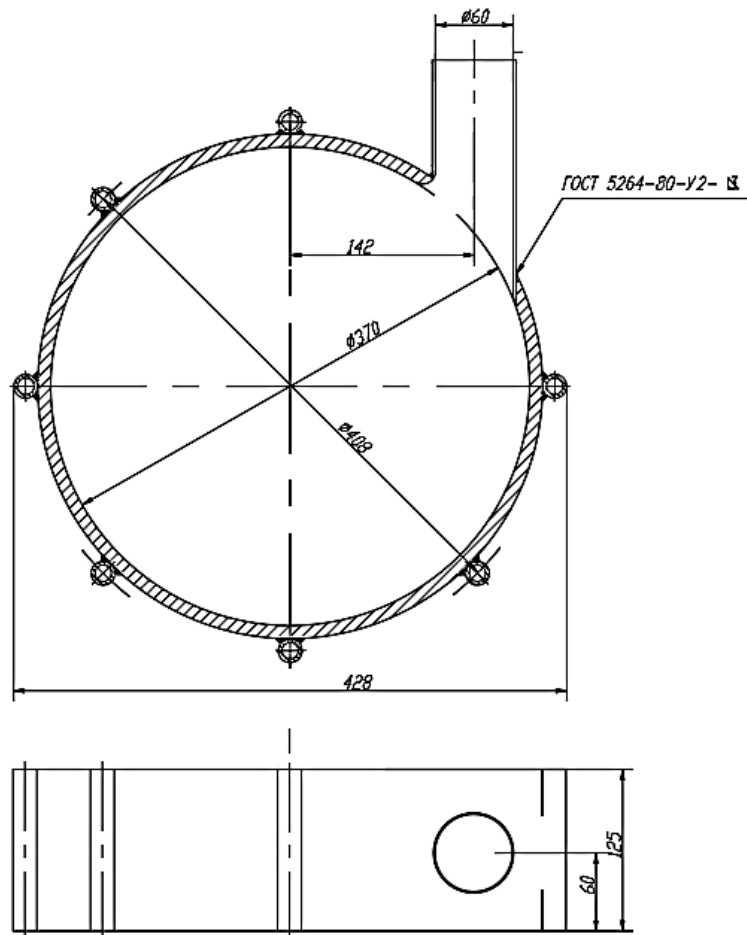


Рис. 1. Корпус ПСРПК с диаметром корпуса 380 мм и шириной 125 мм

Обоснование и выбор электродвигателя:
Определение объема твердой фазы V [2]:

$$V = G/r, \quad (1)$$

где V – объем твердой фазы, м^3 ;

G – величина загрузки твердых включений, из соотношений на 1 м^3 для марки пенобетона средней плотностью в сухом состоянии 600 кг/м^3 , ПЦ 500Д0 503 кг, песок $M_k=1,35 \text{ 27 кг}$, $G=530 \text{ кг}$;

r – плотность воды затворения, $r = 1000 \text{ кг/м}^3$.

$$V = 530/1000 = 0,53 \text{ кг/м}^3.$$

Величина концентрации твердой фазы в суспензии f [2]:

$$\varphi = \frac{V}{(V + V_1)}, \quad (2)$$

где V_1 – объем воды затворения, $V_1=0,292 \text{ м}^3$.

$$\varphi = \frac{0,53}{(0,53 + 0,292)} = 0,645.$$

Определяем значение коэффициента динамической вязкости суспензии (3) [2].

$$\mu = \mu_{ж} \frac{0,59}{(0,77 - \varphi)^2}, \quad (3)$$

где $\mu_{ж}$ – динамический коэффициент вязкости, жидкости, в данном случае воды, $\mu_{ж}=0,001 \text{ Па} \cdot \text{с}$.

$$\mu = 0,001 \frac{0,59}{(0,77 - 0,645)^2} = 37,76 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Поскольку в конструкции ПСРПУ имеется три кольцевых зазора, то необходимо произвести расчет затрачиваемой мощности для каждого кольцевого пространства.

Рассчитываем центробежный критерий Рейнольдса $Re_{ц}$ по формуле (4).

$$Re_{ц} = \frac{\rho n d^2}{60 \mu}, \quad (4)$$

где d – начальный диаметр зоны кольцевого пространства, м.

Находим $Re_{ц}$:

$$Re_{ц1} = \frac{1000 \cdot 1450 \cdot 0,280^2}{60 \cdot 37,76 \cdot 10^{-3}} = 41,210 \cdot 10^3.$$

$$Re_{ц2} = \frac{1000 \cdot 1450 \cdot 0,310^2}{60 \cdot 37,76 \cdot 10^{-3}} = 50,503 \cdot 10^3.$$

$$K_N = 12,5 \cdot Re_{ц}^{-0,3} \cdot \left[\left(\frac{b_p \cdot z_p}{d} \right)^{0,7} + \left(\frac{b_c \cdot z_c}{d} \right)^{0,7} \right] \cdot \left(1 + 7,2 \frac{Q}{\pi \cdot d_p \cdot b_c \cdot z_c \cdot l} \right) \cdot \left(\frac{h}{d} \right)^{0,2}. \quad (5)$$

Рассчитываем критерий мощности:

для первого зазора

$$K_{N1} = 12,5 \cdot 41201^{-0,3} \cdot \left[\left(\frac{0,01 \cdot 30}{0,28} \right)^{0,7} + \left(\frac{0,01 \cdot 30}{0,28} \right)^{0,7} \right] \cdot \left(1 + 7,2 \frac{12,249}{3,14 \cdot 0,27 \cdot 0,01 \cdot 30 \cdot 0,03} \right) \cdot \left(\frac{0,05}{0,27} \right)^{0,2} = 1,982,$$

для второго зазора

$$K_{N2} = 12,5 \cdot 50503^{-0,3} \cdot \left[\left(\frac{0,01 \cdot 30}{0,31} \right)^{0,7} + \left(\frac{0,008 \cdot 45}{0,31} \right)^{0,7} \right] \cdot \left(1 + 7,2 \frac{12,249}{3,14 \cdot 0,31 \cdot 0,008 \cdot 45 \cdot 0,03} \right) \cdot \left(\frac{0,05}{0,31} \right)^{0,2} = 1,477$$

для третьего зазора

$$K_{N2} = 12,5 \cdot 60751^{-0,3} \cdot \left[\left(\frac{0,008 \cdot 45}{0,34} \right)^{0,7} + \left(\frac{0,008 \cdot 45}{0,34} \right)^{0,7} \right] \cdot \left(1 + 7,2 \frac{12,249}{3,14 \cdot 0,34 \cdot 0,008 \cdot 45 \cdot 0,03} \right) \cdot \left(\frac{0,05}{0,34} \right)^{0,2} = 1,284.$$

Затраты мощности рассчитываем по зависимости (6) [2].

$$P = K_N \cdot \rho \cdot l \cdot d^4 \cdot \left(\frac{n}{60} \right)^3, \quad (6)$$

где P – затраты мощности в зазоре, Вт.

Рассчитываем затраты мощности:

для первого зазора

$$P_1 = 1,982 \cdot 822 \cdot 0,03 \cdot 0,28^4 \cdot \left(\frac{1450}{60} \right)^3 = 4239 \text{ Вт},$$

для второго зазора

$$P_2 = 1,477 \cdot 822 \cdot 0,03 \cdot 0,31^4 \cdot \left(\frac{1450}{60} \right)^3 = 4748 \text{ Вт},$$

для третьего зазора

$$Re_{ц3} = \frac{1000 \cdot 1450 \cdot 0,340^2}{60 \cdot 37,76 \cdot 10^{-3}} = 60,751 \cdot 10^3.$$

Поскольку значения центробежного критерия Рейнольдса $Re_{ц}$ во всех кольцевых пространствах больше $3 \cdot 10^2$, то во всех трех зонах доминирующим являются турбулентные течения и расчет параметра мощности K_N , который зависит от конструктивных величин комплекса, а также от значений физико-химических параметров среды и расхода, будем производить для турбулентного режима.

Согласно [2] критерий мощности рассчитывается для турбулентного режима по формуле (5).

$$P_3 = 1,284 \cdot 822 \cdot 0,03 \cdot 0,34^4 \cdot \left(\frac{1450}{60} \right)^3 = 5970 \text{ Вт}.$$

Общие затраты мощности в кольцевых зазорах, $P_{3ц}$, будут равны:

$$P_{3ц} = \sum_{i=1}^3 P_i, \quad (7)$$

$$P_{3ц} = 4239 + 4748 + 5970 = 14957 \text{ Вт}.$$

Зависимость мощности от размеров корпуса ПСРПК и его основных рабочих органов – статора и ротора, представлены в графическом виде на рисунке 2.

Для размерного ряда корпуса помольно-смесительного роторно-пульсационного комплекса рассмотрим расчет параметра потребляемой мощности комплексом размер корпуса 420 мм и длиной 142 мм, представленного на рисунке 3.

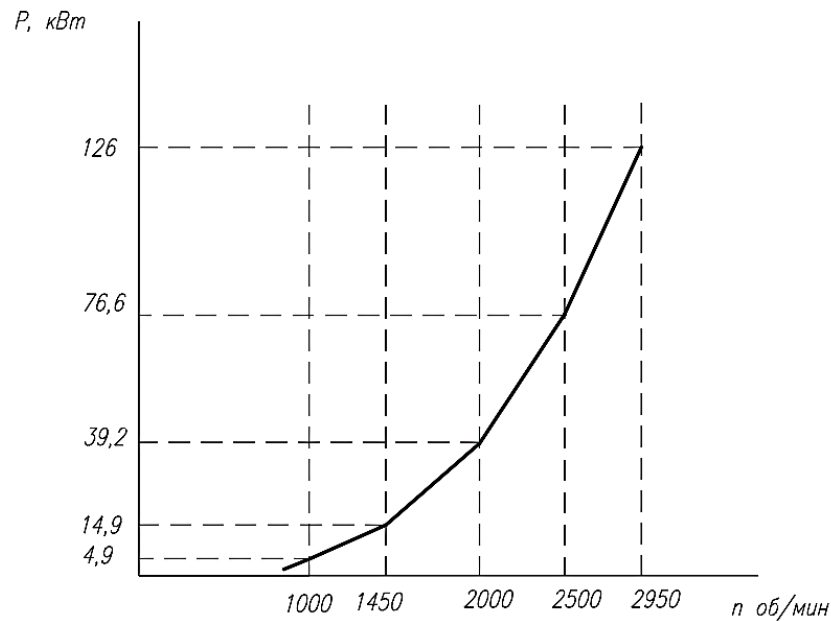


Рис. 2. Зависимость мощности от частоты вращения элементов статора и ротора размеры корпуса 380 мм и шириной 125 мм

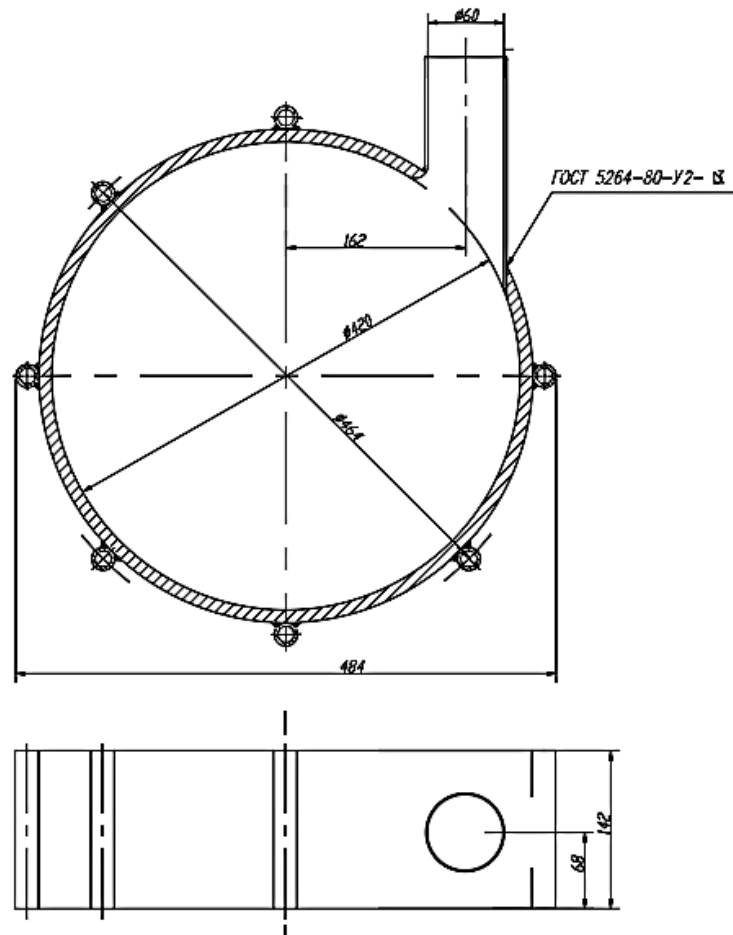


Рис. 3. Корпус ПСРПК с диаметром корпуса 380 мм и шириной 125 мм

Для исходного материала пенобетона средней плотностью в сухом состоянии 600 кг/м^3 коэффициент динамической вязкости суспензии берем из расчета, формула 3 равного $\mu = 37,76 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$.

Остальные параметры зависят от геометрических параметров корпуса ротора и соответственно параметров статора и ротора.

Находим $Re_{ц}$:

$$Re_{ц} = \frac{1000 \cdot 1450 \cdot 0,320^2}{60 \cdot 37,76 \cdot 10^{-3}} = 65,54 \cdot 10^3.$$

$$Re_{ц} = \frac{1000 \cdot 1450 \cdot 0,350^2}{60 \cdot 37,76 \cdot 10^{-3}} = 78,4 \cdot 10^3.$$

$$Re_{ц} = \frac{1000 \cdot 1450 \cdot 0,380^2}{60 \cdot 37,76 \cdot 10^{-3}} = 92,42 \cdot 10^3.$$

Поскольку значения центростремительного критерия Рейнольдса $Re_{ц}$ во всех кольцевых пространствах больше $3 \cdot 10^2$, то во всех трех зонах доминирующим являются турбулентные течения и

$$K_{N1} = 12,5 \cdot 65540^{-0,3} \cdot \left[\left(\frac{0,01 \cdot 33}{0,32} \right)^{0,7} + \left(\frac{0,01 \cdot 33}{0,32} \right)^{0,7} \right] \cdot \left(1 + 8 \frac{13,54}{3,14 \cdot 0,31 \cdot 0,01 \cdot 33 \cdot 0,03 \cdot 1450} \right) \cdot \left(\frac{0,05}{0,32} \right)^{0,2} = 1,154,$$

для второго зазора

$$K_{N2} = 12,5 \cdot 78400^{-0,3} \cdot \left[\left(\frac{0,01 \cdot 35}{0,35} \right)^{0,7} + \left(\frac{0,008 \cdot 35}{0,35} \right)^{0,7} \right] \cdot \left(1 + 7,2 \frac{13,54}{3,14 \cdot 0,31 \cdot 0,008 \cdot 45 \cdot 0,35 \cdot 1450} \right) \cdot \left(\frac{0,05}{0,35} \right)^{0,2} = 1,023,$$

для третьего зазора

$$K_{N3} = 12,5 \cdot 92420^{-0,3} \cdot \left[\left(\frac{0,008 \cdot 38}{0,38} \right)^{0,7} + \left(\frac{0,008 \cdot 38}{0,38} \right)^{0,7} \right] \cdot \left(1 + 8 \frac{12,249}{3,14 \cdot 0,35 \cdot 0,008 \cdot 30 \cdot 0,35 \cdot 1450} \right) \cdot \left(\frac{0,05}{0,38} \right)^{0,2} = 0,835.$$

Затраты мощности рассчитываем по зависимости (6) [2].

Рассчитываем затраты мощности:

для первого зазора

$$P_1 = 1154 \cdot 822 \cdot 0,03 \cdot 0,32^4 \cdot \left(\frac{1450}{60} \right)^3 = 4213 \text{ Вт},$$

для второго зазора

$$P_2 = 1,023 \cdot 822 \cdot 0,03 \cdot 0,35^4 \cdot \left(\frac{1450}{60} \right)^3 = 5342 \text{ Вт},$$

для третьего зазора

расчет критерия мощности K_N , который зависит от конструктивных величин комплекса, а также от значений физико-химических параметров среды и расхода, будем производить для турбулентного режима.

Согласно [2] критерий мощности рассчитывается для турбулентного режима по формуле (5).

Рассчитываем критерий мощности: для первого зазора

$$P_3 = 0,835 \cdot 822 \cdot 0,03 \cdot 0,38^4 \cdot \left(\frac{1450}{60} \right)^3 = 6059 \text{ Вт}.$$

Общие затраты мощности в кольцевых зазорах, $P_{ц}$, будут равны:

$$P_{ц} = 4213 + 5342 + 6059 = 15614 \text{ Вт}.$$

Зависимость мощности от размеров корпуса ПСРПК и его основных рабочих органов - статора и ротора, представлены в графическом виде на рисунке 4.

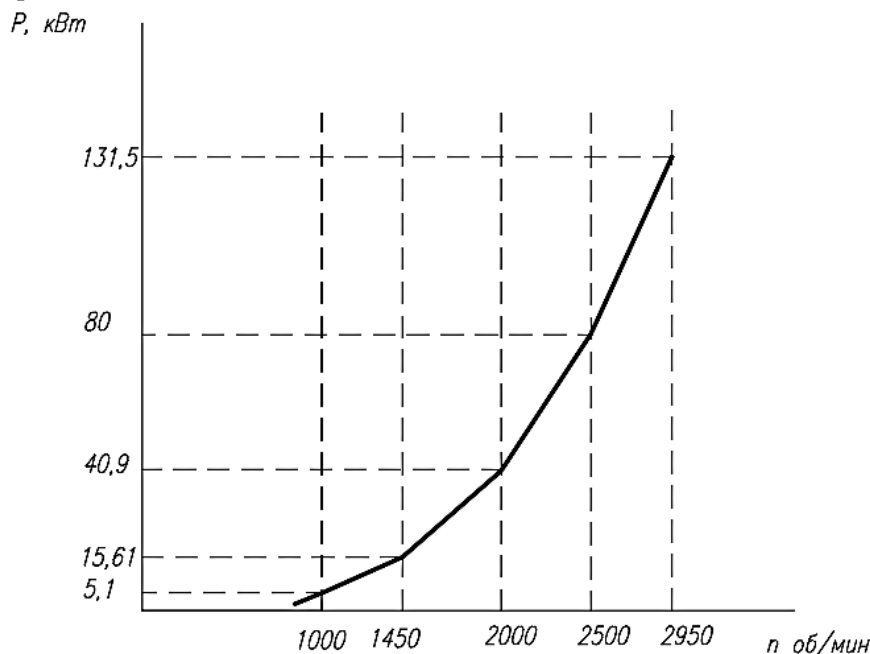


Рис. 4. Зависимость мощности от частоты вращения элементов статора и ротора размеры корпуса 420 мм и шириной 142 мм

Для размерного ряда корпуса помольно – смесительного роторно – пульсационного комплекса рассмотрим расчет параметра потребляемой мощности комплексом размер корпуса 460 мм и длиной 146 мм, представленного на рисунке 5.

Для исходного материала пенобетона средней плотностью в сухом состоянии 600 кг/м^3 коэффициент динамической вязкости суспензии берем из расчета, формула 3 равного $\mu = 37,76 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$.

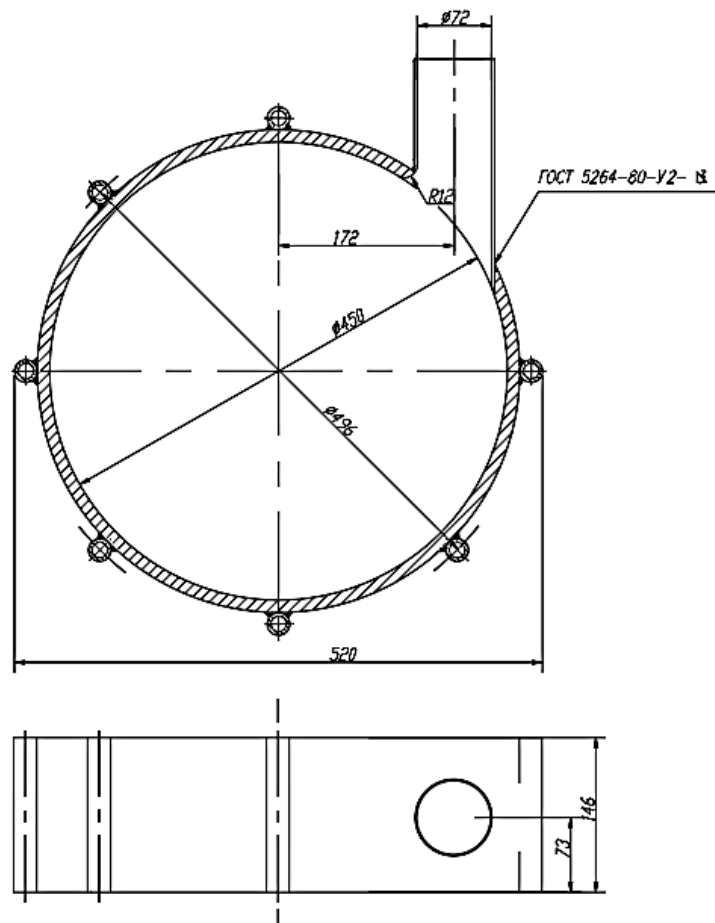


Рис. 5. Корпус ПСРПК с диаметром корпуса 460 мм и шириной 146 мм

Остальные параметры зависят от геометрических параметров корпуса ротора и соответственно параметров статора и ротора.

Находим $Re_{ц}$:

$$Re_{ц1} = \frac{1000 \cdot 1450 \cdot 0,360^2}{60 \cdot 37,76 \cdot 10^{-3}} = 82,94 \cdot 10^3.$$

$$Re_{ц2} = \frac{1000 \cdot 1450 \cdot 0,390^2}{60 \cdot 37,76 \cdot 10^{-3}} = 69,7 \cdot 10^3.$$

$$Re_{ц3} = \frac{1000 \cdot 1450 \cdot 0,420^2}{60 \cdot 37,76 \cdot 10^{-3}} = 112,9 \cdot 10^3.$$

Поскольку значения центробежного критерия Рейнольдса $Re_{ц}$ во всех кольцевых пространствах больше $3 \cdot 10^2$, то во всех трех зонах доминирующим являются турбулентные течения и расчет критерия мощности K_N , который зависит от конструктивных величин комплекса, а также от значений физико-химических параметров среды и расхода, будем производить для турбулентного режима.

Согласно [2] критерий мощности рассчитывается для турбулентного режима по формуле (5).

Рассчитываем критерий мощности:

для первого зазора

$$K_{N1} = 12,5 \cdot 82940^{-0,3} \cdot \left[\left(\frac{0,01 \cdot 34}{0,36} \right)^{0,7} + \left(\frac{0,01 \cdot 34}{0,36} \right)^{0,7} \right] \cdot \left(1 + 8,6 \frac{16,75}{3,14 \cdot 0,31 \cdot 0,01 \cdot 34 \cdot 0,01 \cdot 1450} \right) \cdot \left(\frac{0,05}{0,36} \right)^{0,2} = 1,065,$$

для второго зазора

$$K_{N2} = 12,5 \cdot 69700^{-0,3} \cdot \left[\left(\frac{0,01 \cdot 36}{0,39} \right)^{0,7} + \left(\frac{0,008 \cdot 36}{0,39} \right)^{0,7} \right] \cdot \left(1 + 8,6 \frac{16,75}{3,14 \cdot 0,31 \cdot 0,008 \cdot 36 \cdot 0,35 \cdot 1450} \right) \cdot \left(\frac{0,05}{0,39} \right)^{0,2} = 1,031,$$

для третьего зазора

$$K_{N2} = 12,5 \cdot 112900^{-0,3} \cdot \left[\left(\frac{0,008 \cdot 39}{0,42} \right)^{0,7} + \left(\frac{0,008 \cdot 39}{0,42} \right)^{0,7} \right] \cdot \left(1 + 8,6 \frac{16,75}{3,14 \cdot 0,35 \cdot 0,008 \cdot 39 \cdot 0,35 \cdot 1450} \right) \cdot \left(\frac{0,05}{0,42} \right)^{0,2} = 0,739.$$

Затраты мощности рассчитываем по зависимости (6) [2].

Рассчитываем затраты мощности:

для первого зазора:

$$P_1 = 1065 \cdot 822 \cdot 0,03 \cdot 0,38^4 \cdot \left(\frac{1450}{60} \right)^3 = 7731 \text{ Вт},$$

для второго зазора

$$P_2 = 1,031 \cdot 822 \cdot 0,03 \cdot 0,39^4 \cdot \left(\frac{1450}{60} \right)^3 = 8301 \text{ Вт},$$

для третьего зазора

$$P_3 = 0,739 \cdot 822 \cdot 0,03 \cdot 0,42^4 \cdot \left(\frac{1450}{60} \right)^3 = 8005 \text{ Вт}.$$

Общие затраты мощности в кольцевых зазорах, P_{Σ} , будут равны:

$$P_{\Sigma} = 7731 + 8301 + 8005 = 24047 \text{ Вт}.$$

Зависимость мощности от размеров корпуса ПСРПК и его основных рабочих органов - статора и ротора представлены в графическом виде на рисунке 6.

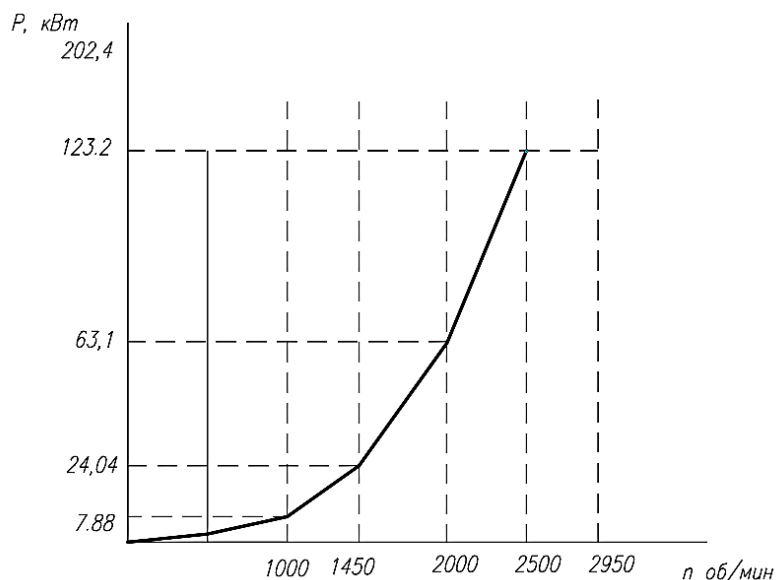


Рис. 6. Зависимость мощности от частоты вращения элементов статора и ротора размеры корпуса 460 мм и шириной 146 мм

Согласно полученным расчетным значениям потребляемой мощности, принимаем мощность электродвигателя $P_H = 30$ кВт, выбираем электродвигатель марки АИР200М4, параметры занесем в таблицу 1.

Выбор электродвигателя марки АИР обусловлен высоким к.п.д. и коэффициентом мощности двигателей данной серии. Данная серия относится к двигателям пятого поколения, которые отличаются улучшенными характеристиками, что обусловлено применением новых ферромагнитных материалов.

Таблица 1

Параметры электродвигателя

Типоразмер	Мощность кВт	Синхронная частота мин ⁻¹	При ном. нагрузке			Тп/Тн ом	Тmax/Тном	Тmin/Тном	Ip/Iном
АИР200М4	30	1500	3	90,5	0,89	1,9	2,9	1,8	7

Проведем расчет двигателя по перегрузу по формуле (8)

$$D_p = (P_H - P) / P_H \cdot 100 \%, \quad (8)$$

$$D_p = (30 - 24) / 24 \cdot 100 \% = 25 \%,$$

где D_p - процент недогруза электродвигателя, %;

P_H - мощность выбранного электродвигателя, кВт;

P - расчетная мощность, потребляемая электродвигателем, кВт.

Условие $D < 20\%$ выполняется, следовательно, недогруз выбранного электродвигателя будет удовлетворять условиям экономичной работы.

Рассчитаем номинальную асинхронную частоту вращения вала электродвигателя по формуле (9).

$$n_{\text{ном}} = n_0 \cdot s / 100\%, \quad (9)$$

$$n_{\text{ном}} = 1500 - 1500 \cdot 3 / 100\% = 1455 \text{ мин}^{-1},$$

где $n_{\text{ном}}$ – номинальная частота вращения вала электродвигателя, мин^{-1} ;

n_0 – синхронная частота вращения, мин^{-1} ;

s – скольжение, %.

Рассчитаем относительное отклонение частоты вращения, от принятого ранее значения для расчетов по формуле (10).

$$D_n = (n_{\text{ном}} - n) / n_{\text{ном}} \cdot 100\%, \quad (10)$$

$$D_n = (1455 - 1450) / 1455 \cdot 100\% = 0,34\%,$$

где D_n – относительное отклонение частоты вращения, %;

$n_{\text{ном}}$ – номинальная частота вращения вала электродвигателя, мин^{-1} ;

n – частота вращения, принятая для расчетов, мин^{-1} .

Расчет производительности помольно-смесительного роторно-пульсационного комплекса рассчитываем, на основе использования в качестве подающего устройства в ПСРПК шнекового преднасоса.

Значение параметра производительности аппарата обуславливается тем объемом пропускаемой смеси, которое подает шнек преднасоса.

Соответственно объем смеси, передаваемой шнеком, то есть объемная производительность

ПСРПК Q определяется согласно выражению [5] рисунок 7:

$$Q = \frac{\pi \cdot (D_{\text{нар}}^2 - d_{\text{вн}}^2) \cdot (t - \delta) \cdot n}{4 \cdot 60} \cdot K_1, \quad (11)$$

где Q – объемная производительность преднасоса, м^3 ;

$D_{\text{нар}}$ – наружный диаметр шнека, $D_{\text{нар}} = 0,1 \text{ м}$;

t – шаг шнека, $t = 0,04 \text{ м}$;

n – частота вращения, $n = 1450 \text{ мин}^{-1}$;

$d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр шнека, $d_{\text{вн}} = 0,07 \text{ м}$;

K_1 – коэффициент возврата смеси, $K_1 = 0,95$;

d – толщина лопасти шнека, $d = 0,003 \text{ м}$ [5].

Подставляя значения в формулу 11, получаем:

$$Q = \frac{3,14 \cdot (0,1^2 - 0,07^2) \cdot (0,04 - 0,003) \cdot 1450}{4 \cdot 60} \cdot 0,95 = 12,24 \text{ м}^3.$$

Расчет рабочих диаметров цилиндров роторно-пульсационного аппарата.

Согласно [2] допускаем, что диспергирование смеси осуществляется главным образом в зоне между сегментами ротора и статора, для вычислений применяем зависимость [2]

$$\tau_3 = \chi^2 \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot R^2 \quad (12)$$

или, выражая радиус R , получим выражение (13)

$$R = \sqrt{\frac{\tau_3}{\chi^2 \cdot \rho \cdot \omega^2}}, \quad (13)$$

где R – максимальный радиус ротора, м ;

ρ – значение плотности среды, $\rho = 822 \text{ кг/м}^3$;

τ_3 – предельное напряжение сдвига, при котором газовая среда остается вовлеченной в суспензию, $\tau_3 = 0,8 \cdot 10^5 \text{ Па}$;

ω – значение угловой скорости вращения ротора, рад/с ;

χ – величина коэффициента турбулентного обмена в зазоре, $\chi = 0,3$ [2].

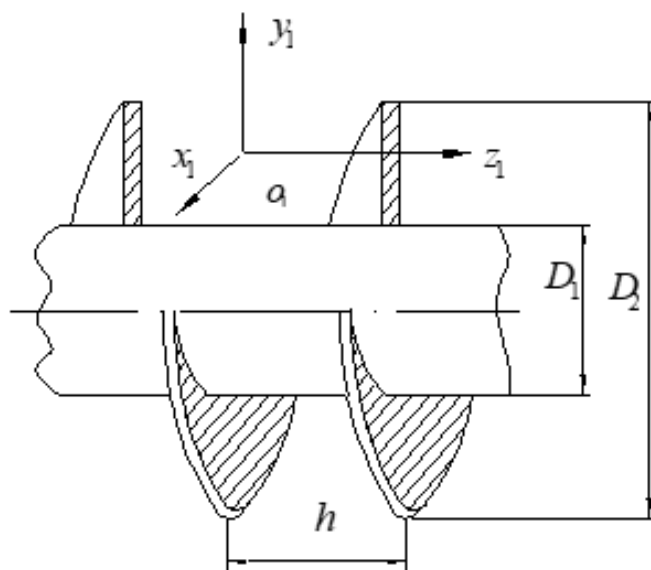


Рис. 7. Расчетная схема к определению производительности ПСРПК

Для данного насоса принимаем двигатель с частотой вращения вала 1450 мин^{-1} , тогда угловая скорость вращения ротора равна:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n / 60, \quad (14)$$

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 1450 / 60 = 151,84 \text{ рад/с},$$

где n – частота вращения вала, $n = 1450 \text{ мин}^{-1}$.

Подставляя полученные значения в формулу (13), получаем максимальный радиус ротора:

$$R = \sqrt{\frac{0,8 \cdot 10^5}{0,3^2 \cdot 822 \cdot 151,84^2}} = 0,217 \text{ м}.$$

или максимальный диаметр ротора будет равен:

$$d_{\max} = R \cdot 2 = 0,217 \cdot 2 = 0,434 \text{ м}.$$

Согласно рекомендациям, приведенным в [2], наибольший диаметр ротора принимаем равным $d_{p2} = 0,420 \text{ м}$.

Для предотвращения проскальзывания необработанной среды применяют двух- и трехцилиндровые роторы, а также двух- и трехцилиндровые статоры. Исходя из параметров, заложенных для конструктивной прочности, стенки цилиндров должны быть толщиной 10 мм [2], и величине зазора между ротором и статором минимум $h = 5 \text{ мм}$ [2], вычисляем величину диаметров для цилиндров ротора $d_{p1} = 0,280 \text{ м}$, $d_{p2} = 0,340 \text{ м}$; и для цилиндров статоров $d_{c1} = 0,250 \text{ м}$, $d_{c2} = 0,310 \text{ м}$. (1 типоразмер корпуса 380 мм), $d_{p2} = 0,310 \text{ м}$, $d_{p2} = 0,380 \text{ м}$; для цилиндров статоров $d_{c1} = 0,280 \text{ м}$, $d_{c2} = 0,340 \text{ м}$. (2 типоразмер корпуса 420 мм) а для 3 типоразмера корпуса диаметр 460 мм $d_{p2} = 0,330 \text{ м}$, $d_{p2} = 0,390 \text{ м}$; для цилиндров статоров $d_{c1} = 0,360 \text{ м}$, $d_{c2} = 0,420 \text{ м}$.

Далее, исходя из размеров роторов и статоров и технологических условий, выбираем число прорезей на роторе и статоре их ширину и высоту.

По рекомендациям, приведенным в [2], для первой входной пары сегментов ротор – статор возможно сделать 30 прорезей с шириной 10 мм, $z_{p1} = z_{c1} = 30$, $b_{p1} = b_{c1} = 0,01 \text{ м}$, на второй – 45 прорезей с шириной 8 мм, $z_{p2} = z_{c2} = 45$, $b_{p2} = b_{c2} = 0,008 \text{ м}$. Высота прорезей на всех цилиндрах – 30 мм, $l = 0,03 \text{ м}$.

Выводы.

1. Получены значения для затрат мощности для каждого зазора в отдельности и общие затраты мощности, для ряда основных типоразмеров комплекса с учетом соотношений диаметра и ширины комплекса.

2. Получены графические зависимости мощности от частоты вращения элементов статора и ротора с учетом соотношений диаметра и ширины комплекса.

3. Разработаны корпуса комплекса с учетом принятых типоразмеров корпуса и соотношений его диаметра и ширины.

4. На основе полученных значений общих затрат мощности для каждого зазора комплекса определили максимальный радиус ротора, с учетом предложенного размерного ряда.

5. Учитывая конструктивную прочность толщины стенки цилиндров комплекса, рассчитали для диаметров статора и ротора для предложенного ряда типоразмеров комплекса число прорезей на роторе и статоре. На основе расчетов выбрали их ширину и высоту.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Балабудкин М.А., Борисов Г.Н. О применении аппаратов роторно – пульсационного типа для приготовления диспергированных лекарственных средств // Хим.-фарм. журнал. 1973. Т.7. №6. С. 29–32.
2. Балабудкин М.А. Роторно-пульсационные аппараты в химико-фармацевтической промышленности. М.: Медицина, 1983. 160 с.
3. Брагинский Л.Н., Бегачев В.И., Барабаш В.М. Перемешивание в жидких средах. Физические основы и инженерные методы расчета. Л.: Химия, 1984. 336 с.
4. Богданов В.В., Христофоров Е.И., Клоцунг Б.А. Эффективные малообъемные смесители. М.: Высшая школа. 1985. 220 с.
5. Курмаз Л.В., Скойбеда А.Т. Детали машин проектирование. Учебное пособие. М. В-Ш.: 1995. 308 с.
6. Scheibe W. Formation and dispersion of agglomerates during dry fine-grindings // ZKG International. 1991. Vol. 2. Pp. 57–62.
7. Xiongwei Ni, Colin C. Stevenson. On the effect of gap size between baffle outer diameter tube inner diameter on the mixing characteristics in an oscillatory baffled column // Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 1999. №74. Pp. 587–593.
8. Боев Е.В., Шулаев Н.С., Николаев Е.А., Иванов С.П. Разработка конструкции малообъемного роторно-дискового дезинтегратора - смесителя для получения гетерогенных смесей // Химическая промышленность сегодня. 2008. № 3. С. 42–44.
9. Лапонов С.В., Шулаев Н.С., Иванов С.П., Ибрагимов И.Г. Влияние конструктивных особенностей роторно-дисковых смесителей на дисперсный состав эмульсий // Труды РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина. 2018. №1/290. С. 72–81.
10. Удодов С.А., Чариков Г.Ю. Оптимизация параметров активации в роторно-пульсаци-

онных аппаратах // Электронный сетевой политехнический журнал "Научные труды КубГТУ". 2020. № 8. С. 258–263.

11. Шафрай А.В., Сафонова Е.А., Бородулин Д.М., Головачева Я.С., Ратников С.А., Керлос В.Б. Моделирование процесса интенсификации экстракции изогумулона в роторно-пульсационном аппарате при помощи нейронных сетей // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 3. С. 593–603. DOI: 10.21603/2074-9414-2021-3-593-603

12. Карташов С.Г., Клычев Е.М. Модернизация роторно-пульсационных аппаратов для использования в технологиях приготовления жидких кормов // Вестник всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2018. № 4. С. 27–30.

13. Новосельцева М.А., Гутова С.Г., Каган Е.С., Бородулин Д.М. Структурно-параметрическая идентификация модели технологического процесса при использовании роторно-пульсационного аппарата // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2019. № 49. С. 63–72.

DOI: 10.17223/19988605/49/8

14. Удодов С.А., Чариков Г.Ю. Оптимизация параметров активации в роторно-пульсационных аппаратах // Девелопмент и инновации в строительстве. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. 2020. С. 257–263.

15. Король А.А., Еренков О.Ю. Совершенствование конструкции роторно-пульсационного аппарата // Наука сегодня: реальность и перспективы. материалы международной научно-практической конференции. Научный центр "Диспут". 2017. С. 15–17.

Информация об авторах

Щербинина Ольга Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. E-mail: shcherbinina.oi@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Уваров Валерий Анатольевич, доктор технических наук, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. E-mail: isi@bstu.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Щербинин Игорь Алексеевич, кандидат технических наук, директор ООО «ВЕГА». Россия, 308009, Белгород, ул. пр-т Гражданский, д.18.

Попов Евгений Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. E-mail: evg-porov@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 22.11.2022 г.

© Щербинина О.А., Уваров В.А., Щербинин И.А., Попов Е.Н., 2023

16. Карпов А.Г., Василишин М.С., Кухленко А.А., Иванов О.С., Егоров В.Ю. К оценке напорно-расходных характеристик роторно-пульсационного аппарата // Химическая промышленность сегодня. 2017. № 2. С. 27–30.

17. Кухленко А.А., Василишин М.С., Иванова Д.Б. Методика расчета площади проходного сечения прерывателя многоступенчатого аппарата роторно-пульсационного типа // Химическая технология. 2017. Т. 18. № 5. С. 233–239.

18. Просин М.В., Стабровская Е.И., Васильченко Н.В., Сафонова Е.А. Влияние рециркуляции продукта на эффективность роторно-пульсационного аппарата // Инновации в пищевой биотехнологии. Сборник трудов Международного симпозиума. 2018. С. 349–353.

19. Щербинина О.А., Щербинин И.А., Уваров В.А. Вычисление радиальной компоненты вектора скорости вязкого материала в роторно-пульсационной установке // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 106–109.

20. Щербинина О.А., Щербинин И.А., Уваров В.А. Вычисление тангенциальной компоненты вектора скорости вязкого материала в роторно-пульсационной установке // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 170–173.

21. Макаров Ю.И., Колесников Г.Е., Карпенко Л.А. К вопросу об оптимальном проектировании роторно-пульсационных аппаратов // Оптимальное проектирование в задачах химического машиностроения. М.: МИХМ, 1983. С. 5–8.

22. Мещеряков И.В., Анушенков А.Н. Разработка и исследование гидроударно-кавитационного аппарата роторного типа // Научный журнал «Сибирского федерального университета» серия «Техника и технологии». Красноярск. 2013. №7. С. 786–799.

^{1,*}Shcherbinina O.A., ¹Uvarov V.A., ²Shcherbinin I.A., ¹Popov E.N.

¹Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

²LLC "VEGA"

*E-mail: shcherbinina.oa@gmail.com

RECOMMENDATIONS FOR THE SELECTION OF STANDARD SIZES OF THE BODY AND IMPACT ELEMENTS OF THE GRINDING AND MIXING ROTARY PULSATION COMPLEX

Abstract. In this article, the main recommendations aimed at the optimal choice of body sizes and impact elements of the grinding and mixing rotary pulsation complex, taking into account the power consumption, were analyzed and given. These recommendations were aimed at solving design problems related to determining the dependencies of the size of the housing with its main technological parameters, with the possibility of using data in the design of these complexes. Calculations of a number of basic standard sizes of the complex have been made taking into account the ratios of the diameter and width of the complex, the dimensions of the working elements, their body area, the number of slots based on the following input values, productivity, power consumption and a parameter characterizing the efficiency of the complex – alternating pressure in the channels of the rotor and stator.

In the work, the power criteria calculated for the turbulent regime were determined. Graphical dependences of the total power costs of the complex on the rotational speed of the stator and rotor elements for a number of basic sizes of the complex are obtained. The housing of the complex was designed taking into account the accepted standard sizes. Taking into account the obtained values of the total power costs for each gap of the complex, the maximum radius of the rotor was determined. Taking into account the conditions of structural strength of the cylinder wall thickness of the complex, calculations were made for the diameters of the stator and rotor for a number of standard sizes of the complex. Based on these calculations, we selected the number of slots on the rotor and stator, their width and height.

Keywords: grinding and mixing rotary pulsation complex, housing, power criteria, total power costs, slots.

REFERENCES

1. Balabudkin M.A., Borisov G.N. On the use of rotary pulsation type apparatuses for the preparation of dispersed medicines [O primeneni apparatov rotornogo – pul'sacionnogo tipa dlya prigotovleniya dispergirovannykh lekarstvennykh sredstv]. Chem. – pharm. journal. 1973. Vol.7. No. 6. Pp. 29–32. (rus)
2. Balabudkin M.A. Rotary pulsating devices in the chemical and pharmaceutical industry [Rotorno – pul'sacionnye apparaty v himiko – farmaceuticheskoy promyshlennosti]. M.: Medicine, 1983. 160 p. (rus)
3. Braginsky L.N., Begachev V.I., Barabash V.M. Mixing in liquid media. Physical foundations and engineering methods of calculation [Peremeshivanie v zhidkikh sredah. Fizicheskie osnovy i inzhenernye metody rascheta]. L.: Chemistry, 1984. 336 p. (rus)
4. Bogdanov V.V., Khristoforov E.I., Klotsung B.A. Efficient low-volume mixers [Effektivnye maloob'emnye smesiteli]. Moscow: Higher School. 1985. 220 p. (rus)
5. Kurmaz L.V., Skoybeda A.T. Machine parts design [Detali mashin proektirovanie]. Textbook. M. V. S.: 1995. 308 p. (rus)
6. Scheibe W. Formation and dispersion of agglomerates during dry fine-grindings. ZKG International. 1991. No.2. Pp. 57–62.
7. Xiongwei Ni, Colin C. Stevenson. On the effect of gap size between baffle outer diameter tube inner diameter on the mixing characteristics in an oscillatory baffled column. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 1999. No.74. Pp. 587–593.
8. Boev E.V., Shulaev N.S., Nikolaev E.A., Ivanov S.P. Design development of a low-volume rotary-disk disintegrator -mixer for obtaining heterogeneous mixtures [Razrabotka konstrukcii maloob'emnogo rotorno-diskovogo dezintegratora - smesatelya dlya polucheniya geterogennykh smesey]. Chemical industry today. 2008. No. 3. Pp. 42–44. (rus)
9. Laponov S.V., Shulaev N.S., Ivanov S.P., Ibragimov I.G. Influence of design features of rotary-disk mixers on the dispersed composition of emulsions [Vliyanie konstruktivnykh osobennostej rotorno-diskovykh smesitelej na dispersnyj sostav emul'sij]. Proceedings of Gubkin Russian State University of Oil and Gas. 2018. No. 1/290. Pp. 72–81. (rus)
10. Udodov S.A., Charikov G.Yu. Optimization of activation parameters in rotary pulsation devices [Optimizatsiya parametrov aktivatsii v ro-

torno-pul'sacionnyh apparatah]. Electronic network polythematic journal "Scientific works of KubSTU". 2020. No. 8. Pp. 258–263. (rus)

11. Shafray A.V., Safonova E. A., Borodulin D. M., Golovacheva Ya. S., Ratnikov S. A., Kerlos V. B. Modeling of the process of intensification of isohumulone extraction in a rotary pulsation apparatus using neural networks [Modelirovanie processa intensifikatsii ekstrakcii izogumulona v ro-torno-pul'sacionnom apparate pri pomoshchi nejronnyh setej]. Technique and technology of food production. 2021. Vol. 51. No. 3. Pp. 593–603. DOI:10.21603/2074-9414-2021-3-593-603. (rus)

12. Kartashov S.G., Klychev E.M. Modernization of rotary pulsating devices for use in liquid feed preparation technologies [Modernizatsiya ro-torno-pul'sacionnyh apparatov dlya ispol'zovaniya v tekhnologiyah prigotovleniya zhidkih kormov]. Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Animal Husbandry Mechanization. 2018. No. 4. Pp. 27–30. (rus)

13. Novoseltseva M.A., Gutova S.G., Kagan E.S., Borodulin D.M. Structural-parametric identification of the technological process model using a rotary pulsating apparatus [Strukturno-parametricheskaya identifikatsiya modeli tekhnologicheskogo processa pri ispol'zovanii ro-torno-pul'sacionnogo apparata]. Bulletin of Tomsk State University. Management, computer engineering and computer science. 2019. No. 49. Pp. 63–72. DOI:10.17223/19988605/49/8. (rus)

14. Udodov S.A., Charikov G.Yu. Optimization of activation parameters in rotary pulsation devices [Optimizatsiya parametrov aktivatsii v ro-torno-pul'sacionnyh apparatah]. Development and innovation in construction. Collection of materials of the III International Scientific and Practical Conference. 2020. Pp. 257–263. (rus)

15. Korol A.A., Erenkov O.Yu. Improving the design of the rotary pulsating apparatus [Sovershenstvovanie konstrukcii ro-torno-pul'sacionnogo apparata]. Nauka segodnya: reality and prospects. materials of the international scientific and practical conference. Scientific center "Disput". 2017. Pp. 15–17. (rus)

16. Karpov A.G., Vasilishin M.S., Kuhlenko A.A., Ivanov O.S., Egorov V.Yu. To assess the pressure-flow characteristics of a rotary pulsating

apparatus [K oenke naporno-raskhodnyh harakteristik ro-torno-pul'sacionnogo apparata]. Chemical industry today. 2017. No. 2. Pp. 27–30. (rus)

17. Kuhlenko A.A., Vasilishin M.S., Ivanova D.B. Methodology for calculating the area of the passage section of the interrupter of a multistage rotary pulsation type apparatus [Metodika rascheta ploshchadi prohodnogo secheniya preryvatel'nykh mnogostupenchatogo apparata ro-torno-pul'sacionnogo tipa]. Chemical technology. 2017. Vol. 18. No. 5. Pp. 233–239. (rus)

18. Prosin M.V., Stabrovskaya E.I., Vasilchenko N.V., Safonova E.A. The effect of product recirculation on the efficiency of the rotary pulsating apparatus [Vliyanie recirkulyatsii produkta na effektivnost' ro-torno-pul'sacionnogo apparata]. Innovations in food biotechnology. Proceedings of the International Symposium. 2018. Pp. 349–353. (rus)

19. Shcherbinina O.A., Shcherbinin I.A., Uvarov V.A. Calculation of the radial component of the velocity vector of a viscous material in a rotary pulsation installation [Vychislenie radial'noj komponenty vektora skorosti vyazkogo materiala v ro-torno-pul'sacionnoj ustanovke]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2014. No. 5. Pp. 106–109. (rus)

20. Shcherbinina O.A., Shcherbinin I.A., Uvarov V.A. Calculation of the tangential component of the velocity vector of a viscous material in a rotary pulsation installation [Vychislenie tangentsial'noj komponenty vektora skorosti vyazkogo materiala v ro-torno-pul'sacionnoj ustanovke]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2015. No. 6. Pp. 170–173. (rus)

21. Makarov Yu.I., Kolesnikov G.E., Karpenko L.A. On the question of optimal design of rotary pulsating apparatuses [K voprosu ob optimal'nom proektirovanii ro-torno-pul'sacionnyh apparatov]. Optimal design in problems of chemical engineering. Moscow: MIKHM, 1983. Pp. 5–8. (rus)

22. Meshcheryakov I.V., Anushenkov A.N. Development and research of a rotary-type hydraulic shock-cavitation apparatus [Razrabotka i issledovanie gidroudarno-kavitatsionnogo apparata ro-tornogo tipa]. Scientific journal of the Siberian Federal University series "Technique and Technologies". Krasnoyarsk. 2013. No. 7. Pp. 786–799. (rus)

Information about the authors

Shcherbinina, Olga A. PhD, Assistant professor. E-mail: shcherbinina.oa@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Uvarov, Valery A. DSc, Professor. E-mail: isi@bstu.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Shcherbinin, Igor A. PhD, Director of VEGA LLC, Russia, 308009, Belgorod, pr-t Grazhdansky str., 18.

Popov, Evgeniy N. PhD, Assistant professor. E-mail: evg-popov@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 22.11.2022

Для цитирования:

Щербинина О.А., Уваров В.А., Щербинин И.А., Попов Е.Н. Рекомендации к выбору типоразмеров корпуса и ударных элементов помольно-смесительного роторно-пульсационного комплекса // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 8. С. 110–122. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-8-110-122

For citation:

Shcherbinina O.A., Uvarov V.A., Shcherbinin I.A., Popov E.N. Recommendations for the selection of standard sizes of the body and impact elements of the grinding and mixing rotary pulsation complex. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 8. Pp. 110–122. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-8-110-122