

Научно-теоретический журнал
ВЕСТНИК

БГТУ им. В.Г. Шухова

ISSN 2071-7318

10

2021

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**

№ 10, 2021 год

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

Vol. 10. 2021

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:

- 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения (технические науки)
- 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение (технические науки)
- 05.23.05 – Строительные материалы и изделия (технические науки)
- 05.23.20 – Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия(архитектура)
- 05.23.21 – Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности (архитектура)
- 05.23.22 – Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов (технические науки)
- 05.23.22 – Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов (архитектура)
- 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов (технические науки)
- 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (технические науки)
- 05.02.05 – Роботы, мехатроника и робототехнические системы (технические науки)
- 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки)
- 05.02.08 – Технология машиностроения (технические науки)
- 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (по отраслям) (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	13.10.2021
Выход в свет	28.10.2021

Формат 60×84/8. Усл. печ. л. 12,56. Уч.-изд. л. 13,5. Тираж 40 экз. Заказ № 106

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:

- 05.23.01** – Building structures, constructions and facilities (technical sciences)
- 05.23.03** – Heat supply, ventilation, air conditioning, gas supply and lighting (technical sciences)
- 05.23.05** – Building materials and products (technical sciences)
- 05.23.20** – Theory and history of architecture, restoration and reconstruction of historical and architectural heritage (architecture)
- 05.23.21** – Architecture of buildings and structures. Creative concepts of architectural activity (architecture)
- 05.23.22** – Urban planning, rural settlement planning (technical sciences)
- 05.23.22** – Urban planning, rural settlement planning (architecture)
- 05.17.06** – Technology and processing of polymers and composites (technical sciences)
- 05.17.11** – Technology of silicate and refractory nonmetallic materials (technical sciences)
- 05.02.05** – Robots, mechatronics and robotic systems (technical sciences)
- 05.02.07** – Technology and equipment of mechanical and physical-technical processing (technical sciences)
- 05.02.08** – Engineering technology (technical sciences)
- 05.02.13** – Machines, units and processes (branch-wise) (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:	13.10.2021

Главный редактор

Евтушенко Евгений Иванович, д-р техн. наук, проф., первый проректор, заведующий кафедрой технологии стекла и керамики 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, член-корр. 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).

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).

Гридчин Анатолий Митрофанович, д-р техн. наук, проф., Президент Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Давидок 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).

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

Мещерин 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 промышленного и гражданского 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., и.о. директора 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).

Потанов 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 хозяйств 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).

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, Corresponding member 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).

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

Vasiliy 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).

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

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

Anatoliy M. Gridchin, Doctor of Technical Sciences, Professor, President, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Aleksey N. Davidyuk, Doctor of Technical Science, Director NIIZH 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).

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

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

Маркеев В.С., Борков П.В.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ
ПОДКРАНОВЫХ БАЛОК ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ ДЛИТЕЛЬНОГО
СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ 8

Шапошников В.Н., Привезенов Н.В.

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ПРИМЕНЕНИЕ СТЕКЛОТКАНИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ДЫМОВЫХ ТРУБ 17

Гранстрем М.А., Золотарева М.В., Никитин Ю.А.

АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ
ТЕРРИТОРИИ, РАСПОЛОЖЕННОЙ У МОСКОВСКОЙ ЗАСТАВЫ В ПЕТЕРБУРГЕ 25

Братищев А.К.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРЫ МЕТРОПОЛИТЕНА (1823–2000 гг.) 33

Бадави А.А.

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ПЛАНИРОВОЧНОЙ
СТРУКТУРЫ ЗОН СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ МАЛЫХ ГОСТИНИЦ 46

Иванова-Ильичева А.М.

ПРИНЦИПЫ МОДЕРНИЗМА В АРХИТЕКТУРЕ ТОРГОВЫХ КОМПЛЕКСОВ
1960–1980-Х ГГ. В ГОРОДАХ ЮГА РОССИИ 58

Астанин Д.М.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЛАВНОЙ ТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ВИЗИТ-ЦЕНТРА
ТЕРРИТОРИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА (ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ
АПРОБАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ СОЦИАЛЬНОГО ПОЛЯ П. БУРДЬЕ) 68

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Косенко Е.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ
С ГИБРИДНОЙ МАТРИЦЕЙ МЕТОДОМ ДИНАМИЧЕСКОГО
МЕХАНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА 81

Строкин К.Б., Новиков Д.Г., Коновалова В.С., Касьяненко Н.С.

ВЛИЯНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
БЕТОНА 90

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Ханин С.И., Кикин Н.О., Мордовская О.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ
СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ЛОПАСТНОМ
СМЕСИТЕЛЕ 99

CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Markeev V.S., Borkov P.V.

FORECASTING OF THE RESIDUAL LIFE OF METAL BEAMS SUB-CRANE
OF INDUSTRIAL BUILDINGS OF LONG SERVICE LIFE 8

Shaposhnikov V.N., Privezenov N.V.

NEW ASPECT AT THE USE OF FIBERGLASS IN THE CONSTRUCTION
OF INDUSTRIAL CHIMNEYS 17

Granstrem M.A., Zolotareva M.V., Nikitin Yu.A.

ARCHITECTURAL AND URBAN PLANNING EVOLUTION OF THE INDUSTRIAL
AREA NEAR MOSKOVSKAYA ZASTAVA IN SAINT PETERSBURG 25

Bratishev A.K.

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF THE ARCHITECTURE
OF THE METRO (1823-2000) 33

Badavi A.A.

ORGANIZATIONAL FEATURES OF THE FUNCTIONAL AND PLANNING
STRUCTURE OF SERVICE AREAS IN SMALL HOTELS 46

Ivanova-Ilyicheva A.M.

PRINCIPLES OF MODERNISM IN THE ARCHITECTURE OF SHOPPING
COMPLEXES OF 1960–1980s IN THE CITIES OF THE SOUTH OF RUSSIA 58

Astanin D.M.

MODELING OF THE MAIN TOPIC FOR THE INFORMATION VISITOR CENTER
OF ECOTOURISM TERRITORIES (URBAN PLANNING TESTING OF BOURDIEU'S
CONCEPT OF FIELD) 68

CHEMICAL TECHNOLOGY

Kosenko E.A.

STUDY OF DEFORMATION PROPERTIES OF COMPOSITES WITH A HYBRID
MATRIX BY THE METHOD OF DYNAMIC AND MECHANICAL ANALYSIS 81

Strokin K.B., Novikov D.G., Konovalova V.S., Kasiyanenko N.S.

THE INFLUENCE OF MICROORGANISMS ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL
PROPERTIES OF CONCRETE 90

MACHINE BUILDING AND ENGINEERING SCIENCE

Khanin S.I., Kikin N.O., Mordovskaya O.S.

RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF INCREASING THE QUALITY
OF PREPARATION OF DRY MIXTURES IN A HORIZONTAL VANE MIXER 99

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-8-16

*Маркеев В.С., Борков П.В.

Липецкий государственный технический университет

*E-mail: markeev.vladislav@yandex.ru

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОДКРАНОВЫХ БАЛОК ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ ДЛИТЕЛЬНОГО СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ

Аннотация. В статье рассмотрены основные причины физического износа металлических подкрановых балок промышленных зданий на опасных производственных объектах. Проведен анализ существующих методик определения физического износа и остаточного ресурса различных конструкций, а также нормативно-технической документации, регламентирующей вопрос проведения обследований конструкций и назначения технического состояния конструкций. Проведен анализ характерных дефектов и повреждений сварных подкрановых балок с анализом их влияния на несущую способность.

Исследована зависимость величины физического износа от продолжительности эксплуатации подкрановых балок. Предложена методика определения физического износа отдельных конструкций на основании их влияния на несущую способность конструкции и их эксплуатационные характеристики, опираясь на существующие методики определения физического износа конструкций производственных зданий. Предложена методика определения остаточного ресурса металлических конструкций методом Пуассона, в зависимости от степени физического износа и продолжительности эксплуатации.

Применение данной методики позволяет при проведении экспертизы промышленной безопасности более точно подходить к определению остаточного ресурса строительных конструкций. На основании этих данных более обоснованно подходить к реконструкции, усилению или капитальному ремонту существующих конструкций, а также полной или частичной их замены.

Ключевые слова: промышленная безопасность, остаточный ресурс, физический износ, подкрановая балка, поврежденность, категория технического состояния.

Введение. Вопросам анализа безопасной эксплуатации инженерных конструкций, а также методам прогнозирования их долговечности в различных производственных условиях в настоящее время уделяется особое внимание. Ключевую роль при этом приобретают исследования, нацеленные на управление сроками безотказной и безопасной эксплуатации опасных производственных объектов (ОПО) [1, 2].

Безопасная эксплуатация представляет собой свойство объекта противостоять переходу в аварийное состояние. Она определяется остаточным ресурсом несущих конструкций, а также техническим состоянием объекта в целом [3, 8].

Вместе с тем, в соответствии с действующим законодательством, здания и сооружения на ОПО подлежат экспертизе промышленной безопасности (ЭПБ) по истечении сроков безопасной эксплуатации установленные проектной документацией [4]. Согласно этому документу, одним из основных мероприятий является оценка остаточной несущей способности и пригодности зданий и сооружений к дальнейшей эксплуатации.

Материалы и методы. Определение физического износа и технического состояния строительных конструкций, является очень важным

условием, для точного определения остаточного ресурса. Основопологающим нормативным документом, при определении физического износа строительных конструкций, является ВСН 53-86(р) [5]. Данный нормативный акт, в основном предназначен для оценки физического износа жилых зданий, необходимой при технической инвентаризации, планировании и проектировании капитального ремонта жилищного фонда независимо от его ведомственной принадлежности. Физический износ конструкции, элемента или системы, имеющих различную степень износа отдельных участков, следует определять по формуле:

$$\Phi_k = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_i \frac{P_i}{P_k}, \quad (1)$$

где Φ_k – физический износ конструкций, элемента или системы, %; Φ_i – физический износ участка конструкции, элемента или системы, P_i – размеры (площадь или длина) поврежденного участка, m^2 или m ; P_k – размеры всей конструкции, m^2 или m ; n – число поврежденных участков.

В случае попытки оценки физического износа строительных конструкций промышленных зданий, и подкрановых конструкций в частности,

возникает довольно много вопросов для обсуждения. Непосредственно в [5] физический износ участка конструкции, элемента или системы, определяется в соответствии с четко определенными таблицами для определения физического износа, в зависимости от признаков износа и количественной оценки данного признака, для различных типов конструкций жилых и общественных зданий.

При оценке физического износа (технического состояния) подкрановых конструкций, можно говорить о некоторых характерных дефектах и повреждениях металлических эксплуатируемых подкрановых балок.

Подкрановые конструкции являются весьма металлоемкой и повреждаемой частью промышленного здания, срок службы которой в 3-4 раза ниже долговечности других конструкций. Многочисленные натурные обследования подкрановых балок показали, что, в основном, срок их эксплуатации не превышает 20 лет, а в условиях тяжелого режима работы – 4÷7 лет и отмечаются случаи выхода из строя и замены через 2÷2,5 года эксплуатации.

Преждевременные выходы из строя подкрановых балок приводят к значительным материальным и трудовым затратам, связанным как с ремонтом (зачастую полной заменой) конструкции, так и с экстренной остановкой и нарушением технологического процесса. Наибольший ущерб наносится предприятиям с непрерывным циклом производства, где убытки от таких внеплановых остановок могут в несколько раз превышать стоимость заменяемых конструкций. Для конструкций таких линий производства, просто необходимым является определение срока эксплуатации конструкций без проведения капитального ремонта или замены конструкций. Для возможности оценки данного периода, вводится понятие остаточного ресурса объекта капитального ремонта, или отдельных конструкций.

По мнению некоторых исследователей [6], следует выделять характерные дефекты, на основе некоторой выборки проектов ЭПБ промышленных зданий:

Группа 1 – трещины в нижнем поясе балки, где наиболее опасными трещинами, можно считать те, что развиваются в растянутой зоне разрезных балок.

Группа 2 – трещины, развивающиеся в верхнем поясе балок, причем как наклонные, так и поперечные.

Группа 3 – трещины, развивающиеся в околошовной зоне подкрановых балок, а также в пояском шве.

Группа 4 – трещины в зоне опорного узла, нижней зоне балки, зоне монтажного или заводского стыка.

Группа 5 – трещины в швах приварки, основном металле промежуточных и опорных поперечных ребер жесткости к верхнему поясу, околошовной зоне.

Группа 6 – трещины в швах приварки опорных ребер подкрановой балки к нижнему поясу.

Основные, наиболее опасные и чаще всего наблюдаемые дефекты – усталостные трещины. В руководстве по определению индивидуального ресурса стальных подкрановых балок с усталостными трещинами [7], так же выделяются характерные дефекты.

От места расположения по длине балки:

- У опорных и промежуточных ребер жесткости;

- У поверхностного дефекта поясного шва.

От распространения по высоте стенки:

- В металле поясного шва;

- В околошовной зоне поясного шва;

- В основном металле стенки;

- С переходом из металла шва на околошовную зону;

- С переходом из металла шва в основной металл пояса.

В зависимости от геометрического развития трещин:

- Горизонтально развивающаяся трещина;

- Развивающаяся вертикально;

- Развивающаяся под углом к горизонтальной линии;

- Трещины с ветвлением ветвей.

К менее опасным дефектам подкрановых конструкций можно отнести: разрушение защитных покрытий, коррозия поверхности подкрановых балок, коррозия сварных швов, расстройство болтовых соединений не носящее массовый характер. Стоит отметить и такие, довольно часто встречающиеся, но серьезные дефекты как: дефекты концевых упоров, остаточный прогиб балки, расцентровка и неточная подгонка элементов в узлах сопряжений, смещение опорных ребер с оси колонны.

Основная часть. Для проведения анализа физического износа подкрановых балок, были выбраны отчеты по проведению экспертизы промышленной безопасности пяти промышленных зданий черной металлургии. Срок эксплуатации конструкций подкрановых балок от 6 до 44 лет. Типовые подкрановые балки пролётом 12м, с шагом поперечных ребер жесткости 1,5м, высотой сечения 2800мм, выполненные по разрезной и неразрезной схеме. На основании имеющихся де-

фектов и повреждений, в соответствии с (1) и характерных повреждений балок, изложенных выше, назначен физический износ подкрановых балок – (Φ_k).

Каждая из девяти выборок, включает различное количество подкрановых балок, для удобства дальнейшей работы вычислим средний и медианный показатель износа, подлежащие анализу.

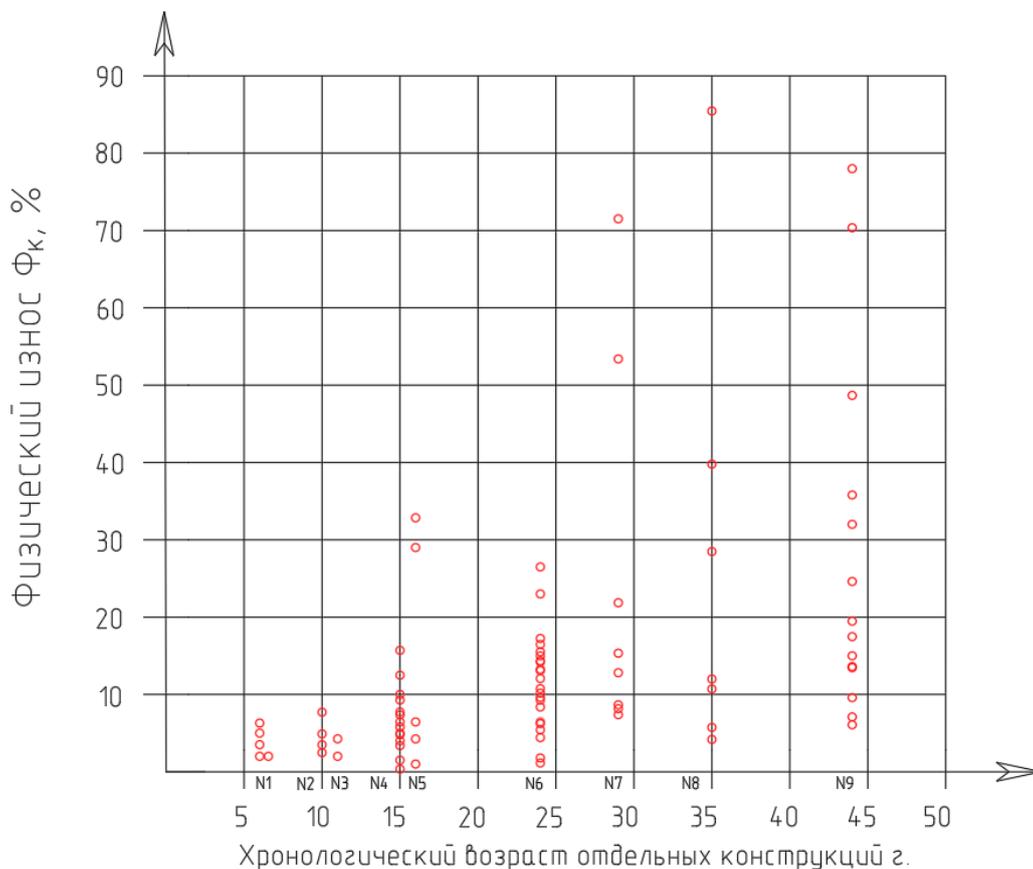


Рис. 1. Физический износ конструкций подкрановых балок в зависимости от срока эксплуатации

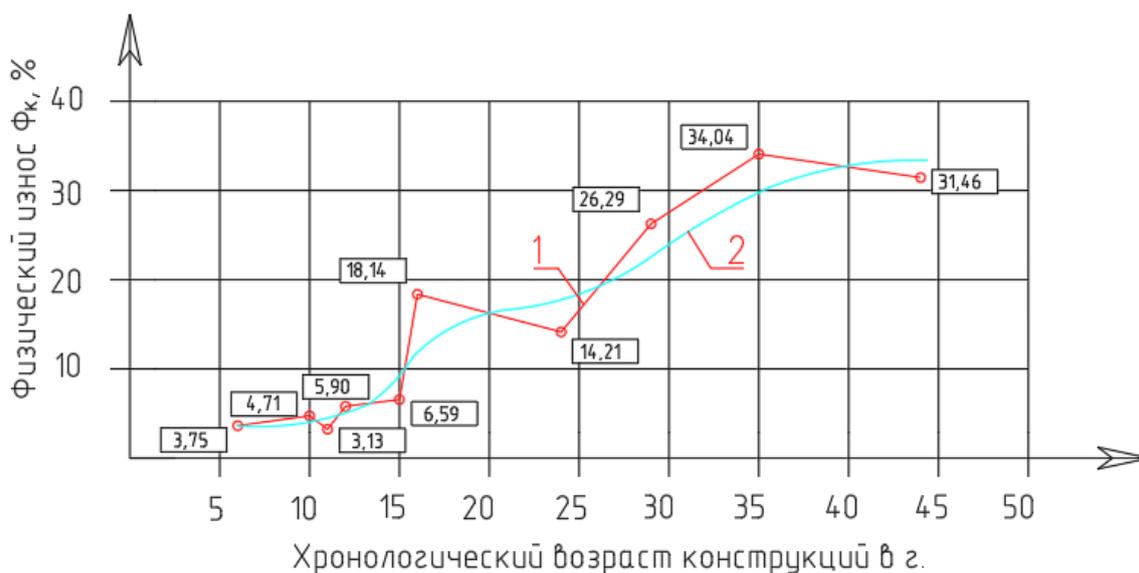


Рис. 2. Средний физический износ подкрановых балок:
1 – кривая физического износа; 2 – аппроксимирующая функция

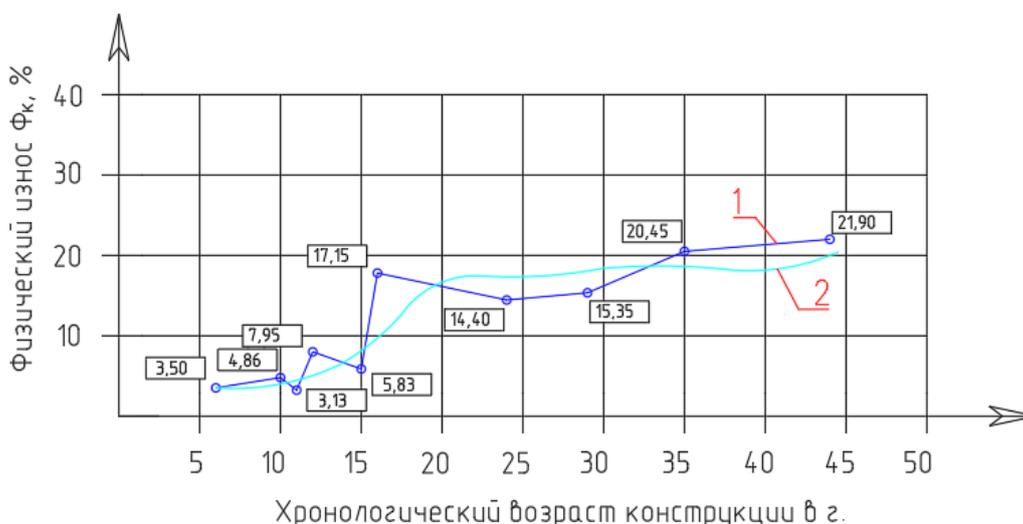


Рис. 3. Медианный физический износ подкрановых балок:
1 – кривая физического износа; 2 – аппроксимирующая функция

Один из способов оценки остаточного ресурса основан на распределении Пуассона. В общем виде остаточный ресурс возможно определять по формуле:

$$T_{ост} = T - t_{фак} \tag{2}$$

где, $t_{фак}$ – Фактический срок эксплуатации объекта капитального строительства, либо отдельной строительной конструкции, T – Срок службы конструкции до проведения очередного капитального ремонта.

Этот показатель определяется формулой:

$$T = \frac{0,16}{\lambda} \tag{3}$$

где 0,16 – значение, которое обусловлено ограниченным-работоспособным состоянием, либо определяется в соответствии с таблицей 1 [6], в зависимости от относительной надежности и назначенной категории технического состояния, λ – постоянная физического износа, определяемая в зависимости от хронологического возраста конструкции на момент обследования, и относительной надежности. Или же определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{-Ln \cdot \gamma}{t_{\phi}} \tag{4}$$

где, t_{ϕ} – срок эксплуатации в годах на момент обследования., γ – вероятность безотказной работы или же по-другому коэффициент относительной надежности, определяемый по формуле:

$$\gamma = 1 - \varepsilon \tag{5}$$

где ε – поврежденность здания, в соответствии с [6] определяется по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\alpha_1 \varepsilon_1 + \alpha_2 \varepsilon_2 + \dots + \alpha_i \varepsilon_j}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i} \tag{6}$$

где, $\varepsilon_1, \varepsilon_2 \dots \varepsilon_i$ – величина поврежденности или же степень опасности дефекта. $\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_i$ – коэффициент ответственности, либо же значимости некоторых видов конструкции.

При отсутствии других данных по рассчитываемым конструкциям, коэффициенты значимости α_i следует принимать: для колонн $\alpha=8$, для ферм $\alpha=7$, фундаментов и несущих стен различной конструкции $\alpha=3$, перекрытия и покрытия $\alpha=2$, $\alpha=4$ для балок, $\alpha=2$ для других строительных конструкций.

В зависимости от имеющихся дефектов и повреждений, состояние конструкций, следует подразделять на 5 категорий: аварийное, неудовлетворительное, не совсем удовлетворительное, удовлетворительное, нормальное [9].

Для дальнейшего расчет остаточного ресурса воспользуемся таблицей из [9], внося некоторые изменения и соотнеся назначенный физический износ конструкций, и категорией технического состояния элементов конструкций в соответствии с [21].

Величину поврежденности конструкций по истечении некоторого промежутка времени t лет эксплуатации, следует определять по формуле:

$$\varepsilon = 1 - e^{-\lambda t}, \tag{7}$$

$$\lambda = \frac{-Ln \cdot \gamma}{t_{\phi}}, \tag{8}$$

где, t_{ϕ} – Срок эксплуатации в годах на момент обследования.

Срок эксплуатации объекта капитального строительства или отдельной конструкции до аварийного состояния следует определять по формуле:

$$t_o = \frac{0,22}{\lambda}, \tag{9}$$

Таблица 1

Результаты расчета физического износа подкрановых балок в зависимости от поврежденности

Категория технического состояния	Описание технического состояния	Относительная надежность $u = \gamma/\gamma_0$	Поврежденность $\varepsilon = 1 - u$	Стоимость ремонта $C, \%$	Категория технического состояния подкрановых конструкций в соответствии с [9]	Физический износ, % Φ_1
1	Нормальное – исправное состояние	0,98	0,03	0	В	0-8
2	Удовлетворительное – работоспособное состояние.	0,95	0,05	0–11	Б	8-30
3	Не совсем удовлетворительное.	0,85	0,15	12–36	Б	30-50
4	Неудовлетворительное. Неработоспособное состояние.	0,75	0,25	37–90	А	50-70
5	Аварийное состояние.	0,65	0,35	91–130	А	Свыше 70

Таблица 2

Результаты расчета остаточного ресурса поврежденных подкрановых конструкций в зависимости от срока эксплуатации

Поврежденность	Относительная надежность	Срок эксплуатации t_{ϕ} в годах	Постоянная физического износа	Остаточный срок службы до капитального ремонта	Остаточный ресурс
0,0450	0,955	15	0,003070	52,12	37,12
0,0400	0,96	12	0,003402	47,03	35,03
0,0500	0,95	12	0,004274	37,43	25,43
0,1300	0,87	29	0,004802	33,32	4,32
0,1210	0,879	35	0,003685	43,42	8,42
0,0357	0,9643	12	0,003029	52,82	40,82
0,1270	0,873	29	0,004683	34,16	5,16
0,0405	0,9595	13	0,003180	50,31	37,31
0,0460	0,954	13	0,003622	44,17	31,17
0,0300	0,97	11	0,002769	57,78	46,78
0,0700	0,93	16	0,004536	35,28	19,28
0,1060	0,894	44	0,002547	62,83	18,83
0,0250	0,975	6	0,004220	37,92	31,92
0,0333	0,9667	10	0,003387	47,24	37,24

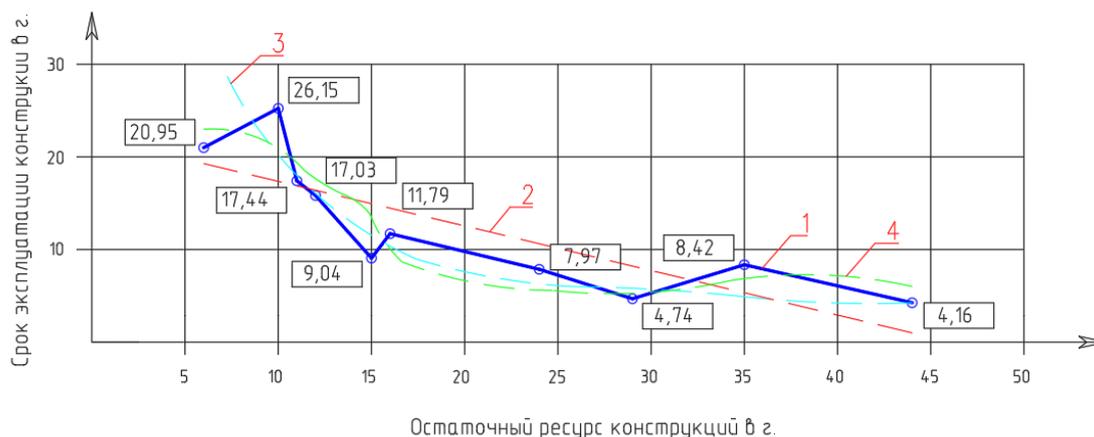


Рис. 4. Остаточный ресурс конструкций, в зависимости от физического износа: 1 – кривая остаточного ресурса; 2 – линейная фильтрация; 3 – степенная линия тренда; 4 – аппроксимирующая кривая остаточного ресурса

Выводы. Анализируя результаты проведенных исследований, можно сказать, о том, что методика прогнозирования остаточного ресурса металлических конструкций с учетом эксплуатационных повреждений и хронологического возраста на сегодняшний день внятно не сформулирована и полученные данные могут быть отправной точкой для дальнейших изысканий в этой области. Вместе с тем, изучение факторов физического износа металлических конструкций подкрановых балок с учётом длительности эксплуатации и определение степени поврежденности подкрановых балок в зависимости от характера эксплуатационных дефектов должны быть неотъемлемой частью при экспертизе промышленной безопасности на ОПО. На ряду с этим, расчет остаточного ресурса подкрановых балок целесообразно вести с учетом степени их поврежденности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Махутов Н.А., Гаденин М.М., Печёркин А.С., Красных Б.А. Научные проблемы определения ресурса и управления сроком безопасной эксплуатации промышленных объектов // *Безопасность Труда в Промышленности*, 2019. №4. С. 7–15.
2. Махутов Н.А., Гаденин М.М., Печёркин А.С., Красных Б.А. Расчетно-экспериментальные подходы к анализу и обеспечению ресурса и срока безопасной эксплуатации промышленных объектов // *Безопасность Труда в Промышленности*. 2020. №1. С. 7–15.
3. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М.: Изд-во стандартов, 2012. 30 с.
4. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности», Приказ Ростехнадзора №420 от 20 октября 2020 г.
5. ВСН 53-86(р). Правила оценки физического износа жилых зданий. Госстрой России. М.: ФГУП ЦПП, 2007. 80 с.
6. Выдрин В.Н., Зубко О.В. Наиболее характерные дефекты и повреждения металлических эксплуатируемых подкрановых балок при проведении экспертизы промышленной безопасности // *Символ науки*. 2015. Ч.10-2. С.102-109.
7. СТО 22-05-04. Руководство по определению индивидуального ресурса стальных подкрановых балок с усталостными трещинами в стенках для допущения их временной эксплуатации. М.: ЗАО «ЦНИИПСК» им. Мельникова, 2004. 42 с.
8. СП13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. М.: Минстрой России. 2016. 82 с.
9. ГОСТ 13377-75. Надежность в технике. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1975. 23 с.
10. ГОСТ 27.002-2015 Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2015. 22 с.
11. ГОСТ Р 53006-2008 Оценка ресурса потенциально опасных объектов на основе экспресс-методов. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2009. 10 с.
12. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97г. № 116-ФЗ.
13. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности» от 14.11.2013 №538.
14. Об основах государственной политики Российской Федерации в области промышленной безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу: Указ Президента Рос. Федерации от 6 мая 2018 г. №198.
15. РД 24-112-5Р Руководящий документ по оценке остаточного ресурса кранов мостового типа содержит указания по выполнению работ, направленных на оценку ресурса грузоподъемных кранов по критериям безопасности и работоспособности расчетных стальных конструкций: нормативно-технический материал. М.: Стандартинформ, 2002. 23 с.
16. РД 26.260.004-91 Руководящий документ по прогнозированию остаточного ресурса оборудования по изменению параметров его технического состояния при эксплуатации: нормативно-технический материал. М.: Стандартинформ, 1991. 46 с.
17. Руководство по восстановительному ремонту подкрановых конструкций. М.: Укрнии-проектстальконструкция, 1991. 114 с.
18. РД 09-102-95 Методические указания по определению остаточного ресурса потенциально опасных объектов, поднадзорных Госгортехнадзору России. М.: Стройиздат, 2002. 55 с.
19. СА 03-006-06 Методические указания по проведению технического обслуживания, ремонта, обследования, анализа промышленной безопасности производственных зданий и сооружений предприятий, эксплуатирующих взрывопожароопасные и химически опасные объекты. НПК «Изотермик». 2008. 236 с.
20. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам М.: Стандартинформ, 2001. 106 с.

21. Майстренко И.Ю., Валиуллин Д.А., Нардшина А.Р., Зиннуров Т.А., Майстренко А.Р. Оценка остаточного ресурса стальной конструкции, эксплуатируемой в агрессивной среде// Известия КГАСУ: стальные конструкции, здания и сооружения. 2016. №4. С. 208–216.

22. Белый Г.И. Причины снижения надежности и приближенная оценка ресурса стальных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений// Реконструкция Санкт-Петербурга: междунар. Науч.-практ. конф.: сб. докл. 2005. Ч.1. С. 70–73.

Информация об авторах

Маркеев Владислав Сергеевич, магистрант кафедры металлических конструкций, E-mail: markeevser@mail.ru. Липецкий государственный технический университет. Россия, 398055, Липецк, ул. Московская, д. 30.

Борков Павел Валерьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций. E-mail: borkovpv@mail.ru. Липецкий государственный технический университет. Россия, 398055, Липецк, ул. Московская, д. 30.

Поступила 08.07.2021 г.

© Маркеев В.С., Борков П.В., 2021

*Markeev V.S., Borkov P.V.
Lipetsk State Technical University*

FORECASTING OF THE RESIDUAL LIFE OF METAL BEAMS SUB-CRANE OF INDUSTRIAL BUILDINGS OF LONG SERVICE LIFE

Abstract. *The article discusses the main reasons for the physical wear and tear of metal crane beams of industrial buildings at hazardous production facilities. The analysis of the existing methods for determining the physical wear and the residual life of various structures, as well as regulatory and technical documentation, regulating the issue of conducting inspections of structures and the appointment of the technical condition of structures is carried out. The analysis of characteristic defects and damages of welded crane beams and an analysis of their influence on the bearing capacity is made. The dependence of the amount of physical wear and tear on the duration of operation of crane girders has been investigated. A method is proposed for determining the physical wear and tear of individual structures on the basis of their effect on the bearing capacity of the structure and their operational characteristics, based on the existing methods for determining the physical wear of structures of non-industrial buildings. A method is proposed for determining the residual life of metal structures by the Poisson method, depending on the degree of physical wear and the duration of operation. The use of this technique provides more accurately approach the determination of the residual life of building structures when conducting an industrial safety examination. Based on these data, it is more reasonable to approach the reconstruction, strengthening or overhaul of existing structures, as well as their complete or partial replacement.*

Keywords: *industrial safety, residual life, physical wear, crane girder, damage, technical condition category.*

REFERENCES

1. Makhutov N.A. et al. Scientific problems of determining the resource and managing the period of safe operation of industrial facilities [Nauchnye problemy opredeleniya resursa i upravleniya srokom bezopasnoj ekspluatatsii promyshlennyh ob"ektov]. Labor Safety in Industry. 2019. No. 4. Pp. 7–15. (rus)
2. Makhutov N.A. et al. Computational and experimental approaches to the analysis and provision of the resource and the period of safe operation of industrial facilities [Raschetno-eksperimental'nye podhody k analizu i obespecheniyu resursa i sroka bezopasnoj ekspluatatsii promyshlennyh ob"ektov]. Labor Safety in Industry. 2020. No. 1. Pp. 7–15. (rus)
3. GOST 31937-2011 Buildings and structures. Rules of inspection and monitoring of technical con-

dition [Zdaniya i sooruzheniya. Pravila obsledovaniya i monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya]. Date of introduction 2012-01-01. Instead of GOST R 1.8-2004. M.: Publishing House of standards, 2012. 30 p. (rus)

4. On the approval of federal norms and rules in the field of industrial safety "Rules for conducting industrial safety expertise" [Ob utverzhdenii federal'nyh norm i pravil v oblasti promyshlennoj bezopasnosti «Pravila provedeniya ekspertizy promyshlennoj bezopasnosti»]. Rostekhnadzor Order No. 420 of October 20, 2020. (rus)

5. VSN 53-86(p) Rules for assessing the physical deterioration of residential buildings. Gosstroy of Russia. M.: FSUE TSPP, 2007. 80 p. (rus)

6. Vydrin V. N., Zubko O.V. The most characteristic defects and damages of metal crane beams

operated during the industrial safety examination [Naibolee harakternye defekty i povrezhdeniya metallicheskih ekspluatiruemykh podkranovykh balok pri provedenii ekspertizy promyshlennoj bezopasnosti]. A symbol of science. 2015. 10-2. Pp. 102–109. (rus)

7. STO 22-05-04. Manual for determining the individual resource of steel crane beams with fatigue cracks in the walls to allow their temporary operation [Rukovodstvo po opredeleniyu individual'nogo resursa stal'nykh podkranovykh balok s ustalostnymi treshchinami v stenkah dlya dopushcheniya ih vremennoj ekspluatatsii]. M.: CJSC "TsNIIPSK" named after Melnikov, 2004. 42 p. (rus)

8. SP13-102-2003. Rules for the inspection of load-bearing building structures of buildings and structures [Pravila obsledovaniya nesushchih stroitel'nykh konstrukcij zdaniy i sooruzhenij]. M.: Ministry of Construction of Russia, 2016. 82 p. (rus)

9. GOST 13377-75. Reliability in technology. Terms and definitions [Nadezhnost' v tekhnike. Terminy i opredeleniya]. M.: Publishing house of standards, 1975. 23 p. (rus)

10. GOST 27.002-2015 Reliability in technical specifications (SSNT). Terms and definitions [Nadezhnost' v tekhnichke (SSNT). Terminy i opredeleniya]. M.: Standartinform, 2015. 22p. (rus)

11. GOST R 53006-2008 Resource assessment of potentially dangerous objects based on express methods. General requirements [Ocenka resursa potencial'no opasnykh ob"ektov na osnove ekspres-metodov. Obshchie trebovaniya]. M.: Standartinform, 2009. 10 p. (rus)

12. Federal Law "On Industrial Safety of hazardous production facilities" [Federal'nyj zakon «O promyshlennoj bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov»]. No. 116-FZ. (rus)

13. Federal norms and rules in the field of industrial safety "Rules for conducting an industrial safety examination" [Federal'nye normy i pravila v oblasti promyshlennoj bezopasnosti «Pravila provedeniya ekspertizy promyshlennoj bezopasnosti»]. dated 14.11.2013 No. 538 p. (rus)

14. On the fundamentals of the state policy of the Russian Federation in the field of industrial safety for the period up to 2025 and further prospects [Ob osnovah gosudarstvennoj politiki Rossijskoj Federacii v oblasti promyshlennoj bezopasnosti na period do 2025 goda i dal'nejshuyu perspektivu]. The Presidential decree grew. No. 198 p. (rus)

15. RD 24-112-5R of the Russian Federation dated May 6, 2018, The guidance document on the assessment of the residual life of bridge-type cranes contains instructions for performing work aimed at assessing the life of lifting cranes according to the criteria of safety and operability of design steel structures [Rukovodyashchij dokument po ocenke ostatochnogo resursa kranov mostovogo tipa sodержit ukazaniya po vypolneniyu rabot, napravlennykh na

ocenku resursa gruzopod"emnykh kranov po kriteriyam bezopasnosti i rabotosposobnosti raschetnykh stal'nykh konstrukcij: normativno-tekhnicheskij material]. normative and technical material. M.: 2002. 23 p. (rus)

16. RD 26.260.004-91 Guidance document on forecasting the residual life of equipment by changing the parameters of its technical condition during operation [Rukovodyashchij dokument po prognozirovaniyu ostatochnogo resursa oborudovaniya po izmeneniyu parametrov ego tekhnicheskogo sostoyaniya pri ekspluatatsii: normativno-tekhnicheskij material]. Normative and technical material. M.: 1991. 46 p. (rus)

17. Guide to the restoration repair of crane structures [Rukovodstvo po vosstanovitel'nomu remontu podkranovykh konstrukcij]. Ukniiiproektstalconstruction. M.: 1991. 114 p. (rus)

18. RD 09-102-95 Methodological guidelines for determining the residual resource of potentially dangerous objects supervised by the Gosgortekhnadzor of Russia [Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu ostatochnogo resursa potencial'no opasnykh ob"ektov, podnadzornykh Gosgortekhnadzoru Rossii]. M.: Stroyizdat, 2002. 55 p. (rus)

19. CA 03-006-06 Methodological guidelines for carrying out maintenance, repair, inspection, analysis of industrial safety of industrial buildings and structures of enterprises operating explosion-and fire-hazardous and chemically hazardous objects [Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu tekhnicheskogo obsluzhivaniya, remonta, obsledovaniya, analiza promyshlennoj bezopasnosti proizvodstvennykh zdaniy i sooruzhenij predpriyatij, ekspluatiruyushchih vzryvopozharoopasnye i himicheski opasnye ob"ekty]. NPK "Izothermik" M.: 2008. 236 p. (rus)

20. Recommendations for assessing the reliability of building structures of buildings and structures by external signs [Rekomendacii po ocenke nadezhnosti stroitel'nykh konstrukcij zdaniy i sooruzhenij po vneshnim priznakam]. 2001. 106 p. (rus)

21. Maistrenko I.Y, Valiullin D.A, Nadrshina A.R., Zinnurov T.A, Maistrenko T.I.U. Assessment of the residual resource of a steel structure operated in an aggressive environment [Ocenka ostatochnogo resursa stal'noj konstrukcii, ekspluatiruemoj v agresivnoj srede]. Izvestiya KGASU: steel structures, buildings and structures. 2016. No. 4. Pp. 208–216. (rus)

22. Bely G.I. The reasons for the decrease in reliability and an approximate assessment of the resource of steel structures of operated buildings and structures [Prichiny snizheniya nadezhnosti i priblizhennaya ocenka resursa stal'nykh konstrukcij ekspluatiruemykh zdaniy i sooruzhenij]. Reconstruction of St. Petersburg: international. Scientific and practical conf.: sat.dokl, 2005. 1. Pp. 70–73. (rus)

Information about the authors

Markeev, Vladislav S. Master student. E-mail: markeevser@mail.ru. Lipetsk State Technical University. Russia, 398055, Lipetsk, st. Moskovskaya, 30.

Borkov, Pavel V. PhD, Assistant professor. E-mail: borkovpv@mail.ru. Lipetsk State Technical University. Russia, 398055, Lipetsk, st. Moskovskaya, 30.

Received 08.07.2021

Для цитирования:

Маркеев В.С., Борков П.В. Прогнозирование остаточного ресурса металлических подкрановых балок промышленных зданий длительного срока эксплуатации // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 10. С. 8–16. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-8-16

For citation:

Markeev V.S., Borkov P.V. Forecasting of the residual life of metal beams sub-crane of industrial buildings of long service life. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 10. Pp. 8–16. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-8-16

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-17-24

Шапошников В.Н., *Привезенов Н.В.

Сибирский федеральный университет

*E-mail: nikolay_privezenov@mail.ru

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ПРИМЕНЕНИЕ СТЕКЛОТКАНИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ДЫМОВЫХ ТРУБ

Аннотация. Рассмотрено изменение эксплуатационных характеристик железобетонных дымовых труб с монолитной футеровкой при изменении традиционной технологии возведения. Суть отличия предлагаемой технологии от традиционной состоит в замене разделительного элемента бетона футеровки и несущего бетона ствола дымовой трубы. Традиционно при устройстве промышленных труб с монолитной футеровкой, как с использованием скользящей опалубки, так и подъемно-переставной, при практически одновременной укладке двух видов бетона в качестве разделительного слоя применяется стальная сетка. Предлагается заменить стальную сетку стеклотканью с нанесённым теплоизоляционным покрытием. В качестве многослойного теплоизоляционного покрытия рассмотрена тепловая изоляция типа «Броня». В работе представлен сравнительный анализ изменения распределения температурных полей по стенке дымовой трубы при внедрении указанной технологии на примере дымовой трубы Красноярской ТЭЦ-1 $h=275$ м. Установлено, что замена стальной сетки на стеклоткань с теплоизоляционным покрытием способствует улучшению физико-химических характеристик конструкции и обеспечивает более эффективный тепловой режим эксплуатации трубы. Применение данной технологии также позволит улучшить организацию строительного производства, сократить сроки и затраты на строительство, снизить материалоемкость конструкций дымовой трубы и трудоемкость работ по её возведению, уменьшить возможности появления дефектов и разрушений. Следовательно, внедрение предложенной технологии повысит надежность и долговечность конструкций промышленных железобетонных дымовых труб с монолитной футеровкой.

Ключевые слова: железобетонная дымовая труба, стеклоткань, текстиль-бетон (TRC), монолитная футеровка, дефекты и разрушения, температурное поле, керамическое теплоизоляционное покрытие.

Введение. Дымовые трубы являются обязательными высотными сооружениями многих высокотемпературных производств (металлургическое, нефтехимическое, химическое, производство строительных материалов и некоторых видов изделий) так как служат для создания тяги, способствующей протеканию технологических процессов, и снижения уровня концентрации вредных веществ в нижних слоях атмосферы. Одним из таких производств являются тепловые и атомные электростанции.

Согласно анализу возрастной структуры генерирующего оборудования тепловых электростанций России [1, 2] более половины основного оборудования электростанций, характеризуются высоким физическим износом, и более 53 % работающих на них железобетонных монолитных труб по состоянию на 2020 год выработали свой нормативный срок эксплуатации в 50 лет. Основной причиной возникновения дефектов и разрушений конструкций промышленных дымовых труб является отклонение от проектного режима эксплуатации. Помимо пиковых отклонений за счёт нарушения технологических процессов, таких как взрывы в газоходах, температурные и влажностные режимы работы дымовых труб кардинально изменились из-за смены проектных видов топлива, объемов производств, изменения

технологии производственного цикла, обусловленной модернизацией самой технологии, уже сточающийся экологической политикой правительств по всему миру и разработкой новых материалов и конструкций [3].

Замещение существующих (выработавших ресурс), а также строительство новых (потребность в которых обусловлена планируемым увеличением энергопотребления к 2040 году [4]) дымовых труб в соответствии с действующей нормативно-правовой документацией должны осуществляться с применением самых современных технологий и материалов из доступных [1].

Одним из таких материалов, к которому, по данным кураторского индекса научно-технологических журналов I findr, за последние два десятилетия лет возрастает всё больший интерес является текстиль-бетон (международная аббревиатура TRC) [5]. Совместное использование текстиля и бетона наделяет новую систему следующими преимуществами по сравнению со стальным армированием [5–7]:

- уменьшение веса и увеличение гибкости конструкции;
- повышение долговечности конструкции, в том числе при повышенных температурах и при пожаре;

- снижение возможности образования трещин;
- отсутствие коррозии.

Несмотря на большое количество публикаций в области TRC и доказанность результатов по повышению несущей способности, усилению сцепления между соединяемыми частями, задержке разрушения после отказа стальной арматуры [8, 9, 10] остается множество направлений для исследований [11].

Применение стеклоткани в строительстве промышленных дымовых труб осуществлялось и ранее, однако ограничивалось устройством изоляции на внутренней поверхности при помощи эпоксидных лаков [12]. В современном строительстве большую популярность получили дымовые трубы на основе стеклопластиков [13, 14, 15]. При этом результаты по исследованию текстиль-бетонов позволяют сделать предположение о перспективности данного направления.

Так, авторами было сделано предположение о положительном эффекте замены стальной армирующей сетки, разделяющей бетон монолитной футеровки от несущего бетона железобетонного ствола дымовой трубы на стеклоткань. Для повышения данного эффекта предлагается использование ещё одного инновационного материала – жидкой тепловой изоляции «Броня», которая представляет собой водную композицию керамических вакуумированных микросфер. Данный материал, в соответствии с ТУ 2216-006-09560516-2013 «Жидкие керамические теплоизоляционные покрытия серии «Броня», обладает уникальными характеристиками, среди которых – коэффициент теплопроводности, равный $0,001 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$.

Предлагаемая технология включает в себя следующую последовательность:

- выставление внешней опалубки;
- армирование по слою несущего бетона;
- монтаж стеклоткани (крепление осуществляется при помощи вязальной проволоки к кольцевой и вертикальной рабочей арматуре, с обеспечением перехлеста между уровнями в 300 мм);
- послойное нанесение жидкого термостойкого покрытия «Броня» (полимеризуясь, покрытие скрывает отверстия в стеклоткани, вязальную проволоку и объединяет высотные слои стеклоткани);
- выставление внутренней опалубки;
- практически одновременная укладка бетона ствола дымовой трубы и бетона монолитной футеровки, с опережением укладки слоя бетона монолитной футеровки в 20 см.

Для метода возведения скользящей опалубкой требуется проведение дополнительных исследований и испытаний на опытных образцах

возможности начала укладки бетона до полного высыхания и полимеризации жидкого теплоизоляционного покрытия «Броня».

Методика. Для подтверждения гипотезы выполнен сравнительный анализ распределения температурных полей в стенке железобетонной дымовой трубы для двух дымовых труб. В качестве эталона для сравнения взята существующая дымовая труба высотой 275 м. (Красноярская ТЭЦ-1, дата ввода в эксплуатацию 26.10.2020 г.). Для второго варианта расчетов использовалась модель дымовой трубы, отличающаяся от эталона следующими показателями:

- стальная сетка заменена на стеклоткань с нанесенным в три слоя (по 1 мм. каждый) теплоизоляционным покрытием «Броня»;
- толщина монолитной футеровки неизменна на всей высоте от перекрытия дымовой трубы и составляет 50 мм.

Данные, необходимые для осуществления теплотехнических расчётов дымовых труб:

- объем, состав и физико-химические свойства дымовых газов и воздуха для рабочих температур;
- сведения о климатических характеристиках района;
- физико-химические свойства материалов и геометрия конструкции (за исключением оговоренного);

для модели приняты равными соответствующим показателям для эталона.

Реализация теплотехнических расчётов осуществлялась на базе сертифицированного программного комплекса «СТЕНА», в основу работы которой положены методики, описанные Ельшиным А.М., Ижориным М. Н., Жолудовым В.С., Овчаренко Е.Г. [16].

Основная часть. По результатам проведенных расчётов для четырех режимов работы каждой из дымовых труб (предельные параметры по рабочим температурам для зимнего и летнего режимов работы) построены зависимости, наглядно характеризующие распределение температур по толщине стенки дымовой трубы. Графики зависимостей расположения температурных полей для зимнего периода эксплуатации представлены на рис. 1; графики зависимостей распределения температурных полей для летнего режима эксплуатации представлены на рис. 2.

Представленные зависимости показывают, что не зависимо от времени года или режима нагрузки дымовой трубы, термическая кривая на внутренней стенке модели, по сравнению с эталоном, практически совпадает с вертикалью. Это говорит о сохранении постоянства температуры по высоте дымовой трубы и практическом отсутствии потерь тепла. Следовательно, для модели

устанавливается более эффективный тепловой режим работы, при котором обеспечивается стабильное протекание технологических процессов. Можно также заметить, что, несмотря на небольшую толщину (всего 3 мм.) за счёт низкого значения коэффициента теплопроводности покрытия «Броня» основной градиент температуры в модели смещается из футеровки в многослойное

покрытие, чем обеспечивается тепловая изоляция несущей железобетонной стенки дымовой трубы. В рассматриваемом случае происходит снижение градиента температур, от которого напрямую зависит величина термических напряжений, в несущем бетоне (минимально на 19 °С; максимально на 53 °С) и футеровки (минимально на 68 °С; максимально на 147 °С).

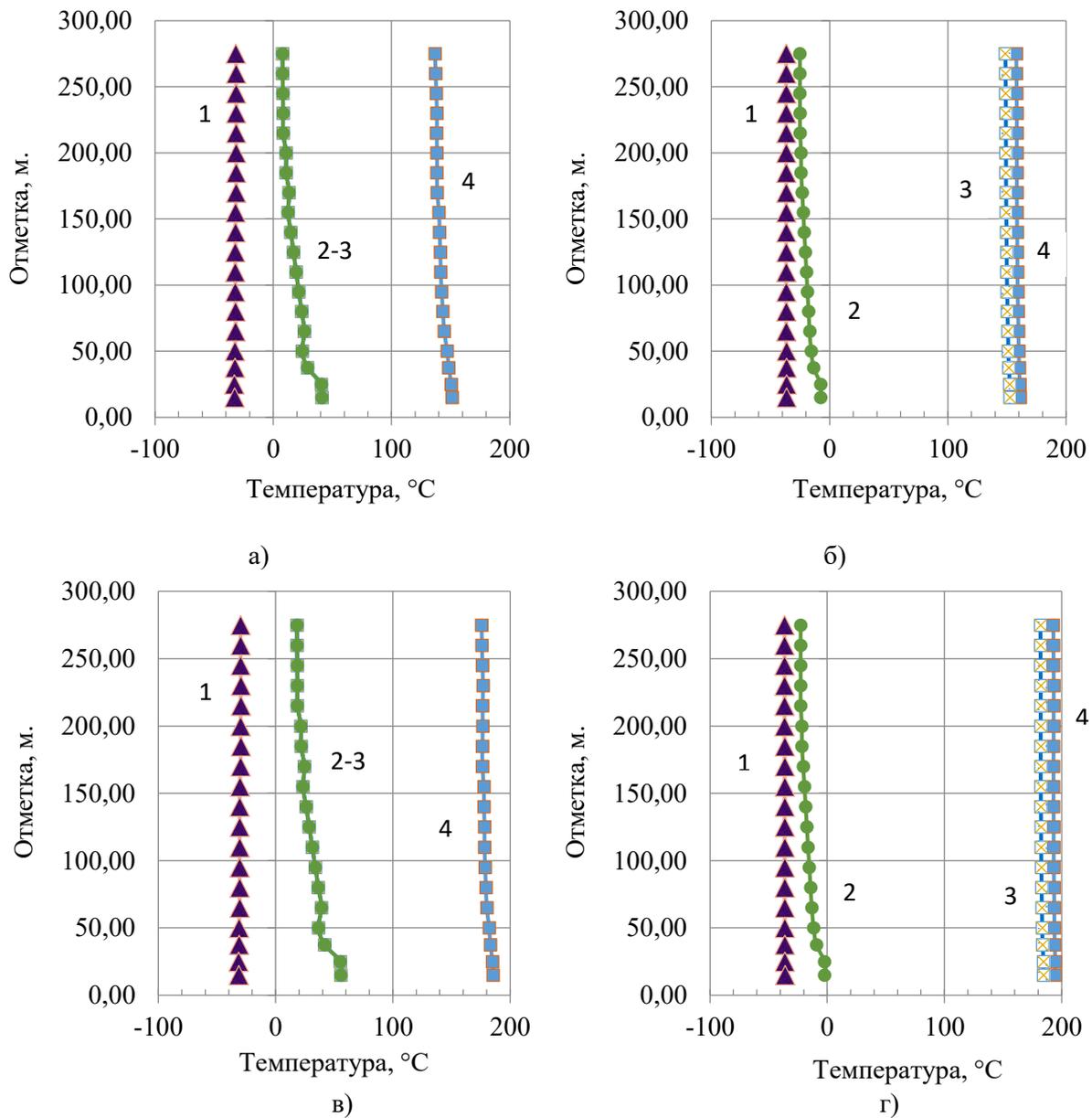


Рис. 1. Распределение температур в стенке дымовой трубы для зимнего периода эксплуатации а) для минимальной нагрузки Красноярской ТЭЦ-1; б) для минимальной нагрузки моделируемой трубы; в) для максимальной нагрузки Красноярской ТЭЦ-1; г) для максимальной нагрузки моделируемой трубы; 1 – внешняя поверхность железобетонного ствола; 2 – внутренняя поверхность железобетонного ствола; 3- внутренняя поверхность монолитной футеровки; 4 – внутренняя поверхность дымовой трубы

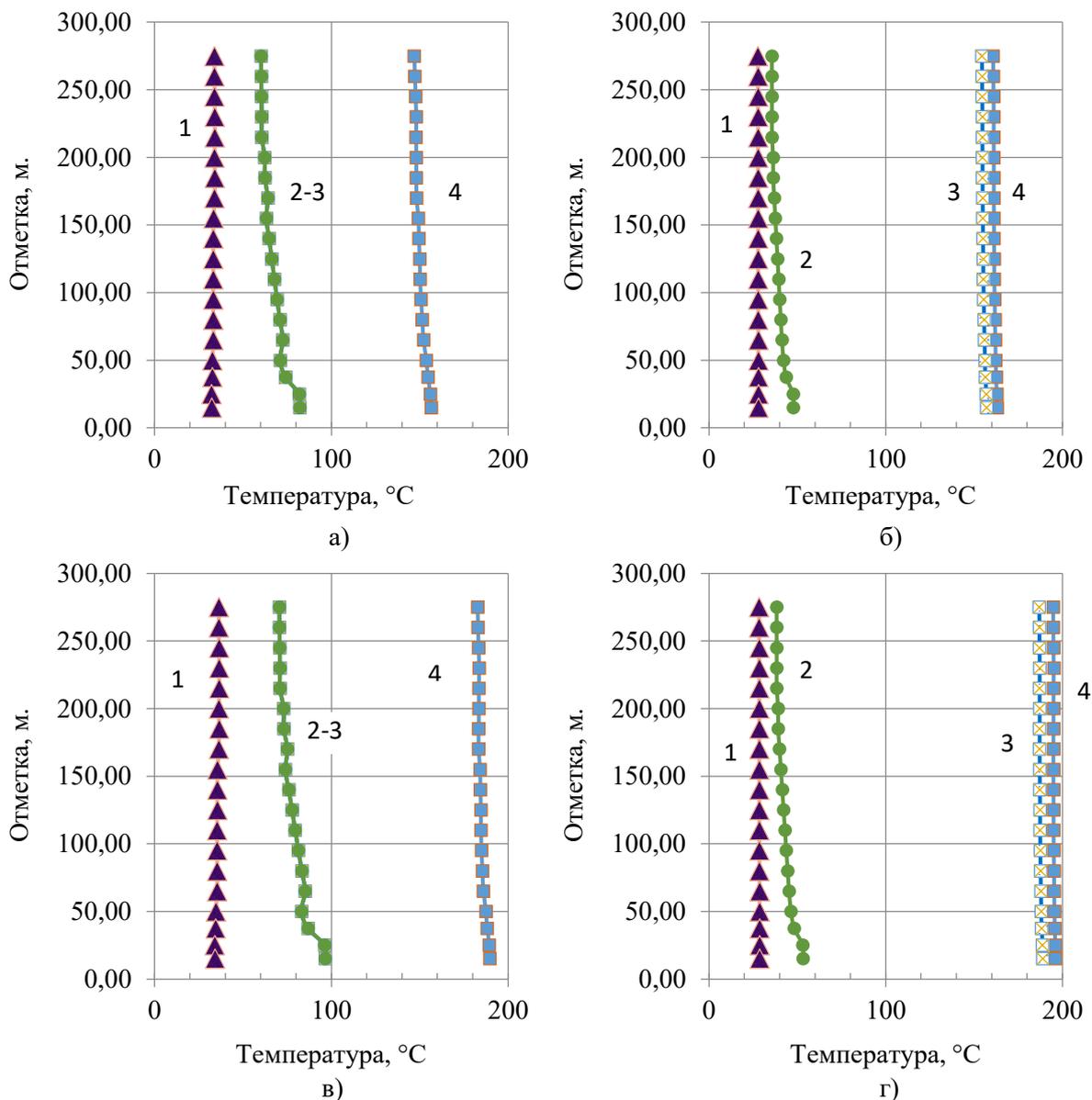


Рис. 2. Распределение температур в стенке дымовой трубы для летнего периода эксплуатации
 а) для минимальной нагрузки Красноярской ТЭЦ-1; б) для минимальной нагрузки моделируемой трубы;
 в) для максимальной нагрузки Красноярской ТЭЦ-1; г) для максимальной нагрузки моделируемой трубы;
 1 – внешняя поверхность железобетонного ствола; 2 – внутренняя поверхность железобетонного ствола;
 3 – внутренняя поверхность монолитной футеровки; 4 – внутренняя поверхность дымовой трубы

Из рис. 1–2 видно, что для всех режимов работы существующей дымовой трубы Красноярской ТЭЦ-1 температура прогрева верхних частей конструкции дымовой трубы уступает нижней, а распределение температуры в футеровке пересекает значение температуры точки росы (+127 °C). Следственно наблюдается снижение температуры по высоте дымовой трубы, поэтому возможен процесс конденсации влаги в верхних участках дымовой трубы, особенно в непроектном режиме эксплуатации и во время остановов трубы. Так как для моделируемой дымовой трубы снижение температуры газов и температуры на внутренней поверхности футеровки по всей высоте дымовой трубы незначительны, а

также за счёт высокой паронепроницаемости покрытия «Броня» минимизируются процессы фильтрации и диффузии дымовых газов. Проникновение дымовых газов через пористое тело бетона (около трети объема цементного камня) к точке внутренней поверхности дымовой трубы ниже точки росы, по мнению исследователей [17, 18] являются главным недооцененным параметром при расчёте дымовых труб, обуславливающим появление и развитие дефектов.

Смещение температурной кривой внутренней поверхности железобетонного ствола для моделируемой дымовой трубы в зимний период эксплуатации влево и переход изотермы «0» в толщину многослойного теплоизоляционного покрытия помогает избежать (происходящей с

увеличением объема) кристаллизации скопленной в порах влаги, так как за счёт структурных свойств на покрытии «Броня» не образуется конденсат.

Сдвиг основного градиента температур в сторону теплоизоляционного покрытия «Броня» минимизирует термические напряжения в бетоне, которые по убеждению изыскателей [19, 20] в совокупности с другими факторами могут привести к образованию серьезных дефектов и разрушений.

Такие свойства как низкое значение коэффициента паронепроницаемости покрытия «Броня», высокие показатели химической стойкости у стеклоткани и вакуумированных керамических микросфер покрытия «Броня» создают дополнительную химическую защиту несущего бетона. Что, по мнению авторов, позволит применять моделируемую технологию в условиях использования топлива, которое при сжигании образует более агрессивные по составу дымовые газы, а также твердые пылеватые частицы, которые обладают хорошей растворимостью. Так как одной из причин образования конденсата на поверхности внутренней стенки дымовой трубы может служить скопление на её поверхности пыли, которая характеризуется высокими значениями растворимости. При этом конденсация влаги будет происходить при влажности, которая определяет точку росы для насыщенного раствора соли, образованной гидратацией пыли.

Авторы обращают внимание на необходимость проведения дополнительных исследований по возможности применения предлагаемой технологии. В предложенной технологии изоляция «Броня» (выполняющая основную функцию по снижению градиента температур) защищена от агрессивного воздействия дымовых газов (истирающее воздействие пылевидных частиц) при помощи слоя монолитной футеровки (50 мм по всей высоте от перекрытия), при таком исполнении срок службы покрытия «Броня» предположительно составит более 50 лет (вместо 15 лет заявленных производителем). Изыскания по увеличению срока эксплуатации покрытия в предложенной технологии необходимо реализовать до воплощения предлагаемой технологии в жизнь.

Выводы. Замена стальной сетки на стеклоткань, с нанесенным на нее теплоизоляционным покрытием, в качестве разделительного элемента бетона футеровки и несущего бетона ствола дымовой трубы обеспечивает:

1. Снижение рисков преждевременного выхода из эксплуатации, и повышение сроков межремонтной работы дымовой трубы из-за несоблюдения проектного режима работы на основании:

- снижения температурного градиента по футеровке и несущему бетону дымовой трубы в каждом сечении по всей высоте дымовой трубы (снижение термических напряжений в бетоне футеровки и несущем бетоне ствола дымовой трубы);

- способности покрытия «Броня» к кратковременной пиковой нагрузке (до 30 %) без потери качества покрытия;

- снижения процессов образования трещин за счёт более высокой устойчивости стеклоткани к растяжению;

2. Установление более эффективного теплового режима работы дымовой трубы (сохранение температуры выше точки росы по всей толщине футеровки на всей высоте дымовой трубы; а также снижение падения температуры на внутренней стенке дымовой трубы по высоте, то есть увеличение тяги трубы и снижение нагрузки на дутьевые вентиляторы котла);

3. Защиту несущего бетона от диффузии газа, на молекулярном и молярном уровнях, через пористую структуру футеровки и его фильтрации за счёт низкого коэффициента паропроницаемости покрытия «Броня»;

4. Создание химического барьера для несущего бетона в случае образования на поверхности футеровки конденсата или фильтрации дымовых газов через футеровку при непроектом режиме эксплуатации за счёт высокой химической стойкости стеклоткани и вакуумированных керамических микросфер покрытия «Броня»;

5. Ликвидацию риска разрушения конструкции на границе несущий бетон – бетон монолитной футеровки по причине коррозии стали;

6. Снижение материалоемкости конструкции и трудоемкости выполнения работ за счёт уменьшения толщины монолитной футеровки и замены стальной сетки на стеклоткань;

7. Создание положительного экономического эффекта за счёт уменьшения затрат:

- на армирование по монолитной футеровке, включая стоимость арматуры и высотность работ,

- на устройство монолитной футеровки, включая стоимость бетона и высотность работ,

- на строительные-монтажные работы по монтажу разделительного элемента, учитывая меньшую стоимость стеклоткани и высотность работ;

- на логистику по доставке материалов (за счет снижения веса);

- за счёт сокращения сроков строительства (снижение массы конструкции – вес металлической сетки, вес арматуры футеровки, вес футеровки; грузоподъемные работы по доставке материалов; уменьшение фонда заработной платы ра-

бочим; ускорение ввода в эксплуатацию и обеспечение производственного процесса – более ранние сроки начала получения прибыли);

- за счёт увеличения срока службы конструкции дымовой трубы до проведения ремонтных работ (учитывается стоимость капиталовложений для осуществления ремонтных работ, с учётом инфляции, увеличения стоимости ремонтных работ и стоимости ремонтных материалов)

Благодарности. Авторы выражают признательность директору ООО «ПСФ Энерго» Корсунскому Александру Зиновьевичу за доступ к сертифицированному программному комплексу «СТЕНА».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. НДТ 2017. Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии // Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям №38. 2017. 271 с.
2. Осоловский В.П. Промышленная безопасность дымовых и вентиляционных промышленных труб // Сборник научных трудов по материалам консультационно-методического семинара. Башкирская Ассоциация Экспертов. 2008. С. 16–17.
3. Пашечко А.И., Деркач С.Г., Кравчук В.А., Федотенкова И.И., Жоров В.М., Подлесняк Е.А., Рудых О.А. Дымовые промышленные трубы. Аварийность и проблемы эксплуатации // Информационный бюллетень Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. 2015. №5(80). С. 62–65.
4. Makarov A.A., Mitrova T.A., Kulagin V.A. Global and Russian Energy Outlook 2019 // Moscow School of Management SKOLKOVO. 2019. Pp. 23–24.
5. Tysmans T., Wastiels J. Textile-Reinforced Cement Composites: New Insights into Structural and Material Engineering // Applied Sciences (Switzerland). 2020. Vol. 10, Iss. 2. 576.
6. Rampini, M.C., Zani G., Colombo M., di Prisco M. Mechanical behavior of TRC composites: Experimental and analytical approaches // Applied Sciences. 2019. №9 (7). 1492.
7. Шальнев В.М., Козлов П.Г., Гармашов И.С. Достижения в области текстиль-бетонов // Фундаментальные основы строительного материаловедения Сборник докладов Международного онлайн-конгресса. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2017. С. 426–430.
8. Kim H.Y., You Y.J., Ryu G.S., Ahn G.H., Koh K T. Concrete slab-type elements strengthened with cast-in-place carbon textile reinforced concrete system // Materials. 2021. №14 (6). 1437.
9. Van L.D., Huy C.N., Huu T.D., Dang Q.N. Experimental study on structural performance of textile reinforced concrete box beams // Science journal of transportation. 2021. №11. Pp. 50–60.
10. You J, Park J, Park S-K, Hong S. Experimental Study on the Flexural Behavior of Steel-Textile-Reinforced Concrete: Various Textile Reinforcement Details // Applied Sciences. 2020. №10(4). 1425. <https://doi.org/10.3390/app10041425>.
11. Alma'aitah M, Ghiassi B, Dalalbashi A. Durability of Textile Reinforced Concrete: Existing Knowledge and Current // Applied Sciences. 2021. Vol.11, Iss. 6. 2771.
12. Рихтер Л. А. Газовоздушные тракты тепловых электростанций. М.: Энергоатомиздат, 1987. 216 с.
13. Tao W., He-jing Z., Rui-gang H., Jun W., 李 习习 Quality control of manufacture and installation of fiber reinforced plastic (FRP) exhaust inner barrel // Fiber Reinforced Plastics. 2019. №5. Pp. 66–70.
14. Мишнёв М.В. О разработке технологии изготовления стеклопластиковых цилиндрических оболочек газоотводящих трактов методом подрачивания [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4218 (дата обращения: 01.07.2021).
15. Мамажонова Р.Т., Юсупова Н.А. Стеклопластики на основе кубовых остатков фурфурола модифицированного эпоксидными смолами ЭД-20 [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11082> (дата обращения: 01.07.2021).
16. Ельшин А.М., Ижорин М.Н., Жолудов В.С., Овчаренко Е.Г. Дымовые трубы. Москва. 2001. 296 с.
17. Варнашов В.В., Киселев А.А., Гребнов В.С. Расчётные исследования режимов работы кирпичных дымовых труб в условиях эксплуатации // Вестник ИГЭУ. 2016. №1. С. 1–9.
18. Акатьев В.А., Волкова Л.В., Тюрин М.П., Бородина Е.С. Учет начальных признаков критической деградации дымовой трубы в анализе риска ее разрушения // Безопасность в техносфере. 2018. Т. 7. №4. С. 11–16.
19. Maj M., Ubysz, A. The effects of thermal overload in chimney caused by insulation damage // Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1706. Issue: 1: 012198. 8 p.
20. Мустяцэ В.Т., Бутенко Н.А., Вареник А.М. Исследование температурного поля и технического состояния дымовой трубы на ТЭЦ-1 г. Кишинёва // International conference Energy of Moldova – 2012. Regional aspects of development.

Технический университет Молдовы. 2012. С. 135–140.

Информация об авторах

Шапошников Владимир Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных материалов и технологий строительства. E-mail: VShaposhnikov@sfu-kras.ru. Сибирский федеральный университет. Россия, 660041, Красноярск, пр-т. Свободный, д. 79.

Привезенов Николай Валентинович, магистрант кафедры строительных конструкций и управляемых систем. E-mail: Nikolay_Privezenov@mail.ru. Сибирский федеральный университет. Россия, 660041, Красноярск, пр-т. Свободный, д. 79.

Поступила 16.07.2021 г.

© Шапошников В.Н., Привезенов Н.В., 2021

*Shaposhnikov V.N., *Privezenov N. V.*

Siberian Federal University

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

NEW ASPECT AT THE USE OF FIBERGLASS IN THE CONSTRUCTION OF INDUSTRIAL CHIMNEYS

Abstract. *The change in the operational characteristics of reinforced concrete chimneys with a monolithic lining when changing the traditional construction technology is considered. The difference between the traditional and proposed technology is the replacement of the separating element of the concrete lining and the supporting concrete of the chimney trunk. Traditionally, when installing industrial pipes with a monolithic lining, both with the use of sliding formwork and lifting-adjustable, with almost simultaneous laying of two types of concrete, a steel mesh is used as a separating layer. It is proposed to replace the steel mesh with fiberglass with a heat-insulating coating. Thermal insulation of the "Bronya" type is considered as a multilayer thermal insulation coating. The work presents a comparative analysis of changes in the distribution of temperature fields along the chimney wall during the introduction of this technology on the example of the chimney of the Krasnoyarsk CHPP-1 $h=275$ m. It is proved that the replacement of steel mesh with fiberglass with a heat-insulating coating improves the physical and chemical characteristics of the structure and provides a more efficient thermal operation of the chimney. The use of this technology will also improve the organization of construction production, reduce construction time and costs, reduce the material consumption of chimney structures and the complication of work on its construction, reduce the possibility of defects and destruction. Therefore, the introduction of the proposed technology will increase the reliability and lifespan of the structures of industrial reinforced concrete chimneys with a monolithic lining.*

Keywords: *reinforced concrete chimney, fiberglass, textile-reinforced concrete (TRC), monolithic lining, defects and destructions, temperature field, ceramic thermal insulation coating.*

REFERENCES

1. The best available technologies 2017. Fuel burning at large installations for energy production [NTD 2017. Szhiganiye topliva na krupnykh ustanovkakh v celyah proizvodstva energii]. Informacionno-tekhnicheskij spravochnik po nailuchshim dostupnym tekhnologiyam. 2017. No. 38. 271 p. (rus)

2. Osolovskij V.P. Industrial safety of industrial smoke and ventilation pipes [Promyshlennaya bezopasnost' dymovyh i ventilyacionnyh promyshlennyh trub]. Sbornik nauchnyh trudov po materialam konsul'tacionno-metodicheskogo seminaru. Bashkirskaya Associaciya Ekspertov. 2008. Pp. 16–17. (rus)

3. Pashechko A.I., Derkach S.G., Kravchuk V.A., Fedotenkova I.I., Zharov V.M., Podlesnyak E.A., Rudykh O.A. Industrial chimneys. Accidents

and operational problems [Dymovye promyshlennye trubyy. Avarijnost' i problemy ekspluatatsii]. Informacionnyj byulleten' Federal'noj sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru. 2015. No. 5(80). Pp. 62–65. (rus)

4. Makarov A.A., Mitrova T.A., Kulagin V.A. Global and Russian Energy Outlook 2019. Moscow School of Management SKOLKOVO. 2019. Pp. 23–24.

5. Tysmans T., Wastiels J. Textile-Reinforced Cement Composites: New Insights into Structural and Material Engineering. Applied Sciences (Switzerland). 2020. Vol. 10, Iss. 2. 576.

6. Rampini, M.C., Zani G., Colombo M., di Prisco M. Mechanical behavior of TRC composites: Experimental and analytical approaches. Applied Sciences. 2019. 9 (7). 1492.

7. Shalnev V.M., Kozlov P.G., Garmashov I.S. Achievements in the field of textile-concrete [Dostizheniya v oblasti tekstil'-betonov]. Fundamental'nye osnovy stroitel'nogo materialovedeniya Sbornik dokladov Mezhdunarodnogo onlajn-kongressa. Belgorodskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet im. V.G. Shuhova. 2017. Pp. 426–430. (rus)

8. Kim H.Y., You Y.J., Ryu G.S., Ahn G.H., Koh K T. Concrete slab-type elements strengthened with cast-in-place carbon textile reinforced concrete system. *Materials*. 2021. 14 (6). 1437. 18 p.

9. Van L.D., Huy C.N., Huu T.D., Dang Q.N. Experimental study on structural performance of textile reinforced concrete box beams. *Science journal of transportation*. 2021. 11. Pp. 50–60.

10. You J., Park J., Park S.-K., Hong S. Experimental Study on the Flexural Behavior of Steel-Textile-Reinforced Concrete: Various Textile Reinforcement Details. *Applied Sciences*. 2020. 10(4). 1425. 13 p. <https://doi.org/10.3390/app10041425>.

11. Alma'aitah M., Ghiassi B., Dalalbashi A. Durability of Textile Reinforced Concrete: Existing Knowledge and Current. *Applied Sciences*. 2021. Vol. 11. Iss. 6. 2771.

12. Richter L.A. Gas-air paths of thermal power plants [Gazovozdushnye trakty teplykh elektrostancij]. Moscow: Energoatomizdat, 1987. 216 p. (rus)

13. Tao W., He-jing Z., Rui-gang H., Jun W., 李 习习 Quality control of manufacture and installation of fiber reinforced plastic (FRP) exhaust inner barrel. *Fiber Reinforced Plastics*. 2019. №5. Pp. 66–70.

14. Mishnev M.V. On the development of technology for the manufacture of fiberglass cylindrical shells of gas drainage paths by the method of growing [O razrabotke tekhnologii izgotovleniya stekloplastikovyh cilindricheskikh obolochek gazootvodyashchih traktov metodom podrashchivaniya].

AdobeAcrobatReader. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4218 (date of treatment: 01.07.2021).

15. Mamazhonova R.T., Yusupova N.A. Fiberglass based on cubic residues of furfural modified with ED-20 epoxy resins [Stekloplastiki na osnove kubovykh ostatkov furfurola modifitsirovannogo epoksidnymi smolami ED-20]. AdobeAcrobatReader. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11082> (date of treatment: 01.07.2021).

16. Elshin A.M., Izhorin M.N., Zholudov V.S., Ovcharenko E.G. Chimneys [Dymovye trubyy]. Moscow. 2001. 296 p. (rus)

17. Varnashov V.V., Kiselev A.A., Grebnov V.S. Computational studies of the operating modes of brick chimneys under operating conditions [Raschyotnye issledovaniya rezhimov raboty kirpichnykh dymovykh trub v usloviyakh ekspluatacii]. *Bulletin of IGEU*. 2016. No. 1. Pp. 1–9. (rus)

18. Akatiev V.A., Volkova L.V., Tyurin M.P., Borodina E.S. Taking into account the initial signs of critical degradation of the chimney in the analysis of the risk of its destruction [Uchet nachal'nykh priznakov kriticheskoy degradacii dymovoy trubyy v analize riska ee razrusheniya]. *Safety in the technosphere*. 2018. Vol. 7. No. 4. Pp. 11–16. (rus)

19. Maj M., Ubysz, A. The effects of thermal overload in chimney caused by insulation damage. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1706. Iss.1. 012198.

20. Mustyatse V.T., Butenko N.A., Varenik A.M. Investigation of the temperature field and the technical condition of the chimney at the CHPP-1 in Chisinau [Issledovanie temperaturnogo polya i tekhnicheskogo sostoyaniya dymovoy trubyy na TEC-1 g. Kishinyova]. *International conference Energy of Moldova – 2012. Regional aspects of development*. Technical University of Moldova. 2012. Pp. 135–140.

Information about the author

Shaposhnikov, Vladimir N. PhD, Assistant professor. E-mail: VShaposhnikov@sfu-kras.ru. Siberian Federal University. Russia, 660041, Krasnoyarsk, Svobodny ave., 79.

Privezenov Nikolay V. Master student E-mail: Nikolay_Privezenov@mail.ru. Siberian Federal University. Russia, 660041, Krasnoyarsk, Svobodny ave., 79.

Received 16.07.2021

Для цитирования:

Шапошников В.Н., Привезенов Н.В. Новый взгляд на применение стеклоткани в строительстве промышленных дымовых труб // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 10. С. 17–24. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-8-24

For citation:

Shaposhnikov V.N., Privezenov N.V. New aspect at the use of fiberglass in the construction of industrial chimneys. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2021. No. 10. Pp. 17–24. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-17-24

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-25-32

Гранстрем М.А., Золотарева М.В., Никитин Ю.А.Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет***E-mail: arch_project@bk.ru*

АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ, РАСПОЛОЖЕННОЙ У МОСКОВСКОЙ ЗАСТАВЫ В ПЕТЕРБУРГЕ

Аннотация. *Статья посвящена историко-градостроительному развитию территории Санкт-Петербурга, расположенной у бывшей Московской Заставы – исторического въезда в Петербург со стороны Москвы и, в частности, архитектуре Вагоностроительного завода. Здесь к концу 19 века сложилась промышленная территория, плотно застроенная с 1897 по 1917 годы. Развитие тяжелой индустрии и расширение отечественных железных дорог привели к тому, что остро возросла потребность в новых грузовых вагонах. В связи с этим было принято решение расширить вагоностроение на имеющихся заводах, а также организовать постройку новых. Небольшой завод в Петербурге, изготавливавший фаэтоны, патронные ящики и походные кухни, в 1897 году был значительно расширен и преобразовался в Петербургский вагоностроительный завод. В планировке и объемно-пространственной композиции комплекса вагоностроительного завода были воплощены характерные черты архитектурно-градостроительных приемов конца XIX – начала XX вв. В архитектуре заводского комплекса были сильны романтические тенденции, характерные для промышленной архитектуры Петербурга этого периода. В течение ста лет этот обширный участок не подвергался преобразованиям и являл пример целостной, завершенной среды. Вагоностроительный завод, возведенный в самом конце 19 века, просуществовал у Московской Заставы до 2013 года, когда историческая промзона была утрачена – территория вагоностроительного завода была отдана под жилую застройку.*

Ключевые слова: *промышленные предприятия, историческая промзона, Московские ворота, средообразующая застройка, вагоностроительный завод.*

Введение. Основополагающей магистралью южной части Санкт-Петербурга является Московский проспект, проходящий вдоль Пулковского меридиана, исторически формировавшийся как часть почтового тракта, соединявшего Санкт-Петербург с Новгородом, Тверью и Москвой. Это была первая в империи правительственная трасса, связавшая Санкт-Петербург с парадной загородной резиденцией – Царским селом. С XVII по XIX век по этому тракту русские самодержцы следовали в Царское Село. Именно поэтому ее стали называть Царской дорогой, а позднее – Царкосельской, Московской, Московским трактом, Забалканским проспектом, с 1918 – Международным проспектом, с 1950 по 1956 – проспектом Сталина, с 1956 по настоящее время – Московским проспектом. В соответствии с генеральными планами развития города 1935–1937 и 1939–1941 годов, Ленинград должен был развиваться за счет южных районов. Международный проспект становится его главной градостроительной осью, а район бывшей Московской Заставы перестает быть окраиной.

В течение предвоенного и послевоенного десятилетий ведущие ленинградские архитекторы, в рамках своих предпроектных исследований, обращались к анализу исторической застройки, расположенной вдоль Международного проспекта. Подтверждения этому можно найти в выпусках

журналов «Строительство и архитектура Ленинграда» (1936–1941), «Архитектура Ленинграда» (1944–1945) и сборниках «Архитектура и строительство Ленинграда» за 1949–1954 годы. В современный период среде промышленных предприятий, расположенных за Обводным каналом, ее архитектурно-пространственным особенностям, посвящены многочисленные труды М. С. Штиглиц. Архитектура исторической застройки южной части Петербурга рассматривается также в работах Б. М. Кирикова, Ю. И. Курбатова, А. Г. Вайтенса и других исследователей. Истории формирования, а также принципам преобразования архитектурной среды района Обводного канала посвящены труды Ю. О. Кондратьевой. Но пристальное внимание к этим территориям уделяется, главным образом, не историками архитектуры, а краеведами, исследователями топонимики и исторического быта Петербурга и Петербургских окраин. Архитектурно-градостроительная эволюция промышленных территорий к югу от Московских ворот и, в частности, территории бывшего вагоностроительного завода, до сих пор остаются малоизученными, что подтверждает актуальность данного исследования.

В XXI веке значительно возрос престиж данных территорий, что поставило под сомнение возможность сохранения целостности исторически сложившейся среды. Таким образом, акту-

альность темы исследования продиктована, главным образом, необходимостью сохранения объемно-пространственной идентичности территорий, сложившихся за Обводным каналом, в южной части Петербурга. Выработка стратегий сохранения и ревитализации этой среды невозможна без понимания преемственности в ее развитии, без обоснования важной исторической, градостроительной и архитектурной роли объектов, находящихся на этих территориях.

Объект исследования: историческая территория бывшего Товарищества Санкт-Петербургского вагоностроительного завода.

Цель исследования: выявление особенностей и специфики формирования исторической промышленной территории у Московской Заставы в Санкт-Петербурге.

Задачи исследования: изучить и проанализировать библиографические, архивные и иконографические источники, а также картографический материал по территории бывшего Товарищества Санкт-Петербургского вагоностроительного завода; систематизировать сведения об архитекторах и гражданских инженерах, участвовавших в возведении Санкт-Петербургского вагоностроительного завода; выявить специфику планировки и объемно-пространственной композиции комплекса Санкт-Петербургского вагоностроительного завода.

Материалы и методы. Методика исследования основана на изучении и анализе библиографических, архивных и иконографических источников, картографического материала, натурных обследований, выполненных с применением методов архитектурно-градостроительного анализа и фотофиксации. Проанализирована законодательная база Санкт-Петербурга в сфере охраны объектов культурного наследия – о границах объединенных зон охраны ОКН, расположенных на территории Санкт-Петербурга, режимах использования земель и требованиях к градостроительным регламентам в границах указанных зон.

Основная часть. В начале XIX века застройка южной оконечности Петербурга доходила до Обводного канала. С 1810 по 1817 годы по обе стороны от дороги были выделены участки частным лицам. На топографической карте Санкт-Петербурга 1817 года можно увидеть участки деревянных построек с садами и огородами. Настоящее освоение территории, расположенной южнее Обводного канала, началось в 1820-х годах, и первым крупным объектом стал классический ансамбль скотопригонного двора, возведенного в 1821–1825 годах архитектором И. И. Шарлеманем 1-м.

Немного южнее, на пересечении Московской дороги и Лиговского канала, располагалась

Московская застава. В 1834–1838 гг. здесь, в честь победоносного окончания русско-турецкой войны 1828–1829 гг., по проекту архитектора В. П. Стасова были сооружены Триумфальные ворота. «Замысел Стасова прост и величествен. Шоссе у въезда в город преграждала мощная дорическая колоннада, художественной решеткой объединенная в один ансамбль с симметричными павильонами и мостом через Лиговку. Архитектура выдержана в крупных массах, причем кордегардии слегка напоминали крепостные сооружения» [1].

В 1849–1861 гг. возводится Воскресенский Новодевичий монастырь, позднее в округе строятся церковные школы, богадельни, приюты для детей-сирот. Отдаются участки под промышленность – к югу от Колмовской улицы [2] в 1853 году построена фабрика накладного серебра и лакированных подносов Кондратьева; в 1858–1865 годах возводятся производственные здания вдоль Заставской, Колмовской и Рощинской улиц [3]. Но на Генеральном плане столичного города С. Петербурга из атласа Зуева (1858 года) видно, что застройка Царскосельского проспекта, от Обводного канала и далее на юг еще носит характер городских предместий [4].

Со второй половины 19 века значительное место в промышленной структуре города занимают машиностроение и металлообработка, строятся судостроительные и металлообрабатывающие заводы, активно развивается текстильная промышленность [5]. Начиная с 1870 года территория южнее Обводного канала, включая отрезок от Московских ворот до Рощинской улицы, превращается в современный промышленный район. Территория застраивается производственными объектами, а также доходными домами и казармами для рабочих.

В Петербурге наибольшее развитие в конце XIX века приобрели отрасли промышленного производства, которые в первую очередь удовлетворяли потребности армии, флота и царского двора. Промышленная среда становится для новых районов Петербурга градообразующей. При строительстве применяются металлические конструкции, прогрессивные инженерные решения, неординарные объемно-пространственные и композиционные приемы. Такая среда сложилась к югу от Московских триумфальных ворот в 1880-1915 годах, где расположились:

- в 1885 году – городской парк конно-железных дорог, который в 1907 году сменил трамвайный парк;

- здания "Товарищества С.-Пб механического производства обуви", а с 1910 г. – товарищества «Скорород», (постройки 1885-1905 гг. –

техник А. И. Рейнбольдт, 1910-1914 гг. – архитектор Э. А. Густавсон, 1911-1913 гг. – архитектор О. Р. Мунц).

- акционерное общество «Сименс и Гальске», 1898 г.;

а также «Товарищество Санкт-Петербургского вагоностроительного завода», архитектурный комплекс, о специфике формирования которого хотелось бы рассказать подробнее.

Началом качественно нового этапа развития машиностроительной отрасли в Санкт-Петербурге стало строительство Царскосельской железной дороги. Вагоностроение как отрасль российской железодельной промышленности возникла в середине 19 века и в это время Петербург стал центром транспортного машиностроения.

Появление в России заводов по производству вагонов позволили отказаться от ввоза их из-за границы. Но подъем промышленного производства с развитием тяжелой индустрии и расширение отечественных железных дорог привело к тому, что возросла потребность в новых грузовых вагонах. В связи с этим было принято решение расширить вагоностроение на имеющихся заводах и организовать постройку новых [6]. Небольшой завод в Петербурге, изготавливавший фаянсы, патронные ящики и походные кухни, в 1897 году был значительно расширен и преобразовался в Петербургский вагоностроительный завод [7]. Весь комплекс заводских построек возведен в конце XIX – начале XX века. В 1892 году производственные здания по Колмовской улице переходят во владение прусских подданных купцов Филиппа Тимофеевича Эйлера и Отто Ивановича Пастора [7], а в 1893 году ими организовано товарищество на паях столярных, механических и литейных заводов «Эйлер и Пастор» [8]. К 1896 году основная территория будущего вагоностроительного завода сформировалась в пределах Колмовской улицы, 4, 5, 6 (бывшие номера домов 204, 203, 205), Забалканского проспекта, 99 (бывший д. 65) и Заставской улицы, 16-18.

В 1897 году завод «Эйлер и Пастор» меняет свой профиль и название предприятия на «Товарищество Санкт-Петербургского вагоностроительного завода» [9]. С этого года на заводе начинается интенсивное строительство современных мастерских, оборудованных специально для производства вагонов. Для обеспечения развития вагоностроительной отрасли на заводе планировалось построить вагоноборочный, малярный, слесарно-механический цеха. В 1897 году на территории «Товарищества Санкт-Петербургского вагоностроительного завода» возводятся хорошо оборудованные каменные мастерские: вагоно-

сборные (сборочные) мастерские на 12 и 28 вагонов, кузница, парилка, котельная мастерская, обойно-шорная, столярная и деревообделочная мастерская, жестяническая мастерская, административное здание (заводоуправление), слесарно-сборная мастерская, механическая мастерская с токарным, машинным и кочегарным отделениями, материальный склад, ледник и прачечная, столярная мастерская, деревянный жилой дом, кладовая для железа [10].

В 1898 году на угловом участке, расположенном на пересечении Забалканского проспекта и Заставской улицы, было построено здание заводу управления – трёхэтажное, с мансардой (проект 1896 г., инженер Н. А. Архангельский, объект сохранился до наших дней). Здание заводу управления (Московский пр., д.115) и расположено чуть с отступом от «красной» линии, его лицевой кирпичный фасад ориентирован на Московский проспект. Фасад вполне рационального здания, благодаря арочным оконным проемам и скромной отделке, выполненной в мелкой кирпичной пластике, имеет романтическую ренессансную трактовку.

В начале XX века заводские площади вновь были увеличены за счет покупки новых участков [11]. В разработке проектов мастерских вагоностроительного завода в период с 1897 по 1917 годы принимали участие:

- П.С. Самсонов (в 1883-1907 – участковый техник городской управы). Им были построены: заводу управления, обозно-сборная и колесная, токарно-слесарно-механическая мастерские;

- Н.А. Архангельский (до 1898 г. состоял на службе инженером Санкт-Петербургского крепостного инженерного управления и 2-й Санкт-Петербургской инженерной дистанции), в 1900-1908 гг. был архитектором Константиновского артиллерийского училища, с 1907 г. являлся инженером строительной части Главного управления военных учебных заведений, также являлся заместителем председателя городской думы, гласным Губернского земского собрания, известен как изобретатель, специалист по дорожному строительству и водоснабжению, значился членом ряда обществ и комиссий). Им были выполнены: проект надстройки дома по Забалканскому проспекту, 99, проект надстройки здания механической мастерской (1896 г.), вагоноборочные мастерские по Заставской улице и др.

- А.В. Друкер (техник, архитектор Императорской Академии Наук, Дворянского земельного и Крестьянского поземельного банков);

- В.В. Корвин-Круковский (гражданский инженер, с 1861 и после 1917 служил при Техническо-строительном комитете МВД, в Управлении казенных железных дорог, состоял техником и

инженером Санкт-Петербургского градоначальства и архитектором строительной экспедиции ВУИМ). Им были выполнены: проект чугунолитейной мастерской, изменение оконных проемов механической мастерской, проект тележной мастерской № 37 и мастерской № 62;

- Г.Х. Розовский (гражданский инженер, в начале XX века должности архитектора Вагоностроительного завода.). Осуществил несколько пристроек при токарно-механической мастерской, в 1912 году выполнил перестройку южного корпуса гальванического цеха, слесарно-сборной и малярной мастерской – 1913–1914 годы, перестройка здания автосцепки – в 1915 году, пристройка для склада кузнечного цеха, объединение обозно-колесной мастерской с обозно-малярной в 1916 году;

- А. Чемесов, гражданский инженер, Э.Ю. Гунст (в 1914 – инженер-технолог), Ф.-И.Д. Водзьяницкий (в 1903 инженер-техник), И. И. Тейхма - принимали участие в составлении планов и смет. Последние в начале XX века поочередно являлись директорами Вагоностроительного завода.

В 1915–1916 годах по проекту Г.Х. Розовского на месте старого деревянного здания в тех же габаритах было возведено каменное на железных столбах здание – с характерной архитектурой в стиле ретроспективизма, с использованием мотивов романской архитектуры (широкие окна первого этажа с завершением в виде трехцентровой арки, с наличниками и замковыми камнями, прямоугольными окнами в виде стилизованных бойниц, контрфорсов).

Заводские здания, предназначенные для различных производственных процессов, имели различные объемно-пространственные характеристики и при явном различии своих экстерьеров и силуэтных решений, были выполнены в схожей стилистике. Рационалистические решения объемов, прогрессивные конструктивные решения перекрытий со световыми фонарями сочетались с романтическими деталями – контрфорсами, окнами-бойницами, щипцами, рустовкой, лучковыми и арочными перемычками, которые придавали объектам ретроспективную окраску. Промышленные корпуса имели характерные для начала XX века конструктивные решения – каркасы из металлических колонн, металлические фермы, продольные световые фонари, шедовые покрытия. Оконные проемы имели заполнения с мелкой расстекловкой и во многих зданиях появлялись витражные окна, характерные для архитектуры модерна. Различные силуэтные решения – с характерными «острыми» неоготическими щипцами, с двускатными кровлями и остекленными объемами фонарей, с треугольными фронтонами и вертикалями дымовых труб – все это создавало сложную систему доминант и акцентов.

К 1913 году территория завода представляла собой своеобразный городок, застроенный в едином масштабе зданиями самых различных типов, разного функционального назначения, и, несмотря на это, необыкновенно целостный, обладающий высоким образным потенциалом (рис. 1, 2, 3).



Рис. 1. 1884 г. План города Санкт-Петербурга издания Щепанского

Гражданская война и революция приостановили отечественное вагоностроение. После 1917 года, несмотря на экономический кризис, Петроград и Ленинград сохранили статус промышленного центра. В 1918 году завод перешёл в собственность советского государства и стал именоваться «Пятый государственный механический и обозный завод», а в 1922 году заводу присвоили имя руководителя стачечного движения И.Е. Егорова. В этот период времен завод производит железнодорожные вагоны для пригородных поездов, поездов дальнего следования, товарные вагоны и железнодорожные платформы.

В годы Великой Отечественной войны Ленинградские заводы и фабрики переходят на выпуск оборонной продукции. На вагоностроительном заводе имени Егорова производили боеприпасы, занимались ремонтом танков; был создан специальный отдел мин. За годы войны на территорию завода было сброшено более 3000 бомб и снарядов и уже в 1941 году многие корпуса были повреждены. В инструментальный цех попала фугасная бомба и разрушила его, был поврежден сварочно-сборочный цех, деревообделочный цех. Деревянные постройки на территории завода были разобраны на дрова. Несмотря на постоянные бомбежки, работа на заводе не прекращалась.

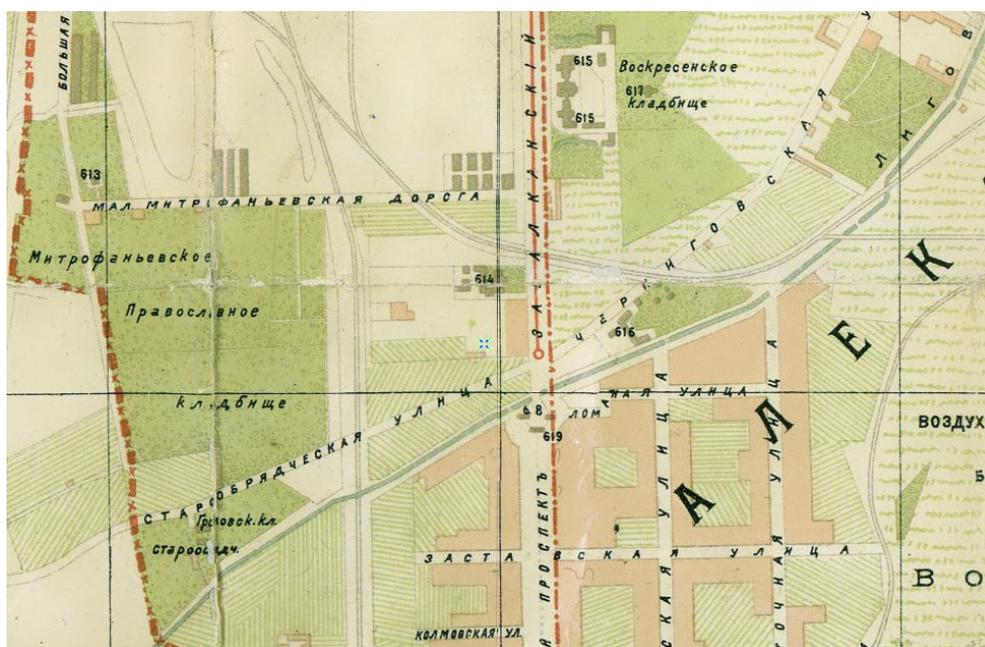


Рис. 2. 1903 План Ст. Петербурга к путеводителю Григория Москвича

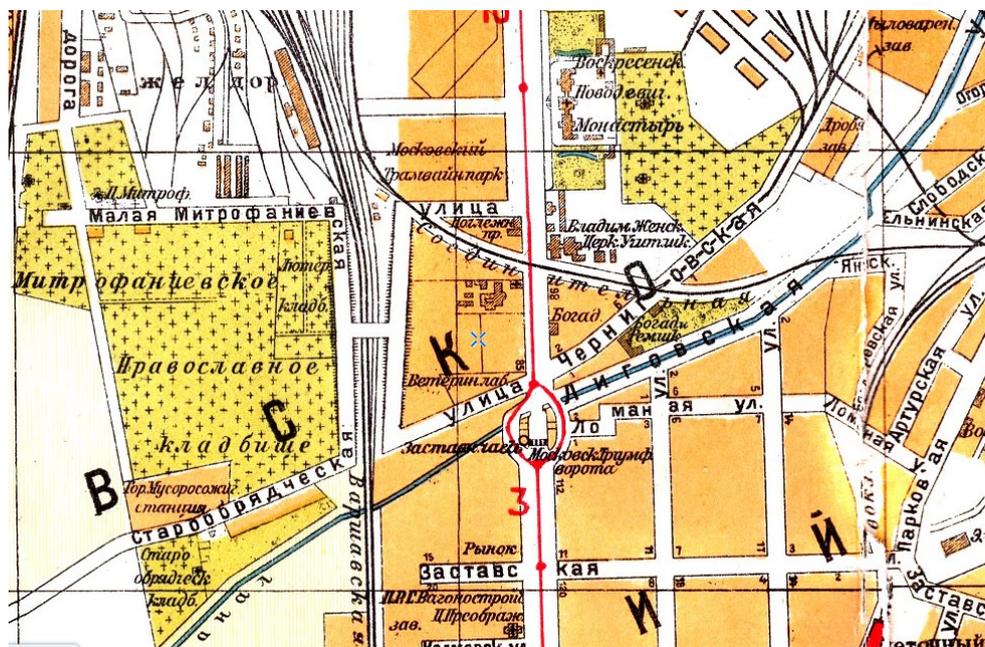


Рис. 3. План из путеводителя 1925 года: Весь Ленинград

В 1949 году были проведены восстановительные работы. Те уникальные металлические конструкции, которые остались после разрушений, причиненных войной, были сохранены. Во многих цехах появились новые решения интерьеров – галереи с деревянными ограждениями, характерными для 1950-х годов. Цеха были отремонтированы, их объемно-пространственное решение и масштаб не изменились; территория не потеряла свою аутентичность.

В начале 1990 года вагоностроительный завод был приватизирован, затем последовал кризис и производство приостановили.

К 2000 году выпуск продукции был возобновлен, но приватизации архитектурных объектов имела необратимые последствия – территория оказалась настолько привлекательной для инвесторов, что кампания по сохранению уникальной исторической среды заведомо была обречена на провал. Надо отметить, что, поскольку объекты вагоностроительного завода находились на фактически закрытой для горожан территории, общественный резонанс не был велик. Что представляют собой производственные постройки, расположенные за лицевым зданием заводоуправления – знали только рабочие завода. Парадоксален тот факт, что граница законодательно утвержденной охранной зоны, проходившая вдоль Московского проспекта, была проведена в свое время формально, прямо по промышленным зданиям конца XIX – начала XX вв., имеющим статус выявленных объектов культурного наследия. Результаты не замедлили сказаться – заводская территория, обладающая признаками целостной устойчивой среды, имеющая совершенно неповторимый колорит, стала площадкой для строительства жилого комплекса. Объекты, пережившие революции и войны, не смогли устоять от натиска рыночной экономики – в 2013 году большая часть исторической промышленной архитектуры заводского комплекса была снесена.

Выводы. В проектировании комплекса вагоностроительного завода в период с 1897 по 1917 годы принимали участие гражданский инженер Н. А. Архангельский, гражданский инженер В. В. Корвин-Круковский, архитектор А. В. Друкер, гражданский инженер Г. Х. Розовский (в начале XX века состоявший в должности архитектора Вагоностроительного завода), гражданские инженеры А. Чемесов, Э. Ю. Гунст, инженеры-техники И. Д. Водзьяницкий и И. И. Тейхма, участковый техник городской управы П. С. Самсонов. В планировке и объемно-пространственной композиции комплекса были воплощены наиболее характерные черты архитектурно-градостроитель-

ных приемов конца XIX – начала XX веков. В архитектуре заводских объектов сильны романтические тенденции, характерные для промышленной архитектуры Петербурга этого периода: рационалистические объемы, прогрессивные конструктивные решения перекрытий со световыми фонарями сочетались с ретроспективными деталями. Комплекс являлся целостным фрагментом исторической среды, обладал ярко выраженной объемно-пространственной идентичностью, представлял собой сложную систему доминант и акцентов. В силу того, что границы охранной зоны были утверждены в том виде, в котором был представлен проект охранных зон, то есть без сопоставления с границами охраны локальных объектов, архитектурный комплекс был утрачен.

Очевидно, что при проведении мероприятий, направленных на оптимизацию промышленных территорий, необходимо принимать за основу концепции сохранения, принятые для исторических городов в европейских странах. Это максимальное сохранение целостной исторической среды, ее масштаба и памяти места, использование исторического наследия в социально-культурных целях, сохранение устойчивых соотношений между исторической средой и современной застройкой, в пользу исторической. В противном случае придется признать, что при реконструктивных мероприятиях в историческом ядре Петербурга речь идет не о «архитектурно-градостроительной эволюции», а о градостроительной деградации территорий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пилявский В.И. Русские триумфальные памятники. Л., 1960. 160 с.
2. РГИА. Фонд 350. Опись 94. Дело 161. 1877.
3. Кириков Б. М., Штиглиц М. С. Петербург немецких архитекторов от барокко до авангарда. СПб. Чистый лист. 2002. 414 с.
4. Генеральный план столичного города С. Петербурга из атласа Зуева. [Электронный ресурс]. URL: http://www.etomesto.ru/map-peterburg_1858-zuev/ (дата обращения: 04.11.2020)
5. Штиглиц М. С. Промышленная архитектура Петербурга в сфере «индустриальной археологии». СПб, «Белое и Черное», 2003. 265 с.
6. История вагоностроения в России (до начала XX века). [Электронный ресурс]. URL: http://rzd-expo.ru/history/istoriya_vagonostroeniya_Rossii/ (дата обращения: 04.11.2020)
7. Архитектурный сайт Санкт-Петербурга. [Электронный ресурс]. URL:

<https://www.citywalls.ru/house5195.html> (дата обращения: 04.11.2020)

8. ЦГИА СПб. Ф. 1206. Оп. 1. Д. 234

9. Барышников М. Н. Деловой мир Петербурга. СПб., 2000. С. 342.

10 ЦГИА СПб. Ф. 515. Оп. 1. Д. 5029. 1879-1897.

11. ЦГИА СПб. Ф. 513. Оп. 145. Д. 93. 1898; Оп. 146. Д. 332. 1899. Д. 421. 1899. Ф. 1206. Оп. 1. Д. 239. 1897. Д. 243. 1898. Д. 244. 1898. Д. 247. 1899. Д. 248. 1899-1912. Оп. 2. Д. 27. 1917.

12. ЦГИА СПб. Ф. 513. Оп. 148. Д. 145. 1902. Ф. 1206. Оп.1. Д. 261 1903-1904.

Информация об авторах

Гранстрем Мария Александровна, кандидат архитектуры, доцент кафедры истории и теории архитектуры. E-mail: arch_project@bk.ru Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 190005, Санкт-Петербург, 2-ая Красноармейская, 4.

Золотарева Милена Владимировна, кандидат архитектуры, доцент кафедры истории и теории архитектуры. E-mail: goldmile@yandex.ru Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 190005, Санкт-Петербург, 2-ая Красноармейская ул. 4.

Никитин Юрий Анатольевич, доктор архитектуры, профессор, профессор-консультант СПбГАСУ. E-mail: juri-nikitin@yandex.ru. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 190005, Санкт-Петербург, 2-ая Красноармейская ул. 4.

Поступила 22.04.2021 г.

© Гранстрем М.А., Золотарева М.В., Никитин Ю.А., 2021

***Granstrem M.A., Zolotareva M.V., Nikitin Yu.A.**
Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
*E-mail: arch_project@bk.ru

ARCHITECTURAL AND URBAN PLANNING EVOLUTION OF THE INDUSTRIAL AREA NEAR MOSKOVSKAYA ZASTAVA IN SAINT PETERSBURG

Abstract. *This paper discusses the urban planning history of an area in Saint Petersburg around the former Moskovskaya Zastava, a historical gateway that travelers passed through when approaching Saint Petersburg from the direction of Moscow. Specifically, authors are interested in the architecture of the carriage building plant. By the end of the 19th century, this part of the city had turned into an industrial area, which saw dense development from 1897 to 1917. The development of heavy industry and the expansion of domestic railways led to an emerging demand in new freight cars. In this regard, it was decided to expand the car building at the existing factories, as well as to organize the construction of new ones. A small factory in St. Petersburg, which produced phaetons, cartridge boxes and field kitchens, in 1897 was significantly expanded and transformed into the St. Petersburg railcar plant. The characteristic features of the architectural and town-planning techniques of the late 19th - early 20th centuries were embodied in the volumetric-spatial composition of the carriage-building plant complex. The strong romantic tendencies characteristic for the industrial architecture of St. Petersburg of this period were clearly traced in its composition. For the next one hundred years, this vast space did not see any transformations, constituting a complete, self-sufficient environment. The railcar plant, originally constructed at the very end of the 19th century, remained standing near Moskovskaya Zastava until the early 21st century. In 2013, the industrial area ceased its existence, and the former plant was given away for residential development.*

Keywords: *industrial enterprises, historical industrial zone, Moskovskiye Vorota, environment-forming buildings, railcar plant.*

REFERENCES

1. Pilyavsky V.I. Russian triumphal monuments [Russkie triumfal'ny'e pamyatniki]. L., 1960. 160. (rus)
2. Russian State Historical Archives [RGIA]. Fund 350. Inv. 94. Case 161. 1877. (rus)
3. Kirikov B.M., Stieglitz M.S. Petersburg of German architects from baroque to avant-garde [Peterburg nemeckikh arkhitektorov ot barokko do avangarda] SPb. Blank sheet. 2002. 414 p. (rus)
4. General plan of the capital city of St. Petersburg from Zuev's atlas. [General'ny'j plan stolichnogo goroda S. Peterburga iz atlasa Zueva]. URL: http://www.etomesto.ru/map-peterburg_1858-zuev/ (date of treatment: 04.11.2020) (rus)

5. Stieglitz M.S. Industrial architecture of St. Petersburg in the field of "industrial archeology"[Promy'shlennaya arkhitektura Peterburga v sfere «industrial'noj arkheologii]. St. Petersburg, "White and Black", 2003. 265 p. (rus)

6. History of car building in Russia (before the beginning of the twentieth century). [Istoriya vagonostroeniya v Rossii]. URL: http://rzd-expo.ru/history/istoriya_vagonostroeniya_Rossii (date of treatment: 04.11.2020) (rus)

7. Architectural site of St. Petersburg [Arhitekturnyj sayt Sankt-Peterburga]. URL: <https://www.citywalls.ru/house5195.html> (date of treatment: 04.11.2020) (rus)

8. Central State Archives of St. Petersburg [CzGIA]. Fund 1206. Inv. 1. Case 234. (rus)

9. Baryshnikov M.N. The business world of St. Petersburg [Delovoj mir Peterburga]. SPb., 2000. 342 p. (rus)

10. Central State Archives of St. Petersburg [CzGIA]. Fund 515. Inv. 1. Case 5029.1879-1897. (rus)

11. Central State Archives of St. Petersburg [CzGIA]. Fund. 513. Inv. 145, Case 93, 1898; Inv. 146, Case 332, 1899. Case 421.1899. Fund 1206. Inv. 1. Case 239. 1897. Case 243. 1898. Case 244. 1888. Case 247. 1899. Case 248. 1899-1912. Inv. 2. Case 27. 1917. (rus)

12. Central State Archives of St. Petersburg [CzGIA]. Fund 513. Op. 148, D. 145. 1902. Fund 1206, Op. 1. D. 261 1903-1904. (rus)

Information about the authors

Granstrem, Maria A. Candidate of Architecture, Associate Professor. E-mail: arch_project@bk.ru St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Russia, 190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya St. 4.

Zolotareva, Milena V. Candidate of Architecture, Associate Professor. E-mail: goldmile@yandex.ru St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Russia, 190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya St. 4.

Nikitin, Yuri A. Doctor of Architecture, Professor. E-mail: juri-nikitin@yandex.ru St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Russia, 190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya St. 4.

Received 22.04.2021

Для цитирования:

Гранстрем М.А., Золотарева М.В., Никитин Ю.А. Архитектурно-градостроительная эволюция промышленной территории, расположенной у Московской заставы в Петербурге // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 10. С. 25–32. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-25-32

For citation:

Granstrem M.A., Zolotareva M.V., Nikitin Yu.A. Architectural and urban planning evolution of the industrial area near moskovskaya zastava in Saint Petersburg. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 10. Pp. 25–32. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-25-32

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-33-46

Братищев А.К.

Московский архитектурный институт (государственная академия)

E-mail: a.bratishchev@markhi.ru

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРЫ МЕТРОПОЛИТЕНА (1823-2000 гг.)

Аннотация. *Метрополитен на протяжении 200 лет осуществляет большую часть пассажирских перевозок в крупных городах и мегаполисах. В архитектуре метро воплощаются культурные идеалы, исторические вехи и достижения общества в различных сферах. Метрополитен представляет собой транспортный каркас города, участвует в формировании градостроительного ансамбля. Для устойчивого развития метрополитена необходимо комплексное изучение его архитектуры, анализ отечественных и зарубежных аналогов: предпосылок и хронологии развития метро, выявление концепций, направлений, принципов и приёмов архитектурного формирования объектов метрополитена. Благодаря системному подходу к архитектурному анализу и проектированию метрополитена, выявлению важности роли архитектора станет возможным определение перспектив и вектора развития транспортной инфраструктуры, повышение качества и безопасности пассажирских перевозок, проектирование энергоэффективных, автономных, экономичных, эстетичных и эргономичных станций метро. Высокие темпы современного проектирования метрополитена требуют выработки мер для сохранения единства линий метро, связи с городским пространством. Систематизация и классификация тенденций развития архитектуры метро в период с 1823 по 2000 гг. позволит определить арсенал архитектурных приёмов, выработать градостроительные подходы к архитектурному решению станций.*

Ключевые слова: *архитектура метрополитена, планировочная структура метро, архитектурная концепция метрополитена, архитектурные направления, архитектурные принципы и приёмы метро.*

Введение. В процессе быстрого роста плотности населения городов, высоким темпам развития экономики, сильной загруженности улично-дорожной сети возникала потребность в новом регулярном внеуличном виде транспорта. Вследствие чего велась разработка решений для строительства сети метрополитена. Транспортная система метро отражает пространственно-планировочную структуру города, функциональное зонирование территории [4]. Благодаря появлению метро стала возможна более плотная система расселения людей (по мнению исследователя Г.А. Гольца), а соответственно и создание мегаполисов, иных форм взаимодействия власти и общества, способов преодоления преград и пространственной изоляции, связь городских территорий в единое целое, уменьшение климатических воздействий. Система метрополитена широко распространена по всему миру: в 148 городах имеется 9000 станций на 540 линиях. Как транспортная сеть, метрополитен появился сначала в Англии (Лондоне 1863г.), затем в США (Нью-Йорке 1868г.), Венгрии (Будапеште 1896г.), Франции (Париже 1900г.), Германии (Берлине 1902г.), СССР (Москве 1935г. и Ленинграде 1955г.), Китае (Пекине 1969г., Гонконге 1979г., Шанхае 1993г.).

Представленное научное исследование посвящено теме развития архитектуры метрополитена, в частности, тенденциям объёмно-пространственного проектирования станций Московского метро.

Актуальность исследования заключается в том, что в условиях современных высоких темпов проектирования и строительства объектов метрополитена тема оценки его конструктивных, архитектурных, планировочных преобразований привлекает исследователей и специалистов самых разных областей и дисциплин. Представленный анализ проблем архитектурно-планировочного формирования метрополитена весьма своевременен и вызывает интерес в связи с поиском решения транспортных вопросов проектирования станций метро в аспекте устойчивого развития.

Цель исследования: определение ведущей градостроительной концепции, приоритетных направлений проектирования метро в период с 1823 по 2000гг., систематизация архитектурных принципов и приёмов объёмно-пространственного проектирования объектов метрополитена (вестибюлей, станционных залов, наклонных эскалаторных ходов, пересадок и служебных объектов: вентиляционных киосков, метромостов, тягово-понижительных подстанций, электро-

депо), реализуемых в разные периоды его развития. Составление «каталога» архитектурных принципов и приёмов позволит обогатить арсенал современных архитекторов, переосмыслить исторический опыт.

Задачи исследования:

- изучить предпосылки и хронологию развития архитектуры зарубежных и отечественных метрополитенов;

- определить градостроительную концепцию, принципы и приёмы проектирования метрополитена;

- сформировать «каталог» архитектурных принципов и приёмов, реализуемых на разных этапах развития отечественных и зарубежных метрополитенов;

- дать оценку полученным результатам и возможности их применения в условиях Москвы.

Объект исследования: архитектурному анализу подлежит станционный комплекс, включающий вестибюли станций, наклонные ходы, вертикальные стволы, платформенную часть, служебные объекты (вентиляционные киоски), а также трассу с линейными строениями вдоль неё, территорию, прилегающую к метрополитену, расположение метро в структуре города.

Границы исследования:

- временные – с 1823г. (момента образования метрополитена в мире) по 2000 гг. (период, связанный с активным проектированием крупных транспортно-пересадочных узлов (ТПУ), сформированных на основе сети метро);

- пространственные – РФ, Европа, страны Ближнего Востока, азиатские государства (Япония, Китай, Корея).

Методы исследования: изучение метрополитена возможно посредством работы с текстовыми и графическими материалами, находящимися на электронных сайтах и форумах, посвящённых транспорту, при работе с архивами и изучении специализированной литературы, натурному обследованию объектов метро, посещения лекций, систематизации и ранжированию полученных данных, выявлению основных тенденций развития метрополитена, графо-аналитическому анализу, исследованию и сравнению отечественного и зарубежного опыта, интервьюированию практикующих проектировщиков метрополитена, использованию метода функционально-пространственного моделирования метрополитена.

Научная новизна работы заключается в том, что комплексно рассматриваются такие направления как экономичность, оптимизация и технологичность; безопасность, снижение негативного воздействия на здоровье пассажиров и

персонала; энергоэффективность и энергосбережение; эстетичность, гуманизм, эргономичность и раскрывает их реализацию с помощью соответствующих принципов и приёмов, показано их значение именно применительно к транспортному аспекту.

Практическая значимость результатов: проблематика научной статьи представляет интерес для исследователей и практиков, связанных с проектированием метрополитена и городских транспортных объектов в целом.

Архитектура метрополитена – это художественное осмысление технической транспортной инфраструктуры в рамках культурных установок общества, его экономических и социальных потребностей. Метрополитен – это язык зрительных образов, благодаря которому формируется массовое сознание, культура, осознание каждым человеком себя в истории. В проекте метро воплощается творческая позиция автора, широта его мировоззренческих установок. Выявление и систематизация принципов и приёмов архитектурного формирования объектов метрополитена возможна посредством выделения основных направлений устойчивого развития метро.

Основные направления развития метрополитена можно определить, как:

- экономичность, оптимизация и технологичность;

- безопасность, снижение негативного воздействия на здоровье людей;

- энергоэффективность и энергосбережение;

- эстетичность, гуманизм, эргономичность.

Градостроительные принципы и приёмы развития метрополитена:

- сеть метрополитена повторяет улично-дорожный каркас города. К примеру, в Москве радиально-кольцевая структура и моноцентричный характер развития агломерации [11];

- принцип закольцованности линий метро для возможности альтернативной пересадки, недопущение тупикового движения;

- учёт принципа ограничения роста городов и, соответственно, расширение метрополитена. Для Москвы необходимо полицентрическое развитие;

- принцип доступности территорий – равномерности распределения станций метро в городе. При радиально-кольцевой структуре необходимо увеличение плотности сети метрополитена в периферийных районах;

- необходимость связи метро и ж/д линий, вокзалов и диаметров, проходящих через город [17];

- проектирование «экспресс-метро», проходящего с минимальным количеством остановок через центр города [6];

- проектирование грузового метро, соединяющего основные промышленные и социальные объекты [3];

- организация территории вокруг наземных объектов метрополитена посредством устройства площадей, парков, скверов.

Экономичность, оптимизация, технологичность

Впервые метрополитен начал функционировать в 1823г. в Лондоне. Железнодорожные вокзалы находились на окраинах города и не могли доставлять людей в центр. Поэтому метро было выходом из создавшейся ситуации. Для перевозки пассажиров использовали паровозы. На станциях для отвода дыма были спроектированы отверстия в сводах и кровле. Использование электричества в 1905 году значительно улучшило комфорт поездок. Первые годы работы метро показали, что только при совместном функционировании всех линии и наличии удобных пересадок метро выполняет свою функцию. Во время войны станции лондонского метрополитена использовались как убежище. Все перечисленные моменты были присущи и метрополитену Москвы за исключением того, что с самого начала метрополитен был электрифицирован. Создание единой узнаваемой навигации за счёт стел, анфиладной планировки станций (последовательному соединению архитектурных объёмов), облицовке с направляющими линиями были отличительной чертой метро от других видов транспорта. В 1930-е годы в Англии в качестве основного строительного материала активно применяли керамический кирпич. Витражное и ленточное остекление обеспечивало вестибюли естественным освещением. Станционные комплексы представляли собой композицию из геометрических тел с минимальным количеством декора. Станции устраивались в траншеях под улицами. В центральной части города старались отказаться от наземного расположения метро на эстакадах из-за производимого поездами шума и нарушения исторической застройки. Монтаж и использование эскалаторов на станции «Эрлс-Корт» в 1911г. позволило размещать платформы на большей глубине. Однако чаще применялись лифты. В Московском метрополитене лифты не применяли, так как они обладают малой пропускной способностью. По большей части наземный, гонконгский метрополитен отличается строительством подводных туннелей, связывающих земли в единый экономический регион. Это потребовало архитектурного решения въездных групп под землю. На московском метро въездные группы в подземные туннели метрополитена архитектурно не решались, так как находятся вне обзора пассажиров в зоне метрополитена. Самая

глубокая в мире станция «Арсенальная» была построена в Киеве на глубине 120 м. На ней применили порталы и пилоны, которые обеспечивают жесткость и прочность конструкции станции. Распределительный зал вестибюля станции «Арсенальная» перед эскалаторным наклоном перекрыт куполом. Аналогичные приёмы наблюдались и в архитектуре Московского метро на станциях глубокого заложения. Метрополитен в Осло (Норвегии) был построен в 1966 году по большей части надземный и образован из сети трамвайных линий, принадлежащих разным компаниям. Все линии в центре проходят в одном туннеле, а затем расходятся на 8 веток. В Москве также имеются наземные станции метро. Однако эксплуатация путевого хозяйства таких станций обходится дороже, а также они не могут быть укрываемыми и использоваться в качестве убежища. Круглосуточное метро в Америке (Чикаго, Нью-Йорке, Нью-Джерси, Филадельфии) позволило обеспечить непрерывный трудовой цикл жителям городов. Под улицами Чикаго функционирует грузовое метро с погрузочными платформами. Необычное решение было применено в Хаифе в Израиле по проектированию ступенчатого подземного метро «кармелит» (схожий с фуникулёром) на склоне горы. Однако в Москве при больших пассажирских потоках такой подход к организации внутреннего пространства станций невозможен.

Метрополитен в Москве был открыт в 15 мая 1935г. Благодаря метро решался вопрос децентрализации, увеличения доступности городских территорий. За основу строительства метро была взята радиально-кольцевая структура улично-дорожной сети и схема сети пригородных железных дорог. В 1936 году метрополитен провозил 5 % пассажиров, в 1940 г. – 14 %, в 1943 г. – 32 %, 1946 г. – 43 %. На 1946 г. трамвай осуществлял 42% перевозок, троллейбус – 9 %, автобус – 5 %. Среднее расстояние между станциями было принято 1,5 км. Первоначально радиальными линиями были связаны основные городские социальные объекты: предприятия, парки, стадионы [14]. Далее Кольцевая линия соединила железнодорожные вокзалы [2]. Затем радиальные линии метро продлевались по направлению расположения аэропортов и крупных удалённых жилых массивов. Станции московского метрополитена представляли собой синтез монументальных видов искусств: скульптур, фресок, мозаик, витражей. Примером могут служить станции «Таганская» и «Комсомольская» Кольцевой линии. Алексей Николаевич Душкин (автор станций метро второй половины 20в. «Маяковская», «Дворец Советов» ныне "Кропоткинская", «Пло-

щадь Революции») писал: «Чужда мысль имитировать и создавать бутафорные, раздутые формы» [19]. С ноября 1955 года при Н.С. Хрущеве вышел указ об устранении излишеств в проектировании и строительстве [15]. Были актуальны экономичные, функциональные транспортные объекты. Строились типовые станции, «станции-сороконожки», так названные по числу колонн: «Пролетарская», «Волгоградский проспект», «Текстильщики». Позже архитектурное сообщество находилось под влиянием модернизма и функционализма. Основной идеей была возможность быстро обеспечить людей экономичными, удобными социальными объектами. Индустриализация позволила вывести общество на путь более динамичной и технологичной жизни. Модернисты считали главной задачей современной архитектуры – стирание границ социального неравенства, повышение уровня жизни среднего класса путём рационализации строительных процессов и пропаганды доступной массовой продукции. Главной ценностью данного стиля была незавершенность развития. Модернизм использовался в качестве творческого инструмента образы современных заводов, фабрик, машин. Его характерными чертами были прямые линии, плоские крыши у вестибюлей станций метро, отделение несущих конструкций от конструкций фасадов, открытость внутренней планировки зданий за счёт витражного остекления. Активное строительство жилья в пригородах Москвы спровоцировало переезд многих жителей из плотно застроенного центра столицы. Стали преобладать такие стилевые тенденции,

как хайтек и минимализм. В настоящее время можно выделить наличие множественности идей (плюрализм). Стилиевое развитие архитектуры метро взаимоувязано с мировыми экономическими, социальными, политическими процессами, развитием научных знаний. Выработка единого выразительного и гуманного языка для метрополитена является современной задачей архитекторов.

Архитектурные принципы и приёмы:

- экспериментальность со средствами механизации (использование тоннелепроходческих щитов различных диаметров и формы, использование катучей опалубки) (рис. 1, 2) при проектировании станций метро позволила создать разнообразие форм и очертаний станций (односводчатых, двухсводчатых, трёхсводчатых, с прямоугольным сечением), потолков (плоских, с поперечными, продольными, перекрёстными балками) и сводов (цилиндрических, волнистых, складчатых, кессонированных сводов порталов, сводов с нишами, с подпружными арками, с устройством куполов), проходов между пилонами и колоннами (архитектурное решение перемычек, уступчатых арок-проходов), устройство аркад, применение шага опор (колонн, пилонов с шагом 4 м, 7 м, 8 м), формы пилонов (вертикальных, наклонных, криволинейных), формы наклонных ходов (с цилиндрическим сводом, с уступчатым потолком, с волнистым потолком), арочных ниш, устройства арочных и прямоугольных порталов, световых ниш различной формы и глубины, подвесных водозащитных зонтов [1];



Рис. 1. Типы станций по глубине заложения: а) наземная; б) малого и большого заложения



Рис. 2. Типовые сечения станций малого и большого заложения: а) колонная; б) односводчатая; в) пилонная

- экономичность строительства и неповторимость архитектурного образа благодаря применению местных строительных и отделочных материалов [9];

- модульность, унификация, типизация строительства позволяет увеличить качество строительства и сократить сроки возведения объектов;

- структурированность, системность, зонирование, многофункциональность пространств благодаря рациональной планировочной структуре [12];

- перспективное развитие станций за счёт гибкости планировок, использования каркасной

и комбинированной конструктивных систем. Использование в композиции зданий метро простых геометрических форм увеличивает возможность достраивания, модульного пристраивания, расширения объёма и площадей существующих зданий, обеспечивает стадийность строительства станционного комплекса;

- уменьшение количества опор на станции позволяет уменьшить количество препятствий для пассажиров;

- использование винтовых лестниц в едином многосветном пространстве (стволе, взамен наклонному ходу) — экономично, энергоэффек-

тивно, так как экономится пространство подземной выработки, обеспечивается верхнее естественное освещение (рис. 3) [16];

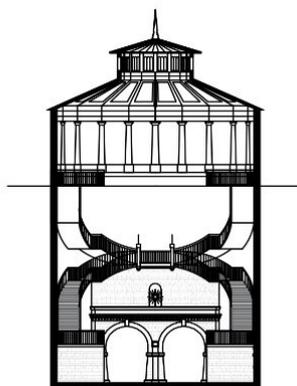


Рис. 3. Вестибюль пешеходного тоннеля под Темзой в Лондоне (1851–55 гг.)

- использование эстакадного метро удешевляет строительные работы. При этом необходимо архитектурное решение станций и меры по уменьшению воздействия шума на прилегающую территорию за счёт использования шумозащитных экранов, озеленения;

- в условиях плотной городской застройки возможно использование приёмов встраивания, пристраивания, интеграции с общественными и жилыми зданиями (рис. 4, 5, 6).

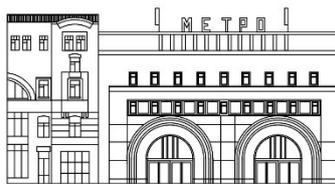


Рис. 4. Фасад вестибюля ст. метро «Лубянка» (бывшая «Площадь Дзержинского» 1935г.), арх. Н.А. Ладовский, стиль – рационализм



Рис. 5. Вестибюль ст. метро «Автозаводская» 1943г. (бывшая «Завод им. Сталина» 1956г.)

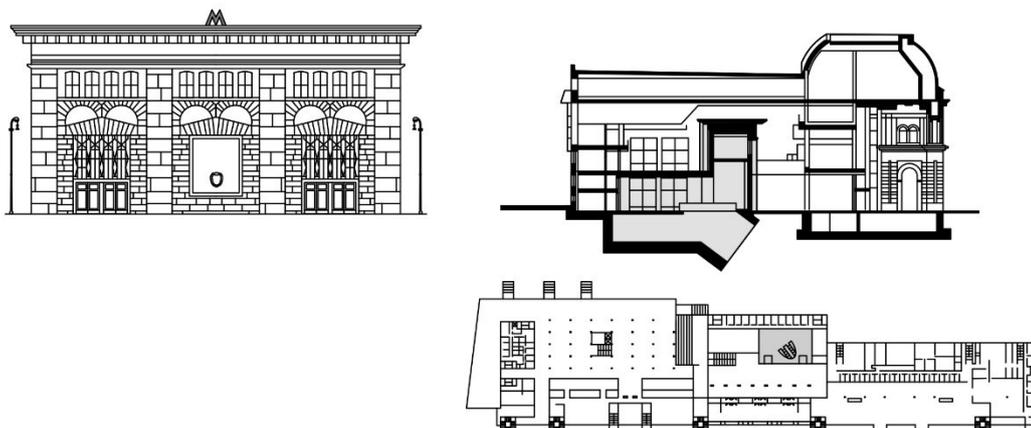


Рис. 6. Фасад отдельностоящего южный вестибюля ст. метро «Павелецкая» Замоскворецкой линии 1943г. Арх. А.Н. Душкин, Н.С. Князев (слева), разрез и план Павелецкого вокзала со встроенным южным вестибюлем станции метро «Павелецкая» (справа)

Безопасность, снижение негативного воздействия на здоровье пассажиров

Пекинский метрополитен со станциями преимущественно малого заложения, был открыт в 1969 году. Проектировщики применяли для обеспечения безопасной посадки и высадки из состава платформенные ворота и двери, гибкие подъёмные ограждения, проектировали отдельные посадочные платформы и вагоны для женщин. Использование перечисленных приёмов применимо и для московского метрополитена. В 1960-е гг. в метрополитене Санкт-Петербурга на девяти станциях также использовалась технология горизонтальных лифтов (устройство платформенных дверей) [8]. В 1974 году открылся метрополитен в Сеуле – столице республики Корея. Там же находится самая длинная линия метро в мире – 47,6км. Снабжение станций платформенными раздвижными воротами в Сеуле позволило принимать большие потоки пассажиров. Зачастую строительство метро велось с целью соединения крупных железнодорожных узлов.

Метрополитен на шинном ходу впервые был введён с рельсовыми путями в Монреале (Канаде), затем в Мехико (столице Мексики), Сантьяго (столица Чили), Париже, Лионе и Марселе (Франции), Кобе и Саппоро (Японии) и без рель-

совых – в Лилле, Тулузе и Ренне (Франции), Турине (Италии). Данное изобретение позволило преодолевать уклон трассы более 13 %. Однако применение в Москве такого приёма не актуально, так как шины пожароопасны, недолговечны, имеют запах из-за трения.

Архитектурные принципы и приёмы:

- функционализм, рационализм (Н.А. Ладовского), эргономичность, ясность и понятность планировочной структуры, возможность перспективного развития станций метро, отсутствие бутафорных форм;
- использование метро в качестве убежища;
- применение платформенных ворот и гибких ограждений;
- универсальная планировка, позволяющая регулировать пассажирские потоки за счёт временных ограждений;
- мультимодальная технологическая основа позволяет реагировать на потребности общества;
- устройство пилоастр и скругление острых углов позволяет уменьшить травмоопасность на станции;
- дополнительные сооружения (эскалаторные галереи, мосты и тоннели с траволаторами) помогают преодолевать ландшафтные препятствия на пути к метро (рис. 7);

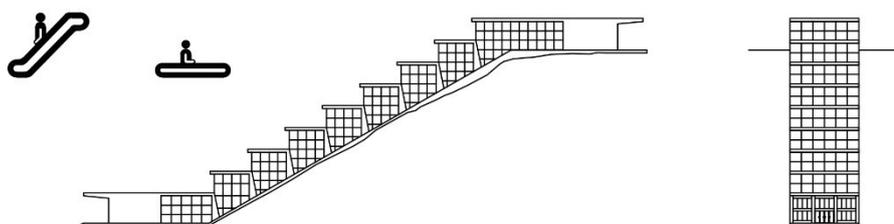


Рис. 7. Крытая эскалаторная галерея на Воробьёвых горах арх. Н.А. Алёшина, А.Ф. Стрельников 1959 г. (сталь – конструктивизм)

- принцип соразмерность человеку позволяет создавать эргономичные пространства. Такого рода объекты не создают большого скопления людей и удобны при эксплуатации и ремонте;

- беседки, навесы, галереи по периметру вестибюля позволяют укрыться пассажирам от неблагоприятных климатических условий для ожидания или встреч. Форма вестибюля может

подчёркивать характер места. Так, например, если поблизости метро расположен парк, вестибюль может быть выполнен в форме беседки, как на станции «Орехово» московского метрополитена (рис. 8). Интеграция с ландшафтом, устройство эксплуатируемой кровли (как на станции метро «Чертановская»), заглубление линии метрополитена позволяет организовать мосты (рис. 8), экодуки для связи прилегающих территорий.

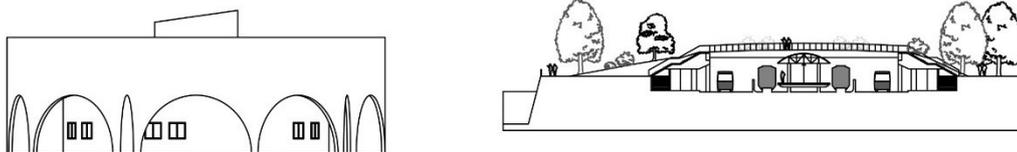


Рис. 8. Южный вестибюль ст. метро «Орехово» арх. Л.Н. Попов, В.С. Волович, Г.С. Мун 1984г. (слева), схема разреза интеграции станции метро с ландшафтом (справа)

Энергоэффективность и энергосбережение

Необходимо использовать экологичные, качественные строительные материалы: кирпич, бетон (возможно, со следами деревянной опалубки, создающей живописный орнамент), панорамное остекление, тонкие ленты металла и массивные чугунные конструкции тубингов [13]. Московский метрополитен отличается от других мировых аналогов использованием долговечных отделочных материалов: плит из гранита и мрамора, керамической (станция «Тёплый стан») и ячеистой металлической плитки (станция «Новоясеневская»). «Не нужно использовать больше ресурсов, чем нам может потребоваться и не следует использовать больше того, что может быть воссоздано за то же самое время, пока мы их расходует» [3]. Этот исходный принцип устойчивой

архитектуры, сформулированный архитекторами, должен стать «путеводной звездой» для будущих проектировщиков.

Архитектурные принципы и приёмы:

- ленточное остекление по периметру здания, устройство зенитных фонарей, шедов, полых световодов обеспечивают объектам метро автономное равномерное естественное освещение (рис. 9) [18];

- уменьшение площади фасада и выбор компактных форм объектов метро в плане снижает теплопотери и энергозатраты;

- типовое строительство, унификация, типизация, блочное и модульное проектирование позволяют уменьшить трудозатраты, снизить стоимость и повысить качество и темпы строительных работ (рис. 9).

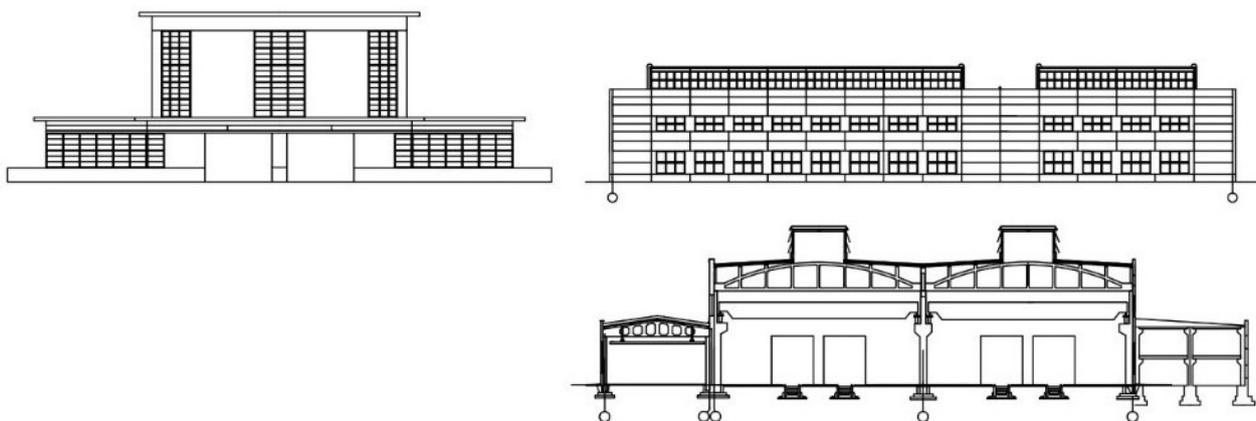


Рис. 9. Вестибюль ст. метро «Арнос Гроув» в Лондоне 1932г. арх. Чарльз Холден (слева), типовой проект электродепо в Москве (справа)

Эстетичность, гуманизм, эргономичность

Во Франции на первых станциях метро преобладал стиль ар-нуво с использованием ковки с растительными орнаментами в сочетании со стеклом [6]. На станциях московского метро также активно используются элементы ковки в композициях осветительных конструкций, вентиляционных решётках, ограждениях, скамьях. В Париже сеть метро прокладывали неглубоко под улицами. Пригородные электрички спроектированы глубже. Плотность расположения станций метрополитена в Париже очень высокая со средним расстоянием 550м, против 1500м в Москве. В основном все станции односводчатые или однопролётные. Появление узловых пересадок с

большим количеством станций позволило связать разные направления. В Париже станции «Republique» и «Chatelet» связывают 5 линий метрополитена, что является мировым рекордом. В Москве также имеются крупные пересадочные узлы на станциях «Библиотека им. Ленина», «Охотный ряд», «Тверская», «Курская», «Чистые пруды», «Третьяковская», «Таганская», «Киевская».

Архитекторы московского метрополитена при проектировании учитывали универсальный принцип архитектоники – связи, подчёркивания конструкций и создаваемого архитектурного образа. Отличительной чертой берлинского метро было расположение метрополитена на эстакадах

(рис. 10). В Москве строительство метро на эстакадах не практиковали из-за негативных эстетических качеств, производимого шума, нарушения градостроительного ансамбля города, неудобства устройства пересечения наземного метрополи-

тена, нарушения исторического характера столицы [7]. Однако для преодоления водных преград в Москве имеется 8 метромостов, которые в свою очередь формируют панораму городской набережной.

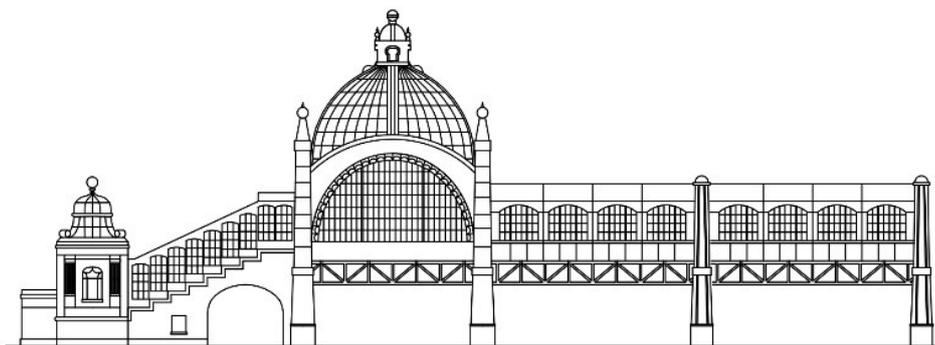


Рис. 10. Ст. метро «Ноллендорплац» в Белине (1913 г.), арх. Альфред Гренандер

В Берлине явно прослеживались идеи классицизма в постройках метро. Было актуально выполнение реплик на мировые монументальные знаковые здания, символизм, применение куполообразных форм. Использование такого приёма, как метафора – скрытого сравнения архитектурного сооружения с историческими аналогами. Необходимо отражать историю, культуру и географические особенности местности, используя не прямое заимствование зримых образов существующих построек. На принципы формообразования в творчестве архитекторов-метростроителей в Москве повлияла храмовая подземная архитектура [8]. Интерьерные конструкции, образующие храмовый архетип, продолжают модернизироваться для воплощения в работах проектировщиков. В концепциях станций используются символизм чисел, ритма и метра, сближения пропорций, проекций разрезов и приёмов отделки со знаковыми объектами [4]. Геометрия круга в планах и интерьерах помещений символизирует единство, общность, идею центричности. При проектировании московского метрополитена архитекторы также активно применяли классические композиционные решения: античное понимание гармонии, меры, ритма и композиции, направленные на познание вечного, незыблемого, основ построения мира [5]. Масштаб, композиция постройки выполнялись в соответствии с законами ордерной архитектуры. Архитектурные композиции, как правило, уравновешены. Однако присутствует лёгкость и динамика. При проектировании метрополитена архитекторы не избегали симметрии, но как сильнейший приём эмоционального воздействия, использовали и частично нарушали его. Тщательно продумывалось поведение пассажира в пространстве метро.

Входные группы вестибюлей обустраивали и акцентировали за счёт проектирования арок, портиков, развитого стилобата, организации подходов к зданию аркадами, альковами (нишами) со скамьями, цветниками. Для выбора пассажиром направления движения, проектировались распределительные залы как в уровне вестибюлей и платформ, так и на промежуточных уровнях (станции метро «Киевская» московского метрополитена). Объём распределительного зала представляет собой образ центра, где происходит встреча людей, откуда человек отправляется в путь. Цель передвижения человека в пространстве ансамбля транспортного объекта – платформа, куда сходятся все пути и элементы ансамбля. Проявляется осевое движение, что даёт человеку возможность правильно и быстро ориентироваться в пространстве. Благодаря организации движения пассажиров, символизму архитектурной композиции, монументальным декоративным композициям проектировщик предлагает задуматься человеку о своем уровне взаимодействия с обществом. Проходя мимо различных изображений (фресок, мозаик, скульптур), олицетворяющих те или иные аспекты человеческой деятельности, пассажир может оценить уровень своего участия в общественных начинаниях, определить свою гражданскую позицию. Таким образом метрополитен выполняет просветительскую функцию, роль объединяющего начала для людей. Гармония – это внутреннее спокойствие через пропорции, демонстрирующее единство человека и природы. Архитектура метро должна являть собой синтез природы и построек, интегрированных в ландшафт. Мерой для архитектора-метростроителя является человек. Соразмерность служит для того, чтобы облагородить

человека, подчеркнуть его гармоничное сочетание с окружающей средой, гуманность [2]. Архитекторами было подмечено, что психологическое воздействие широких общественных пространств здания на зрителя велико. Сознание человека, вошедшего в пространство станционного комплекса с использованием куполов, сводов, больших открытых залов трансформируется из мелкомасштабного, рутинного в сознание горожанина, мыслящего более широкими понятиями. Масштаб здания воздействует на человека положительно, облагораживает его духовно. Ритм понимается как определенный набор традиции, законов, порядков [2]. Данный приём прослеживается в повторении колонн на платформе и вестибюле, ниш, проёмов. Постройки могут иметь крупную пластику конструкций и контраст фактур и цвета различных материалов. Креповка – членение пилонов на станции «Октябрьская» московского метрополитена визуально облегчает конструкцию, придаёт ей стройность. В оформлении интерьеров станций метро используют бетонные блоки и чугунные тубинги, инженерное оборудование как элемент декора интерьера, что отражает эстетическое достоинство обнаженной конструкции. Архитектором может акцентироваться визуальная ценность служебных пространств (т.е. тех частей сооружения, где размещаются технические системы). Как утверждал Луис Кан, американский архитектор: "Здание как человек. У архитектора есть возможность создать жизнь. Соединение костяшек пальцев делает каждую руку интересной и прекрасной. В здании эти детали не должны прятаться в рукавицы. Пространство является архитектурным, когда видно и понятно, как оно образовано. Необходимо чтить материал и форму, которые используются для создания образа постройки" [3].

Свет – это важнейшее структурное средство формирования пространства, влияющее на восприятие материала и образа архитектуры. Изменчивый естественный свет в зависимости от времени суток придаёт живость интерьерам. Поэтому на станциях московского метрополитена активно применяются светопрозрачные конструкции, световые фонари. Большое внимание уделяется вариантам искусственного освещения: световодам (станции «Серпуховская» и «Чкаловская»), отражённому свету с закарнизной установкой светильников, подвесным светоконструкциям (станции «Менделеевская», «Марксистская»), отдельностоящим мачтам освещения [20].

Вестибюли московских станций, устраиваемые на площадях, являются доминантами в урбанистическом пейзаже. Технические сооружения – вентиляционные шахты для притока и вытяжки

воздуха могли становиться арт-объектами, парковыми скульптурами, могли быть встроены в общественные здания, замаскированы под скамьи, фонтаны, объекты малых архитектурных форм.

Необходимо подчёркивать природные и историко-культурные особенности территории. В постройках должен ощущаться дух сообщества. Тогда творение станет востребованным, актуальным и будет участвовать в жизни общества. Устраивались перехватывающие парковки по периметру города вблизи станций метро [10].

Архитектурные принципы и приёмы:

- композиционное единство всех объёмов и деталей архитектуры станций, архитектурно-художественного оформления станций, относящихся к одной ветке;

- создание безбарьерной среды за счёт рационального подхода к проектированию лестничных сходов (подбора оптимальной высоты помещений и, соответственно, уменьшение количества ступеней), длины и формы пандусов;

- многофункциональность за счёт интеграции с жилыми и общественными зданиями, встраивания буфетов, общественных санузлов, возможности использования в качестве убежища, выделения зон для встреч и ожидания, медицинских пунктов, проведения общественных мероприятий (тематическое зонирование);

- уменьшение негативного воздействия метро за счёт естественного равномерного освещения благодаря шедам, полым световодам, зенитным фонарям, окружению станций метро общественными и парковыми зонами, интеграции с ландшафтом, синтеза монументальных видов искусств: скульптур, фресок, мозаик, витражей, устраиваемых в торцах платформ, в уровне сводов, на карнизах в аванзалах перед эскалаторным ходом, на стенах вестибюлей метро;

- благородность старения и разнообразие архитектурных форм благодаря использованию прочных материалов: бетона, плит и блоков гранита и мрамора, керамических панелей и кирпича, анодированного алюминия;

- контрастность, изменчивость пространств за счёт игры света и тени, разности плоскостей, текстуры, фактуры материалов, использования открытых бетонных плоскостей;

- улучшение навигации благодаря архитектурным акцентам;

- сюжетность и контекстуальность;

- динамизм, восприятие архитектуры в движении;

- цикличность социальных и природных процессов находит своё отражение в приёмах – ритм, метр, симметрия, геометричности;

- сомасштабность человеку позволяет создавать приватные, камерные пространства для пассажиров;
- взаимосвязь и закольцованность всех пространств, вариативность и изменчивость движения пассажиров;
- вертикальное и горизонтальное озеленение (за счёт бетонных кашпо);

- членения: устройство галтелей (потолочных плинтусов), тянутых профилей, карнизов позволяет разделить плоскости пола, потолка и стен, установить осветительное оборудование;
- изящество архитектурных решений, визуальную лёгкость несущим конструкциям придаёт применение металлоконструкций, декоративнойковки, растительных мотивов (рис. 11, 12);

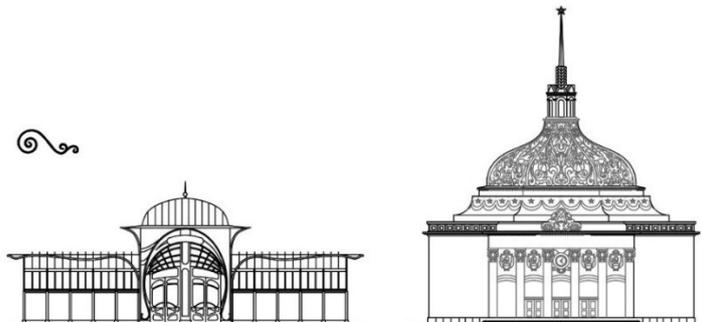


Рис. 11. Станция в Париже (слева) и проект наземного вестибюля станции Комсомольская (Кольцевая) 1949 г. арх. Щусев А.В. с использованием растительных мотивов (справа)

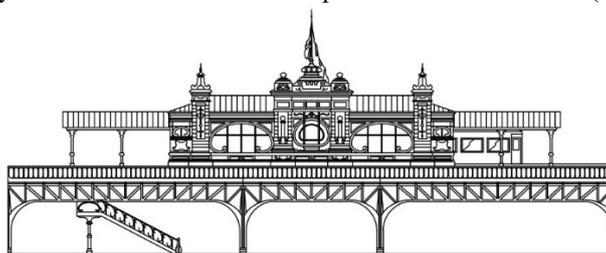


Рис.12. Проект наземной ст. метро в Москве с использованиемковки

- запоминающийся художественный образ, семиотичность благодаря аналогии с античными постройками, вестибюли в плане в виде храма,

- звезды, круга, схожести вестибюлей метро с храмовой архитектурой по плану, фасадам, интерьеру (рис. 13, 14);

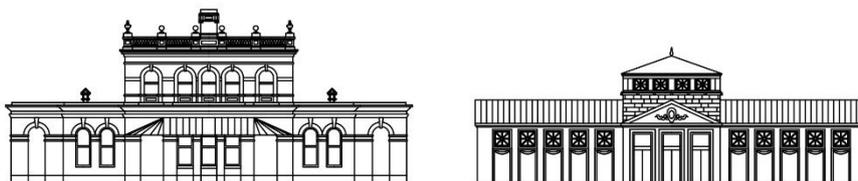


Рис.13. Вестибюль ст. метро в Англии 1823г. (слева) и вестибюль ст. метро в Берлине, Германии «Виттенбергплац» 1902г. арх. Альфред Гренандер (справа)

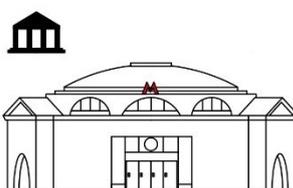


Рис.14. Вестибюль станции метро «Электрозаводская» 1944г. арх. В.Г. Гельфрейх, И.Е. Рожин, А.Е. Аркин

- самодостаточность, парадность, монументальность за счёт обширной прилегающей территории, расположение на открытом пространстве, использованию порталных входных групп, проектирования просторных распределительных залов, аванзалов;

- вестибюли представляют собой композицию из геометрических тел с декором или без него;
- образность;

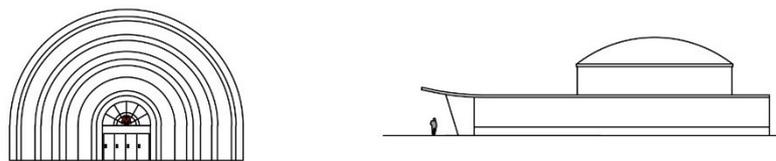


Рис. 15. Южный вестибюль ст. метро «Красные ворота» в Москве 1935г. арх. Н.А. Ладовский (слева), вестибюль ст. метро «Октябрьская» Калужско-рижской линии, арх. А.Ф. Стрельников, Н.А. Алёшина, Ю.В. Вдовин 1962 г. (справа)

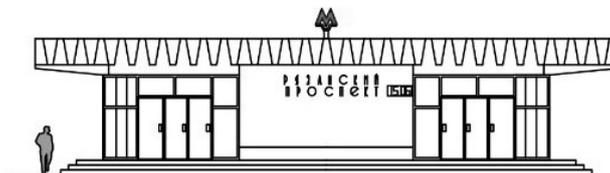


Рис. 16. Вестибюль станции метро «Рязанский проспект» 1966г. арх. Н.А. Алёшина, Ю.В. Вдовин, Н.К. Самойлов

- самодостаточность и архитектурная выразительность служебных объектов метро (тягово-понижительных подстанций, вентиляционных киосков) позволяет встраивать их в городскую застройку без нарушения целостности городского ансамбля, создаёт неповторимый образ

для метро (рис.17). Вентиляционные киоски могут представлять собой скульптурные композиции в парке, быть решены в форме фонтанов, скамей, интегрированы в фасады зданий.

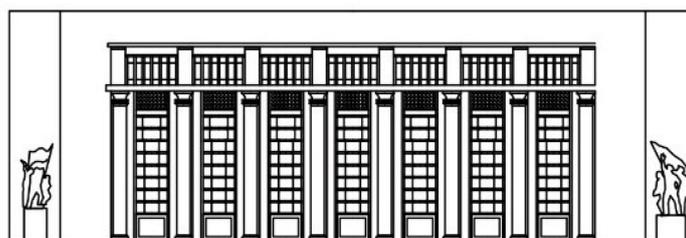


Рис.17. Фасад тягово-понижительной подстанции Сокольнической, Замоскворецкой, Арбатско-Покровской и Филёвской линий, арх. Д.Ф. Фридман 1935г.

Вывод. Метро объединяло в себе достижения множества сфер человеческой жизни, науки, открытия и технологии. Изначально станции метрополитена представляли собой отдельностоящие сооружения с минимальным количеством функциональных помещений для пассажиров и для обеспечения взаимосвязи подземного и наземного видов транспорта. Данные сооружения были рассчитаны на кратковременное пребывание пассажиров и сопровождающих их людей, которых необходимо защитить от неблагоприятных погодных условий. Позднее началось проектирование пересадочных станций метрополитена с развитой внутренней функциональной структурой, обеспечивающей пассажиров более качественным обслуживанием: одно-, двухэтажные станции метро с зонами торговли и общепита. Подводя итог выявленным принципам и приёмам, можно определить **концепцию** развития метрополитена в период с 1823 по 2000 гг. как **«ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОСТЬ»**. Проектирование каждого объекта метрополитена было уникально, объёмно-планировочные решения при-

нимались впервые и были разнообразны, проектирование велось в различных социально-политических, экономических и природных условиях. При проектировании метрополитена архитекторы закладывали принципиальную схему развития городской инфраструктуры, структуру городского каркаса, опираясь на долгосрочный прогноз развития города с расчётом анализа целевых направлений развития территории. Необходимо помнить, что во время своей деятельности архитектор, изменяя материальный мир, может приводить в неустойчивое состояние процессы, существующие прежде в равновесии. По словам Луиса Кана – американского архитектора, урбаниста, философа: «Не нужно становиться техником. Наука должна служить искусству, так как она находит то, что существует, в то время как искусство создает то, чего не было до нас» [3]. По мнению кандидата философских наук С.А. Смирнова, любой архитектурный проект начинается с глубокого анализа культурных ценностей общества. Высшим показателем качества работы проектировщика метрополитена является не следование моде, а вневременной характер

творчества, сохранение актуальности материализованных идей на все времена.

В результате проведенного исследования рассмотрены градостроительные и архитектурно-планировочные мероприятия, повышающие устойчивость городской среды к современным вызовам при проектировании объектов метрополитена. Выявлены ведущие **архитектурные принципы и приёмы**, используемые при проектировании объектов метрополитена в период с 1800 по 2000 гг.: самодостаточность; применение архитектурной композиции, придающей парадность объектам метро (портальные входные группы, проектирование просторных распределительных залов, аванзалов); монументальность; применение местных природных строительных и отделочных материалов; семиотичность форм (вестибюля в плане в виде храма, звезды); экспериментирование со средствами механизации строительства станции и получение необычных архитектурных форм (использование передвижной опалубки для достижения формы, необходимых очертаний станции); отсутствие бутафорных форм, рационализм (Н.А. Ладовский, функционализм); соразмерность человеку; использование естественного света (зенитные фонари, шеды, полые световоды; активное использование монументальных видов искусств: скульптур, мозаик, фресок; интеграция с ландшафтом и окружающей застройкой (встраивание).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамчук В.П., Власов С.Н., Мостков В.М. Подземные сооружения; под общ. ред. С.Н. Власова; Тоннельная ассоциация России (ТА). М.: Метро и тоннели, 2010. 462 с.
2. Алексеев Ю.В., Сомов Г.Ю., Дешев В.Ю., Ройтман В.М., Лакутинова Е.П., Столярова М.Ю., Егоров С.Ю., Петров А.В., Астафьев С.А., Брехунец А.А. Развитие и реконструкция социально-транспортной инфраструктуры мегаполиса. Наземные автомагистрали над железной дорогой. М.: Изд-во АСВ, 2011. 328 с.
3. Байцур А.И. Заглубленные сооружения промышленных предприятий. Киев: Будівельник, 1984. 81 с.
4. Баранова Н.В. Всеобщая история архитектуры. Т. 11. М. 1973. 891 с.
5. Белооголовский В., Быстрова Т.Ю. Искусствоведение и культурология «Эволюция архитектуры» // Архитектурный Вестник. 2012. № 4(109). 95 с.
6. Бронуицкая А.Ю., Змеул А.А., Мурадова Н.М., Бахирев И.А., Крестмейн М.Г., Княжевская Ю.В., Кузнецов С.О., Крестмейн М.Г. Московское метро. Станции. Линии. Сеть. М.: АО «Щербинская типография», 2020. 605 с.
7. Вентури Р. Сложность и противоречия в архитектуре // Мастера архитектуры об архитектуре / под общ. ред. А.В. Иконникова, И.Л. Маца, Г.М. Орлова. М., 1972. 505 с.
8. Голицынский Д.М. Использование подземного пространства для решения транспортных проблем больших городов (на примере Санкт-Петербурга) // Подземное пространство мира. 1998. №4. 94 с.
9. Голицынский Д.М., Кулагин Н.И. Станции метрополитена в аспекте комплексного использования подземного пространства // Подземное пространство мира. 1995. № 5. 81 с.
10. Голубев Г.Е. Автомобиль, стоянка, подземный гараж. М.: Изд-во «ТИМР», 1998. 98 с.
11. Голубев Г.Е. Подземная урбанистика: (Градостроительные особенности развития систем подземных сооружений). М.: Стройиздат, 1979. 231 с.
12. Грозман О.С. Градостроительные основы формирования подземных пространств. Методика выявления зон размещения объектов многофункционального общественного подземного пространства. М.: Филинь, 2017. 194 с.
13. Драновский А.Н. Подземные сооружения в подземном и гражданском строительстве: учеб. пособие. Казань: Казанский университет, 1993. 354 с.
14. Ефремова М.Г. Историко-культурные аспекты строительства первой очереди Московского метрополитена // Общество: философия, история, культура. 2020. №1 (69).
15. Змеул А.А., Кузнецов С.О. Скрытый урбанизм. Архитектура и дизайн Московского метро 1935. 2015. Берлин: Dom publishers, 2016. 352 с.
16. Ивахнюк В.А. Строительство и проектирование подземных и заглубленных сооружений. М.: АСВ, 1999. 299 с.
17. Кудрявцев О.К. К вопросу о построении сети метрополитена Москвы на перспективу // Городское хозяйство Москвы. 1965. №3.
18. Лицкевич В.К., Макриненко Л.И., Мигалина И.В. Архитектурная физика: учеб. для вузов: Спец. «Архитектура»; под ред. Н.В. Оболенского. М.: «Архитектура-С». 2016. 448 с.
19. Старостенко Ю.Д. История проведения конкурса 1932 года на проект планировки Москвы в свете новых архивных материалов // Academia. Архитектура и строительство. 2019. №4.
20. Aizenberg J.V. Hollow Light Guides. Moscow: Znack. 2009. 209 p.

Информация об авторах

Братищев Александр Константинович, аспирант кафедры «Архитектура промышленных сооружений» Московского архитектурного института, преподаватель вечернего факультета МАРХИ, архитектор АО «Метропротранс». E-mail: a.bratishev@markhi.ru. Московский архитектурный институт (государственная академия). Россия, 107031, Москва, ул. Рождественка, д. 11/4, корпус 1, стр.4

Поступила 21.07.2021 г.

© Братищев А.К., 2021

Bratishev A.K.

Moscow Institute of Architecture

E-mail: a.bratishev@markhi.ru

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF THE ARCHITECTURE OF THE METRO (1823-2000)

Abstract. For 200 years, the Metro has been carrying out most of the passenger traffic in large cities and metropolitan areas. The metro architecture embodies cultural ideals, historical milestones and the achievements of society in various fields. The metro is the transport frame of the city, participates in the formation of the urban ensemble. Sustainable development of the metro requires a comprehensive study of its architecture, analysis of domestic and foreign analogues: the prerequisites and chronology of metro development, identification of concepts, directions, principles and techniques of the architectural formation of metro objects. A systematic approach to architectural analysis and design of the metro, identifying the importance of the role of an architect allows to determine the prospects and vectors for the development of transport infrastructure, improve the quality and safety of passenger traffic, design energy-efficient, autonomous, economical, aesthetic and ergonomic metro stations. The high rates of modern metro design require the development of measures to preserve the unity of the metro lines and communication with the city space. Systematization and classification of trends in the development of metro architecture in the period from 1823 to 2000 will allow to determine the arsenal of architectural techniques, to develop urban planning approaches to the architectural solution of the stations.

Keywords: metro architecture, metro planning structure, metro architectural concept, architectural trends, architectural principles and methods of the metro.

REFERENCES

1. Abramchuk V.P., Vlasov S.N., Mostkov V.M. Underground structures. Under total. ed. S.N. Vlasov; Tunnel Association of Russia (TA) [Podzemnye sooruzheniya. Pod obshch. red. S.N. Vlasova; Tonnel'naya associaciya Rossii (TA)]. Moscow: Metro and tunnels. 2010. 462 p. (rus)
2. Alekseev Yu.V., Somov G.Yu., Deshev V.Yu. Roitman V.M., Lakutinova E.P., Stolyarova M. Yu., Egorov S.Yu., Petrov A.V., Astafiev S.A., Brekhunets A.A. Development and reconstruction of the social and transport infrastructure of the metropolis. Highways over the railway [Razvitie i rekonstrukciya social'no-transportnoj infrastruktury megapolisa. Nazemnye avtomagistrali nad zheleznoj dorogoj]. Moscow: Publishing house ACB. 2011. 328 p. (rus)
3. Baytsur A.I. Buried structures of industrial enterprises [Zaglublennye sooruzheniya promyshlennyh predpriyatij]. Kiev: Budivelnik. 1984. 81 p. (rus)
4. Baranova N.V. General history of architecture [Vseobshchaya istoriya arhitektury]. Vol.11. Moscow. 1973. (rus)
5. Belogolovsky V., Bystrova T.Yu. Art history and cultural studies "Evolution of architecture" [Iskustvovedenie i kul'turologiya «Evoluciya arhitektury»]. Arhitekturnyj Vestnik. 2012. No. 4. 109. (rus)
6. Bronovitskaya A.Yu, Zmeul A.A., Muradova N.M., Bakhirev I.A., Crestmein M.G., Knyazhevskaya Yu.V. Kuznetsov S.O., Crestmain M.G. Moscow Metro. Stations. Lines. Network [Moskovskoe metro. Stancii. Linii. Set']. Moscow: JSC Shcherbinskaya Printing House. 2020. (rus)
7. Venturi R. Complexity and contradictions in architecture. Masters of architecture on architecture. Under total. ed. A.V. Ikonnikova, I.L. Matza, G.M. Orlova [Slozhnost' i protivorechiya v arhitekture. Mastera arhitektury ob arhitekture. Pod obchey red. A.V. Ikonnikova, I.L. Matza, G.M. Orlova]. Moscow. 1972. (rus)
8. Golitsynsky D.M. The use of underground space for solving transport problems of large cities (on the example of St. Petersburg) [Ispol'zovanie podzemnogo prostranstva dlya resheniya transportnyh problem bol'shikh gorodov (na primere Sankt-Peterburga)]. Underground space of the world. 1998. No.4. (rus)

9. Golitsynsky D.M., Kulagin N.I. Metro stations in the aspect of integrated use of underground space [Stancii metropolitena v aspekte kompleksnogo ispol'zovaniya podzemnogo prostranstva]. Underground space of the world. 1995. No. 5. (rus)
10. Golubev G.E. Car, parking, underground garage [Avtomobil', stoyanka, podzemnyj garazh]. Moscow: Publishing house "TIMR". 1998. (rus)
11. Golubev G.E. Underground urban studies: Urban planning features of the development of systems of underground structures [Podzemnaya urbanistika: Gradostroitel'nye osobennosti razvitiya sistem podzemnyh sooruzhenij]. Moscow: Stroyizdat, 1979. 231 p. (rus)
12. Grozman O.S. Underground Urban Studies: Urban Development Features of the Development of Systems of Underground Structures [Gradostroitel'nye osnovy formirovaniya podzemnyh prostranstv. Metodika vyyavleniya zon razmeshcheniya ob"ektov mnogofunkcional'nogo obshchestvennogo podzemnogo prostranstv]. Moscow: Filin. 2017. (rus)
13. Dranovsky A.N. Underground structures in underground and civil engineering: textbook. Allowance [Podzemnye sooruzheniya v podzemnom i grazhdanskom stroitel'stve: ucheb. posobie]. Kazan: Kazan University. 1993. (rus)
14. Efremova M.G. Historical and cultural aspects of the construction of the first stage of the Moscow metro [Istiriko-kulturnie aspekty stroitelstva pervoy ocheredy Moskovskogo metropolitena]. Society: philosophy, history, culture. 2020. No. 1(69). (rus)
15. Zmeul A.A., Kuznetsov S.O. Hidden urbanism. Architecture and design of the Moscow metro 1935- 2015 [Skrytyj urbanizm. Arhitektura i dizajn Moskovskogo metro 1935–2015]. Berlin: House of Publishers. 2016. (rus)
16. Ivakhnyuk V.A. Construction and design of underground and buried structures [Stroitel'stvo i proektirovanie podzemnyh i zaglublennyh sooruzhenij]. M.: ASV. 1999. 299 p. (rus)
17. Kudryavcev O.K. On the question of building the Moscow metro network for the future [K voprosy o postroenii sety metropolitena Moskvy na perspektivy]. Urban Economy of Moscow. 1965. No. 3. (rus)
18. Litskevich V.K., Makrinenko L.I., Migalina I.V. Architectural physics: Textbook. for universities: Spec. "Architecture". Ed. N.V. Obolensky [Arhitekturnaya fizika: Ucheb. dlya vuzov: Spec. «Arhitektura». Red. N.V. Obolensky]. M.: "Architecture-S". 2016. 448 p. (rus)
19. Starostenko U.D. The history of the 1932 competition for the Moscow layout project in the light of new archival materials [Istoriya provedeniya konkursov 1932 goda na proekt planirovki Moskvy v svete novih arhivnyh materialov]. Academia. Arhitektura i stroitel'stvo. 2019. No. 4. (rus)
20. Aizenberg J.B. Hollow Light Guides. Moscow: Znack. 2009. 209 p.

Information about the authors

Bratishchev, Aleksandr K. Post-graduate student. E-mail: a.bratishchev@markhi.ru. Moscow Institute of Architecture. Russia, 107031, Moscow, Rozhdestvenka str., 11/4, building 1, p. 4

Received 21.07.2021

Для цитирования:

Братищев А.К. Тенденции развития архитектуры метрополитена (1823–2000 гг.) // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 10. С. 33–46. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-33-46

For citation:

Bratishchev A.K. Trends in the development of the architecture of the metro (1823-2000). Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 10. Pp. 33–46. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-33-46

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-47-57

Бадави А.А.

Академия архитектуры и искусств. Южный Федеральный Университет

E-mail: aabadavi@sfsedu.ru

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ ЗОН СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ МАЛЫХ ГОСТИНИЦ

Аннотация. Малые гостиницы являются на сегодняшний день востребованным и наиболее интенсивно развивающимся сектором гостиничной отрасли. Современная типология малых гостиниц заметно расширилась и включает в себя множество новых типов, ориентированных на конкретный целевой сегмент потребителей. Клиентоориентированность как наиболее характерная черта малых гостиниц наиболее полно отражается в особенностях организации функционально-планировочной структуры зон сервисного обслуживания малых гостиниц. В статье рассматриваются основные и дополнительные функциональные зоны малых гостиниц (сервисная часть) на основании проведенного анализа современного опыта проектирования и строительства малых гостиниц, а также анализа нормативных документов и научных работ по проектированию данного типа объектов. Приводятся основные варианты функциональных схем приёмно-вестибюльной зоны, зоны общественного питания, зоны бытового обслуживания и торговли, культурно-досуговой, деловой, физкультурно-оздоровительной, административно-производственной зон, и зоны для обслуживания автомобилей (только для мотелей). Сделаны выводы о прямой взаимосвязи формы организации функционально-планировочной структуры зон сервисного обслуживания малых гостиниц с их специализацией. Сделаны выводы о том, что наличие и состав различных функциональных зон малых гостиниц всегда определяется совокупностью следующих внешних факторов: тип гостиницы, местоположение, уровень комфорта, контингент постояльцев. Выявлена тенденция укрупнения и объединения отдельных функциональных зон малых гостиниц для максимальной оптимизации их пространства.

Ключевые слова: малые гостиницы, функционально-планировочная структура, функциональные зоны, сервисное обслуживание гостиниц, типология, вместимость, уровень комфорта.

Введение. Активное развитие туристической отрасли в мире в последние десятилетия привело к значительному увеличению числа гостиниц в целом [1, 2], но особенно это заметно в сегменте малых гостиниц [3, 4]. Их востребованность на рынке обусловлена прежде всего минимальными вложениями и быстрой окупаемостью [5]. Однако проблемам проектирования малых гостиниц посвящено ограниченное количество научных работ [6–10]. Автором был проведён анализ современного опыта строительства и проектирования малых гостиниц, обобщение которого позволило выявить, что современная типология малых гостиниц стала намного шире, появилось значительное количество новых типов малых гостиниц [11–16]. В качестве основной характеристики малых гостиниц, определяющей их популярность можно назвать индивидуальный подход к каждому клиенту, создание в них практически «домашней» обстановки. Такая направ-

ленность на конкретный целевой сегмент потребителей малых гостиниц и является их основным конкурентным преимуществом по сравнению с крупными отелями [17, 18]. Клиентоориентированность малых гостиниц наиболее значительно отражается в планировочной структуре сервисного обслуживания малых гостиниц, в составе и структуре его основных функциональных зон [19].

Материалы и методы. Методика проводимого исследования основана на принципах системного анализа и включает в себя проведение анализа современного опыта проектирования и строительства малых гостиниц, изучение нормативных документов и научных работ, посвящённых выявлению особенностей проектирования функционально-планировочной структуры малых гостиниц.

К числу основных Российских нормативных документов относятся: «Свод правил. Здания

гостиниц. Правила проектирования.» и «Постановление правительства Российской Федерации от 16 февраля 2019 года №158 Об утверждении Положения о классификации гостиниц (с изменениями на 23 ноября 2020 года)». В них даётся перечень требуемых помещений и описываются их основные параметры. При этом важно отметить, что большинство нормируемых требований для гостиниц, описанных в них, не являются обязательными для гостиниц, вместимостью менее 50 номеров. Таким образом, нет четкого описания нормативной базы проектирования основных зон малых гостиниц (с числом номеров менее 50), а применение всех требований, перечисленных в СП «здания гостиниц», в большинстве случаев не является целесообразным для малых гостиниц.

Исследованиям архитектурно-планировочных особенностей малых гостиниц посвящены работы Ольховой А.П., Георгиевского А.М., Кролевца В.А., Антюфеева А.В., Шевченко Л.П., Ключко А.Р., Горгоровой Ю.В. [2, 3, 7–22]. Однако при всем многообразии научных подходов тема организации основных функциональных зон малых гостиниц с учётом их специализации в трудах, посвященных тематике малых гостиниц практически не освещается. В связи с этим целью данного исследования является выявление особенностей организации функционально-планировочной структуры зон сервисного обслуживания малых гостиниц.

Основная часть. К малым гостиницам принято относить гостиницы вместимостью до 100 человек (или 50 номеров). В российских нормативных документах нормируются основные функциональные зоны только для гостиниц, вместимостью более 5 номеров [23, 24]. Гостиницы вместимостью до 5 номеров принято относить не к коллективным, а к индивидуальным средствам размещения, то есть формально они даже не являются гостиницами. А скорее индивидуальными жилыми домами с возможностью размещения гостей. Их функциональное наполнение целесообразно выполнять согласно правилам проектирования индивидуальных жилых домов без выделения специальных функциональных зон малых гостиниц кроме дополнительной жилой зоны. Требования к жилой зоне таких гостиниц возможно определить аналогично с общими требованиями к номерам малых гостиниц [25].

Для малых гостиниц определен следующий перечень рекомендованных функциональных зон на участке гостиницы при его наличии: жилая зона, парковка автомобилей (включая их ремонт, мойку и техническое обслуживание в мотелях), хозяйственная зона, зона благоустройства (может включать спортивные площадки, детские площадки, зоны отдыха, бассейны и сад) [23, 24].

Парковка также организуется в малых гостиницах при возможности.

В зданиях малых гостиниц согласно нормативным документам предусмотрены следующие основные функциональные зоны: жилая зона, приёмно-вестибюльная зона и дополнительные зоны (общественного питания, бытового обслуживания и торговли, культурно-досуговая, деловая зона, физкультурно-оздоровительная, административно-производственная, для обслуживания автомобилей (только для мотелей) (рис. 1).

Для всех типов гостиниц рекомендуется: наличие гостевых лифтов и наличие отдельного входа с улицы в ресторан, кафе или бар. Хотя требование по наличию лифтов и отдельного входа с улицы не является обязательным для малых гостиниц, но выполнение его желательно для повышения их категории. Наличие оборудования для обслуживания людей с ограниченными возможностями: наклонный пандус, широкие двери лифта, туалет в общественной зоне с необходимыми приспособлениями, ширина дверного проема, номер и ванная комната с необходимыми приспособлениями также является обязательным условием проектирования малых гостиниц.

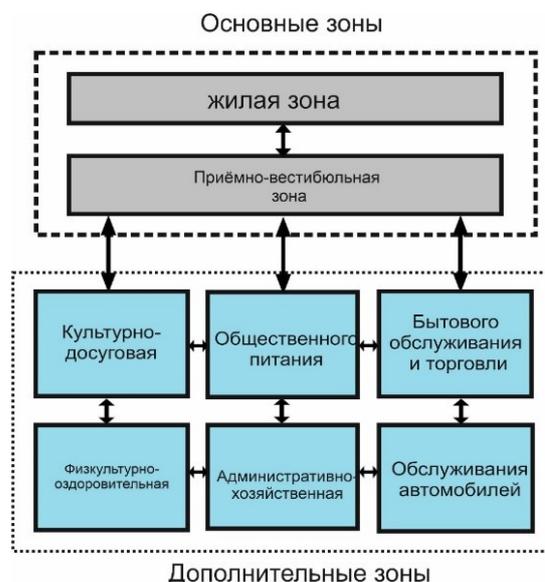


Рис. 1. Основные и дополнительный функциональные зоны малых гостиниц

В жилую зону входят номера, блок поэтажного обслуживания, коридоры или холлы. Жилые номера малых гостиниц рекомендуется принимать разных типов в зависимости от категории гостиницы и её вместимости. Современная типология номеров малых гостиниц была рассмотрена нами ранее [25]. Отдельные поэтажные рекреации не обязательно делать для малых гостиниц. Блок поэтажного обслуживания допустимо делать один на 30–50–60 номеров в зависимости

от категории гостиницы. Таким образом в большинстве случаев для малых гостиниц целесообразно не выделять его на каждом этаже, а предусмотреть соответствующие помещения в составе зоны бытового обслуживания.

Приёмно-вестибюльная зона не обязательна для малых гостиниц до 15 номеров. Однако все же актуально предусматривать небольшую входную группу помещений, включающую в себя стойку регистрации и зону ожидания гостей при наличии возможности организации такой зоны в малой гостинице. Хотя площадь и состав помещений приёмно-вестибюльной зоны жёстко не нормируется, но тем не менее целесообразно выделить три основных варианта её функциональных схем (рис. 2):

1. Для малых гостиниц вместимостью 5–15 номеров (8–20 кв. м) – включает входную зону и зону регистрации, зону ожидания, хозяйственную зону и административную зону (рис. 2).

2. Для малых гостиниц вместимостью 15–50 номеров 4 и 5 категории (9–40 кв. м) – включает зону приёма и размещения гостей, зону отдыха и ожидания, зону хранения багажа и ценностей, зону отдыха персонала с санузлом, кладовую (рис. 2).

3. Для малых гостиниц вместимостью 15–50 номеров 1–3 категории (30–60 кв. м) – включает зону приёма и размещения гостей, зону отдыха и ожидания, зону хранения багажа и ценностей, зону отдыха персонала с санузлом, кладовую (рис.2).

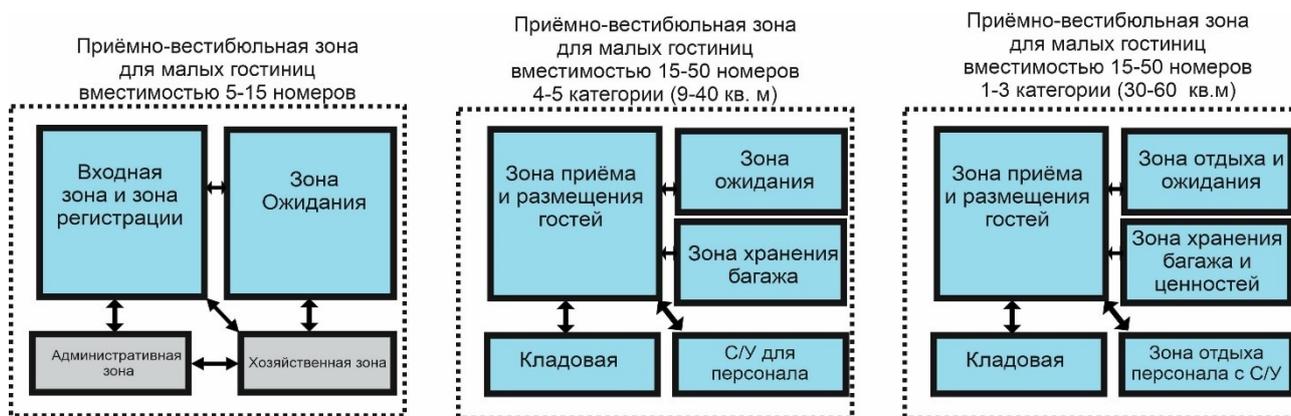


Рис. 2. Варианты функционально-планировочной организации приёмно-вестибюльной зоны малых гостиниц.

Зона общественного питания не является обязательной для малых гостиниц, за исключением малых бутик-отелей. Тип и площадь зоны общественного питания не нормируется и определяется типом, вместимостью и уровнем комфорта малой гостиницы. При этом, если вместимость зоны общественного питания более 20 посадочных мест, то необходимо предусматривать разгрузочную площадку, хозяйственный подъезд и отдельную площадку для сбора мусора. Нали-

чие помещений или зон в номере для предоставления услуг питания является обязательным требованием для всех типов гостиниц, но их вид, форма и размеры могут сильно отличаться. Включение кафе (лобби бар) в структуру малых гостиниц рекомендуется для гостиниц 1 и 2 категории, вместимостью более 15 номеров. Таким образом, для малых гостиниц можно выделить следующие варианты организации зоны общественного питания (рис. 3, 4):

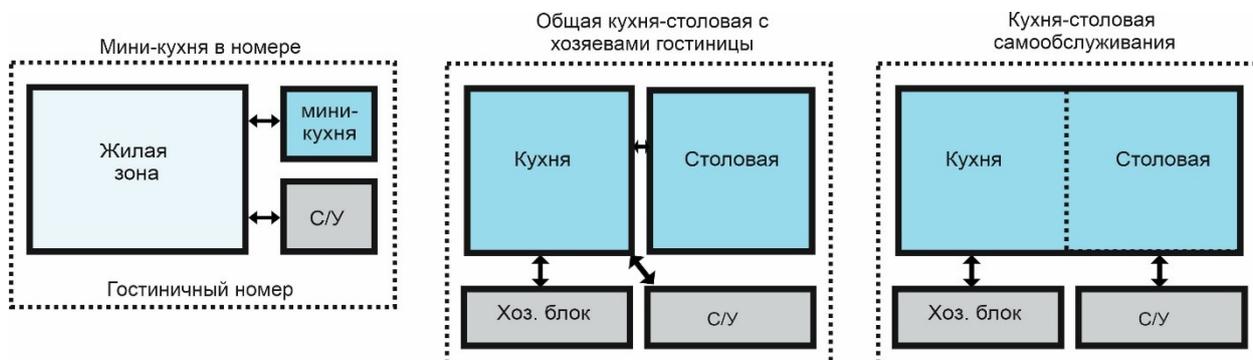


Рис. 3. Варианты функционально-планировочной организации зоны общественного питания малых гостиниц с кухней.

1. Организация мини-кухни или кухни в номерах – в номерах типа студия, семейный студия,

апартаменты, пляжный домик, коттедж (рис. 3). Такой тип организации питания характерен для

малых апарт-отелей, специализированных гостиниц, рекреационных гостиниц, спа-отелей, бутик-отелей, горных приютов, мотелей, отелей типа туристическая деревня. Важно отметить, что данный тип организации питания может дополнять основную зону общественного питания.

2. Для малых гостиниц вместимостью до 10 человек – общее питание совместно с хозяевами включает зону кухни, зону столовой, хозяйственный блок помещений и санузел (рис.3). Такой тип организации питания характерен для гостевых домов, постоянных дворов.

3. Для малых гостиниц вместимостью от 10 до 30 человек – общая кухня-столовая самообслуживания, где гости имеют возможность самостоятельно приготовить еду, включает зону кухни-столовой, хозяйственный блок и санузел (рис.3). Такой тип организации питания характерен для гостевых домов, постоянных дворов, малых рекреационных гостиниц, хостелов, кемпингов.

4. Для малых гостиниц вместимостью от 10 до 30 человек – кафе-столовая с обеденным залом, включает в себя блок помещений кухни, обеденный зал (на 10–30 человек), блок подсобных помещений и санузел (рис. 4). Такой тип организации питания характерен для малых гостиниц общего типа, малых рекреационных гостиниц, туристических деревень, горных приютов, мотелей, ботелей, кемпингов и глемпингов.

5. Для малых гостиниц вместимостью от 30 до 100 человек – кафе-столовая-ресторан (в зависимости от категории гостиницы) с барной зоной, обеденным залом на 15–100 человек, блоком помещений кухни, блоком помещений для персонала кухни, блоком подсобных помещений, санузлом (рис. 4), включая также открытую зону разгрузки и хозяйственный подъезд. Такой тип организации питания характерен для малых бизнес-отелей, малых гостиниц общего типа, малых апарт-отелей, малых рекреационных гостиниц, малых спа-отелей, малых бутик-отелей, туристических деревень, ресторано-гостиничных комплексов, мотелей, кемпингов и глемпингов.

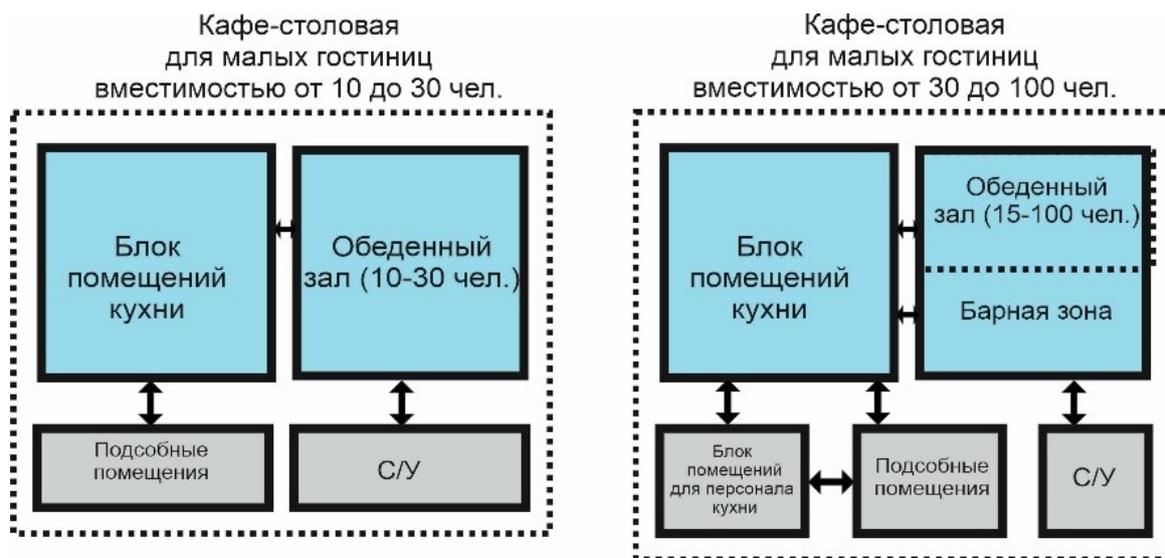


Рис. 4. Варианты функционально-планировочной организации зоны общественного питания малых гостиниц с кафе-столовой.

Зона бытового обслуживания и торговли в малых гостиницах включает в себя служебно-хозяйственный блок и в некоторых случаях помещения торговли (небольшие киоски или магазины, расположенные на территории гостиницы и как правило имеющие открытый тип обслуживания). Все помещения служебно-хозяйственного блока рекомендованы для малых гостиниц, но их наличие не является обязательным. Необходимость наличия в гостинице тех или иных служебно-хозяйственных помещений определяется не столько типом малой гостиницы, сколько её вместимостью и уровнем комфорта, а также техническим заданием на проектирование. Этот блок можно объединять с административным

блоком и блоком общественного питания в случае малых гостиниц, вместимостью до 30 человек, при этом сокращая состав и площади его помещений. Служебные помещения для персонала – столовая (помещение для приема пищи), санузел, раздевалки, помещения для отдыха, подсобные помещения также рекомендуется располагать в малых гостиницах 1–4 категории, с числом номеров более 15. Таким образом, для малых гостиниц можно выделить следующие варианты организации зоны бытового обслуживания и торговли (рис. 5):

1. Зона бытового обслуживания и торговли для малых гостиниц вместимостью 5–15 номеров – включает в себя служебно-хозяйственный блок,

совмещенный с зоной общественного питания и зону торговли (рис.5).

2. Зона бытового обслуживания и торговли для малых гостиниц вместимостью 15–50 номеров 4–5 категории – включает в себя служебно-хозяйственный блок (зона ремонта, центральная бельевая, складские и технические помещения) и зону торговли (рис.5).

3. Зона бытового обслуживания и торговли для малых гостиниц вместимостью 15–50 номеров 1–3 категории – включает в себя служебно-хозяйственный блок (зона ремонта, центральная бельевая, склад белья, служба уборки, мастерские, технический склад, склад расходных материалов, склад мебели), зону торговли и блок служебных помещений для персонала (рис. 5).

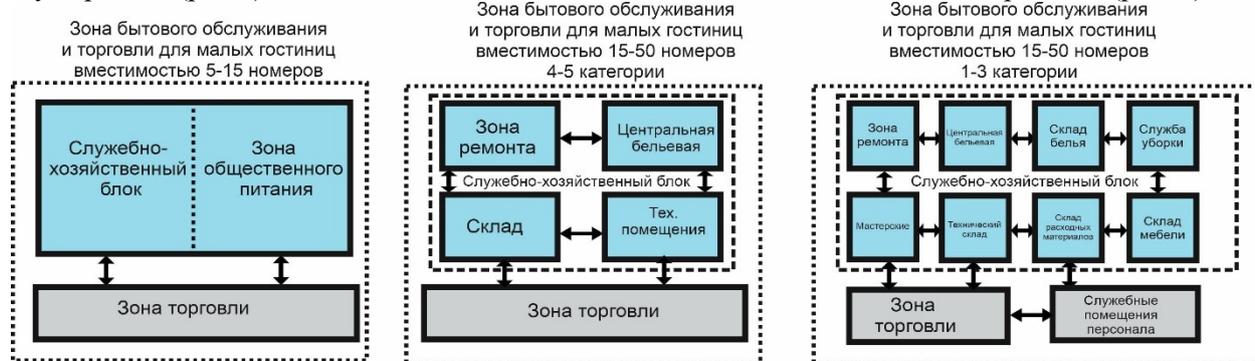


Рис. 5. Варианты функционально-планировочной организации зоны бытового обслуживания и торговли малых гостиниц

Административно-производственная зона малых гостиниц предусматривается как отдельная зона только для гостиниц вместимостью более 30 человек и может включать в себя: кабинет директора – 12 кв. м, санузел – 3 кв. м, кабинет зам. директора – 12 кв. м, приёмную – 8 кв. м и бухгалтерию – 16–22 кв. м. Однако, можно сократить этот блок до двух офисных помещений и одного санузла. Для малых гостиниц вместимостью менее 15 номеров данная зона входит в состав приёмно-вестибюльной зоны. Необходимость наличия в гостинице тех или иных административно-производственных помещений определяется не столько типом малой гостиницы, сколько её вместимостью и уровнем комфорта, а

также техническим заданием на проектирование. Таким образом можно выделить следующие варианты организации административно-производственной зоны:

1. Для малых гостиниц на 5–15 номеров является частью приёмно-вестибюльной зоны (рис. 2).
2. Для малых гостиниц на 15–50 номеров 4 и 5 категории – включает кабинет директора, кабинет бухгалтера, приёмную и санузел (рис. 6).
3. Для малых гостиниц на 15–50 номеров 1–3 категории – включает кабинет директора, кабинет заместителя директора, кабинет бухгалтера, приёмную и санузел (рис. 6).

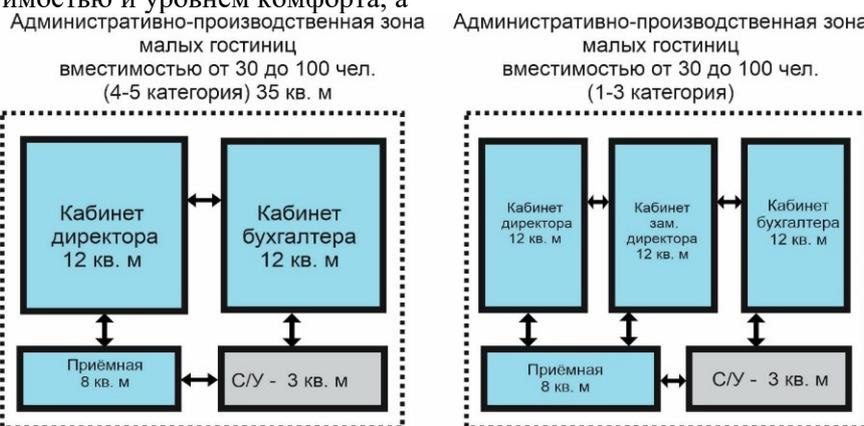


Рис. 6. Варианты функционально-планировочной организации административно-производственной зоны малых гостиниц

Физкультурно-оздоровительная зона также относится к числу зон, рекомендованных для малых гостиниц, в нее может входить зона для фитнеса, площадью не менее 20 кв. м и пла-

вательный бассейн. Также к физкультурно-оздоровительной зоне относятся открытые спортивные площадки на участке: для настольного тенниса, большого тенниса, гольфа, мини-футбола. Физкультурно-оздоровительная зона может

включать помещения для массажа и блок спа-помещений, включая косметический салон. Состав физкультурно-оздоровительной зоны малых гостиниц определяется типом малой гостиницы, её вместимостью и уровнем комфорта (рис.7). Таким образом можно выделить следующие варианты организации физкультурно-оздоровительной зоны:

1. Для малых гостиниц вместимостью 5–15 номеров – включает сауну на 6 человек, бассейн (5–35 кв. м) и небольшую открытую спортивную площадку (например, для настольного тенниса) (рис.7). Такой тип организации физкультурно-оздоровительной зоны характерен для гостевых домов, постоянных дворов, малых рекреационных гостиниц, горных приютов, малых глемпингов.

2. Для малых гостиниц вместимостью 15–50 номеров 4 и 5 категории – включает сауну на 6 человек, бассейн (5–35 кв. м), зал для фитнеса 20 кв. м, открытую спортивную площадку, открытый бассейн (20–40 кв. м), открытую зону отдыха

при бассейне (рис. 7). Такой тип организации физкультурно-оздоровительной зоны характерен для малых гостиниц общего типа, малых рекреационных гостиниц, малых бутик-отелей, малых туристических деревень, ресторано-гостиничных комплексов, мотелей.

3. Для малых гостиниц вместимостью 15–50 номеров 1–3 категории – включает сауну на 6–10 человек, бассейн (20–60 кв. м), зал для фитнеса 40 кв. м, салон красоты, СПА-зону, открытые площадки СПА-зоны, открытые спортивные площадки для различных видов спорта, открытый бассейн (40–80 кв. м), открытую зону отдыха при бассейне (рис. 7). Такой тип организации физкультурно-оздоровительной зоны характерен для малых бизнес-отелей, малых гостиниц общего типа, малых апарт-отелей, малых рекреационных гостиниц, малых спа-отелей, малых бутик-отелей.

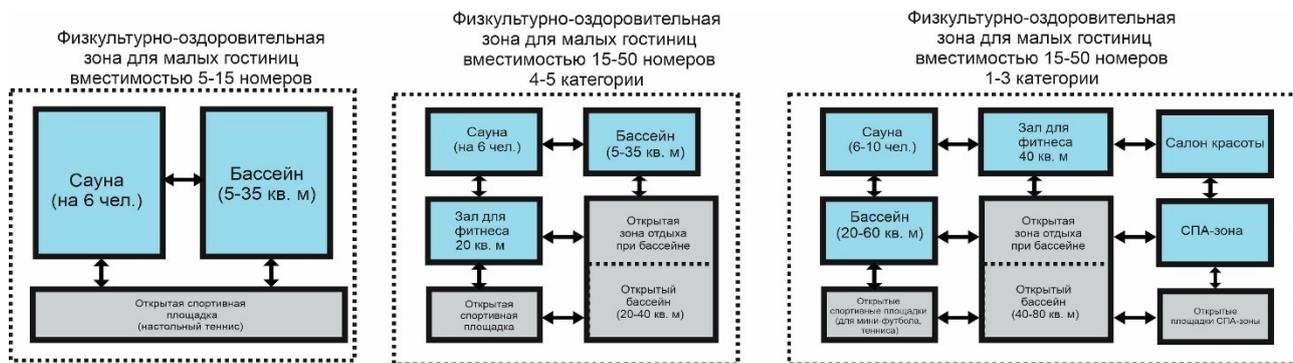


Рис. 7. Варианты функционально-планировочной организации физкультурно-оздоровительной зоны малых гостиниц

Деловая зона (бизнес-зона) в основном присутствует в малых бизнес-отелях, так как является их типобразующим элементом. Она предполагает наличие конференц-зала вместимостью от 25 до 100 человек с соответствующим оборудованием, бизнес-центра (электронные средства связи, копировальная техника, помещения для переговоров, компьютеры, помещения

для мобильного офиса), санузел (рис. 8). Также деловая зона может включать выставочные и экспозиционные пространства и зону для фуршетов и кофе-брейков (рис. 8). Бизнес-отели как правило имеют вместимость более 50 человек, и по категорийности относятся к гостиницам 1–3 категории.

Деловая зона для малых гостиниц вместимостью 25–50 номеров 1–3 категории

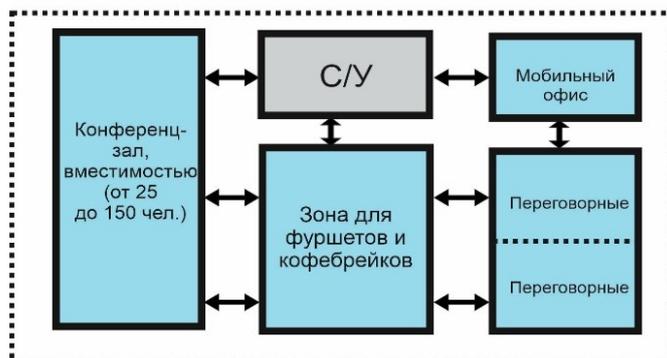


Рис. 8. Схема функционально-планировочной организации деловой зоны малых гостиниц.

Культурно-досуговая зона в малых отелях может включать много различных помещений и площадок для самого разного отдыха. Она может включать выставочные и музейные пространства, пространства для отдыха взрослых, комнаты для игр детей и детские игровые площадки, помещения для игры в бильярд и других аналогичных игр, гостиные (салоны), танцплощадки и проч. Также к культурно-досуговой зоне относятся пункты проката автотранспорта (водного и водомоторного транспорта, катамаранов, аквалангов), животных (лошади, верблюды, собачьи упряжки), курортно-бытовых товаров и инвентаря. Состав культурно-досуговой зоны малых гостиниц определяется типом малой гостиницы, её вместимостью и уровнем комфорта (рис. 9). Различные типы малых гостиниц могут включать отдельные элементы культурно-досуговой зоны в зависимости от их специализации, таким образом можно выделить следующие варианты организации этой зоны:

1. Для малых гостиниц вместимостью 5–15 номеров – включает общую зону отдыха, пункт проката, открытые детские площадки и площадки для отдыха взрослого населения (рис. 9). Такой тип организации культурно-досуговой зоны характерен для малых гостиниц общего

типа, гостевых домов, постоянных дворов, малых рекреационных гостиниц, ресторано-гостиничных комплексов, горных приютов, мотелей, хостелов, ботелей, малых кемпингов и глемпингов.

2. Для малых гостиниц вместимостью 15–50 номеров 4 и 5 категории – включает пункт проката инвентаря, пункт проката транспорта, детские игровые комнаты, зону отдыха взрослого населения, открытые детские площадки и площадки для отдыха взрослого населения (рис. 9). Такой тип организации культурно-досуговой зоны характерен для малых гостиниц общего типа, малых рекреационных гостиниц, малых туристических деревень, мотелей.

3. Для малых гостиниц вместимостью 15–50 номеров 1–3 категории – включает пункт проката инвентаря, пункт проката транспорта, детские игровые комнаты, зону отдыха взрослого населения, выставочное пространство, музейное пространство, открытые детские площадки и площадки для отдыха взрослого населения (рис. 9). Такой тип организации культурно-досуговой зоны характерен для малых бизнес-отелей, апартаментов, малых рекреационных гостиниц, малых спа-отелей, малых бутик-отелей, малых туристических деревень.



Рис. 9. Варианты функционально-планировочной организации культурно-досуговой зоны малых гостиниц.

Зона для обслуживания автомобилей предусмотрена только в мотелях. Как правило она размещается в отдельных зданиях и сооружениях и включает в себя: посты самообслужива-

ния с мойкой; пункты технического обслуживания; станции технического обслуживания автомобилей с полным или неполным комплексом технического обслуживания и текущего ремонта (рис. 10).

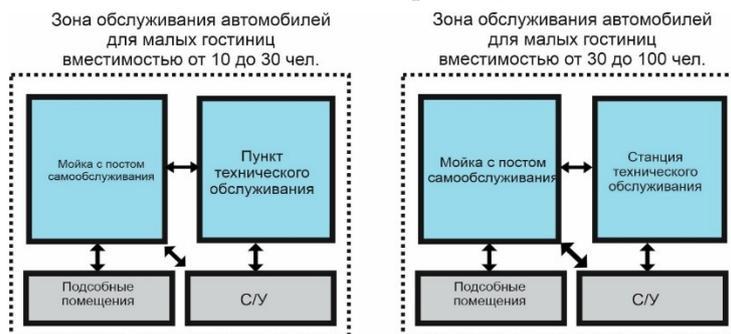


Рис. 10. Варианты функционально-планировочной организации зоны обслуживания автомобилей малых гостиниц

Выводы. Таким образом, для каждого типа малой гостиницы можно выделить помимо основной жилой зоны какую-то наиболее развитую функциональную зону, определяющую её назначение. Основным принципом проектирования функциональных зон малых гостиниц является принцип специализации, который заключается в том, что все малые гостиницы ориентированы на ту или иную группу потребителей. Организация функционально-планировочной структуры зон сервисного обслуживания малых гостиниц основана на принципе минимального зонирования помещений. В целом для малых гостиниц имеет место тенденция объединения и укрупнения отдельных функциональных зон и блоков помещений с целью оптимизации их пространства. С уменьшением площади номера, количество различных функциональных зон, которые он содержит, сокращается, но при этом увеличивается площадь зон общего пользования. Однако с ростом вместимости и увеличением уровня комфорта малой гостиницы число и площадь отдельных функциональных зон и помещений гостиницы увеличивается. Наличие и состав различных функциональных зон малых гостиниц всегда определяется совокупностью следующих внешних факторов: тип гостиницы, местоположение, уровень комфорта, контингент постояльцев. Важно отметить вариативность функционально-планировочных схем основных зон малых гостиниц в контексте места их проектирования, они изменяются в зависимости от увеличения размера участка.

Для малых гостиниц вместимостью до 10 человек все функциональные зоны гостиниц не выделяются, за исключением жилой, так как такой тип организуется как индивидуальные жилые дома. Для остальных малых гостиниц, вместимостью от 10 до 100 человек обязательными является только наличие жилой и приёмно-вестибюльной зоны. К числу дополнительных функциональных зон малых гостиниц можно отнести следующие зоны сервисного обслуживания: общественного питания, бытового обслуживания и торговли, культурно-досуговую, деловую, физкультурно-оздоровительную, административно-производственную, для обслуживания автомобилей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. New Hotel Design. Otto Riewold: Coord researcher Jennifer Hudson. London: King, 2002. 240 p.
2. Manfred R., Tobias F. Construction and Design Manual Hotel Buildings. Berlin: DOM publishers, 2014. 304 p.
3. Ключко А.Р., Солодилова Л.А. Актуальные вопросы развития сети малых гостиниц экономического класса в условиях Москвы и прилегающих к ней территорий // Промышленное и гражданское строительство. 2012. №9. С. 12–13.
4. Ульянов В.А. Малые гостиницы в индустрии гостеприимства. М.: Изд.-во «Турист», 2011. 650 с.
5. Nikolskaya E.Y., Pasko O.V., Uspenskaya M.E., Lysoivanenko E.N., Pinkovskaya G.V. Prospects for the Development of Small Hotels in Modern Conditions // Journal of Environmental Management and Tourism. 2019. Т. 10. № 8 (40) [Электронный ресурс]. Систем. требования: ЯндексБраузер. URL: <https://journals.aserspublishing.eu/jemt/article/view/4385> (дата обращения: 17.07.2021). [https://doi.org/10.14505//jemt.v10.8\(40\).05](https://doi.org/10.14505//jemt.v10.8(40).05)
6. Антюфеев А.В. Архитектурно-градостроительные предпосылки развития экологического туризма в Волгоградской области // Ежегодная научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава и студентов ВолгГАСУ материалы: в 3-х частях. 2008. С. 32–34.
7. Ключко А.Р., Ключко А.К. Минимизация пространства как современная тенденция в архитектуре гостиниц экономического класса // Архитектура и современные информационные технологии. 2017. №1 (38). С. 174–184.
8. Горгорова Ю.В. Проектирование гостиниц для природно-климатических условий гор и предгорий Юга России // Инженерный вестник Дона. 2013. № 4 (27). [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/R_62_Gorgorova.pdf_2087.pdf (дата обращения: 17.07.2021)
9. Горгорова Ю.В., Пелецкая Е.А. Учет фактора сезонности в архитектуре гостиниц Черноморского побережья Краснодарского края // Инженерный вестник Дона. 2020. № 6. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_32_5_gorgorova_peletskaya.pdf_2b850f2919.pdf (дата обращения: 17.07.2021)
10. Шевченко Л.П., Горгорова Ю.В. Архитектура гостиниц городов Юга России: рекомендации по реконструкции. Ростов-на-Дону: Изд-во СНКЦ ВШ, 2007. 90 с.

11. Kozlov D.A. Evolution of Hotel Classification System in Russian Federation // Journal of Environmental Management and Tourism. 2021. Т. 12. № 1(49) [Электронный ресурс]. Систем. требования: ЯндексБраузер. URL: <https://journals.aserspublishing.eu/jemt/article/view/5903> (дата обращения: 17.07.2021). DOI: [https://doi.org/10.14505/jemt.v12.1\(49\).24](https://doi.org/10.14505/jemt.v12.1(49).24)

12. Trampitsch G., Duque Motta R. Hotel architecture. Design media publishing limited, 2017. 271 p.

13. Penner R.H., Adams L., Rutes W. Hotel Design, Planning and Development. Routledge, 2013. 420 p.

14. Salmons R. La arquitectura desde el lugar // Arquitectonics: Mind, Land & Society. 2008. № 15. Pp. 87-101.

15. Siting and Design of Hotels and Resorts: Principles and Case Studies for Biodiversity Conservation. Gland, Switzerland: IUCN, 2012. 56 p.

16. Hotel Standards & Guidelines. Assessment Criteria for the Australian STAR Rating Scheme/AAA Tourism Pty Limited, 2012. 63 p.

17. Badavi A.A., Molchanov V.M. Prerequisites for the formation and the small hotel's architectural typology development // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Т. 698 [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/698/3/033042/pdf> (дата обращения: 17.07.2021). DOI:10.1088/1757-899X/698/3/033042

18. Badavi A.A., Molchanov V.M. Particularities of Formation of Architectural Typology of Small Hotels in the South of Russia // Journal of Environmental Management and Tourism. 2019. Т. 10. № 8 (40) [Электронный ресурс]. Систем. требования: ЯндексБраузер. URL: <http://journals.aserspublishing.eu/jemt/article/view/4393/> (дата обращения: 17.07.2021).

Информация об авторах

Бадави Анна Александровна, аспирант кафедры архитектуры жилых и общественных зданий. E-mail: aabadavi@sfedu.ru Академия архитектуры и искусств. Южный федеральный университет. Россия, 344082, Ростов-на-Дону, пр. Будёновский, д. 39.

Поступила 18.07.2021 г.

© Бадави А.А., 2021

DOI:

[https://doi.org/10.14505/jemt.10.8\(40\).11](https://doi.org/10.14505/jemt.10.8(40).11)

19. Badavi A.A., Molchanov V.M. Current trends in the small hotels' social and functional structure organization // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Т. 913 [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/913/3/032034/pdf> (дата обращения: 17.07.2021). DOI:10.1088/1757-899X/913/3/032034

20. Ольхова А.П. Гостиницы. М.: Изд.-во Стройиздат, 1983. 75 с.

21. Георгиевский А.М. Принципы формирования типов и архитектурных решений гостиниц в зависимости от их специализации: автореферат диссертации на соиск. учен. степ. канд. арх.-ры. М.: ЦНИИЭП жилища, 1980. 15с.

22. Кролевец С.В. Рациональные типы гостиниц малой вместимости. автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. арх.-ры. М., 1979. 11 с.

23. Свод правил. Здания гостиниц. Правила проектирования. СП 257.1325800.2016 Дата введения 2017-04-21 Доступ из электронного фонда правовой и нормативно-технической документации «Техэксперт». [Электронный ресурс]. Систем. требования: ЯндексБраузер. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456040113> (дата обращения: 17.07.2021)

24. Постановление правительства Российской Федерации от 16 февраля 2019 года №158 Об утверждении Положения о классификации гостиниц (с изменениями на 23 ноября 2020 года). Доступ из электронного фонда правовой и нормативно-технической документации «Техэксперт». [Электронный ресурс]. Систем. требования: ЯндексБраузер. URL: <http://docs.cntd.ru/document/552424018> (дата обращения: 17.07.2021)

25. Бадави А.А. Архитектурно-планировочные решения номеров малых гостиниц // Вестник ВолгГАСУ. 2021. №2 (83). С. 137–155.

Badavi A.A.

Academy of architecture and arts Southern Federal University

E-mail: aabadavi@sfedu.ru

ORGANIZATIONAL FEATURES OF THE FUNCTIONAL AND PLANNING STRUCTURE OF SERVICE AREAS IN SMALL HOTELS

Abstract. Nowadays, small hotels are the most popular and intensively developing sector of the hotel industry. The modern typology of small hotels has significantly expanded and it includes new types of focus at a specific target segment of consumers. Customer focus is the most characteristic feature of small hotels and it is reflected in the organizational features of the functional and planning structure of the service areas in small hotels. The article is devoted to the discusses of the main and additional functional areas of small hotels (service part) based on the analysis of modern experience in the design and construction of small hotels, as well as the analysis of regulatory documents and scientific work on the design of this type of facilities. The main variants of functional schemes of the reception and lobby area, public catering area, consumer service and trade area, cultural and leisure, business, fitness and recreation, administrative and production areas, and areas for servicing cars (only for motels) are given. Conclusions are drawn about the direct relationship between the form of organization of the functional and planning structure of the service areas of small hotels with their specialization. It is concluded that the presence and composition of various functional areas of small hotels is always determined by a combination of the following external factors: type of hotel, location, level of comfort, contingent of guests. The tendency of consolidation and unification of separate functional zones of small hotels for maximum optimization of their space is revealed.

Keywords: small hotels, functional planning structure, functional areas, hotel service, typology, capacity, level of comfort.

REFERENCES

1. New Hotel Design. Otto Riewold: Coord researcher Jennifer Hudson. London: King, 2002. 240 p.
2. Manfred R., Tobias F. Construction and Design Manual Hotel Buildings. Berlin: DOM publishers, 2014. 304 p.
3. Klochko A.R., Solodilova L.A. Topical issues of development of network of economy class small hotels under the conditions of Moscow and territories adjacent to it [Aktual'nye voprosy razvitiya seti malyh gostinic ekonomicheskogo klassa v usloviyah Moskvyy i privileyushchih k nej territorij]. Industrial and civil engineering. 2012. No. 9. Pp. 12–13. (rus)
4. Ul'yanov V.A. Small Hotels in the Hospitality Industry [Malye gostinicy v industrii gostepriimstva]. Moscow: Tourist. 2011. 650 p.
5. Nikolskaya E.Y., Pasko O.V., Uspenskaya M.E., Lysoivanenko E.N., Pinkovskaya G.V. Prospects for the Development of Small Hotels in Modern Conditions. Journal of Environmental Management and Tourism. 2019. Vol. 10. No. 8 (40) Yandex browser. URL: <https://journals.aserspublishing.eu/jemt/article/view/4385> (date of treatment: 17.07.2021). DOI: [https://doi.org/10.14505/jemt.v10.8\(40\).05](https://doi.org/10.14505/jemt.v10.8(40).05)
6. Antyufeev A.V. Architectural and Urban Planning Prerequisites for the Development of Ecological Tourism in the Volgograd Region [Arhitekturno-gradostroitel'nye predposylki razvitiya ekologicheskogo turizma v Volgogradskoj oblasti]. Ezhegodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya professorsko-prepodavatel'skogo sostava i studentov VolgGASU materialy: v 3-h chastyah. Pp. 32–34. (rus)
7. Klochko A.R., Klochko A.K. Minimization of space as a contemporary trend in economy class hotels architecture [Minimizaciya prostranstva kak sovremennaya tendenciya v arhitekture gostinic ekonomicheskogo klassa]. Architecture and modern information technologies. 2017. No. 1 (38). Pp. 174–184. (rus)
8. Gorgorova Yu.V. Design of hotels for the climatic conditions of the mountains and foothills of Southern Russia [Proektirovanie gostinic dlya prirodno-klimaticheskikh uslovij gor i predgorij YUga Rossii]. Engineering journal of Don. 2013. No. 4 (27). AdobeAcrobatReader. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/R_62_Gorgorova.pdf_2087.pdf (date of treatment: 17.07.2021) (rus)
9. Gorgorova Yu.V., Peletskaya E.A. Accounting for the seasonality factor in the architecture of hotels on the Black Sea coast of the Krasnodar Territory [Uchet faktora sezonnosti v arhitekture gostinic Chernomorskogo poberezh'ya Krasnodarskogo kraja]. Engineering journal of Don. 2020. No. 6. AdobeAcrobatReader. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_32_5_gorgorova_peletskaya.pdf_2b850f2919.pdf (date of treatment: 17.07.2021) (rus)
10. Shevchenko L.P., Gorgorova Yu.V. Architecture of Hotels in Cities of the South of Russia (recommendations for reconstruction) [Arhitektura gostinic gorodov Yuga Rossii: rekomendacii po rekonstrukcii]. Rostov-on-Don, Publishing House of SSCC VS, 2007. 90 p. (rus)
11. Kozlov D.A. Evolution of Hotel Classification System in Russian Federation. Journal of Environmental Management and Tourism 1. 2021. Vol. 12. No. 1(49) Yandex browser. URL: <https://journals.aserspublishing.eu/jemt/article/view/5903> (date of treatment: 17.07.2021). DOI: [https://doi.org/10.14505/jemt.v12.1\(49\).24](https://doi.org/10.14505/jemt.v12.1(49).24)
12. Trampitsch G., Duque Motta R. Hotel architecture. Design media publishing limited, 2017. 271 p.

13. Penner R.H., Adams L., Rutes W. Hotel Design, Planning and Development. Routledge, 2013. 420 p.
14. Salmona R. La arquitectura desde el lugar. *Arquitectonics: Mind, Land & Society*, 02. 2008, No. 15. Pp. 87–101.
15. Siting and Design of Hotels and Resorts: Principles and Case Studies for Biodiversity Conservation. - Gland, Switzerland: IUCN, 2012. 56 p.
16. Hotel Standards & Guidelines. Assessment Criteria for the Australian STAR Rating Scheme. AAA Tourism Pty Limited, 2012. 63 p.
17. Badavi A.A., Molchanov V.M. Prerequisites for the formation and the small hotel's architectural typology development. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 698. AdobeAcrobatReader. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/698/3/033042/pdf> (date of treatment: 17.07.2021). DOI:10.1088/1757-899X/698/3/033042
18. Badavi A.A., Molchanov V.M. Particularities of Formation of Architectural Typology of Small Hotels in the South of Russia. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2019. Vol. 10, No. 8 (40). Yandex browser. URL: <http://journals.aserspublishing.eu/jemt/article/view/4393/> (date of treatment: 17.07.2021). DOI: [https://doi.org/10.14505//jemt.10.8\(40\).11](https://doi.org/10.14505//jemt.10.8(40).11)
19. Badavi A.A., Molchanov V.M. Current trends in the small hotels' social and functional structure organization. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 913. AdobeAcrobatReader. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/913/3/032034/pdf> (date of treatment: 17.07.2021). DOI:10.1088/1757-899X/913/3/032034
20. Olhova A.P. Hotel. [Gostinicy]. Moscow, Stroizdat, 1983. 75 p. (rus)
21. Georgievskij A.M. Principles of Formation of Types and Architectural Solutions of Hotels, Depending on their Specialization [Principy formirovaniya tipov i arhitekturnyh reshenij gos-tinic v zavisimosti ot ih specializacii]. Abstract dis. on the competition scholarly step. Cand. Arch. Moscow. 1980. 11 p. (rus)
22. Krolevec S.V. Rational Types of Hotels of Small Capacity [Racional'nye tipy gostinic maloj vmestimosti]. Abstract dis. on the competition scholarly step. Cand. Arch. Moscow. 1979. 15 p. (rus)
23. Set of rules. Hotel buildings. Design rules. SP 257.1325800.2016 Date of introduction 2017-04-21 [Svod pravil. Zdaniya gostinic. Pravila proektirovaniya. SP 257.1325800.2016 Data vvedeniya 2017-04-21]. Access from the electronic fund of legal and normative-technical documentation "Techexpert". Yandex browser. URL: [http:// docs.cntd.ru/document/456040113](http://docs.cntd.ru/document/456040113) (date of treatment: 17.07.2021) (rus)
24. Decree of the Government of the Russian Federation of February 16, 2019 No. 158 On approval of the Regulations on the classification of hotels (as amended on November 23, 2020) [Postanovlenie pravitel'stva Rossijskoj federacii ot 16 fevralya 2019 goda No158 Ob utverzhdenii Polozheniya o klassifikacii gostinic (s izmeneniyami na 23 noyabrya 2020 goda)]. Access from the electronic fund of legal and normative-technical documentation "Techexpert". Yandex browser. URL: <http://docs.cntd.ru/document/552424018> (date of treatment: 17.07.2021) (rus)
25. Badavi A.A. Architectural and planning solutions for small hotel rooms [Arhitekturno-planirovочnye resheniya nomerov malyh gostinic]. *Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture*. 2021. No. 2 (83). Pp. 137–155. (rus)

Information about the authors

Badavi, Anna A. Postgraduate student. E-mail: aabadavi@sfedu.ru. Academy of architecture and arts Southern Federal University, Russia, 344082, Rostov-on-Don, Budennovskiy st. 39.

Received 18.07.2021

Для цитирования:

Бадави А.А. Особенности организации функционально-планировочной структуры зон сервисного обслуживания малых гостиниц // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 10. С. 47–57. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-47-57

For citation:

Badavi A.A. Organizational features of the functional and planning structure of service areas in small hotels. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2021. No. 10. Pp. 47–57. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-47-57

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-58-67

Иванова-Ильичева А.М.*Южный федеральный университет, Академия архитектуры и искусств**E-mail: AMI0202@yandex.ru*

ПРИНЦИПЫ МОДЕРНИЗМА В АРХИТЕКТУРЕ ТОРГОВЫХ КОМПЛЕКСОВ 1960–1980-Х ГГ. В ГОРОДАХ ЮГА РОССИИ

Аннотация. 1960–1980 гг. – это время освоения широкой архитектурно-строительной практикой Советского Союза приемов и методов мирового модернизма и экспериментов по адаптации мирового опыта к особым социально-экономическим и политическим обстоятельствам страны. Один из показательных опытов советской архитектуры, иллюстрирующий функционально-типологические и пространственно-планировочные находки архитектуры XX в., демонстрирующий отношение модернизма к исторической городской среде и одновременно в полной мере отвечающий образу современности в архитектуре, – общественно-торговый центр на проспекте Калинина в Москве. Этот ансамбль стал примером для повторения во многих городах страны, в том числе на Юге России. Статья посвящена архитектуре Дома книги в Краснодаре и Торговой галереи на Навагинской улице в Сочи, рассмотренным как уникальные примеры организации протяженного общегородского общественно-торгового центра. Автором проведен сравнительный анализ объектов в контексте мировых и отечественных тенденции формирования функционально-пространственного типа, выявлены объемно-планировочные и формальные приемы модернизма в их архитектуре. На основе проведенных натурных обследований, фотофиксации, изучения литературы, исторических графических и фотоматериалов, был восстановлен ныне утраченный первоначальный облик объектов. Несмотря на различия в степени пространственной сложности, функциональной и образной наполненности комплексов, построенных в Сочи и Краснодаре, характера их встроенности в историческую среду городов, оба объекта являются характерными примерами своей стилистически-типологической группы и наделены общими узнаваемыми чертами.

Ключевые слова: советский модернизм, общественно-торговый центр, проспект Калинина в Москве, Новый Арбат, Дом книги в Краснодаре, Торговая галерея на Навагинской улице в Сочи.

Введение. Термин «советский модернизм», обобщенно определяющий «совокупность явлений советской архитектуры временного периода, ограниченного 1955 и 1991 годами» [1], все более уверенно входит в научный обиход. Уникальные произведения советского модернизма отражают все многообразие поисков «нового стиля» мировой архитектурой XX века. Значительный временной отрезок, отделяющий ранние произведения классиков модернизма от первых новаторских работ эпохи «оттепели» 1960-х гг., дал советским архитекторам возможность выбора в качестве образца наиболее продуктивных подходов, методов и произведений современной архитектуры.

Вместе с тем в условиях экономии средств и стремления к упрощению строительного процесса многие решения классиков модернизма, отличающиеся технической сложностью при внешней лаконичности (например, «стиль Миса»), при

массовом тиражировании огрублялись и теряли не только конструктивное совершенство, но и эстетические качества. В этом одна из причин негативного отношения к произведениям советского модернизма в настоящее время. Недооценённость не только типовых массовых построек, но и уникальных произведений стиля, приводит в настоящее время к их утрате – физическому разрушению или реконструкции, изменяющей облик здания и его пространственные характеристики до неузнаваемости.

Обоснованная тревога специалистов и ценителей архитектуры 1960-1980-х гг. стимулирует повышение интереса к изучению лучших столичных и региональных построек периода. Помимо сбора и систематизации достоверных историко-архивных материалов, натурных обследований, обмеров, графической фиксации современного состояния сохранившихся объектов советского модернизма, важным представляется визуальная

реконструкция утраченных объектов и объектов, образ которых был искажен последующими реконструкциями.

Научную новизну данной статьи определяет сравнительный анализ двух примеров организации протяженного общегородского общественно-торгового центра в контексте мировых и отечественных тенденции формирования функционально-пространственного типа, а также выявление объемно-планировочных и формальных приемов модернизма в архитектуре рассматриваемых объектов. Важную роль играет также систематизация исторических данных, уточнение истории строительства объектов.

Результаты и основные выводы исследования, показывающие особенности решения пространственного торгового центра 1970–1980-х гг. в городах Юга России, имеют практическое значение. Они могут быть использованы как основа для дальнейших научных исследований в области истории архитектуры новейшего времени, а также теоретических работ по архитектурной типологии. Обоснование функциональной целесообразности и эстетической ценности принципов проектирования, характерных для советского модернизма, позволит не только привлечь внимание общественности к вопросам охраны лучших образцов стиля, но и поможет формированию новых принципов реконструкции городской застройки 1960–1980 гг. Материалы натурных обследований, а также исторические графические и фотографические материалы могут быть востребованы в ходе осуществления работ по реконструкции, ремонту и воссозданию объектов архитектуры эпохи модернизма.

Методология. При разработке данной научной темы были использованы методы натурных исследований и обмеров объектов, изучение проектной и охранной документации по объектам, анализ периодической печати 1960–1980-х гг. и теоретических работ по типологии архитектуры. Автором был проведен всесторонний сравнительный анализ двух объектов региональной архитектуры – Краснодарского Дома книги и Торговой галереи на Навагинской улице в Сочи – с современными им общественно-торговыми центрами в стилистике модернизма. Был использован также метод аналогий.

Основная часть. 1960-е годы – время активизации внимания советского общества к проблемам организации системы бытового обслуживания граждан, формированию новых типов торговых пространств в центральной части городов. Ответом профессионального сообщества стало исследование мирового опыта строительства торговых центров и разработка научно обоснованных

методов проектирования торговых зданий и организации общественных пространств линейного и компактного типа, рассчитанных на общегородской или местный уровень обслуживания.

В профессиональной периодике начали публиковаться лучшие проекты и аналитические статьи на эту тему [2], в специальной литературе были сформулированы новейшие подходы к проектированию торговых зданий и комплексов. Вместе с тем организация протяженного общественного центра – это еще и один из путей организации городского пространства, наделенного наиболее прогрессивными качествами современной архитектуры. «Городская планировка требовала структурированности, наиболее рационально распределяющей функциональные зоны жизнедеятельности горожан» [3], что в 1960–1970-е годы дополняется пониманием городского центра, как конгломерата жилой и общественных функций.

Новые общественно-торговые центры в СССР можно рассматривать как эквивалент центральных деловых районов в западных городах. Так, например, в 1950–1960-е гг. прошло обновление разрушенных во время Второй мировой войны центров европейских городов, в результате чего были созданы общественный центр Роттердама (с сочетанием магазинов и жилья) или торговый центр Стокгольма (в соответствии с одним из наиболее последовательно реализованных модернистских проектов реконструкции исторического города), общественно-торговый центр в Варшаве [4, с.221; 2].

Опыт проектирования протяженных общественно-торговых центров в советской архитектуре 1960–1980-х годов. Для периода советского модернизма свойственно создание в результате экспериментального проектирования образцов для подражания и широкого внедрения в массовом строительстве. Один из ранних глобальных проектов советского модернизма, который стал образцом всесоюзного масштаба, – это общественно-торговый центр на проспекте Калинина в Москве (1961–1968 гг., архитекторы М. Посохин, А. Мндоянц, Б. Тхор, А. Зайцев, В. Егоров). Градостроительный ансамбль Нового Арбата (проспекта Калинина) обоснованно называют «самым радикальным жестом модернистского градостроительства», который воплотил «преимущества централизованного планирования» [5, с. 88]. Создание такого масштабного пространственного объекта сопровождалось тотальным уничтожением сложившейся исторической среды, что в полной мере соответствовало радикальному подходу к историческим городам,

характеризующему архитектуру модернизма (особенно раннего периода).

Единый ансамбль составили высотные здания в форме раскрытой книги с жилой и административной функцией и двухуровневый стилобат, объединяющий учреждения обслуживания. Основными компонентами застройки проспекта наряду с многоэтажными домами стал крупнейший в столице общественно-торговый центр, включающий магазины, столовые, кафе, рестораны, кинотеатр «Октябрь». В соответствии со СНиПом в городском торговом центре были размещены магазины и предприятия бытового обслуживания общегородского значения [6, с. 30]: Московский дом книги, салон красоты «Чародейка», универсальный магазин «Весна», магазины «Мелодия» и «Москвичка», и др. Общественный центр на проспекте Калинина был построен по принципу организации двухсторонних торговых рядов [2].

Уникальный стилобат представлял собой двухуровневый протяженный объем, первый уровень которого «утоплен» относительно красной линии застройки и представляет крытую торговую галерею, а второй уровень в соответствии с принципами модернизма поднят на опоры и имеет сплошное остекление. Функционально-планировочное решение стилобата развивает принципы построения традиционного типа отечественного торгового сооружения – торговых рядов, в которых ряд отдельных магазинов объединены крытой арочной галереей. Принципы модернизма проявились в планируемой открытой террасе на крыше стилобата, а также нетривиальном подходе к использованию подземного уровня для разделения пешеходных и транспортных путей.

Не все прогрессивные функционально-планировочные идеи, предусмотренные проектом предложением, были реализованы. Так, не было завершено предусмотренное проектом устройство открытой террасы на крыше стилобата с организацией площадок для рекреации, размещения открытых площадок ресторанов и кафе. Не в полном объеме воплощена транспортная схема: «Заложена в первоначальных вариантах проекта идея отделить транспортные потоки от масс пешеходов, углубив их в подземный уровень, перекрытый частыми мостиками, связывающими стороны проспекта, не была реализована. Недостает проспекту и тех подземных автостоянок на 1000 машин, которые запроектированы вдоль его южной стороны, но пока не осуществлены» [7, с. 148].

Однако система подземных транспортных путей была частично реализована. Обслуживание и доставка грузов осуществляется именно по подземным транспортным галереям.

Все дома-книжки, кроме здания Совета экономической взаимопомощи (СЭВ) на Новом Арбате, построены преимущественно в унифицированных конструкциях (сборный каркас и элементы внешней облицовки навесными панелями). Многочисленные повторения этого нового для 1960-х годов конструктивного решения в первую очередь связаны с рациональным подходом – все элементы промышленного производства. В различных городах страны были построены многочисленные дома со схожим конструктивным решением. Каркасы с навесными панелями, использованные впервые в архитектуре московских высоток, впоследствии активно применялись по всей стране. Только в здании секретариата СЭВ, аналогичного по форме, были применены индивидуально изготовленные детали, в том числе алюминиевая облицовка.

Архитектурно-художественный образ ансамбля должен был передавать стремительное движение в будущее и, в то же время, соответствовать лучшим мировым решениям аналогичных объектов в стилистике модернизма. Дополнительный эффект образу модернистского городского центра добавлялся благодаря уникальному для своего времени экрану, который был размещен на брандмауэрной стене исторического здания (в настоящее время демонтирован). «История демонстрации на этом месте рекламных роликов, телевизионных передач, видеомостов и т.д. к 2012 г. насчитывала уже 40 лет. Именно здесь в ноябре 1972 г. зажглись огни первого в мире наружного видеозащита – электронного информатора ЭЛИН» [8]. Еще одной технической достопримечательностью ансамбля стала изготовленная в Японии объемная реклама Аэрофлота в виде медленно вращающегося глобуса.

Многочисленные повторения в городах Советского Союза типа протяженного общественного центра с одной стороны является свидетельством популярности раннего образца, сформированного на проспекте Калинина в Москве, с другой стороны показывает разнообразие конкретных подходов, применяемых в соответствии с местными условиями.

Архитектура протяженных общественно-торговых центров в городах Юга России 1960-1980-х гг. Наиболее целостное представление о региональной вариативности реализованных проектов протяженных общественно-торговых центров периода советского модернизма на Юге России составляют два объекта – Дом книги в Краснодаре и Торговая галерея на Навагинской

улице в Сочи. Относясь к одной типологической группе и играя аналогичную роль в пространственной организации исторического центра, эти ансамбли имеют ряд значительных различий, обусловленных природно-климатическими особенностями, историческими условиями формирования, функциональной спецификой городов, а также спецификой основной целевой группы потребителей.

Город Сочи – столица курортов Черноморского побережья Краснодарского края – еще в конце XIX века получил название «Кавказская Ривьера», поэтому к планируемому архитектурному ансамблю предъявлялись требования не только функциональности и репрезентативности.

Торговая галерея на Навагинской улице (рис. 1) должна была стать новой достопримечательностью курортного города, усиливающей его туристическую привлекательность. Практически все в архитектуре комплекса было нацелено на внимание со стороны отдыхающих (отчетливо выявленное обращение к столичному образцу и столичные архитекторы – авторы проекта, сложное пространственное решение и современная функционально-планировочная схема, новые материалы и технологии, широкий спектр использованных приемов мирового модернизма, необычные элементы благоустройства и декоративного убранства).

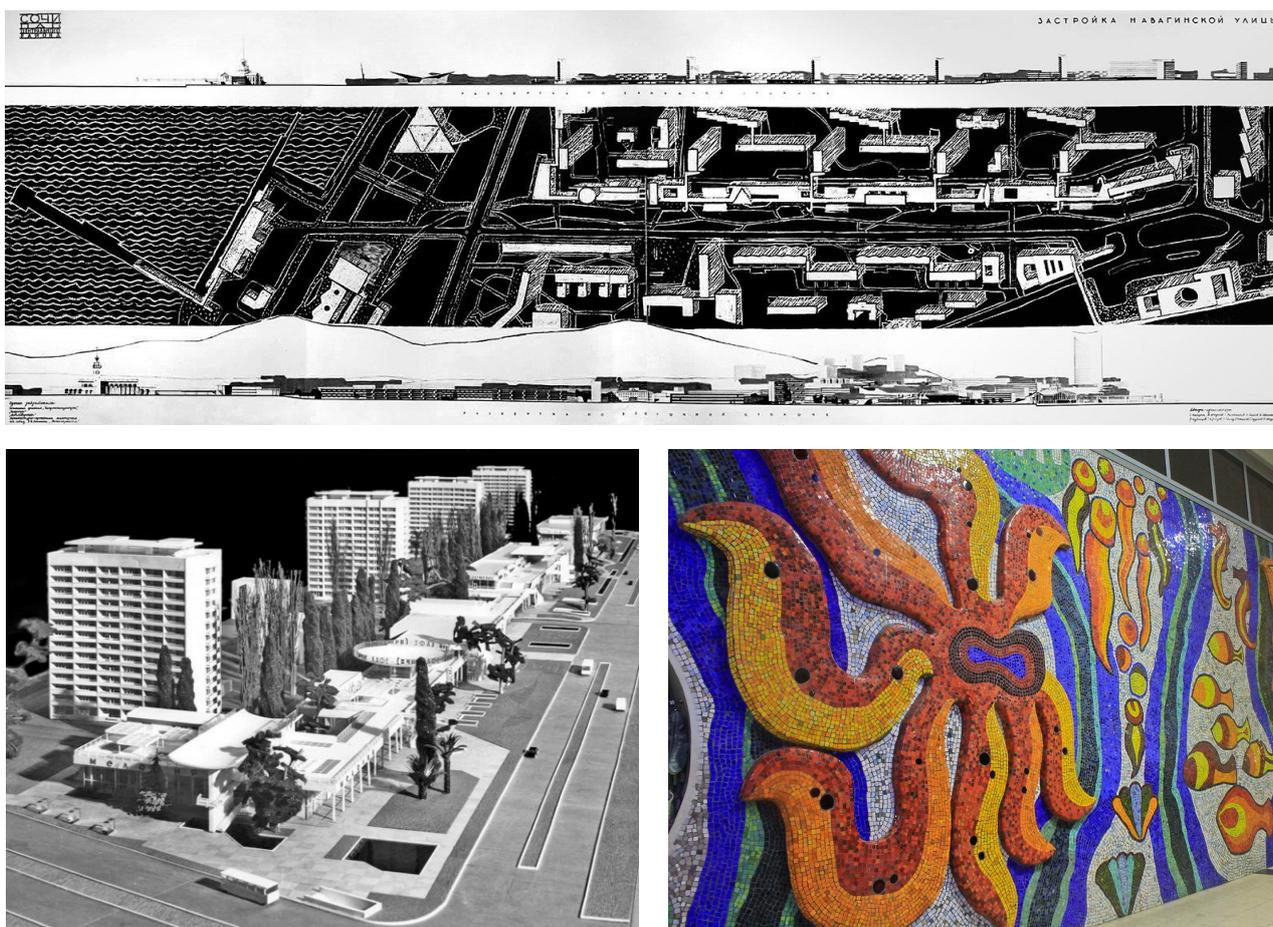


Рис. 1. Торговая галерея на Навагинской улице в Сочи. Архитекторы Е.Б. Анцута, В.В. Кузнецов. Художник З.К. Церетели. 1963–1998 гг. Макет, вид в сторону железнодорожного вокзала. Эскиз проекта [10, с.28]. Фрагмент мозаики

Идея создания протяженного общественно-торгового центра в Сочи возникла в ходе подготовки эскизного проекта планировки центра города, который в 1960 году Госстрой РСФСР заказал мастерской имени академика В. А. Веснина (главный архитектор С. Е. Вахтангов) [10, с. 27]. Торговая галерея должна была стать единым ансамблем, который соединил бы железнодорожный вокзал и Курортный проспект по направлению к морю, став пешеходным дублером транс-

портной магистрали – улицы Горького. Композиционно новый протяженный центр фиксировался двумя монументальными зданиями – шпиль морского вокзала становился ориентиром со стороны моря, а башня железнодорожного вокзала завершала перспективу.

Проект был разработан творческим коллективом мастерской имени академика В. А. Веснина в составе архитекторов Е.Б. Анцута, В.В. Кузнецова и конструкторов Е.В. Мандель, А.

Дон, мозаичные панно и витражи были выполнены З.К. Церетели. Начало проектирования относится к 1963 году, а последняя очередь завершена строительством в 1998 году.

«Первоначальный землеотвод под галерею составлял 3.43 га Общая площадь внутренних помещений – 23 278 кв.м.» [11]. Планировалось поэтапное строительство шести блоков общей длиной 940 м. и высотой 2–3 этажа. В комплексе с общественным центром планировалось строительство пяти 14-этажных жилых домов за галереей на улице Островского, которые не были интегрированы в объем галереи, но составили с ней единый пространственный ансамбль. Помимо очевидного композиционного единства, связь между высотными жилыми домами и горизонтальной общественно-торговой частью осуществлялась благодаря сквозным проходам между корпусами галереи, соединяющим улицы Навагинскую и Островского.

Торговая галерея отличалась многообразием общественных функций: магазины «Мелодия», гастроном, «Дом здоровья», «Детский мир», «Дом кинофотолюбителя», кинотеатр в третьем блоке, множество кафе на эксплуатируемой крыше. Аналогично общественно-торговому центру на Калининском проспекте была решена функциональная организация торговых корпусов, которые объединяла пешеходная крытая галерея в первом уровне. Вдоль протяженного фасада третий уровень здания поднят над уровнем земли на опорах (в соответствии с принципами модернизма). Связь с природной средой выявлена в архитектуре ансамбля. Корпуса Торговой галереи имели озелененные внутренние дворы, перекрытые перголами. Перед фасадами были организованы прямоугольные бассейны (в духе Миса ван дер Роэ), в которых отражались фасады и колоннада галереи, что усиливало эстетические качества объектов.

Еще один принцип из сформулированных Ле Корбюзье и заложивших основу мирового модернизма – эксплуатируемая крыша, «сад на крыше» [11] – достаточно полно раскрыт в архитектуре Торговой галереи и многоэтажных жилых зданий, составляющих единый ансамбль. Корпуса галереи имели эксплуатируемую крышу, на которой располагались кафе с зимними и летними местами, благоустроенные площадки для отдыха с декоративным мощением, цветники, малые архитектурные формы, небольшие бассейны. Благодаря системе переходов вдоль главного фасада на уровне крыши проходила непрерывная галерея, связывающая отдельные корпуса и дублирующая крытую галерею на первом уровне. Плоская крыша жилых домов была предназначена для солярия и оснащена солнцезащитными перголами.

Авторами проекта были предусмотрены современные конструктивные решения, строительные материалы и технологические приемы. Так, например, в двухсветном зале первого корпуса были использованы новейшие материалы для устройства подвесного потолка, которые автор проекта Е.Б. Анцута увидела на выставке завода светотехники. Важным для автора проекта было также применение для витражей алюминия, который ассоциировался с образом современной архитектуры [9, с.21].

Нестандартный образ многоэтажных жилых домов по улице Островского (архитекторы Е.Б. Анцута, В.В. Кузнецова, конструктор Е.В. Мандель, 1963–1969 гг.) с пластичной вогнутой формой продольных стен стал возможен благодаря применению новых для того времени конструктивных приемов и строительных технологий – метода непрерывного бетонирования в скользящей опалубке. «Стены здания следующей конструкции: поперечные стены из тяжелого бетона марки 200 толщиной 22 см, продольные и внутренние – толщиной 25 см. Перекрытия сборные.» [12].

В архитектурно-художественном образе комплекса прочитываются приемы, характерные для мирового модернизма. За основу корпусов взяты лаконичные прямоугольные формы павильонов со сплошным остеклением в сочетании с гладкими белыми плоскостями.

Необычные пластические архитектурные элементы обогащали лаконичные формы и придавали уникальность и узнаваемость корпусам. Так, например, солнцезащитный навес над кафе «Парус», расположенном на крыше первого павильона, имел пластичную форму паруса, над кафе «Восток» на крыше второго корпуса был выполнен навес в форме чаши с круглым отверстием посередине. Общую композицию дополняют разнообразные по формам наружные лестницы, ведущие на крышу: лестница в форме волны, многомаршевые лестницы, которые огибали отдельно стоящие декоративные опорные пилоны разной формы.

Одним из характерных приемов советского модернизма стало активное использование произведений монументального искусства в формировании архитектурно-художественного образа зданий. «Недостаток эмоционального и содержательного наполнения зданий в стилистике советского модернизма зачастую восполняется средствами монументального искусства. Отличительной чертой стиля являются индивидуальные мозаичные панно, сграффито и рельефы, отражающие разнообразные мотивы и сюжеты социалистической жизни, а также наполненные эмоцио-

нальным содержанием абстрактные произведения» [13]. Вдоль крытой пешеходной галереи на стенах корпусов в первом уровне были расположены мозаичные панно авторства З.К. Церетели, представляющие яркий цветовой акцент, благодаря контрасту колорита и фактуры мозаики (часть панно представляет собой невысокий мозаичный рельеф) и гладких белых стен архитектурного объекта. Тематика панно – стилизованные образы подводного мира – соответствует назначению здания как курортного центра. Фасад части третьего блока здания с эскалатором был решен в виде «решетки» с вставками в виде декоративных витражей авторства З. К. Церетели.

Образ современности ансамбля создавался также благодаря новым техническим устройствам. Перед фасадом первого корпуса со стороны Платановой аллеи был устроен «поющий фонтан», который скоро стал местной достопримечательностью. Он был оборудован фонтанной и световой аппаратурой, позволяющей создавать в вечернее время визуальные, цветовые и музыкальные эффекты. В перспективе на галерее предполагалось установить многочисленные лифты и эскалаторы.

По воспоминаниям В. А. Воронкова, руководителя Сочинского горисполкома в 1970-е гг. – период строительства первых блоков Торговой галереи, – местной администрации понравился «архитектурный подход к реконструкции Калининского проспекта в Москве, где был найден масштаб жилых (высоких) и общественно-торговых (низких) сооружений» [14]. Не случайно большинство новаций и идей, использованных архитекторами столичного аналога, были восприняты и переработаны в сочинской Торговой

галерее. Однако многообразием форм и богатством пластического решения объемно-пространственных элементов ансамбль Торговой галереи в Сочи превосходит не только Краснодарский Дом книги, но и столичный образец – Общественно-торговый центр на Калининском проспекте.

Краснодарский дом книги – это еще один пример подхода к решению общественно-торгового центра в архитектуре Юга России. Краснодар (до 1920 г. – Екатеринодар) выполнял роль центра области в составе Российской империи в XIX – начале XX вв. [15, с. 259], в советское время был центром Краснодарского края, но не нес дополнительной туристической нагрузки. Центральный ансамбль Краснодара рассчитан в первую очередь на местных жителей и их потребности, а архитектурно-стилистические приемы модернизма в сочетании с окружающей застройкой в стилистике эклектики, модерна, конструктивизма и советского неоклассицизма должен был формировать достойный образ современной краевой столицы.

Дом книги в Краснодаре (рис. 2) был «построен в 1974–1977 гг. по проекту, разработанному в краснодарском филиале ГИПРОТОРГ (Государственного института по проектированию предприятий торговли и общественного питания) архитектором А.Г. Якименко» [16, 17]. В функционально-планировочном, объемном и художественно-образном решении Дома книги есть много общего с общественно-торговыми центрами в Москве и Сочи. Краснодарский объект повторяет приемы, использованные в архитектуре столичного образца – ансамбля на проспекте Калинина, – но в значительно упрощенной форме.



Рис. 2. Краснодарский Дом книги. Архитектор А.Г. Якименко, 1974-1977 гг. Фотография 1980 г. [18]. Мозаика, художник В.Ф. Папко, 1976-1978. [16]

Главный (восточный) фасад ансамбля Дома книги формирует отрезок улицы Красной (главной улицы города) между улицами Гоголя и Гимназической. Здание построено с заметным отступлением от красной линии застройки, образуя небольшой курдоньер, который переходит в небольшую площадь перед зданием администрации Краснодарского края, образуя южную перспективу. Северная перспектива замыкается главным фасадом исторического здания – объекта культурного наследия «Театр драматический (Зимний театр), 1908 г., арх. А.А. Козлов, Ф.О. Шехтель, 1954 г. (реконструкция), арх. А.В. Титов» [17]. Органичным элементом ансамбля, реконструированного в 1970-е гг., стал сохраненный объект культурного наследия «Дом жилой купцов Аведовых. 1900-1908 годы», торцевая стена-брандмауэр которого, оформленная мозаичным панно (художник В. Папко, 1976-1978 гг.), продолжает протяженный фасад нового общественно-торгового центра, выполняя роль композиционного акцента. В отличие от общественно-торговых центров на проспекте Калинина в Москве и Навагинской улице в Сочи, краснодарский ансамбль демонстрирует менее радикальный подход к исторической застройке: архитектурно-художественный образ пространственной среды формируется сочетанием построек в различных стилях при доминировании архитектуры модернизма.

Протяженный горизонтальный стилобат торгового назначения сочетается с ритмом вертикалей трех девятиэтажных жилых домов, частично интегрированных с западной стороны в двухэтажный объем. «Помимо основной функции – универсального книжного магазина, Краснодарский Дом книги выполнял и роль культурного центра. Часть его пространства использовалась как выставочная площадка: здесь организовывались выставки книжной продукции, экслибриса, художественной фотографии, живописи и графики. Здесь же, в небольшом, специально оборудованном конференц-зале, проходили заседания Краснодарского клуба книголюбов, встречи с писателями, деятелями науки и искусства, тематические вечера, организовывавшиеся совместно с краевой библиотекой им. А.С. Пушкина» [19].

Принцип модернизма – «здание, поднятое на опоры» – лишь отчасти отражен в архитектуре Дома книги. Южная часть здания первоначально была решена в виде открытой галереи на опорах в уровне первого этажа и в виде открытой террасы – в уровне второго этажа.

Как и в сочинской Торговой галерее, в полной мере реализован принцип эксплуатируемой крыши. На крыше стилобата были организованы летние кафе и рекреационные площадки. Для

солнцезащиты в проветах между девятиэтажными зданиями были организованы навесы. Крыши многоэтажных жилых зданий также были решены как эксплуатируемые, на них были устроены солнцезащитные перголы.

На открытую площадку на крыше вела многомаршевая лестница у торцевого южного фасада, которая создавала зигзагообразную форму, огибающую отдельно стоящую декоративную стенку. Объем лестницы обогатил пластику лаконичного здания.

Еще одним акцентом в южной части симметричного ансамбля стала включенная в общую композицию мозаичная композиция на тему «Я вызову любое из столетий», расположенная на глухой торцевой стене доходного дома купцов Аведовых (художник В. Ф. Папко, 1976–1978 г.). Помимо этого необычного приема, в архитектуре здания были использованы и другие виды синтеза изобразительных искусств: многочисленные рельефы и круглая скульптура в интерьерах, керамические сосуды в нишах, декоративные рельефные вставки, интегрированные в каркас витража.

В архитектуре Торговой галереи в Сочи и Дома книги в Краснодаре были использованы узнаваемые приемы модернизма и средства, создающие образ «современного здания»:

- Оба объекта – это пространственные ансамбли, разрушающие сложившуюся историческую городскую среду, как и большинство объектов модернизма;
- Эксплуатируемая крыша стилобата с размещением элементов озеленения и благоустройства, летних площадок для отдыха и кафе, устройство навесов разнообразной формы;
- Эксплуатируемая крыша многоэтажных жилых домов с устройством пергол на крышах зданий в Сочи и Краснодаре;
- Первый этаж, поднятый на опоры (Москва, Краснодар), крытая галерея, объединяющая торговые павильоны (в Сочи);
- Сплошное остекление, металлический каркас витражей, использование новых строительных материалов и технологий (метод непрерывного бетонирования в скользящей опалубке – в Сочи), а также строительных материалов;
- Элементы благоустройства, связывающие архитектуру и природную среду: мотив прямоугольного в плане бассейна (Мис ван дер Роэ), озелененные внутренние дворики;
- Технические средства как элемент архитектуры;
- Произведения монументально-декоративного искусства как элемент архитектурно-художественного образа зданий.

Выводы. В отечественной архитектурно-строительной практике 1960–1980 гг. формируется ряд характерных функционально-пространственных типов зданий и архитектурных комплексов на основе переработки концептуальных подходов мирового модернизма в соответствии с условиями и требованиями советской действительности. Одним из наиболее показательных образцов общественно-торгового центра линейного типа в стилистике советского модернизма является архитектурный ансамбль на проспекте Калинина в Москве, который стал примером для повторения во многих городах страны.

На Юге России приемы и методы, использованные в решении пространственного ансамбля на Калининском проспекте, были повторены и по-своему интерпретированы в архитектуре Дома книги в Краснодаре и Торговой галереи на Навагинской улице в Сочи.

Являясь характерными примерами советского модернизма, Дом книги в Краснодаре и Торговая галерея в Сочи наделены общими чертами своей стилистически-типологической группы:

- разделение пешеходных и транспортных путей;
- организация пешеходной зоны, освобожденной от транспорта;
- совмещение жилой и общественной функции (нескольких видов торговли и бытового обслуживания);
- многоуровневость, способствующая дифференциации функциональных зон;
- мотив крытой торговой галереи;
- эксплуатируемая крыша, устройство солнцезащитных элементов - перголы;
- применение современных строительных материалов и их сочетаний;
- ритмическая композиция из вертикальных элементов (жилых домов) и горизонтального стилобата с общественно-торговой функцией;
- сочетание лаконизма основных архитектурных объемов с отдельными пластическими элементами и малыми архитектурными формами;
- использование произведений монументального искусства.

Особенностью южнороссийских объектов стали такие признаки, как более дробный, приближенный к человеку масштаб композиции общественной части, организация благоустроенных летних площадок и кафе на крыше стилобата (галереи) и соляриев на крыше многоэтажных жилых домов, активное использование средств монументальных искусств (мозаика, витраж, декоративный рельеф).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Иванова-Ильичева А.М., Орехов Н.В. Ростовский театр кукол: "старое" и "новое" в архитектуре советского модернизма // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. №1. С. 58–65.
2. Красильникова К. Особенности формирования системы обслуживания центральных районов крупного города // Архитектура СССР. 1976. №7. С. 43–48.
3. Иванова-Ильичева А.М., Сидоренко Н.Р. Принципы советского модернизма в ансамбле площади им. города Плевен в Ростове-на-Дону // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 6. С. 47–55.
4. Drėmaitė M. Baltic Modernism. Architecture and Housing in Soviet Lithuania. Berlin: Dom Publisher, 2017. 320 с.
5. Броницкая А., Малинин Н. Москва. Архитектура советского модернизма, 1955-1991: справочник-путеводитель. Москва: Музей современного искусства Garage, 2016. 328 с.
6. СНиП П-К.2-62. Планировка и застройка населенных мест. М.: Издательство литературы по строительству, 1967. 65 с.
7. Иконников А.В. Каменная летопись Москвы. М.: Моск. рабочий, 1978. 352 с.
8. Сазиков А.В. Экран на Новом Арбате // Декоративное искусство и предметно-пространственная среда. Вестник МГХПА. 2015. №3. С. 433–440
9. Елена Анцута (составитель Младовская А.). Екатеринбург: TATLIN, 2019. 136 с.
10. Захарова Н. Судьба Торговой галереи [Электронный ресурс] Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://arch-sochi.ru/2010/01/sudba-torgovoy-galerei/> (дата обращения: 07.07.2021)
11. Гуревич И. 5 тезисов Корбюзье (перевод) // Современная архитектура. 1928. №1. С. 23–25
12. Депутович В., Найшуль В. Новое строительство в Сочи // Жилищное строительство. 1970. №10. С. 3
13. Иванова-Ильичева А.М., Орехов Н.В., Стушняя И.А. Мозаика в декоративном убранстве зданий эпохи советского модернизма (на примере города Ростова-на-Дону) // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. 2017. № 12 (86): в 5-ти ч. Ч. 5. С. 100–103.
14. Воронков В. Навагинская улица, Торговая галерея // Черноморская здравница. 2003. 18 марта.
15. Есаулов Г.В. Архитектура Юга России: от истории к современности. Очерки. Монография. М.: Архитектура-С. 2016. 568 с.

16. Бондарь В.В. Краснодарский Дом книги – памятник архитектуры структурализма в культурном ландшафте исторического города (к 40-летия со дня открытия) [Электронный ресурс] Наследие веков. 2017. № 3. С. 47–64. URL: http://heritage-magazine.com/wp-content/uploads/2017/09/2017_3_Bondar.pdf (дата обращения 07.07.2021)

17. Паспорт объекта культурного наследия Краснодарский Дом книги. Утверждено приказом Министерства культуры Российской Федерации от 2 июля 2015 г. № 1906.

18. Петшаковский Ю.П. Негатив. Г. Краснодар, Первомайский район, ул. Красная [Электронный ресурс]. Госкаталог РФ URL: <http://goskatalog.ru/portal/#/collections?id=24819096> (дата обращения: 07.07.2021)

19. Каменева Т.Е., Смирнова И.М., Веденин Ю.А. Акт государственной историко-культурной экспертизы научно-проектной документации «Проект зон охраны объекта культурного наследия регионального значения «Краснодарский Дом книги», 1974 г. адрес: Краснодарский край, город Краснодар, угол ул. Красной, 41–43–45 и ул. им. Гоголя, 64, лит. А, А1, А2, А3». Москва. 30 ноября 2020 г.

Информация об авторе

Иванова-Ильичева Анна Михайловна, кандидат архитектуры, доцент, заведующая кафедрой Истории архитектуры, искусства и архитектурной реставрации. E-mail: AMI0202@yandex.ru. Южный федеральный университет, Академия архитектуры и искусств. Россия, 344082, г. Ростов-на-Дону, ул. Максима Горького, 75.

Поступила 29.07.2021 г.

© Иванова-Ильичева А.М., 2021

Ivanova-Ilyicheva A.M.

Southern Federal University, Academy of architecture and arts

E-mail: AMI0202@yandex.ru

PRINCIPLES OF MODERNISM IN THE ARCHITECTURE OF SHOPPING OF 1960-1980s IN THE CITIES OF THE SOUTH OF RUSSIA

Abstract. *The 1960-1980s is the time for the development of the wide architectural and construction practice of the Soviet Union of the techniques and methods of world modernism, the adaptation of world experience to the special socio-economic and political circumstances of the country. The public and shopping center on Kalinin Avenue in Moscow is one of the demonstrative experiments in Soviet architecture. It illustrates the functional-typological and spatial-planning findings of XX century architecture, demonstrates the attitude of modernism to the historical urban environment and at the same time fully meets the image of modernity in architecture. It shows the relationship of modernism to the historical urban environment. This ensemble has become an example to be repeated in many cities of the country, including in the South of Russia. The article is devoted to the architecture of the Krasnodar Book House and the Shopping Gallery on Navaginskaya Street in Sochi. They are considered as unique examples of the organization of an extended citywide public and shopping center. The author has carried out a comparative analysis of objects in the context of world and domestic trends in the formation of a functional-spatial type, identified space-planning and formal techniques of modernism in their architecture. On the basis of the conducted field surveys, photographs, study of literature, historical graphic and photographic materials, the now lost original appearance of the objects is restored. Despite the differences in the degree of spatial complexity, functional and imaginative content of the complexes built in Sochi and Krasnodar, the nature of their integration into the historical environment of cities, both objects are typical examples of their stylistic and typological group and are endowed with common recognizable features.*

Keywords: *Soviet modernism, public and trade center, Kalinin Avenue in Moscow, New Arbat, Krasnodar Book House, Shopping Gallery on Navaginskaya Street in Sochi*

REFERENCES

1. Ivanova-Ilyicheva A.M., Orekhov N.V. Rostov Puppet Theater: "Old" and "New" in the Architecture of Soviet Modernism [Rostovskiy teatr kukol: "staroye" i "novoye" v arkhitekture sovetskogo modernizma]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 1. Pp. 58–65. (rus)

2. Krasilnikova K. Features of the formation of a service system for the central regions of a large city [Osobennosti formirovaniya sistemy obsluzhivaniya tsentral'nykh rayonov krupnogo goroda]. Architecture of the USSR. 1976. No. 7. Pp. 43–48. (rus)

3. Ivanova-Ilyicheva A.M., Sidorenko N.R. Principles of soviet modernism in the ensemble of the

square named after Plevin in Rostov-on-Don. [Printsipy sovetskogo modernizma v ansamble ploshchadi im. goroda Plevin v Rostove-na-Donu]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 6. Pp. 47–55. (rus)

4. Drémaitė M. Baltic Modernism. Architecture and Housing in Soviet Lithuania. Berlin: Dom Publisher, 2017. 320 p.

5. Bronovitskaya A., Malinin N. Moscow. The architecture of Soviet modernism, 1955-1991: guidebook [Moskva. Arkhitektura sovetskogo modernizma, 1955-1991: spravochnik-putevoditel']. photo by Y. Palmin. Moscow: Garage Museum of Contemporary Art, 2016. 328 p. (rus)

6. SNiP II-K.2-62. Planning and development of populated places [Planirovka i zastroika naselennykh mest]. M.: Izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu. 1967. 65 p. (rus)

7. Ikonnikov A.V. The Stone Chronicle of Moscow [Kamennaya letopis' Moskvu]. Moscow: Mosk. Worker. 1978. 352 p. (rus)

8. Sazikov A.V. Screen on Novy Arbat [Ekran na Novom Arbate]. Decorative art and subject-spatial environment. Bulletin of MGHPA. 2015. No.3. Pp. 433–440. (rus)

9. Elena Antsuta (compiled by A. Mladovskaya) [Yelena Antsuta (sostavitel' Mladovskaya A.)]. Yekaterinburg: TATLIN, 2019. 136 p. (rus)

10. Zakharova N. The fate of the Trade Gallery [Sud'ba Torgovoy galerei]. Architecture of Sochi. 21.01.2010. URL: <https://arch-sochi.ru/2010/01/sudba-torgovoy-galerei/> (date accessed: 07.07.2021). (rus)

11. Gurevich I. 5 theses of Corbusier (translation) [5 tezisov Korbyuz'ye] Modern architecture. 1928. No. 1. P. 23–25. (rus.)

12. Deputovich V., Naishul V. New construction in Sochi [Novoye stroitel'stvo v Sochi]. Housing construction. 1970. No. 10. P.3. (rus)

13. Ivanova-Ilyicheva A.M., Orekhov N.V., Stushnyaya I.A. Mosaic in the decoration of buildings of the era of Soviet modernism (on the example of the city of Rostov-on-Don) [Mozaika v dekorativnom ubranstve zdaniy epokhi sovetskogo modernizma (na primere goroda Rostova-na-Donu)]. Historical, philosophical, political and legal sciences, cultural studies and art history. Questions of theory and

practice. 2017. No. 12 (86): in 5 hours, Part 5. P. 100-103. (rus.)

14. Voronkov V. Navaginskaya street, Trade gallery [Navaginskaya ulitsa, Torgovaya galereya]. Black Sea health resort. 2003. March 18. (rus.)

15. Esaulov G.V. Architecture of the South of Russia: from history to the present. Essays. Monograph. [Arkhitektura Yuga Rossii: ot istorii k sovremennosti. Ocherki. Monografiya]. M.: Architecture-S. 2016. 556 p. (rus)

16. Bondar V.V. Krasnodar House of Books - an architectural monument of structuralism in the cultural landscape of a historic city (to the 40th anniversary of the opening) [Krasnodarskiy Dom knigi – pamyatnik arkhitektury strukturalizma v kul'turnom landshafte istoricheskogo goroda (k 40-letiya so dnya otkrytiya)]. Heritage of the centuries. 2017. No. 3. Pp. 47–64. URL: http://heritage-magazine.com/wp-content/uploads/2017/09/2017_3_Bondar.pdf (date accessed 07.07.2021) (rus)

17. Passport of the cultural heritage site Krasnodar House of Books. [Pasport ob'yekta kul'turnogo naslediya Krasnodarskiy Dom knigi]. Approved by order of the Ministry of Culture of the Russian Federation dated July 2, 2015. No. 1906.

18. Petshakovskiy Yu.P. Negative. G. Krasnodar, Pervomaiskiy district, st. Red [Negativ. G. Krasnodar, Pervomayskiy rayon, ul. Krasnaya]. [Electronic resource]. State Catalog of the Russian Federation URL: <http://goskatalog.ru/portal/#/collections?id=24819096> (date accessed: 07.07.2021) (rus.)

19. Kameneva T.E., Smirnova I.M., Vedenin Yu.A. The act of the state historical and cultural expertise of scientific and project documentation "Project of protection zones for the object of cultural heritage of regional significance" Krasnodar House of Books ", 1974 address: Krasnodar Territory, city of Krasnodar, corner of st. Red, 41–43–45 and st. them. Gogol, 64, lit. A, A1, A2, A3 " [Akt gosudarstvennoy istoriko-kul'turnoy ekspertizy nauchno-proyektnoy dokumentatsii «Proyekt zon okhrany ob'yekta kul'turnogo naslediya regional'nogo znacheniya «Krasnodarskiy Dom knigi», 1974 g. adres: Krasnodarskiy kray, gorod Krasnodar, ugol ul. Krasnoy, 41–43–45 i ul. im. Gogolya, 64, lit. A, A1, A2, A3»]. Moscow. November 30, 2020. (rus)

Information about the author

Ivanova-Ilyicheva, Anna M. PhD, Assistant professor. Head of the Department of History of Architecture, Art and Architectural Restoration. E-mail: AMI0202@yandex.ru. Southern Federal University, Academy of architecture and arts. Russia, 344082, Rostov-on-Don, Maxim Gorky st., 75.

Received 29.07.2021

Для цитирования:

Иванова-Ильичева А.М. Принципы модернизма в архитектуре торговых комплексов 1960–1980-х гг. в городах юга России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 10. С. 58–67. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-58-67

For citation:

Ivanova-Ilyicheva A.M. Principles of modernism in the architecture of shopping of 1960-1980s in the cities of the south of Russia. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 10. Pp. 58–67. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-58-67

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-68-80

Астанин Д.М.

*Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева
Вологодский государственный университет
E-mail: montenegro.astanin@mail.ru*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЛАВНОЙ ТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ВИЗИТ-ЦЕНТРА ТЕРРИТОРИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА (ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ АПРОБАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ СОЦИАЛЬНОГО ПОЛЯ П. БУРДЬЕ)

Аннотация. Градостроительная система территории экотуризма исследуется как система взаимодействующих объектов – сети эколого-просветительских информационных визит-центров. Формирование экологического сознания является основным путем, ведущим к сбалансированному развитию человека и природы. Визит-центры создаются для косвенного управления рекреационным воздействием на экосистемы особо охраняемых природных территорий (ООПТ) с помощью формирования у посетителей, на основе транслируемой информации, экологического сознания. Содержание информации (главная тема) взаимодействующих визит-центров образует информационное пространство территории экотуризма, морфология которого организует планировочную структуру территории. Главная тема показывает уникальность территории, выделяя наиболее яркие природные и культурно-исторические особенности, транслирует объективно сложившуюся на этой основе модель гармоничных взаимоотношений человека и природы. Для усиления информационного влияния на посетителей содержание информации должно быть структурировано и представлять хорошо организованную систему, части которой воздействует на различные группы посетителей. Концептуальной основой моделирования содержания (главной темы) визит-центра стала модель социального поля П. Бурдьё. Согласно концепции социального поля П. Бурдьё, социальное пространство рассматривается как топология, разделенная на ряд элементов-полей, которые обязаны своей структурой неравномерному распределению отдельных видов капитала. Капиталом экологического социального поля являются культурные модели гармоничного сосуществования человека и природы. Воздействие экопросветительских учреждений в экологическом социальном поле зависит от величины принадлежащего им культурного капитала и внутренней схемы восприятия культурной модели (габитус). Социальный ресурс и внутренние установки посетителей структурируют социальное пространство. В результате проведенных исследований, для усиления влияния экологического поля автором предложена концептуальная модель системы экологического просвещения, суть которой состоит в том, что содержание информации визит-центра (главная тема) должно соответствовать месту его локализации – полю влияния визит-центра на посетителей.

Ключевые слова: социальное пространство, модель социального поля, информационная модель, информационный поток, габитус, визит-центр.

Введение. Объектно-ориентированный подход позволяет рассмотреть моделируемую систему как набор взаимодействующих объектов. Объект определяется как осязаемая реальность – предмет, явление, имеющее четко определенное поведение и обладающее состоянием и индивидуальностью. Целью применения объектно-ори-

ентированного подхода является выделение объектов системы и распределение между ними ответственности [1].

Градостроительная система территории экотуризма исследуется как система взаимодействующих объектов – эколого-просветительских информационных визит-центров. Эколого-просветительский информационный визит-центр – это место первой встречи с посетителем, где он

получает информацию о территории экотуризма и соответствующие рекреационные услуги. Визит-центр является хорошо организованной системой информации об ООПТ, ориентированной на разные группы посетителей и, одновременно с этим, он создает образ охраняемой территории, обращаясь к чувственному восприятию зрителя.

Территория, прилегающая к визит-центру, используется для создания информационной инфраструктуры, дополняющей основную экспозицию и служащие ее естественным продолжением. Информационные потоки визит-центра распространяются по эколого-просветительским маршрутам различной продолжительности.

Эколого-просветительские информационные центры, эколого-просветительские маршруты и окружающую их природная и природно-антропогенная среда образуют информационную систему экологического просвещения территории экотуризма.

Постановка проблемы

Информационное моделирование территории экологического туризма

Информационная модель. Любой объект может быть представлен в виде модели его информационной структуры. Экологическое просвещение, представленное как непрерывная цепь информационно-коммуникационных потоков, не является исключением. Экологическое просвещение является эффективным методом управления рекреационным воздействием на территории экотуризма. Оно дает знания о природе и культуре территории и, соответственно, формирует экологический менталитет [2–4].

Именно формирование экологического менталитета является основным путем, ведущим к сбалансированному развитию человека и природы. Поэтому, информационное моделирование территории экотуризма – это моделирование социального пространства.

Оказывает решающее влияние на развитие и формирование личности, в то же время преобразуется под влиянием творческой активности человека. Реализуя потенциал окружающей среды, совершенствуя деятельность учреждений можно обеспечить рост качественных параметров образа жизни человека, создавать возможности для развития и самореализации человека.

Направление информационных потоков.

Основными целью и задачами системы экологического просвещения являются расширение знаний о природе территории, воспитание экологической культуры и привлечение населения в практическую деятельность по охране природе. Это положение закреплено в Федеральном за-

коне Российской Федерации «Об особо охраняемых природных территориях», основополагающем правовом акте, определяющем основы всей деятельности ООПТ, где предусматривается и ведение эколого-просветительской работы с населением для решения задачи управления рекреационным воздействием на охраняемых территориях. Сеть эколого-просветительских визит-центров и эколого-просветительских маршрутов в одном национальном парке позволяет сохранять природу ничуть не хуже, чем создание егерских кордонов или наличие специальных оперативных групп по его охране, так как формирует экологический менталитет посетителей, бережное отношение к природе и позволяет контролировать весь поток посетителей и туристов через организованную систему центров и оборудованных маршрутов.

Информационные потоки экологического просвещения формируются в визит-центре, распределяются по территории экотуризма и направлены на формирование экологического менталитета у различных групп посетителей территории экотуризма.

Содержание. В соответствии с целью и задачами экологического просвещения конструируется его содержание, которое отображает разнообразие природы, ее целостность и единство природы и общества.

Для усиления информационного влияния на посетителей содержание информации должно представлять хорошо организованную систему. Содержание информации воплощается в главной теме визит-центра. Определение главной темы визит-центра – первоначальная задача при его проектировании. Главная тема показывает уникальность территории, выделяя ее наиболее яркие природные и культурно-исторические особенности, национальные традиции, транслирует объективно сложившуюся на этой основе модель гармоничных взаимоотношений человека и природы. Ее функция состоит главным образом в том, чтобы задать тон, направить и ограничить содержание выставок. Главная тема – это характеристика конкретной территории, фундаментально наполненная содержанием, которое будет оказывать большее воздействие на посетителей, потому что оно будет ясное и целенаправленное. Без основной темы содержание выставки будет состоять фрагментировано, и давать информацию ради информации - вместо того, чтобы донести до посетителей опыт, имеющий глубокое содержание.

Если на охраняемой территории существует сеть эколого-просветительских учреждений – главная тема придает ей связанность на принципе от общего к частному, главная тема визит-центра

региона рассказывает о его природном комплексе в целом, главная тема визит-центра объекта туристского притяжения - о наиболее яркой особенности этого комплекса [5].

Материалы и методы

Моделирование главной темы информационного визит-центра

Эколого-просветительская информация направлена на формирование экологического сознания различных групп посетителей, которое возникает в результате взаимодействия туристов с информационной системой. В ходе взаимодействия, разворачивающегося в определенной материальной среде, возникает новое системное качество. Сама ситуация взаимодействия выступает в качестве причины того или иного поведения участников, образования социального пространства.

Благодаря работам И. Ньютона, И. Канта, Э. Гидденса, К. Маркса, В. И. Вернадского, Л. Н. Гумилева была выделена классификация пространственных форм – физическое, биологическое, историческое, экономическое, этническое пространство. Пространство выражает порядок расположения одновременно существующих объектов [6–8]. В начале 1970-х гг. в научный оборот введена социально-философская категория «социальное пространство» [9–11].

«Социальная реальность – это ансамбль невидимых связей, которые формируют пространство позиций». Социальное пространство выступает как структура, определяемая рядом соотносящихся друг с другом позиций, которые выстраиваются в иерархию. В определении позиции в социальном пространстве участвует капитал. Процессы, протекающие в социальном пространстве, приобретают ту или иную конфигурацию, порождая неоднородную плотность социального пространства. социальное пространство распадается на социальные поля – основные его единицы, представляющие собой узлы переплетения тех или иных процессов. Каждое поле включает в себя – ресурсы (капитал), программу жизнедеятельности (совокупность ценностей и норм поведения), средства коммуникации. Поле включает в себя индивида в качестве элемента. Люди участвуют в процессах, формирующих поле под давлением ценностно-нормативной системы. Если люди принимают ценности поля, то их индивидуальные поля с их ресурсами превращаются в потенциал поля. Социальное пространство у Бурдьё – это абстрактное пространство, конституированное ансамблем подпространств или полей, которые обязаны своей структурой неравному распределению отдельных видов капитала.

Социальное поле понимается П. Бурдьё как относительно замкнутая и автономная система социальных отношений [9–11].

Методической основой моделирования содержания (главной темы) визит-центра, то есть выявлению того специфического капитала, который и является основой его влияния, на посетителей стала модель социального поля П. Бурдьё.

Для анализа какого-либо поля П. Бурдьё предлагает 3-ступенчатый процесс:

1. проследить отношения поля с другими полями;
2. составить план объективной структуры отношений между позициями в рамках исследуемого поля;
3. исследовать позиции субъектов поля, характер габитуса агентов [9–11].

Во второй половине 20-го в. человечество осознало, что вследствие прогрессирующей экономической и технологической мощи человеческого влияния на окружающую среду, уменьшается продуктивность биосферы, истощаются природные ресурсы, исчезают природные ландшафты, загрязняется окружающая среда. Механизмы адаптации естественных систем и самого человека к антропогенно-обусловленным изменениям природной среды не успевают восстанавливать естественные связи, что в итоге может стать причиной исчезновения всего живого на земле. В результате этого происходит становление экологической культуры населения. Экологические знания стали рассматриваться как особая методологическая система, особый стиль мышления. Формируются экологические образцы поведения, моральные нормы, регулирующие взаимодействие человека и природы.

Экологическая модель восприятия социальной действительности становится основанием для конкретных действий индивида: это привело к общественному разделению сил и возникновению экологического поля, которое ведет борьбу с экономическим полем, по поводу восприятия социального мира.

Влияние в социальном пространстве осуществляется за счет присвоения капитала, который в нем распределен. П. Бурдьё утверждает, что не одна, а две разновидности капитала – экономический и культурный, дают доступ к позициям власти, определяют структуру социального пространства.

Обладание природным наследием может быть как экономическим капиталом (ресурсом в стремлении максимизировать денежную выгоду), так и основой культурного капитала – модели гармоничного взаимоотношения человека и природы. Распределение этого капитала осуществляется в политическом поле.

Население города Красноярска по справедливости оценило Столбы и, с каждым годом все шире и шире стало использовать для отдыха, спорта, познания родного края. 150 лет назад возникло общественное движение Столбизм.

Расширяющееся строительство города в начале 20-го в. потребовало большое количество камня.

Губернатор дал разрешение рвать скалы динамитом в районе Такмака и, в верховье Лалетинского лога. В результате, в Моховом ущелье были взорваны легендарные, редчайшей красоты скалы Кизям, небольшой утес Олененок, поразительно напоминавший животное с поднятой головой. Все это вызвало энергичные протесты красноярцев. К губернатору обращались не только отдельные лица, но и организации (Общество попечения о начальном образовании, Красноярская лига образования, Правление учительского дома просвещения). Благодаря их настояниям разрушение было остановлено, но через некоторое время началась массовая рубка лесного массива. Устраивались торги на вырубку леса на Столбах. Купец Гадалов вывез с Каштакской деляны 1400 строевых бревен.

В 1923-м А. П. Яворским был подготовлен проект организации государственного заповедника Столбы. Проект был поддержан директором краеведческого музея, зоологом А. Я. Тугариновым, а также художником Д. И. Каратановым. Благодаря их усилиям и был взят под охрану уникальный участок сибирской природы.

И, в дальнейшем во многом благодаря столбистам, заповедник Столбы был сохранен в 1950-е годы, когда по стране прокатилась волна ликвидации природных заповедников, и из 130 существующих осталось 40. Собрав более 50 тыс. подписей в защиту Столбов, удалось отстоять право на его существование [13].

П. Бурдые считает, что «агенты и институты пользуются всеми имеющимися в их распоряжении силами для того, чтобы привести в действие, актуализировать те возможности, которые более всего соответствуют их намерениям и специфическим интересам». Поэтому основная функция экологического поля состоит в изменении состояния социального пространства в свою пользу. Борьба по поводу восприятия социального мира проявляется через действия, направленные на принуждение индивида к осмыслению определенных реалий. Это символическое насилие осуществляется косвенно, во многом посредством механизмов культуры. Институтом, посредством которого к людям применяется символическое насилие в экологическом поле – это система экологического просвещения. В пространстве экологического поля расположены субъекты (экологи-

просветительские информационные визит-центры), которые занимают различные социальные позиции. В определении позиции в социальном пространстве участвует капитал, обладание которым дает власть внедрять в чужой ум новое видение социального мира. Посредством расчленения пространства на структурные элементы (позиции в конкретной точке пространства), можно оценить объем и структуру капитала, на основе которого осуществляется влияние социальных субъектов.

При этом нужно отметить, что новизна подхода П. Бурдые состоит в определении взаимоотношений социального и физического пространства. Физическое пространство является отображением социального пространства, выражением социального пространства во вне. Физическое пространство у П. Бурдые есть социальная конструкция и проекция социального пространства, социальная структура в объективированном состоянии (например, план территории экологического туризма). Информационный поток и воспринимающий его туристический поток сосредоточены в визит-центре и распространяются по эколого-просветительским маршрутам. Визит-центр и туристические маршруты имеют конкретную локализацию в физическом пространстве территории экотуризма. Место (или *topos*, по определению П. Бурдые) – это и точка локализации в физическом пространстве, и позиция в социальной иерархии. В физическом пространстве место имеет определенные границы, конфигурация которых зависит от исходящих от визит-центра туристических маршрутов. В социальном пространстве – это позиция визит-центра, основанная на обладании специфическим капиталом – моделью гармоничных отношений человека и природы, транслируемой посетителям.

Обладание капиталом – это качественное состояние пространства, поэтому позиции субъектов не зависят от расстояний. Науку о качественных свойствах пространства А. Пуанкаре определил как топологию [14]. Поэтому, для исследования был применен топологический анализ системы экологического просвещения, с помощью которого можно определить объем и структуру капитала визит-центра, используя математический аппарат теории графов. Каждый объект (визит-центр) может быть представлен в виде вершины графа, которая является позицией в социальном пространстве. При построении графа, моделирующего информационный поток, все информационные центры – фактические вершины, точки пересечения маршрутов принимаются за фиктивные вершины. Поскольку системы могут быть представлены в виде совокупности стати-

стических объектов, декомпозиция графа системы экологического просвещения основана на выделении подграфов по признаку принадлежности вершин объектам. В физическом пространстве подграф – это место, которое формирует главную тему визит-центра, здесь демонстрируется легитимная для данной территории модель гармоничного взаимоотношения человека и природы. В социальном пространстве подграф – это позиция субъекта, основанная на объеме специфического капитала, с помощью которого визит-центр осуществляет свое влияние. Если подграф дополнительно окрашен по принципу функционального назначения туристических маршрутов, он отражает структуру капитал.

Основная часть. Проверим эти положения на примере экологического поля Республики Алтай, которая располагает наиболее развитой в Российской Федерации сетью ООПТ. Особо охраняемые природные территории охватывает более 25% территории республики (самый высокий показатель в России). Развивающаяся на их территории система экологического просвещения должна решать следующие задачи:

- повышение информированности общества о проблемах окружающей среды и роли особо охраняемых природных территорий в их решении;

- создание условий, способствующих приобретению широкими слоями населения практических знаний в области окружающей среды и рационального природопользования.

Система экологического просвещения Республики Алтай транслирует посетителям объективно сложившиеся на конкретной территории модели взаимоотношений человека и природы:



Рис. 1. Визит-центр Катунского заповедника [15]

1. Катунский заповедник и природный парк Белуха, созданный для сохранения священной горы Белуха, транслирует модель достижения личной свободы в духовной гармонии человека и природы [15].

2. Алтайский заповедник, созданный для сохранения Телецкого озера, и природный парк Ак Чулушпа, созданный для сохранения наиболее ценных участков Улаганского района: долину реки Чулымшан, богатую биоразнообразием Калбакаю и знаменитые Пазырыкские курганы. Транслирует модель, сочетающую традиционное природопользование коренного народа Алтая туболар и современные формы охраны мирового природного наследия [16].

3. Сайлюгемский национальный парк, созданный в целях сохранения крупнейшей на Алтае группировки снежного барса и крупнейшей трансграничной группировки горного барана арагли, а также одной из самых многочисленных группировок горного козла (козерога), популяризирует модель международного трансграничного сотрудничества в обеспечении охраны краснокнижных животных и эталонных участков нетронутой природы [17].

4. Природный парк Зона покоя Укок, созданный для сохранения уникального биологического и культурно-исторического наследия плато, транслирует модель существующего более 3 тыс. лет традиционного природопользования – отгонного скотоводства, которое способствовало сохранению биологического разнообразия плато.

5. Этноприродный парк Уч-Энмек в Каракольской долине создан для сохранения и популяризации традиционных древних знаний коренного населения, как основы существования человека и природы. Легитимная модель взаимоотношений человека и природы этноприродного парка Уч-Энмек в Каракольской долине Республики Алтай сформировалась на основе Каракольской с долины и горы Уч-Энмек – сакрального места алтайцев.



Рис. 2. Этноприродный парк Уч-Энмек [20]

Опираясь на декларацию ООН о правах Коренных Народов, по желанию населения, на основе осознания ими собственных культурных

ценностей, в 2001-м г. была создана ООПТ. В парке действует этнокультурный научно-образовательный центр Арусвати. Центр проводит экскурсии, знакомит с основами традиционного паломничества – посещения священных мест [18].

По результатам проведенных комплексных научно-исследовательских и этно-экологических изысканий на территории ООПТ Каракольский этноприродный парк Уч-Энмек оказалось, что наличие археологических объектов в данной местности, сложенных из магнитонасыщенных горных пород не просто совпадение, а осознанно созданная структура, ориентированная на магнитосферу Земли. В результате территория обладает уникальным оздоровительным потенциалом, предоставляющим организму ресурсы самовосстановления и самоорганизации. На основе ценных природно-антропогенных участков территории парка в центре Арусвати практикуется новая образовательная система «говорящего ландшафта». Обучение основано на выявлении закономерностей расположения археологических и природных объектов, значащихся у местного населения как священные места. Это помогает выстроить у обучающихся целостный подход к решению различных задач и успешно формирует новые ценностные качества: глубокое понимание экологии, философии, традиций коренной культуры.

Для изучения «говорящего ландшафта» организованы ноосферные туры – своеобразные духовные путешествия по местам силы, с соблюдением традиций народа, живущего на этой территории. Ноосферный тур предполагает прохождение трех уровней. Отбор участников на 2-й и 3-й уровень проходит через инициацию, которую проводят хранители традиций коренного населения.

Деятельность этно-культурного научно-образовательного центра Арусвати направлена на восприятие посетителями объективно сложившейся на этой территории этно-экологической модели восприятия социальной действительности, которая транслирует значение для геопланетарного организма сохранения священных пространств, влияние магнитосферы Земли на гармонизацию как ландшафта, так и человеческого организма. Вместе с обучающими программами, паломническими и ноосферными турами традиций коренного населения, священные места порождают системное качество экологического поля, которое формирует у посетителей определенную совокупность ценностей, норм поведения, способов интерпретации событий. Священные места играют роль локального социального порядка, в результате которого многообразие жи-

вой природы сохраняется в таких местах в большем количестве, благодаря традициям местного населения [18].

Место (топос) здесь является тем капиталом, обладание которым дает возможность внедрять в чужой ум новое видение социального мира. Понятие места, или *topos*, было введено Протагором и развито Аристотелем в «Топике» и «Риторике» [19]. От древнегреческого *topos* – буквально место, переносное значение – тема, аргумент. Поэтому, можно сказать, что священные места, их уникальность и своеобразие, – главный аргумент, воздействующий на посетителей, а значит и главная тема центра Арусвати. Эта уникальная образовательно-просветительская площадка представляет объекты древних цивилизаций – курганные захоронения, каменные стелы, гармонично встроенные в природный комплекс долины, демонстрируя модель гармоничных отношений человека с природой, выработанная предыдущими поколениями на основе природных ландшафтов Каракольской долины [18].

Объем и структура капитала этнокультурного научно-образовательного центра Арусвати образована ноосферными (научно-образовательными), паломническими (этно-культурными) туристическими маршрутами к священной горе Уч-Энмек, геокультурными маршрутами по экотропам Бай-Туу, Мажелик и к Туектинскому курганному комплексу, активно-познавательной экскурсией к устью Аргута, экологическим маршрутом «Теректинская панорама».

Результаты исследований показали, что позиция визит-центра в экологическом поле определяются культурным капиталом, которым он обладает. Сила влияния визит-центра пропорциональна величине его ресурса – культурного капитала, иначе говоря, сложившейся на основе ценности природных и природно-антропогенных ландшафтов модели взаимодействия человека и природы. Сила влияния увеличивается, если информация о месте хорошо организована, структурирована и воплощена в главной теме визит-центра. Структура информации зависит от функционального назначения туристских маршрутов, исходящих от визит-центра. Главная тема визит-центра – от территории, охватываемой туристическим потоком.

Влияние визит-центра – динамическое явление. Оно может трансформироваться как в сторону увеличения, при росте специфического капитала – при выявлении новых объектов туристического притяжения, создании новых эколого-просветительских маршрутов, информационных программ, так и в сторону уменьшения, при рас-

ходовании капитала – деградации экосистем, традиционной культуры, разрушении объектов туристического притяжения.

Влияние поля зависит и от позиции агента (индивида). Индивид (агент) – это точка пересечения экологического поля и габитуса (внутренней схемы восприятия социальной действительности). Понятие габитуса в трактовке П. Бурдьё звучит, как «принцип вторичного восприятия индикаторов, направленных на усиление или подтверждение габитуса, нежели на его трансформацию; это матрица - генерирующая реакции». Габитус – это система устойчивых ожиданий и предпочтений индивида. Габитус становится базовым элементом конфигурирования социального пространства, поскольку схемы восприятия задают отношение индивида к другим социальным субъектам, а именно задают пространственное видение реальности [9–11]. Сила влияния экологического поля возрастет, если позиции субъекта и индивида будут сходны. Это способствует соблюдению индивидом экологических норм и правил на территории экотуризма и, в дальнейшем проецированию индивидом своих представлений на ту социальную структуру, элементом которой он является.

Поэтому, необходимо создать возможность выбора индивиду той позиции субъекта, которая соответствовала бы его внутренней схеме восприятия социальной действительности, так как схожие позиции всегда сближаются и в физическом пространстве. Как статусные люди выбирают для жизни статусные места, так и туристы выбирают близкие им по духу места (экстремальные туристы – труднодоступные территории, туристы с духовной направленностью – места силы и т.д.).

Рассмотрим, как процесс выбора осуществляется на примере системы экологического просвещения Республики Алтай. Первая встреча посетителей с природным комплексом Алтая проходит в Государственном туристско-информационном центре в столице республики г. Горно-Алтайске, который является центром распределения туристских потоков. Туристско-информационный центр Республики Алтай предоставляет информацию об отдыхе, обычаях местного населения, религиозных обрядах, святынях, особо охраняемых и культурно-исторических территориях и объектах, объектах туристического показа, расположенных на всей территории Республики Алтай. Здесь можно забронировать размещение, активные туры, экскурсионные услуги, транспортные услуги, купить сувенирную продукцию и карты. Центр нельзя назвать эколого-просветительским учреждением, так как основная его функция – информировать и предоставлять

услуги туристам. То есть, имея возможность охватить весь туристический поток Республики Алтай, туристско-информационный центр не популяризирует богатый культурный капитал, наработанный прошлыми и нынешними поколениями в деле сохранения природного наследия на территории республики. Это затрудняет возможность выбора для посетителя позиции визит-центра. В результате сила влияния визит-центра снижается и не соответствует его статусной позиции [20].

Подобное можно сказать и о туристско-информационном центре «Визит Бурятия», который расположен в городе Улан-Уде и оказывает в основном туристско-информационные услуги. В какой-то мере его функции как регионального эколого-просветительского центра берет на себя визит-центр «Байкал Заповедный», открытый в 2017-м г. и расположенный в опорном центре Байкальского заповедника п. Танхой на берегу озера. Здесь действуют интерактивные экспозиции и реализуются просветительские программы, которые знакомят не только с историей и направлениями деятельности заповедника, но и со всей системой ООПТ Байкальского региона [21].



Рис. 3. Визит-центр «Байкал Заповедный» [21]

Система ООПТ Байкальского региона не попадает в поле влияния визит-центра и не связана с ним туристическими маршрутами. Информация о системе не находит практического подтверждения на маршрутах. Посетитель может выбрать для посещения территорию сходную с его позицией, но не сможет ее посетить.

Анализируя вышесказанное, можно сделать вывод, что как позиция субъекта соответствует его капиталу, так и содержание, структура информации визит-центра (главная тема) должны соответствовать той территории, где осуществляется его воздействие, которое иначе можно назвать полем влияния визит-центра. В этом случае посетитель может сделать выбор, способствующий формированию у него экологического сознания.

Другим недостатком визит-центров, расположенных в планировочных центрах распределе-

ния потоков посетителей является их раздробленность. Визит-центр Кенозерского национального парка и национального парка «Русская Арктика» находится в Архангельске. В этом случае целесообразно создание единого для всех ООПТ туристического визит-центра. Примером может служить дружественный окружающей среде, выставочный и событийный финский природный центр Халтия, который находится в 40 минутах езды от центра г. Хельсинки и расположен в непосредственной близости от национального парка Нууксио. Здесь можно получить информацию о всех услугах, предоставляемых Природной Службой Главного лесного управления Финляндии, в ведении которого находится 12 млн га государственных земель и акваторий, а в управлении 39 национальных парков, 19 заповедников, 12 туристических зоны 24 визит-центра Финляндии. В центре Халтия Природная служба предоставляет бесплатные услуги для отдыха на природе, охотничьи и рыболовные услуги на всех государственных землях и акваториях [22].

Природный центр Халтия ежедневно посещают более 700 человек в день (в том числе 25 % иностранных туристов), где знакомятся с экспозициями об особо охраняемых территориях Финляндии, природных достопримечательностях. Здание природного центра включает в себя выставочные помещения, учебные аудитории, зоны для проведения собраний и конференций, кафе и рестораны с возможностью организации мероприятий максимально на 500 мест. Террасы служат смотровыми площадками с раскрытием видовых точек на озерный пейзаж. От природного центра отходят множество природных троп и два коротких маршрута без препятствий. Природный центр Халтия – это многофункциональный комплекс, связанный как с территорией экотуризма, так и со всеми ООПТ, туристическими зонами и визит-центрами Финляндии.



Рис. 4. Визит-центр «Халтия» [22]

В России проектируется визит-центр для объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Дев-

ственные леса Коми» в Сыктывкаре на базе республиканского эколого-биологического центра. Это многофункциональный комплекс, включающий зоопарк, конюшню, дендрарий, вольерный комплекс, игровую площадку, информационный центр по туризму, а также большую интерактивная карту всех 240 ООПТ Коми [23].

Подобный визит-центр может стать источником информации о природных и культурных достопримечательностях, видах туризма, погодных и иных условиях, возможностях размещения, тем самым, предоставляя выбор наиболее интересного, удобного и благоприятного для реализации туристического маршрута. На визит-центр будут возложены функции экологического просвещения, информирования по экотуризму, содействия сотрудникам ООПТ в профессиональном общении, формирования общественной поддержки ООПТ. Создание региональных визит-центров необходимо, как отметила в своем докладе заместитель директора национального парка «Югыд ва» Елена Шубницина: «Более 25 процентов в Коми ничего не знают о национальном парке и заповеднике, а более 70 процентов – слышали только о самом факте их существования. Многие не догадываются, что у нас есть горы!». Необходимость создания визит-центра в Сыктывкаре диктуется также и тем, что города и поселки, где размещены офисы национального парка и заповедника (Вуктыл, Печора, Инта, Якша), отдалены от столицы республики на 700–800 километров. В поле влияния регионального визит-центра входят все ООПТ региона, а темой экспозиций становится весь его природный комплекс.

Следующей позицией системы экологического просвещения является визит-центр в опорном планировочном центре территории экотуризма, который должен иметь прямое транспортное сообщение с центром распределения туристских потоков. Экопросветительское учреждение опорного центра информирует посетителей о флоре и фауне, природных и культурных достопримечательностях, истории и культуре коренных народов территории экотуризма. Главные визит-центры Республики Алтай: Визит-центр Катунского заповедника в селе Усть-Кокса, Усть-Коксинского района информирует об охраняемой территории, традиционной культуре алтайцев и староверов. В июне 2007-го г., при поддержке Фонда дикой природы WWF в поселке Яйлю, расположенном в Алтайском заповеднике построен первый визит-центр, который знакомит с традицией и культурой, обычаями и кухней коренного народа туболары. Здесь можно познакомиться с историей Алтайского заповедника, особенностями его природы и фауны [20].

Визит-центр территории экотуризма, являясь центром всей ее системы экологического просвещения, определяет архитектурный стиль и концепцию развития территории и служит примером будущим визит-центрам. При проектировании здания визит-центра планировочного узла Алтайского заповедника у водопада Корбу был использован опыт финских визит-центров и продолжена этнографическая тема, использованная при проектировании визит-центра в п. Яйлю [20].

Главные визит-центры территории экотуризма имеют развитую прилегающую территорию, которая является продолжением внутренних экспозиций. На территории Главного визит-центра на центральной усадьбе Катунского заповедника расположены: этно-экологический музей алтайской культуры, экоплощадка игровая для детей «В гармонии с природой», заповедный рокарий, где можно увидеть, включенные в красную книгу растения, узнать о роли можжевельника в обрядах алтайского народа [24].

Визит-центр «Куршская коса» расположен в Гурьевском районе (поселок Лесное на берегу залива 14 км). Это информационный, эколого-просветительский, научный и познавательно-развлекательный центр [25].



Рис. 5. Визит-центр «Куршская коса» [25]

Визит-центр национального парка Лемменйоки (Финляндия) расположен в населенном пункте Инари включает музей саамской культуры Сиида и визит-центр Северной Лапландии. В состав саамского музея входят экспозиции, размещенные под открытым небом на площади 7 га. Здесь представлены 50 объектов жилища саамов-рыболовов, саамов-оленоводоов, лесные схроны, речные запруды. В помещении музея представлены экспозиции о природе и культуре народов Лапландии [26].

Главный визит-центр опорного планировочного центра является отправным пунктом большинства эколого-просветительских маршрутов территории. От п. Кош-Агач, где расположен главный визит-центр Сайлюгемского национального парка Республики Алтай, берут начало 5 из 6 эколого-туристических маршрута: Сайлюгем-

Карагем, Тропой алтайских козорогов, Наследие Уландрыка, Созвездие трех архаров, Путешествие в зону покоя Укок.

В визит-центре «Мелодия рассвета» Байкальского заповедника разработаны 22 маршрута, которые оборудованы экологическими тропами протяженностью 91,6 км [27].

От главного визит-центра Киехинен, расположенного в туристическом центре и горнолыжном курорте Саариселья национального парка Урхо Кекконен (Финляндия), начинается большинство маршрутов продолжительностью от 2 до 20 км.

Следующей позицией в системе экологического просвещения идут визит-центры планировочных узлов, расположенных в непосредственной близости от объектов туристического притяжения. Данные визит-центры представляют посетителям информацию о посещаемых природных достопримечательностях, здесь можно купить сувениры, посетить выставки и эколого-просветительские площадки и, разместиться в экологических лагерях (например, визит-центр Алтайского заповедника на водопаде Корбу).

Эколого-просветительский центр Кронического заповедника размещен в Долине Гейзеров, в его состав входит зал экспозиций и музей природы. Проектируется создание визит-центров в Кальдере Узона, экспозиции которого посвятят использующим тепло земли обитателям экосистемы, и на кордонах Травяной и Озерный, главной темой экспозиции которых является жизненный цикл бурого медведя.

Минимальным эколого-просветительским учреждением являются визит-пункты и информационные пункты, где посетители могут ознакомиться с границами функциональных зон, получить информацию о памятниках природы, правилах поведения, существующих тропах, разнообразии флоры и фауны. Расположены они, как правило, на кордонах заповедников и национальных парков [2–4].

Природно-информационная хижина Коловеси одноименного национального парка Финляндии открыта в старом амбаре, недалеко от красивых порогов, рядом с южной границей парка. Работает постоянная выставка, посвященная формированию парка после ледникового периода, превращению тюленя в сайменскую кольчатую нерпу, можно купить изделия местных ремесленников, посмотреть фильмы о природе.

Выводы. В результате проведенных исследований можно сказать, что позиция, ранг визит-центра в социальном пространстве должен соответствовать культурному капиталу, которым он обладает. В этом случае влияние экологического поля максимально. В физическом пространстве

это выражается в том, что содержание информации (главная тема) визит-центра должна соответствовать месту его локализации, той территории, где осуществляется воздействие. Автором предложена концептуальная модель системы экологического просвещения, которая максимально усиливает эколого-просветительское влияние экологического поля.

Поле влияния визит-центров, расположенных в планировочных центрах распределения туристских потоков, охватывает все особо охраняемые и рекреационные территории региона. Такой визит-центр информирует о природных комплексах, этносах всего региона. Полем влияния визит-центра, расположенного в опорном планировочном центре, является территория экотуризма. Главной темой экспозиций эколого-про-

светительского учреждения опорного центра является информация о флоре и фауне, природных и культурных достопримечательностях, истории и культуре коренных народов территории экотуризма. Экопросветительские учреждения, расположенные в планировочных узлах территории экотуризма, подразделяются на визит-центры и визит-пункты. Они информируют посетителей о достопримечательностях, находящихся в поле влияния визит-центра планировочного узла.

Топологический анализ определяет конфигурацию поля влияния объекта и соответствующую его полю влияния позицию. Это позволяет проектировать содержание и структуру информации главной темы визит-центра, экспозиции которого обладают максимальной силой влияния на посетителей.

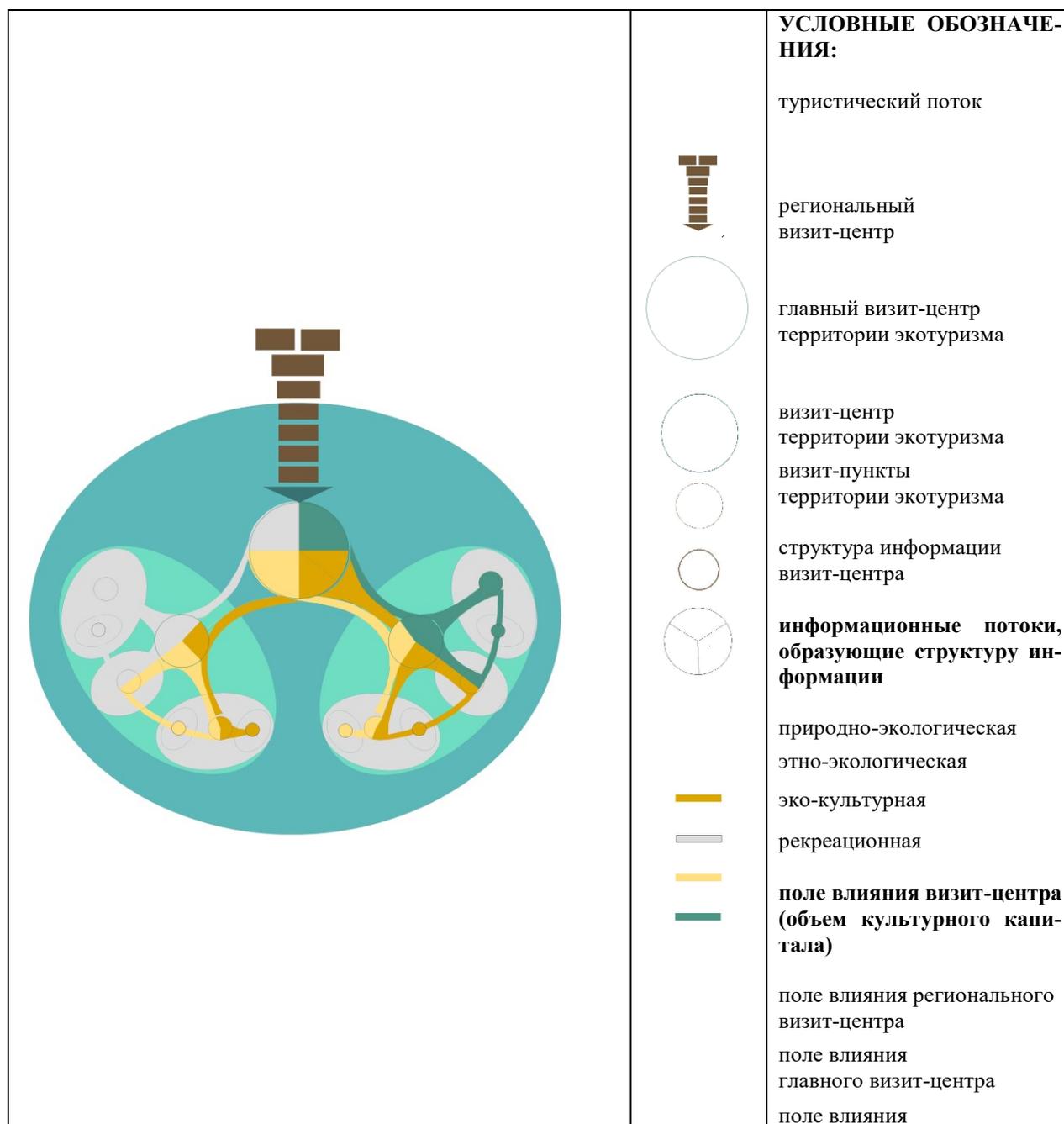




Рис. 6. Концептуальная модель территориальной организации сети визит-центров (распределение информационных потоков)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ахундов М.Д. Концепция пространства и времени: истоки, эволюция, перспективы. М.: Мысль, 1982. 222 с.

2. Астанин Д.М. Территориальное планирование системы эко-туристических просветительских учреждений // Архитектон: известия вузов. 2016. № 55. С. 3.

3. Астанин Д.М. Использование характерных элементов оборонного и промыслового зодчества Сибири при строительстве туристических комплексов в Восточных Саянах // В сборнике: Новые информационные технологии в науке нового времени. 2017. С. 156–159.

4. Астанин Д.М. Планируемый главный визит-центр территории экотуризма центральной части Восточного Саяна // В сборнике: Современные концепции развития науки. 2017. С. 177–180.

5. Водлозерский парк: [Электронный ресурс] URL: <http://vodlozero.ru/> (дата обращения: 13.04.2021)

6. Лапшина Е.Г. Архитектурное пространство как динамическая система: автореферат дис. доктора архитектуры: 05.23.20. Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2016. 60 с.

7. Назарова М.П. Архитектурное пространство как социокультурный феномен: автореферат дис. доктора философских наук: 09.00.13. Волгоград: Волгоградский государственный университет, 2013. 49 с.

8. Шубенков М.В. Структура архитектурного пространства: диссертация доктора архитектуры: 18.00.01. Москва: Московский архитектурный институт, 2006. 335 с.

9. Бурдые П. Социология социального пространства. пер. с фр. М: Институт экспериментальной социологии; Алетейя, 2005. 288 с. ISBN 5-89329-762-8 (в пер.)

10. Бурдые П. Социальное пространство: поля и практика. пер. с фр. М: Институт экспериментальной социологии; Алетейя, 2005. 576 с. ISBN 5-89329-761-X (в пер.)

11. Бурдые П. Структура, габитус, практика // Журнал социологии и социальной антропологии. Том I, 1998. № 2.

12. Сокулер З.А. Социальное и географические пространства в концепции п. Бурдые // В сборнике: Социальное пространство: междисциплинарные исследования. Москва: Рос. акад. наук. Ин-т науч. информ. по обществ. наукам, 2003. С. 20-68

13. Беляк И.Ф. Край причудливых скал. Заповедник "Столбы" Красноярского края. Красноярск: Красноярское краевое изд-во, 1952. 132 с.

14. Пуанкаре А. Новые методы небесной механики. Топология. Теория чисел. 1972. 999 с.

15. Визит-центр Катунского заповедника: [Электронный ресурс] URL: <http://www.katunskiy.ru/posetitelyam/obyektyi-tsentralnoy-usadbyi/tsentralnaya-usadba-katunskogo-biosfernogo-zapovednika> (дата обращения: 13.04.2021)

16. Природный парк Ак Чолушпа: [Электронный ресурс] URL: <https://oort-ra.ru/index.php/portfolio/item/1-ak-chol> (дата обращения: 13.04.2021)

17. Национальный парк «Сайлюгемский»: [Электронный ресурс] URL: <http://sailugem.ru/> (дата обращения: 13.04.2021)

18. Научно-образовательный центр «Арусвати»: [Электронный ресурс] URL: <http://uchenmek.ru/tag/arussvati/?lang=en> (дата обращения: 13.04.2021)

19. Аристотель. Риторика; Поэтика. Москва: Лабиринт, 2005. 253 с.

20. Алтайский государственный природный биосферный заповедник: [Электронный ресурс] URL: <http://www.altzapovednik.ru/> (дата обращения: 13.04.2021)

21. Визит-центр «Байкал Заповедный»: [Электронный ресурс] URL: <http://baikalecotourism.ru/baikalreserved> (дата обращения: 13.04.2021)

22. Природный центр «Халтия»: [Электронный ресурс] URL: <https://www.haltia.com/ru/> (дата обращения: 13.04.2021)

23. «Девственные леса Коми». URL: <http://whc.unesco.org/ru/list/719> (дата обращения: 13.04.2021)

24. Катунский биосферный заповедник: [Электронный ресурс] URL: <http://www.katunskiy.ru/> (дата обращения: 13.04.2021)

25. Визит-центр «Куршская коса»: [Электронный ресурс] URL: http://www.park-kosa.ru/cn_posetitelyam/muzei/ (дата обращения: 13.04.2021)

26. Национальный парк «Лемменйоки» (Финляндия): [Электронный ресурс] URL: <https://www.nationalparks.fi/lemmenjokinp> (дата обращения: 13.04.2021)

27. Визит-центр «Мелодия рассвета» Байкальского заповедника: [Электронный ресурс] URL: <http://baikalecotourism.ru/estate> (дата обращения: 13.04.2021)

28. Прибайкальский национальный парк: [Электронный ресурс] URL: <https://baikal-1.ru/territory/pribaikalsky/> (дата обращения: 13.04.2021)

Информация об авторе

Астанин Дмитрий Михайлович, доцент, старший преподаватель. E-mail: montenegro,astanin@mail.ru. Вологодский государственный университет. Россия. 160000, г. Вологда, ул. Ленина, 15. Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева. Россия, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49.

Поступила 16.03.2021 г.

© Астанин Д.М., 2021

Astanin D.M.

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

Vologda State University

E-mail: montenegro.astanin@mail.ru

MODELING OF THE MAIN TOPIC FOR THE INFORMATION VISITOR CENTER OF ECOTOURISM TERRITORIES (URBAN PLANNING TESTING OF BOURDIEU'S CONCEPT OF FIELD)

Abstract. *The urban planning system of the ecotourism territory is studied as a system of interacting objects – a network of ecological and educational information visitor centers. The formation of ecological consciousness is the main path leading to the balanced development of human and nature. Visitor centers are created to indirectly manage the recreational impact on the ecosystems of specially protected natural areas (SPNA) by forming an ecological consciousness among visitors, based on the transmitted information. The content of the information (the main subject) of the interacting visitor centers forms the information space of the ecotourism territory, its morphology organizes the planning structure of the territory. The main theme shows the uniqueness of the territory, highlighting the most striking natural and cultural-historical features, translates the model of harmonious relations between human and nature that has developed on this basis. The information should be properly structured and well-organized system to strengthen the informational influence on visitors. The conceptual basis for modeling the content (main subject) of the visit center is the model of the social field of P. Bourdieu. According to P. Bourdieu's social field, the social space is considered as a topology divided into a number of elements-fields that owe their structure to the uneven distribution of individual types of capital. The capital of the ecological social field is the cultural models of the harmonious coexistence of human and nature. The impact of eco-educational institutions in the ecological social field depends on the size of the cultural capital belonging to them and the internal scheme of perception of the cultural model (habitus). The social resource and the internal attitudes of visitors structure the social space.*

As a result of the research, the author proposes a conceptual model of the environmental education system to strengthen the influence of the ecological field. Its essence is that the content of the information of the visitor center (the main subject) should correspond to the place of its localization—the field of influence of the visitor center on visitors.

Keywords: social space, social field model, information model, information flow, habitus, visitor center.

REFERENCES

1. Ahundov M.D. The concept of space and time: origins, evolution, prospects [Konceptiya prostranstva i vremeni: istoki, evolyuciya, perspektivy]. M.: Thought, 1982. 222 p. (rus)
2. Astanin D.M. Territorial planning of a system of eco-tourism outreach educational organizations [Territorial'noe planirovanie sistemy eko-turisticheskikh prosvetitel'skikh uchrezhdenij]. Architecton: Proceedings of Higher Education. 2016. No. 55. p. 3. (rus)
3. Astanin D.M. Use of characteristic elements of defense and commercial architecture of Siberia in the construction of tourist complexes in the Eastern Sayans [Ispol'zovanie harakternyh elementov oboronnogo i promyslovogo zodchestva Sibiri pri stroitel'stve turisticheskikh kompleksov v Vostochnyh Sayanah]. In the collection: New information technologies in modern science. 2017. Pp. 156–159.
4. Astanin D.M. the Planned main visit center of the ecotourism territory of the Central part of Eastern Sayan. [Planiruemyj glavnyj vizit-centr territorii ekoturizma central'noj chasti Vostochnogo Sayana] In the collection: Modern concepts of science development. 2017. Pp. 177–180. (rus)
5. Vodlozersky Park [Vodlozerskij park]. URL: <http://vodlozero.ru/> (date of treatment: 13.04.2021)
6. Lapshina E.G. Architectural space as a dynamic system [Arhitekturnoe prostranstvo kak dinamicheskaya sistema]: abstract of the dissertation of the Doctor of Architecture. Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering. 2016. 60 p. (rus)
7. Nazarova M.P. Architectural space as a socio-cultural phenomenon [Arhitekturnoe prostranstvo kak sociokul'turnyj fenomen]: abstract of the dissertation of the Doctor of Philosophy. Volgograd State University. 2013. 49 p. (rus)
8. Shubenkov M.V. Structure of architectural space [Struktura arhitekturnogo prostranstva]: dissertation of the Doctor of Architecture. Moscow, 2006. 335 p. (rus)
9. Burd'e P. Sociology of social space [Sociologiya social'nogo prostranstva]. M; Institute of Experimental Sociology; Aleteya. Ist. kn., 2005 (GUP Tip. Nauka). 288 p. (in trans.) (rus)
10. Burd'e P. Social space: fields and practice [Social'noe prostranstvo: polya i praktika]. per. s fr. Moscow: Institute of Experimental Sociology; St. Petersburg: Aleteya, 2005. 576 p. (in trans.) (rus)
11. Burd'e P. Structure, habitus, practice [Struktura, gabitus, praktika]. Journal of Sociology and Social Anthropology. Vol. I, 1998. No. 2. (rus)
12. Sokuler Z.A. Social and geographical spaces in Russia concepts of p. Bourdieu [Social'noe i geograficheskie prostranstva v koncepcii p. Burd'e]. In the collection: Social space: interdisciplinary research. Ref. sat.. Ser. Sociology / Russian Academy of Sciences. In-t nauch. inform. by default. sciences " Ed. by L. V. Girko. Moscow, 2003. pp. 20–68. In the collection: Social space: interdisciplinary research. Sociology. Moscow: Russian Academy of Sciences, 2003. Pp. 20–68 (rus)
13. Belyak I.F. The Edge of bizarre rocks [Kraj prichudlivykh skal]. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk Regional Publishing House, 1952. 132 p. (rus)
14. Puankare A. New methods of celestial mechanics. Topology. The theory of numbers [Novye metody nebesnoj mekhaniki]. Topology. Number theory. 1972. 999 p. (rus)
15. Visit center of the Katun nature reserve [Vizit-centr Katunskogo zapovednika]. URL: <http://www.katunskiy.ru/posetityam/obyektyi-tsentralnoy-usadbyi/tsentralnaya-usadba-katunskogo-biosfernogo-zapovednika> (date of treatment: 13.04.2021)
16. Natural Park AK Colospa [Prirodnyj park Ak Cholushpa]. URL: <https://oopt-ra.ru/index.php/portfolio/item/1-ak-chol> (date of treatment: 13.04.2021)
17. Saylyugemsky national Park [Nacional'nyj park «Saylyugemskij»]. URL: <http://sailugem.ru/> (date of treatment: 13.04.2021)
18. Scientific and educational center "Arusvati" [Nauchno-obrazovatel'nyj centr «Arusvati»]. URL: <http://uchenmek.ru/tag/arusvati/?lang=en> (date of treatment: 13.04.2021)
19. Aristotel'. Rhetoric; Poetics [Ritorika; Poetika]. Moskva: Labirint, 2005. 253 p. (rus)
20. Altay state natural biosphere reserve [Altajskij gosudarstvennyj prirodnyj biosfernyj zapovednik]. URL: <http://www.altzapovednik.ru/> (date of treatment: 13.04.2021)
21. Visit center "Baikal Reserve" [Vizit-centr «Bajkal Zapovednyj»]. URL: <http://baikalecotourism.ru/baikalreserved> (date of treatment: 13.04.2021)
22. Natural center "Haltia" [Prirodnyj centr «Haltiya»]. URL: <https://www.haltia.com/ru/> (date of treatment: 13.04.2021)

23. "Virgin forests of Komi" [«Devstvennye lesa Komi»]. URL: <http://whc.unesco.org/ru/list/719> (date of treatment: 13.04.2021)

24. Katun biosphere reserve [Katunskij biosfernyj zapovednik]. URL: <http://www.katunskiy.ru/> (date of treatment: 13.04.2021)

25. Visit center "Curonian spit" [Vizit-centr «Kurshskaya kosa»]. URL: http://www.park-kosa.ru/cn_posetityam/muzei/ (date of treatment: 13.04.2021)

26. Lemmenjoki national Park (Finland) [Nacional'nyj park «Lemmenjoki» (Finlyandiya)].

URL: <https://www.nationalparks.fi/lemmenjokinp> (date of treatment: 13.04.2021)

27. Visit center "Melody of dawn" of the Baikal nature reserve [Vizit-centr «Melodiya rassveta» Bajkal'skogo zapovednika]. URL: <http://baikalecotourism.ru/estate> (date of treatment: 13.04.2021)

28. Pribaikalsky national Park [Pribajkal'skij nacional'nyj park]. URL: <https://baikal-1.ru/territory/pribaikalsky/> (date of treatment: 13.04.2021)

Information about the author

Astanin, Dmitry M. Associate Professor, Department of Architecture and Urban Planning. E-mail: montenegro.astanin@mail.ru. Vologda State University. Russia. 160000, Vologda, 15 Lenin street. Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. Russia, Moscow, 127550, Timiryazevskaya st., 49.

Received 16.03.2021

Для цитирования:

Астанин Д.М. Моделирование главной темы информационного визит-центра территорий экологического туризма (градостроительная апробация концепции социального поля П. Бурдьё) // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 10. С. 68–80. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-68-80

For citation:

Astanin D.M. Modeling of the main topic for the information visitor center of ecotourism territories (urban planning testing of bourdieu's concept of field). Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 10. Pp. 68–80. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-68-80

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-81-89

**Косенко Е.А.*

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ С ГИБРИДНОЙ МАТРИЦЕЙ МЕТОДОМ ДИНАМИЧЕСКОГО МЕХАНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Аннотация. Полимерные композиционные материалы (ПКМ) нашли широкое применение в различных отраслях промышленности при производстве как относительно мелких, но конструктивно сложных деталей, так и крупногабаритных корпусных деталей, подвергающихся действию значительных нагрузок. Изготовление из ПКМ все более и более ответственных деталей привело к необходимости разработки новых составов, структур и технологий формования композитов. Представлено описание технологии изготовления ПКМ с гибридной матрицей, один из компонентов которой сохраняет свое «жидкое» состояние после формования изделий, а второй полностью отверждается. В получаемом композите «жидкие» компоненты формируют самостоятельную фазу и вместе с основным материалом связующего ПКМ представляют собой гибридную матрицу. Представлены результаты динамического механического анализа (ДМА) базальтопластиков с гибридными матрицами, в которых компонентами «жидкой» составляющей являются технический воск, анаэробный и кремнийорганические полимерные материалы. DMA выполнялся на образцах двух типов: №1 – образцы с низким содержанием «жидких» компонентов в матрице и №2 – образцы с высоким содержанием

«жидких» компонентов в матрице. По результатам проведенных испытаний наилучшими характеристиками среди ПКМ с различными типами гибридных матриц, обладают образцы с кремнийорганическим полимерным материалом в составе матрицы.

Ключевые слова: базальтопластик, гибридная матрица, деформационные свойства, динамический механический анализ, полимерные композиционные материалы.

Введение. В последние десятилетия в различных отраслях промышленности наблюдается устойчивая тенденция замещения металлических деталей на детали, изготовленные из полимеров и полимерных композиционных материалов (ПКМ). Это обусловлено возможностью создавать изделия с практически любыми, зачастую противоречивыми свойствами, при этом достигая снижения их массы и повышая коррозионную стойкость [1–3].

Расширение областей применения ПКМ требует разработки их новых составов, структур и технологий формования, которые позволяют создавать изделия с адаптированными под различные условия эксплуатации физико-механическими и другими свойствами [4–7].

Известно, что одним из главных создателей конструкционных материалов является природа. Большинство природных материалов по своей структуре являются композициями. Поэтому большой научно-практический интерес представляет возможность разработки ПКМ, обладающих свойствами «живых» природных материалов, таких как живая древесина и некоторые виды минералов, в частности, слюда (мусковит) и асбест. Отличительной особенностью этих природных материалов является наличием в их структуре границ раздела, обладающих пониженной прочностью по сравнению с остальным объемом материала и обеспечивающих одновременно различные виды разрушений под действием нагрузок, чем объясняются их высокие деформационные свойства и механическая прочность [8, 9].

В зависимости от конкретного механизма разрушения на предельные характеристики ПКМ в значительной степени оказывают влияние материал матрицы и возникающие адгезионные взаимодействия на границе раздела с армирующим материалом [10]. Чем опаснее концентратор напряжений, тем мягче следует выбирать связующее, во всяком случае вблизи концентратора. Излишнюю жесткость и прочность связующего в какой-то степени при определенных условиях можно компенсировать снижением адгезионной прочности или введением промежуточных мягких слоев между волокном и матрицей [11].

Авторами работ [12, 13] предложена технология получения ПКМ с гибридной матрицей, один из компонентов которой отверждается, а второй сохраняет свое «жидкое» состояние после

формования изделий и на всем этапе эксплуатации. Создание таких ПКМ осуществляется вакуумформованием по препреговой технологии. Предварительно пропитанные связующим слои армирующего материала выкладываются в оснастку. На основании результатов расчетов и испытаний между определенными слоями по заданным схемам наносятся «жидкие» компоненты матрицы, после чего формируется вакуумный мешок и создается вакуумное разряжение. Отверждение ПКМ осуществляется в вакуумном мешке при комнатной температуре. Для улучшения структуры ПКМ, повышения механических свойств и ускорения процесса отверждения допускается умеренный нагрев ПКМ до температуры +80 °С, например, с помощью инфракрасных ламп.

В качестве «жидких» компонентов матрицы на основании анализа технологичности их применения и механизма отверждения были выбраны технический воск, анаэробный и кремнийорганический полимерные материалы. Компоненты «жидкой» составляющей матрицы формируют самостоятельную фазу и вместе с основным материалом связующего представляют гибридную матрицу.

Проведенные механические испытания показали, что добавление «жидких» компонентов в состав матрицы ПКМ приводит к изменению комплекса их свойств. Так, анаэробный полимерный материал в составе матрицы базальтопластиков и углепластиков позволяет повысить предел их прочности при растяжении на 2 % и 5 % соответственно по сравнению с контрольными образцами без «жидких» компонентов в составе матрицы [14, 15]. Также наблюдается увеличение значения относительного удлинения при разрушении: у углепластиков с техническим воском в составе матрицы – на 25 %, а с анаэробным и кремнийорганическим полимерными материалами – на 7 % и 4 % соответственно [14]; у базальтопластиков с техническим воском – на 4 %, а с анаэробным и кремнийорганическим полимерными материалами – на 5 % и 2 % соответственно по сравнению с контрольными образцами.

Важной особенностью ПКМ с кремнийорганическим полимерным материалом является высокая стабильность (наблюдаются минимальные потери) их механических свойств при переходе в

область экстремально низких температур (при $t = -30$ °С и -50 °С) [14].

Для длительного сопротивления разрушению под действием знакопеременных нагрузок помимо прочностных свойств ПКМ должны обладать высокими деформационными свойствами [16-19].

Изучение зависимости механических и вязкоупругих свойств материалов от температуры, времени и частоты под воздействием периодических (циклических) нагрузок осуществляют методом динамического механического анализа (ДМА). Измерения методом ДМА проводятся в соответствии с международными стандартами DIN 53513, DIN 53440, ASTM D 4065, ASTM D 4092 [20].

Методом ДМА определяют зависимость основных характеристик упругости полимерных материалов: динамического модуля упругости E' , динамического модуля потерь E'' и тангенса угла механических потерь $\tan \delta$ от частоты воздействия при постоянной температуре или от температуры при постоянной частоте воздействия [21]. Также на сегодняшний день ДМА является самым чувствительным методом для изучения процесса стеклования и других фазовых и физических переходов.

Материалы и методы. Для выполнения испытаний ПКМ методом ДМА были изготовлены 4 типа образцов:

- 1) контрольный образец (без «жидких» компонентов матрицы);
- 2) образец с анаэробным полимерным материалом (Loctite 638) в составе матрицы;
- 3) образец с кремнийорганическим полимерным материалом (Юнисил-9628) в составе матрицы;
- 4) образец с техническим воском в составе матрицы.

Изготовление образцов осуществлялось вакуумформованием по препреговой технологии [12] из пропитанных связующим Erolam 2017 четырех слоев биаксиальной базальтовой ткани марки БТ400. «Жидкие» компоненты матрицы наносились между 2 и 3 слоями в виде валика шириной 3...5 мм на всю длину образца вдоль нитей основы армирующей ткани (рис. 1). Отверждение осуществлялось с применением установки Trommelberg IR3C Standard, которая обеспечивала нагрев до температуры 80 ± 2 °С в вакуумном мешке.

Таким образом, полученный композит можно разделить на две области: №1 – область, которая располагается между двумя соседними валиками (рис. 1, 1) и №2 – в которой «жидкие» компоненты матрицы располагается непосредственно в середине образца (рис. 1, 2).

Основная часть. Испытания проводили на динамомеханическом анализаторе DMA 242 EArtemis (рис. 3, 4). Образцы подвергались трехточечному изгибу на следующих режимах: частота колебаний 1 Гц; амплитуда 60 мкм; коэффициент пропорциональности 1,1; скорость увеличения температуры 2 К/мин.

На рис. 3 приведены результаты ДМА для образцов №1. Полученные зависимости позволяют оценить значение температур стеклования, которые определялись по пику кривых тангенса угла механических потерь ($\tan \delta$). Для всех исследованных образцов эти значения не значительно отличаются между собой (см. рис. 3 а, б). Эти данные указывают на то, что введение жидкой матрицы не приводит к какому-либо существенному изменению значений температуры стеклования. Результаты анализа упругих характеристик исследуемых образцов №1 представлены в таблице 1.

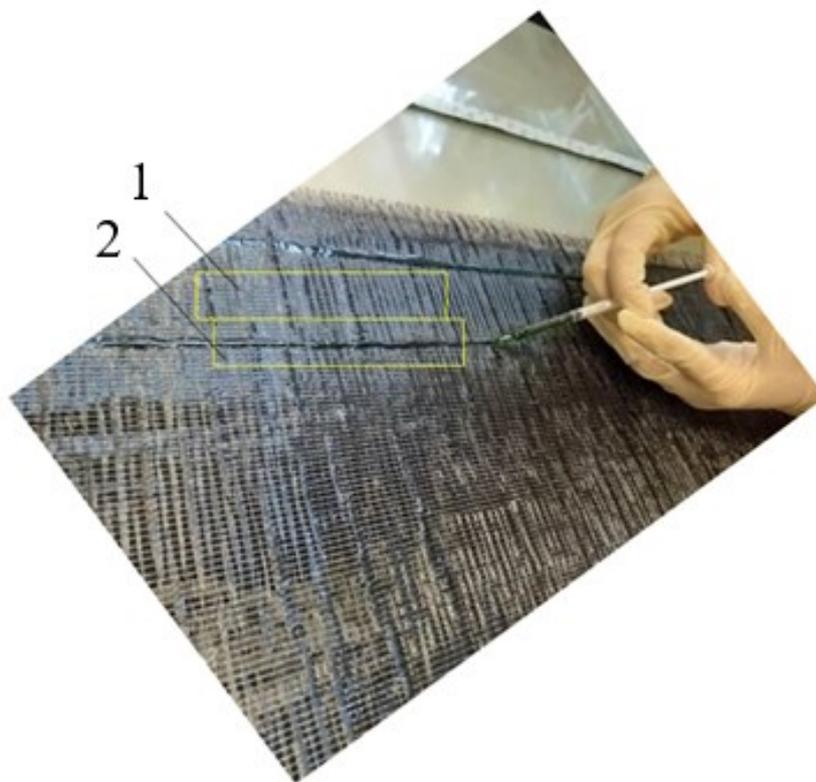


Рис. 1. Фото технологической операции нанесения жидкой матрицы с указанием областей (1, 2) их расположения

Таблица 1

Значения модулей упругости и потерь образцов базальтопластиков №1 при изгибе

Материал жидкой матрицы	Модули при изгибе, МПа при температурах °С	
	≈ 28	≈ 75
Модуль упругости		
Без «жидких» компонентов матрицы	36512	34754
Технический воск	33946	32320
Кремнийорганический полимерный материал	36043	34100
Анаэробный полимерный материал	24377	25246
Модуль потерь		
		$\text{tg } \delta \approx 0,15$
Без компонентов жидкой матрицы	–	5050
Технический воск	–	4680
Кремнийорганический полимерный материал	–	4850
Анаэробный полимерный материал	–	3950

Введение в матрицу базальтопластика «жидких» компонентов, которыми являются технический воск и кремнийорганический полимерный материал привело к снижению модуля упругости (при температуре ≈ 28 °С) на 7,0 % и 1,3 % соответственно, тогда как использованием анаэробного полимерного материала уменьшило значение данного показателя на 33,2 %. Аналогичным образом изменяются и значения модуля потерь.

Так, при использовании анаэробного полимерного материала значение модуля потерь снижается на 21,8 % по сравнению с контрольным образцом базальтопластика, в составе матрицы которого «жидкие» компоненты отсутствуют, тогда как значения модуля потерь для образцов с техническим воском и кремнийорганическим полимерным материалом в составе гибридной матрицы ПКМ снижаются всего на 7,3 % и 4,0 % соответственно.

Таким образом, в наибольшей степени на величину упругих свойств ПКМ влияет введение анаэробного полимерного материала в состав матрицы. Это, вероятно, связано с тем, что он единственных из всех остальных материалов, применяемых в качестве «жидких» компонентов матрицы, действительно находится в вязкотекучем состоянии, тогда как кремнийорганический

полимерный материал в отвержденном состоянии представляет собой высокоэластический материал, а воск – находится в твердом состоянии, но при этом обладает пластичностью.

В таблице 2 приведены результаты ДМА образцов №2.

Таблица 2

Значения модулей упругости и потерь образцов базальтопластиков №2 при изгибе

Материал жидкой матрицы	Модули при изгибе, МПа при температурах °С	
	≈ 28	≈ 75
Модуль упругости		
Технический воск	30737	28100
Кремнийорганический полимерный материал	33991	32100
Анаэробный полимерный материал	15000	7500
Модуль потерь		
		tg δ ≈ 0,15
Технический воск	–	4190
Кремнийорганический полимерный материал	–	4580
Анаэробный полимерный материал	–	1180

Сравнительный анализ полученных значений модулей упругости позволяет сделать следующие выводы:

- для всех образцов базальтопластика имеет место снижение модуля упругости образцов №2 по сравнению с аналогичными образцами №1, т.е. увеличение количества «жидких» компонентов в составе гибридной матрицы приводит к ухудшению упругих характеристик композиционного материала;

- при использовании в качестве «жидкого» компонента гибридной матрицы технического воска модуль упругости базальтопластика при умеренной температуре (≈ 28 °С) и повышенной температуре (≈ 75 °С) снизился на 9,4 % и 13,0 % соответственно;

- при использовании в качестве «жидкого» компонента гибридной матрицы кремнийорганического полимерного материала модуль упругости при умеренной и повышенной температурах снизился на 5,7 % и 5,9 % соответственно;

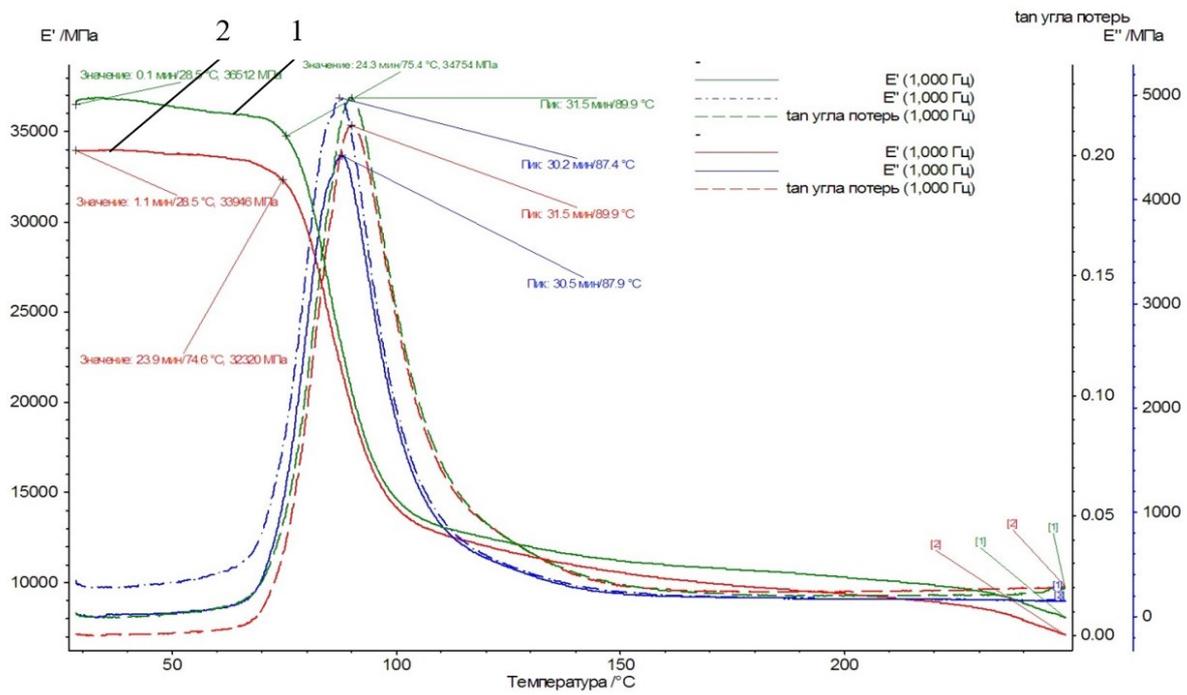
- при использовании в качестве «жидкого» компонента гибридной матрицы анаэробного полимерного материала модуль упругости при умеренной и повышенной температурах снизился на 38,5 % и 70 % соответственно.

Аналогичные закономерности характерны и для модуля потерь, значения которых для базальтопластиков, в которых «жидким» компонентом

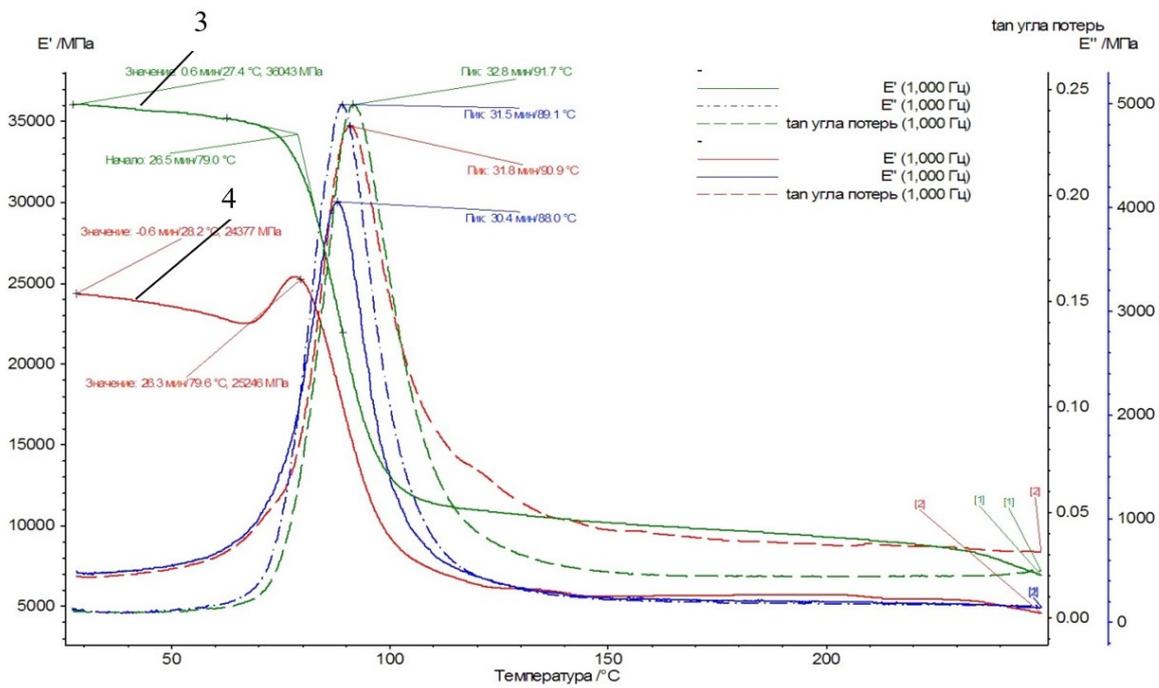
гибридной матрицы являются кремнийорганический полимерный материал, технический воск и анаэробный полимерный материал снижаются на 5,6 %, 10,4 % и 70,1 % соответственно.

Таким образом, наименьшее снижение модулей упругости и потерь (≈ 5 %) при увеличенном содержании «жидких» компонентов гибридной матрицы наблюдается у образцов с кремнийорганическим полимерным материалом. Если в качестве «жидкого» компонента гибридной матрицы использован технический воск, то его избыточное содержание приводит к значительному снижению упругих характеристик. В наибольшей степени на величину упругих свойств оказывает влияние добавление в матрицу ПКМ анаэробного полимерного материала. При увеличенном содержании данного компонента в композите модуль упругости снижается на 38 %, а модуль потерь на 70 %, что не позволяет рекомендовать данный материал в качестве «жидкого» компонента гибридной матрицы при изготовлении изделий.

По итогам серии испытаний образцов №2, наилучшие характеристики получены при использовании базальтопластиков, в которых «жидким» компонентом гибридной матрицы является кремнийорганический полимерный материал.

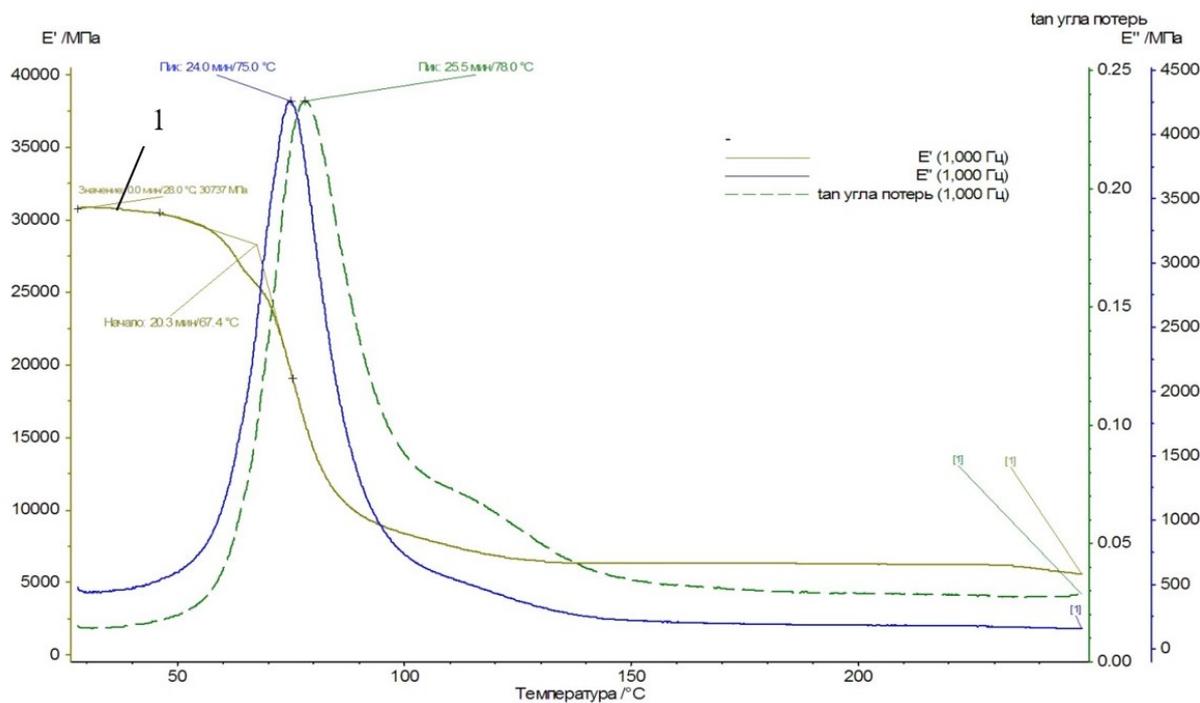


а)

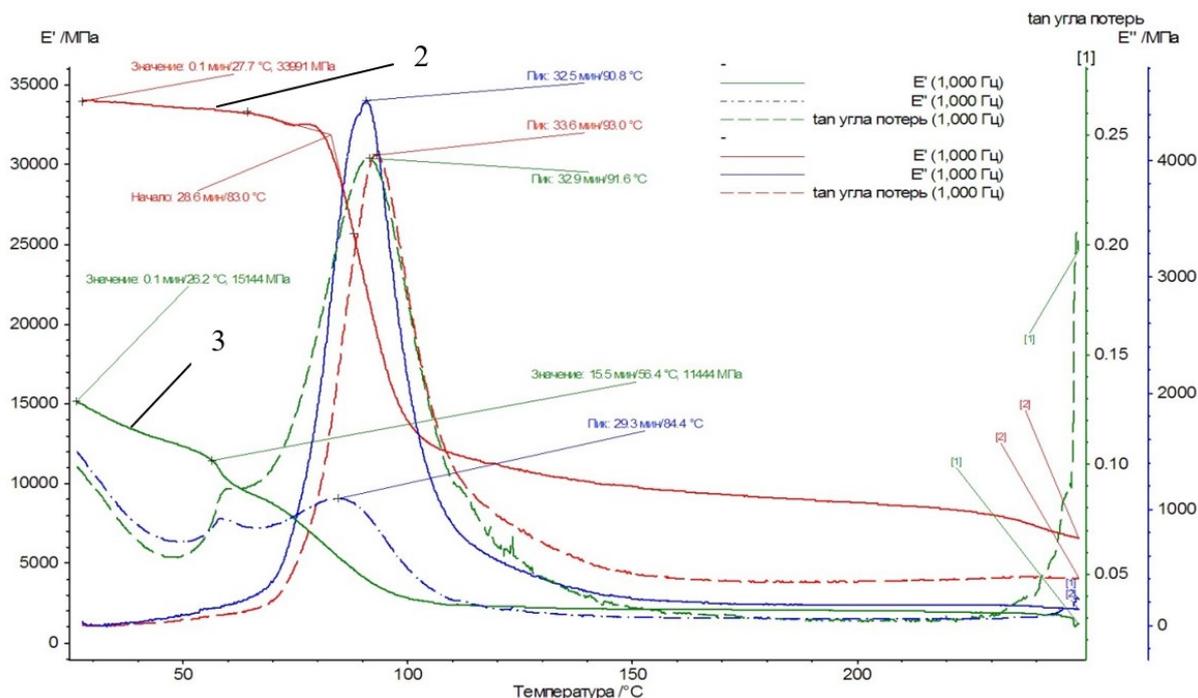


б)

Рис.3. Кривые ДМА для образцов №1 базальтопластиков без «жидких» компонентов в составе матрицы (а, 1), и с техническим воском (а, 2), кремнийорганическим полимерным материалом (б, 3) и анаэробным полимерным материалом (б, 4) в составе матрицы



а)



б)

Рис. 4. Кривые ДМА для образцов № 2 базальтопластиков с техническим воском (а, 1), кремнийорганическим полимерным материалом (б, 2) и анаэробным полимерным материалом (б, 3) в составе матрицы

Выводы. Таким образом, по результатам проведенных испытаний образцов №1 и №2 можно сделать вывод, что добавление в состав матрицы кремнийорганического полимерного материала практически не влияет на упругие характеристики ПКМ по сравнению с образцами без «жидких» компонентов в составе матрицы.

Проведенные ранее испытания данного типа ПКМ по определению предела прочности при растяжении показали относительную стабильность его механических свойств при переходе в область отрицательных температур (-30 °C и

-50 °С), что позволяет использовать ПКМ с кремнийорганическим полимерным материалом в составе матрицы при производстве изделий различного назначения, в частности, работающих в условиях экстремально низких температур [14].

Для обеспечения высоких упругих характеристик ПКМ с кремнийорганическим полимерным материалом в составе матрицы необходимо определить оптимальное количество данного компонента на основании решения многокритериальной задачи.

Схемы локации «жидких» компонентов в составе матрицы необходимо разрабатывать на основании результатов испытаний и моделирования напряженно-деформированного состояния ПКМ.

Источник финансирования. Материал подготовлен в рамках научных исследований по проекту №FSFM-2020-0011 (2019-1342), экспериментальные исследования проведены с использованием оборудования центра коллективного пользования МАДИ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тимошков П.Н., Хрульков А.В., Язвенко Л.Н. Композиционные материалы в автомобильной промышленности (обзор) // Труды ВИАМ. 2017. №6. С 61–68.
2. Каблов Е.Н. Композиты: сегодня и завтра // Металлы Евразии. 2017. №1. С. 36–39.
3. Malysheva G.V., Shimina Y.Y. Influence of preparation technology on carbon-fiber-composite component composition // Fibre Chemistry. 2014. №46 (4). Pp. 237–240. <https://doi.org/10.1007/s10692-014-9596-3>.
4. Gorodetskii M.A., Nelyub V.A., Malysheva G.V., Shaulov A.Y., Berlin A.A. Technology of forming and the properties of reinforced composites based on an inorganic binder // Russian Metallurgy (Metally). 2018. №13. Pp. 1195–1198. DOI: 10.1134/S0036029518130074.
5. Nelyub V.A. Technologies of metallization of carbon fabric and the properties of the related carbon fiber reinforced plastics // Russian Metallurgy. 2018. №13. Pp. 1199–2101. <https://doi.org/10.1134/S0036029518130189>.
6. Maung P.P., Htet T.L., Malysheva G.V. Simulation and optimization of vacuum assisted resin infusion process for large-sized structures made of carbon fiber-reinforced plastic // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 709 (2) 022041. DOI: 10.1088/1757-899X/709/2/022041.
7. Nelyub V.A., Malysheva G.V. Modern treatment technologies of carbon fibre for ensuring the high strength carbon fibre reinforced plastic production // MATEC Web of Conferences. 2017. 129 02001. DOI: 10.1051/mateconf/201712902001.
8. Полилов А.Н. Этиюда по механике композитов. М.: Физматлит, 2015. 308 с.
9. Gordon J.E. The New Science of Strong Materials: Or Why You Don't Fall Through the Floor. Princeton: Princeton University Press, 2006, 287 p.
10. Nelyub V.A., Borodulin A.S., Kobets L.P., & Malysheva G.V. Thixotropy Hysteresis and Structure Formation in Elastomeric Suspensions // Inorganic Materials: Applied Research. 2018. №9(4). Pp. 603–608. <https://doi.org/10.1134/S2075113318040238>.
11. Берлин А.А., Пахомова Л.К. Полимерные матрицы для высокопрочных армированных композитов // Высокомолекулярные соединения. 1990. №7. С. 1347–1382.
12. Kosenko E.A., Baurova N.I., Zorin V.A. The development of natural-like polymer composite materials with liquid matrix and their use in mechanical engineering // Polymer Science. Series D. 2020. Т. 13. №3. Pp. 341–344. DOI: 10.1134/S1995421220030107.
13. Kosenko, E.A., Baurova, N.I., Zorin, V.A. Naturelike Materials and Structures in Mechanical Engineering // Polymer Science - Series D, 2021. №14(1). Pp. 69–72 DOI: 10.1134/S1995421221010135
14. Kosenko E.A., Baurova N.I., Zorin V.A. Investigation of the mechanical properties of polymer composite materials with various types of hybrid matrices in the extreme conditions of the Arctic // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2021. 1159 (2021) 012053. doi:10.1088/1757-899X/1159/1/012053.
15. Kosenko E.A., Baurova N.I., Zorin V.A. Service properties of composites with various types of hybrid matrices // Russian Metallurgy (Metally). 2020. №13. Pp. 1526–1530. DOI: 10.1134/S0036029520130169
16. Берлин А.А. Об усталостной прочности природных материалов // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2019. №7. С. 2–3.
17. Marenkov I.G., Baurova N.I. The use of impregnating compositions upon service of the spring elements of road vehicles fabricated from nonmetallic materials // Polymer Science. Series D. 2021. Т. 14. №2. Pp. 253–256. DOI 10.1134/S1995421221020180.
18. Baurova N.I., Konoplin A.Yu. Visualization of the dynamics of measuring processes of the quality indicators of engineering products during production, repair and operation // Polymer Science. Series D. 2020. Т. 13. №2. Pp. 193–196. DOI 10.1134/S1995421220020045.

19. Rudskoi A.I., Baurova N.I. Technological heredity during the production and operation of structural materials // Russian Metallurgy. 2019. №13. Pp. 1378–1383. DOI: 10.1134/S0036029519130317.

20. Лапина Н.В., Баурова Н.И. Исследование свойств полимерных материалов, используемых
Информация об авторах

Косенко Екатерина Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Производство и ремонт автомобилей и дорожных машин». E-mail: KosenkoKate@mail.ru. Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет. Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр. д. 64

при ремонте дорожно-строительных машин, методом динамомеханического анализа // Вестник МАДИ. 2018. № 4 (55). С. 28–33.

21. Высокмолекулярные соединения: учебник и практикум для академического бакалавриата / М.С. Аржаков [и др.]; под ред. А.Б. Зезина. М.: Издательство Юрайт, 2016. 340 с.

Поступила 14.07.2021 г.

© Косенко Е.А., 2021

***Kosenko E.A.**

Moscow automobile and road construction state technical university

**E-mail: tdmtrieva-bel@yandex.ru*

STUDY OF DEFORMATION PROPERTIES OF COMPOSITES WITH A HYBRID MATRIX BY THE METHOD OF DYNAMIC AND MECHANICAL ANALYSIS

Abstract. Polymer and composite materials (PCMs) are widely used in various industries for production of small but complex parts and large-sized body parts subjected to significant loads. The production of more critical parts from PCM has led to the need to develop new compositions, structures and technologies for molding composites. The manufacturing technology of PCMs with a hybrid matrix is presented, one of the components of which retains its "liquid" state after the molding of the products, and the second is completely solid. In the resulting composite, the "liquid" components form an independent phase and together with the main binder material, the PCMs represent a hybrid matrix. The results of dynamic mechanical analysis (DMA) of basalt plastics with hybrid matrices, in which the composition of the "liquid" component are anaerobic technical wax and organosilicon polymer materials, are presented. DMA is performed on samples of two types: № 1 - samples with a low content of "liquid" components in the matrix and № 2 - samples with a high content of "liquid" components in the matrix. According to the results of the tests carried out, the best characteristics among PCMs with various types of hybrid matrices are possessed by samples with an organosilicon polymer material in the matrix.

Keywords: basalt plastic, hybrid matrix, deformation properties, dynamic mechanical analysis, polymer composite materials.

REFERENCES

1. Timoshkov P.N., Khrulkov A.V., Yazvenko L.N. Composite materials in the automotive industry (review) [Kompozitsionnyye materialy v avtomobil'noy promyshlennosti (obzor)]. Proceedings of VIAM. 2017. No. 6. Pp. 61–68. (rus)

2. Kablov E.N. Composites: Today and Tomorrow [Kompozity: segodnya i zavtra]. Metals of Eurasia. 2017. No. 1. Pp. 36–39. (rus)

3. Malysheva G.V., Shimina Y.Y. Influence of preparation technology on carbon-fiber-composite component composition. Fibre Chemistry. 2014. No. 46 (4). Pp. 237–240. <https://doi.org/10.1007/s10692-014-9596-3>.

4. Gorodetskii M.A., Nelyub V.A., Malysheva G.V., Shaulov A.Y., Berlin A.A. Technology of forming and the properties of reinforced composites based on an inorganic binder. Russian Metallurgy (Metally). 2018. No.13. Pp. 1195–1198. DOI: 10.1134/S0036029518130074.

5. Nelyub V.A. Technologies of metallization of carbon fabric and the properties of the related carbon fiber reinforced plastics. Russian Metallurgy. 2018. No. 13. Pp. 1199–2101. <https://doi.org/10.1134/S0036029518130189>.

6. Maung P.P., Htet T.L., Malysheva G.V. Simulation and optimization of vacuum assisted resin infusion process for large-sized structures made of carbon fiber-reinforced plastic. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 709 (2) 022041. DOI: 10.1088/1757-899X/709/2/022041.

7. Nelyub V.A., Malysheva G.V. Modern treatment technologies of carbon fibre for ensuring the high strength carbon fibre reinforced plastic production. MATEC Web of Conferences. 2017. 129 02001. DOI: 10.1051/mateconf/201712902001.

8. Polilov A.N. Study on the mechanics of composites [Etyuda po mekhanike kompozitov]. M.: Fizmatlit, 2015. 308p.

9. Gordon J.E. The New Science of Strong Materials: Or Why You Don't Fall Through the Floor. Princeton: Princeton University Press, 2006, 287p.
10. Nelyub V.A., Borodulin A.S., Kobets L.P., & Malysheva G.V. Thixotropy Hysteresis and Structure Formation in Elastomeric Suspensions. *Inorganic Materials: Applied Research*. 2018. No. 9(4). Pp. 603–608. <https://doi.org/10.1134/S2075113318040238>.
11. Berlin A.A., Pakhomova L.K. Polymer matrices for high-strength reinforced composites [Polimernyye matritsy dlya vysokoprochnykh armirovannykh kompozitov]. *High-molecular compounds*. 1990. No. 7. Pp. 1347–1382. (rus)
12. Kosenko E.A., Baurova N.I., Zorin V.A. The development of natural-like polymer composite materials with liquid matrix and their use in mechanical engineering. *Polymer Science. Series D*. 2020. Vol. 13. No. 3. Pp. 341–344. DOI: 10.1134/S1995421220030107.
13. Kosenko, E.A., Baurova, N.I., Zorin, V.A. Naturelike Materials and Structures in Mechanical Engineering. *Polymer Science - Series D*, 2021. No.14(1). Pp. 69–72 DOI: 10.1134/S1995421221010135
14. Kosenko E.A., Baurova N.I., Zorin V.A. Investigation of the mechanical properties of polymer composite materials with various types of hybrid matrices in the extreme conditions of the Arctic. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2021. 1159 (2021) 012053. doi:10.1088/1757-899X/1159/1/012053.
15. Kosenko E.A., Baurova N.I., Zorin V.A. Service properties of composites with various types of hybrid matrices. *Russian Metallurgy (Metally)*. 2020. No. 13. Pp. 1526–1530. DOI: 10.1134/S0036029520130169
16. Berlin A.A. On the fatigue strength of natural materials [Ob ustalostnoy prochnosti prirodnykh materialov]. *All materials. Encyclopedic reference book*. 2019. No. 7. Pp. 2–3. (rus)
17. Marenkov I.G., Baurova N.I. The use of impregnating compositions upon service of the spring elements of road vehicles fabricated from nonmetallic materials. *Polymer Science. Series D*. 2021. Vol. 14. No. 2. Pp. 253–256. DOI 10.1134/S1995421221020180.
18. Baurova N.I., Konoplin A.Yu. Visualization of the dynamics of measuring processes of the quality indicators of engineering products during production, repair and operation. *Polymer Science. Series D*. 2020. Vol. 13. No. 2. Pp. 193–196. DOI 10.1134/S1995421220020045.
19. Rudskoi A.I., Baurova N.I. Technological heredity during the production and operation of structural materials. *Russian Metallurgy*. 2019. No.13. Pp. 1378–1383. DOI: 10.1134/S0036029519130317.
20. Lapina, N.V. Investigation of the properties of polymeric materials used in the repair of road-building machines by the method of dynamic mechanical analysis [Issledovaniye svoystv polimernykh materialov, ispol'zuyemykh pri remonte dorozhno-stroitel'nykh mashin, metodom dinamomekhanicheskogo analiza]. *Bulletin of MADI*. 2018. No. 4 (55). Pp. 28–33. (rus)
21. Arzhakov M.S. et al High molecular weight compounds [Vysokomolekulyarnyye soyedineniya]. M.: Publishing house Yurayt, 2016. 340 p. (rus)

Information about the authors

Kosenko, Ekaterina A. PhD. E-mail: KosenkoKate@mail.ru. Moscow automobile and road construction state technical university (MADI). Russia, 125319, Moscow, Leningradsky prospect, 64

Received 14.07.2021

Для цитирования:

Косенко Е.А. Исследование деформационных свойств композитов с гибридной матрицей методом динамического механического анализа // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 10. С. 81–89. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-81-89

For citation:

Kosenko E.A. Study of deformation properties of composites with a hybrid matrix by the method of dynamic and mechanical analysis. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2021. No. 10. Pp. 81–89. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-81-89

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-90-98

¹Строкин К.Б., ¹Новиков Д.Г., ^{2,*}Коновалова В.С., ²Касьяненко Н.С.¹Сахалинский государственный университет,²Ивановский государственный политехнический университет,

*E-mail: kotprotiv@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕТОНА

Аннотация. В статье рассмотрено изменение физико-механических характеристик цементного камня из портландцемента марки ЦЕМ I 42,5Н в процессе бактериальной и грибковой коррозии в течение 6 месяцев на воздухе и при увлажнении. Установлено, что плотность бетона при микробиологической коррозии увеличивается в условиях постоянного увлажнения образца. Однако, после высушивания зафиксировано снижение плотности бетона на 10 % под воздействием бактерий *Bacillus subtilis* и на 14 % под воздействием черной плесени. Экспериментальным путем была установлена степень воздействия микроорганизмов на величину водопоглощения цементного камня. Бактерии повышают водопоглощение на 7 %, черная плесень – на 10 %. В течение 6 месяцев при бактериальной коррозии в комнатных условиях водопоглощение увеличилось с 21 до 24,5 %, при грибковой – с 24 до 29 %. При воздействии капиллярной влаги в течение полугода водопоглощение бетона повысилось до 30,4 % под воздействием бактерий *Bacillus subtilis* и до 37,3 % под воздействием грибов *Aspergillus niger* var *Tieghem*. Увеличение водопоглощения бетона связано с повышением пористости вследствие биодеструкции. При комнатных условиях воздействия бактерий пористость увеличивается с 14,1 до 15,3 %, черной плесени – с 14,3 до 17,9 %. При постоянном увлажнении пористость цементного бетона повышается до 19,1 и 25,6 % при бактериальной и грибковой коррозии, соответственно. Потеря прочности цементного камня на сжатие составила 13 % под воздействием бактерий и 15 % под воздействием грибов на воздухе в течение 6 месяцев. При микробиологической коррозии бетона в условиях постоянного смачивания за полгода прочность снижается примерно на 35 %.

Ключевые слова: микробиологическая коррозия, коррозия бетона, прочность бетона, пористость бетона, плотность бетона, водопоглощение бетона.

Введение. Большинство процессов повреждения бетона состоит из двух этапов. Первоначально агрессивные жидкости проникают и переносятся через капиллярно-пористую структуру бетона (например, сульфаты, проникающие в реактивный алюминат; бактерии, проникающие в гипс, являющийся источником серы) до начала реальных химических или биохимических реакций разрушения. Эти жидкости могут быть водой, растворенными химическими веществами, такими как сульфаты, хлориды, щелочи или кислоты (в том числе биогенные кислоты). Эти агрессивные жидкости могут переноситься внутрь бетона через поры с помощью различных одиночных или комбинированных механизмов, среди которых: капиллярное всасывание за счет капиллярного действия внутри капилляров цементного камня; ионная диффузия (из-за градиента концентрации); диффузия пара (из-за градиента влажности); проницаемость за счет градиентов давления; миграция за счет градиентов электрического потенциала [1–4].

Любая цементная поверхность изменяется со временем и относительной влажностью из-за карбонизации: присутствие CO_2 в атмосфере вызывает реакцию портландита $\text{Ca}(\text{OH})_2$ цементной матрицы с двуокисью углерода воздуха при

наличии влаги и приводит к образованию кальция CaCO_3 [5]. Это явление снижает pH бетонной поверхности ($\text{pH} \approx 9,5$), таким образом многие микроорганизмы могут найти более благоприятную среду к их развитию [6–9].

Хотя пористость, геометрия, распределение и шероховатость поверхности бетона – это факторы, которые трудно контролировать, они имеют большое влияние на его долговечность. Свежий бетон имеет низкую проницаемость, и лишь небольшая часть его пор достаточно большие, чтобы в них могли проникнуть микроорганизмы [10, 11]. Однако со временем небольшие взаимосвязанные полости позволяют растворенным соединениям распространяться внутрь. Химические реакции в бетоне протекают быстро, пористость бетона увеличивается по мере растворения гидроксида и карбоната кальция кислотой в поровой жидкости [12, 13]. В этой пористой структуре процесс коррозии еще больше ускоряется за счет проникновения в бетон микроорганизмов.

Влияние химического состава бетона на его биоразрушение зависит от его биорецептивности и реакционной способности его компонентов с микробными метаболитами в покрывающей его

био пленке. Учет рисков биоповреждения бетонов можно произвести, выбрав состав цемента, ограничивающий долю реагирующих соединений с кислотами биологического происхождения. Портландит – первый бетонный компонент, который вступает в реакцию с этими кислотами [14, 15].

Агрессивность микромицетов в отношении цементных бетонов выше, чем у бактерий. В процессе жизнедеятельности грибковые микроорганизмы выделяют органические кислоты, активно взаимодействующие с ионами кальция в поровой жидкости бетона, бактерии способствуют развитию углекислотной коррозии бетона. При грибковой коррозии бетона интенсивность потока массы вещества выше, чем при бактериальной коррозии [16], деструктивные процессы протекают быстрее.

Оценка параметров поверхности материалов, измерение характеристик проникновения жидкости в пористый и многофазный материал представляют интересную область исследований для лучшего понимания изменений характеристик, связанных со способностью строительных материалов к биокolonизации. В связи с этим была поставлена цель исследовать влияние бактериальной и грибковой коррозии на физико-механические характеристики цементного камня. Для этого проведено определение плотности, водопоглощения, пористости и прочности на сжатие цементного камня при различных условиях протекания микробиологической коррозии.

Материалы и методы. Исследования проводились на образцах из портландцемента ЦЕМ I 42,5Н с водоцементным соотношением В/Ц = 0,3. Для заражения бетона использовались следующие штаммы микроорганизмов: бактерии *Bacillus subtilis*, микромицеты *Aspergillus niger* van Tieghem. Поверхность цементного камня равномерно опрыскивалась водной суспензией спор микроорганизмов, затем образцы подсушивались в боксе при температуре 25 °С и относительной влажности воздуха 70–90 % до высыхания капель. Чашки Петри с зараженными микроорганизмами образцами помещались в эксикатор, на дно которого налита дистиллированная вода, и выдерживались при температуре 29±2 °С и относительной влажности воздуха более 90 % в течение 28 суток. Каждые 7 суток крышки эксикаторов приоткрывались на 3 минуты для доступа воздуха.

После заражения микроорганизмами одна часть цементных образцов находилась в условиях воздействия капиллярной влаги. Для этого образцы помещались в емкость на синтепоновую подкладку, часть которой для поддержания влаж-

ности на постоянном уровне была опущена в сосуд с водой. Другая часть образцов оставалась на воздухе при комнатных условиях. Срок испытаний составлял 6 месяцев.

Методы определения плотности, водопоглощения и пористости соответствуют ГОСТ 12730.0-2020 «Бетоны. Общие требования к методам определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости», а также европейским [17] и российским [18, 19] методам испытания бетона.

Плотность бетона определяется в соответствии с ГОСТ 12730.1-2020 «Бетоны. Методы определения плотности». Плотность бетона ρ_w вычисляется по формуле:

$$\rho_w = \frac{m}{V} \cdot 1000, \quad (1)$$

где m – масса образца, г; V – объем образца, см³.

Объем образцов вычисляется по их геометрическим размерам. Размеры образцов определяются линейкой с погрешностью не более 1 мм. Масса образцов определяется взвешиванием с погрешностью до 0,1 г.

Истинная плотность бетона определяется в соответствии с ГОСТ 12730.1-2020 «Бетоны. Методы определения плотности» путем измерения массы единицы объема измельченного и высушенного образца. Для определения истинной плотности бетона берутся две навески по 10 г. Истинная плотность бетона ρ вычисляется по формуле:

$$\rho = \frac{m \cdot \rho_w}{m + m_1 - m_2}, \quad (2)$$

где m – масса навески, кг; ρ_w – плотность воды, кг/м³; m_1 – масса пикнометра с дистиллированной водой, кг; m_2 – масса пикнометра с навеской и дистиллированной водой, кг.

Водопоглощение бетона определяется в соответствии с ГОСТ 12730.3-2020 «Бетоны. Методы определения водопоглощения». Водопоглощение определяется испытанием серии образцов с размерами 10×10×10 см. Водопоглощение бетона отдельного образца W_M по массе в процентах с погрешностью до 0,1 % рассчитывается по формуле:

$$W_M = \frac{m_c - m_b}{m_c} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

где m_c – масса высушенного образца, г; m_b – масса водонасыщенного образца, г.

Пористость бетона определяется в соответствии с ГОСТ 12730.4-2020 «Бетоны. Методы определения показателей пористости». Полный объем пор бетона P_n вычисляется в процентах с погрешностью до 0,1 % по формуле:

$$P_{II} = \frac{\rho - \rho_w}{\rho} \cdot 100 \%, \quad (4)$$

где: ρ – истинная плотность бетона, кг/м³; ρ_w – плотность высушенного бетона, кг/м³.

Прочность на сжатие (R_c) определяется при испытании образцов статической нагрузкой по методике, установленной ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам». Нагружение образцов проводилось непрерывно с постоянной скоростью нарастания нагрузки до их разрушения. При этом время нагружения исследуемого образца до его разрушения было не менее 130 с. Максимальное усилие, достигнутое в процессе испытания, принималось за разрушающую нагрузку. Прочность бетона на сжатие для каждого образца вычисляется по формуле:

$$R_c = \frac{F}{A}, \quad (5)$$

где F – разрушающая нагрузка, Н; A – площадь рабочего сечения бетонного образца, мм².

Основная часть. Плотность образцов измерялась в состоянии естественной влажности, то есть сразу после испытаний (рис. 1). Плотность незараженных микроорганизмами цементных образцов увеличивается при увлажнении вследствие заполнения поровой структуры бетона влагой [20, 21]. При микробиологической коррозии на начальном этапе плотность бетона увеличивается вследствие образования биопленки, накопления в порах продуктов жизнедеятельности микроорганизмов и поглощения влаги [22].

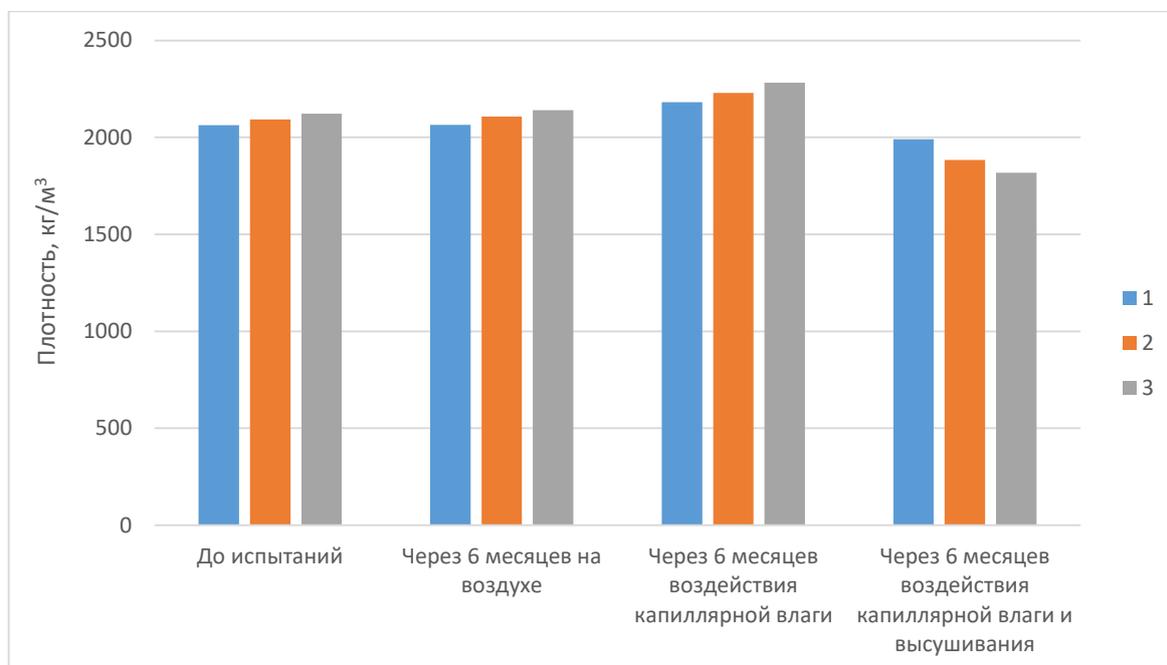


Рис. 1. Изменение плотности образцов:

1 – не зараженный; 2 – зараженный бактериями *Bacillus subtilis*;

3 – зараженный грибами *Aspergillus niger* van Tieghem

Дополнительно определялась плотность бетона, подвергнувшегося воздействию капиллярной влаги, после высушивания. Плотность незараженных бактериями и грибами образцов уменьшилась в связи с выщелачивающим действием воды. Снижение плотности цементного камня в этом случае объясняется деструкцией под воздействием микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности.

На рис. 2 приведены результаты исследования степени воздействия микроорганизмов на величину водопоглощения цементного камня. Очевидно, что значение водопоглощения цементного камня при грибковой и бактериальной коррозии

выше, чем у незараженных образцов. Водопоглощение незараженных образцов, выдержанных на воздухе в течение 6 месяцев, повышается незначительно, на 0,5 %. При комнатных условиях у образцов при бактериальной коррозии водопоглощение увеличилось на 17 %, при грибковой – на 21 %. Изменение водопоглощения незараженных микроорганизмами образцов под воздействием влаги обусловлено выщелачиванием цементного камня [12], при котором происходит изменение его структуры. Под воздействием влаги микроорганизмы размножаются быстрее. Водопоглощение цементного камня, зараженного бактериями *Bacillus subtilis*, увеличилось на 9 % через 6 месяцев воздействия капиллярной влаги. В

этих же условиях водопоглощение образцов цементного камня, зараженного грибами

Aspergillus niger van Tieghem, увеличилось на 13 %.

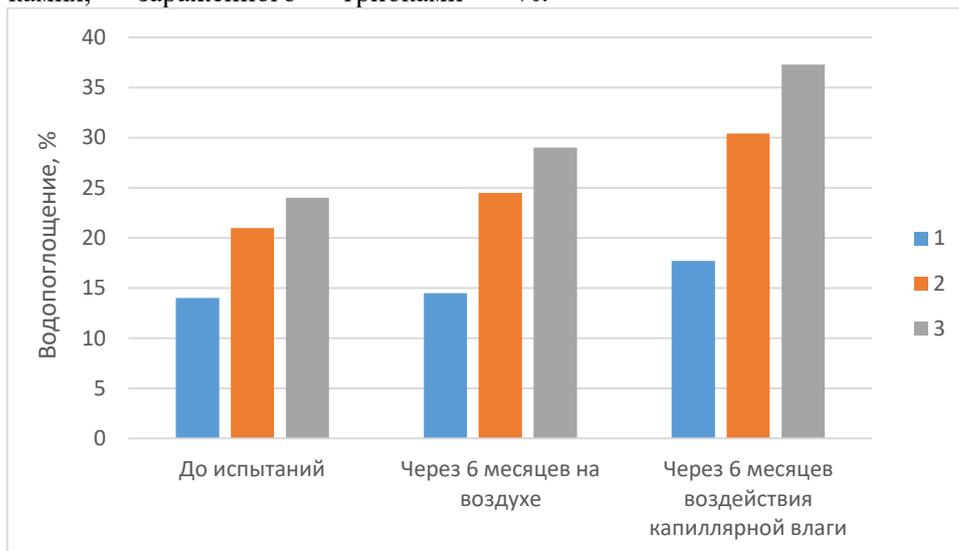


Рис. 2. Изменение водопоглощения образцов:
1 – не зараженный; 2 – зараженный бактериями *Bacillus subtilis*;
3 – зараженный грибами *Aspergillus niger* van Tieghem

Изменение водопоглощения связано не только с жизнедеятельностью микроорганизмов, но и с изменением пористости цементного камня в процессе микробиологической коррозии (рис. 3). Пористость зараженных и незараженных образцов до испытаний практически не отличается. После выдержки на воздухе при комнатных условиях в течение полугода пористость цементного камня увеличивается с 14 % до 15,3 и 17,9 % при бактериальной и грибковой коррозии, соответственно. В этом случае

влага из пор затрачивается на поддержание жизни в биопленке на поверхности цементного камня. При увлажнении образцов микроорганизмы распространяются вглубь бетона и изменяют его поровую структуру. Пористость цементного камня превышает 19 % через 6 месяцев воздействия бактерий, а после воздействия черной плесени составляет 25,5 %. Очевидно, что грибковые микроорганизмы сильнее влияют на поровую структуру цементного камня.

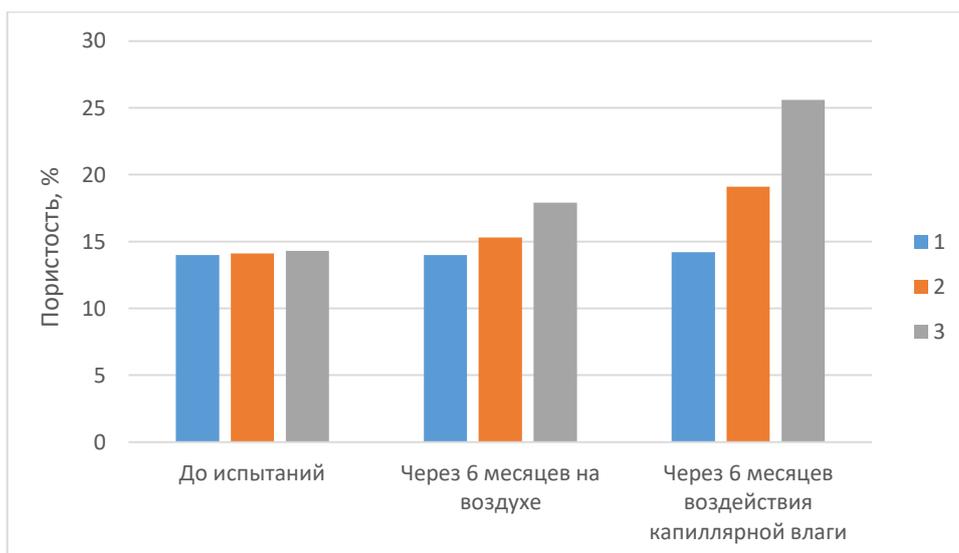


Рис. 3. Изменение пористости образцов:
1 – не зараженный; 2 – зараженный бактериями *Bacillus subtilis*;
3 – зараженный грибами *Aspergillus niger* van Tieghem

Из рис. 1 следует, что несмотря на увеличение пористости зараженных образцов при увлажнении их плотность возрастает. Это явление может быть связано со вскрытием закрытых пор в

структуре цементного камня, вследствие чего он поглощает больше влаги, происходит накопление продуктов жизнедеятельности микроорганизмов в порах, увеличивается масса образца.

В таблице 1 представлены результаты испытаний на прочность на сжатие образцов цементного камня, неподверженных и подверженных действию микроорганизмов. Незначительное повышение прочности на сжатие незараженного микроорганизмами цементного камня на воздухе обусловлено продолжающимися процессами гидратации и изменениями структурно-фазового состава [5]. Снижение прочности цементного камня под воздействием влаги связано с ослаблением и разрушением межкристаллических связей О-Са-О за счет вымывания кальция из его структуры [23]. Процесс биоповреждения цементного

каменя связан с изменением прочностных характеристик. После заражения поверхности цементного бетона бактериями *Bacillus subtilis* прочность на сжатие снижается на 9 %, грибами *Aspergillus niger van Tieghem* – на 12,5 %. С повышением влагосодержания процессы биодеструкции бетонов протекают быстрее. За 6 месяцев прочность на сжатие образца, зараженного бактериями, уменьшилась на 13 % на воздухе и на 32 % под воздействием капиллярной влаги. Для образца, зараженного грибами, снижение прочности произошло на 15 и 37 %, соответственно.

Таблица 1

Изменение прочностных характеристик бетонных образцов после воздействия микроорганизмов

№ п/п	Тип образца	Предел прочности при сжатии, МПа		
		До испытаний	Через 6 месяцев на воздухе	Через 6 месяцев воздействия капиллярной влаги
1.	Не зараженный	35,78	36,17	33,74
2.	Зараженный бактериями <i>Bacillus subtilis</i>	32,44	28,25	21,89
3.	Зараженный грибами <i>Aspergillus niger van Tieghem</i>	31,32	26,51	19,72

Микроорганизмы способствуют ускорению выщелачивания бетона [8, 16, 24] и ухудшению его физико-механических характеристик: повышению пористости, снижению плотности и потере прочности.

Выводы

1. На начальном этапе действия микроорганизмов происходит увеличение плотности бетона на 1,5–3 % и за полгода оно достигает 6,5–7,5 %. Однако плотность высушенного бетона ниже первоначальных значений на 10 % при бактериальной коррозии, на 14 % при грибковой коррозии.

2. Водопоглощение цементного камня на воздухе под действием бактерий *Bacillus subtilis* увеличилось на 17 %, под действием грибов *Aspergillus niger van Tieghem* – на 21 %. При микробиологической коррозии в условиях постоянного увлажнения течение 6 месяцев водопоглощение бетона увеличивается на 45 % при бактериальной коррозии, на 55 % при грибковой коррозии.

3. При комнатных условиях воздействия бактерий пористость бетона увеличивается на 8,5 %, черной плесени – на 25 %. При биодеструкции в течение полугодия повышается пористость цементного камня на 35,5 % при бактериальной коррозии, на 79 % при грибковой коррозии.

4. Прочностные характеристики бетона значительно ухудшаются после заражения поверхности микроорганизмами. За 6 месяцев потеря прочности цементного камня при воздействии бактерий *Bacillus subtilis* составила 32 %, при воздействии грибов *Aspergillus niger van Tieghem* – 37 %.

5. Из экспериментальных данных следует, что грибковые микроорганизмы сильнее ухудшают физико-механические характеристики цементного бетона по сравнению с бактериями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романенко И.И., Пинт Э.М., Петровнина И.Н., Еличев К.А., Романенко М.И. Факторы, влияющие на капиллярное водонасыщение бетонных образцов // *Фундаментальные исследования*. 2016. № 10 (часть 2). С. 343–348.
2. Лыков А.В. Явления переноса в капиллярно-пористых телах. М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1954. 298 с.
3. Shi C.J., Deng D.H., Xie Y.J. Pore Structure and Chloride Ion Transport Mechanisms in Concrete // *Key Engineering Materials*. 2006. Vols. 302–303. Pp. 528–535. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.302-303.528>
4. Yu Z., Ni C., Mingliang T., Shen X. Relationship between water permeability and pore structure of Portland cement paste blended with fly ash //

- Construction and Building Materials. 2018. Vol. 175. Pp. 458–466. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.147>
5. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: Изд-во АСВ, 2011. 524 с.
6. Olson E.R. Influence of pH on bacterial gene expression // *Molecular Microbiology*. 1993. Vol. 8. Issue 1. Pp. 5–14. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2958.1993.tb01198.x>
7. Уряшева Н.Н. Взаимодействие микроорганизмов с каменными строительными материалами // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура*. 2017. Т. 17. № 3. С. 65–71. <https://doi.org/10.14529/build170310>
8. Ерофеев В.Т., Аль Дулайми С.Д.С., Федорцов А.П., Богатов А.Д., Федорцов В.А. Биологическая коррозия бетонов // *Строительные материалы*. 2020. № 11. С. 13–23. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-786-11-13-23>
9. Wei S., Jiang Z., Liu H., Zhou D., Sanchez-Silva M. Microbially induced deterioration of concrete – a review // *Brazilian Journal of Microbiology*. 2013. Vol. 44. No. 4. Pp. 1001–1007. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822014005000006>
10. Diercks M., Sand W., Bock E. Microbial corrosion of concrete // *Experientia*. 1991. Vol. 47. Pp. 514–516. <https://doi.org/10.1007/BF01949869>
11. Чеснокова Т.В., Румянцева В.Е., Логинова С.А. Изучение грибковой коррозии бетона с помощью модельной среды // *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 2019. № 3 (59). С. 85–89.
12. Москвин В.М. Коррозия бетона. М.: Гос. изд-во лит. по строительству и архитектуре, 1952. 344 с.
13. Marangu J.M., Thiong'o J.K., Wachira J.M. Review of Carbonation Resistance in Hydrated Cement Based Materials // *Journal of Chemistry*. 2019. Vol. 2019. Article ID 8489671. <https://doi.org/10.1155/2019/8489671>
14. Makhloufi Z., Kadri E.H., Bouhicha M., Benaissa A. Resistance of limestone mortars with quaternary binders to sulfuric acid solution // *Construction and Building Materials*. 2012. Vol. 26. Issue 1. Pp. 497–504. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.06.050>
15. Рахимбаев Ш.М., Тольпина Н.М. Обоснование выбора типа вяжущего для агрессивных сред органического происхождения на основе теории гетерогенных физико-химических процессов // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2016. Т. 1. № 9. С. 159–163.
16. Строкин К.Б., Новиков Д.Г., Коновалова В.С., Логинова С.А., Нармания Б.Е. Определение ресурса безопасной эксплуатации конструкций из железобетона в условиях микробиологической коррозии // *Современные проблемы гражданской защиты*. 2020. № 4. С. 62–69.
17. Болотских О.Н. Европейские методы физико-механических испытаний бетона. Харьков: ТОРНАДО, 2010. 144 с.
18. Попов К.Н., Каддо М.Б., Кульков А.В. Оценка качества строительных материалов. М.: Высшая школа, 2004. 288 с.
19. Попов К.Н., Шмурнов И.К. Физико-механические испытания строительных материалов. М.: Высшая школа, 1989. 238 с.
20. Kovler K., Roussel N. Properties of fresh and hardened concrete // *Cement and Concrete Research*. 2011. Vol. 41. Issue 7. Pp. 775–792. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2011.03.009>
21. Zhang M., Yang L.-M., Guo J.-J., Liu W.-L., Chen H.-L. Mechanical properties and service life prediction of modified concrete attacked by sulfate corrosion // *Advances in Civil Engineering*. 2018. Vol. 2018. Pp. 1–7. <https://doi.org/10.1155/2018/8907363>
22. Munyai O.M., Thiong'o J.K., Muthengia J.W., Mutitu D.K., Mwirichia R., Muriithi G., Marangu J.M. Study on the effect of Thiobacillus intermedius bacteria on the physico-mechanical properties of mortars of ordinary portland cement // *Heliyon*. 2020. Vol. 6. Issue 1. E03232. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03232>
23. Неделя Н.Н. Влияние влажности бетона на его прочность // *Бетон и железобетон*. 1983. № 3. С. 38–39.
24. Strokin K., Novikov D., Konovalova V. Forecasting the durability of reinforced concrete under conditions of microbiological corrosion // *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 274. P. 04003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127404003>

Информация об авторах

Строкин Константин Борисович, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры строительства, директор Технического нефтегазового института. E-mail: strokin07@rambler.ru. Сахалинский государственный университет. Россия, 693000, Южно-Сахалинск, проспект Коммунистический, д. 33.

Новиков Денис Геннадьевич, сотрудник научно-исследовательской лаборатории. E-mail: denis.g.novikov@gmail.com. Сахалинский государственный университет. Россия, 693000, Южно-Сахалинск, проспект Коммунистический, д. 33.

Коновалова Виктория Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры естественных наук и техносферной безопасности. E-mail: kotprotiv@yandex.ru. Ивановский государственный политехнический университет. Россия, 153000, Иваново, Шереметевский пр-т, д. 21.

Касьяненко Наталья Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры естественных наук и техносферной безопасности. E-mail: kasiyanenko@gmail.com. Ивановский государственный политехнический университет. Россия, 153000, Иваново, Шереметевский пр-т, д. 21.

Поступила 13.07.2021 г.

© Строкин К.Б., Новиков Д.Г., Коновалова В.С., Касьяненко Н.С., 2021

¹*Strokin K.B.*, ¹*Novikov D.G.*, ^{2,*}*Konovalova V.S.*, ²*Kasiyanenko N.S.*

¹*Sakhalin State University,*

²*Ivanovo State Polytechnic University*

*E-mail: kotprotiv@yandex.ru

THE INFLUENCE OF MICROORGANISMS ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE

Abstract. The article considers the change in the physical and mechanical characteristics of cement stone made of the CEM I 42,5 N Portland cement in the process of bacterial and fungal corrosion for 6 months in the air and moisture conditions. It is established that the density of concrete during microbiological corrosion increases under constant moistening of the sample. However, after drying, a decrease in the density of concrete is recorded by 10 % under the influence of *Bacillus subtilis* bacteria and by 14 % under the influence of black mold. The degree of influence of microorganisms on the amount of water absorption of cement stone is established experimentally. Bacteria increases water absorption by 7 %, black mold increases water absorption by 10 %. Within 6 months, water absorption increased from 21 to 24,5 % for bacterial corrosion in indoor conditions, and from 24 to 29 % for fungal corrosion. When exposed to capillary moisture for 6 months, the water absorption of concrete increased to 30,4 % under the influence of *Bacillus subtilis* bacteria and to 37,3% under the influence of *Aspergillus niger* van Tieghem fungi. An increase in the water absorption of concrete is associated with an increase in porosity due to biodegradation. Under room conditions of exposure to bacteria, the porosity increases from 14,1 to 15,3 %, and from 14,3 to 17,9 % after exposure to black mold. With constant moistening, the porosity of cement concrete increases to 19,1 and 25,6 % with bacterial and fungal corrosion, respectively. The loss of compressive strength of cement stone is 13 % under the influence of bacteria and 15 % under the influence of fungi in the air for 6 months. In case of microbiological corrosion of concrete under conditions of constant wetting, the strength decreases by about 35 % in 6 months.

Keywords: microbiological corrosion, concrete corrosion, concrete strength, concrete porosity, concrete density, water absorption of concrete.

REFERENCES

1. Romanenko I.I., Pint E.M., Petrovnina I.N., Elichev K.A., Romanenko M.I. Factors affecting on capillary water saturation of concrete samples [Faktoiry, vliyayushchie na kapillyarnoe vodonasyschenie betonnyh obrazcov]. Fundamental Research. 2016. No. 10 (part 2). Pp. 343–348. (rus)
2. Lykov A.V. Transfer phenomena in capillary-porous bodies [Yavleniya perenosa v kapillyarno-poristyh telah]. Moscow: State Publishing House of Technical and Theoretical Literature, 1954. 298 p. (rus)
3. Shi C.J., Deng D.H., Xie Y.J. Pore Structure and Chloride Ion Transport Mechanisms in Concrete. Key Engineering Materials. 2006. Vol. 302–303. Pp. 528–535. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.302-303.528>
4. Yu Z., Ni C., Mingliang T., Shen X. Relationship between water permeability and pore structure of Portland cement paste blended with fly ash. Construction and Building Materials. 2018. Vol. 175. Pp. 458–466. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.147>
5. Bazhenov Yu.M. Technology of concrete [Tekhnologiya betona]. M.: Publishing house «ASV», 2011. 524 p. (rus)
6. Olson E.R. Influence of pH on bacterial gene expression. Molecular Microbiology. 1993. Vol. 8. Issue 1. Pp. 5–14. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2958.1993.tb01198.x>
7. Uryasheva N.N. Interaction between Microorganisms and Stone Building Materials [Vzaimodejstvie mikroorganizmov s kamennymi stroitel'nymi materialami]. Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and

Architecture. 2017. Vol. 17. No. 3. Pp. 65–71. <https://doi.org/10.14529/build170310> (rus)

8. Erofeev V.T., Al-Dulaimi Salman Davud Salman, Fedortsov A.P., Bogatov A.D., Fedortsov V.A. Biological corrosion of concrete [Biologicheskaya korrozziya betonov]. Construction Materials. 2020. No. 11. Pp. 13–23. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-786-11-13-23> (rus)

9. Wei S., Jiang Z., Liu H., Zhou D., Sanchez-Silva M. Microbially induced deterioration of concrete – a review. Brazilian Journal of Microbiology. 2013. Vol. 44. No. 4. Pp. 1001–1007. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822014005000006>

10. Diercks M., Sand W., Bock E. Microbial corrosion of concrete. Experientia. 1991. Vol. 47. Pp. 514–516. <https://doi.org/10.1007/BF01949869>

11. Chesnokova T.V., Rumyantseva V.E., Loginova S.A. Study of fungary corrosion of concrete by means of model environment [Izuchenie gribovoj korrozii betona s pomoshch'yu model'noj sredy]. Modern High Technologies. Regional Application. 2019. No. 3 (59). Pp. 85–89. (rus)

12. Moskvina V.M. Corrosion of concrete [Korrozziya betona]. Moscow: State Publishing house of literature on construction and architecture, 1952. 344 p. (rus)

13. Marangu J.M., Thiong'o J.K., Wachira J.M. Review of Carbonation Resistance in Hydrated Cement Based Materials. Journal of Chemistry. 2019. Vol. 2019. Article ID 8489671. <https://doi.org/10.1155/2019/8489671>

14. Makhloufi Z., Kadri E.H., Bouhicha M., Benaissa A. Resistance of limestone mortars with quaternary binders to sulfuric acid solution. Construction and Building Materials. 2012. Vol. 26. Issue 1. Pp. 497–504. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.06.050>

15. Rahimbaev S., Tolykina N. Reasons for the choice of type of the organic origin knitting for hostile environment on the basis of the theory of heterogeneous physical and chemical processes [Obosnovanie vybora tipa vyazhushchego dlya agressivnykh sred organicheskogo proiskhozhdeniya na osnove teorii geterogennykh fiziko-himicheskikh processov]. Bulletin of Belgorod State Technological University

named after. V.G. Shukhov. 2016. No. 9. Pp. 159–163. (rus)

16. Strokin K.B., Novikov D.G., Konovalova V.S., Loginova S.A., Narmaniya B.E. Determination of safe service life of structures made of reinforced concrete at microbially induced corrosion [Opredelenie resursa bezopasnoy ekspluatatsii konstruksiy iz zhelezobetona v usloviyakh mikrobiologicheskoy korrozii]. Modern problems of civil protection. 2020. No. 4 (37). Pp. 62–69. (rus)

17. Bolotskikh O.N. European methods of physical and mechanical testing of concrete [Evropejskie metody fiziko-mekhanicheskikh ispytaniy betona]. Kharkov: TORNADO, 2010. 144 p. (rus)

18. Popov K.N., Kaddo M.B., Kulkov A.V. Assessment of the quality of building materials [Ocenka kachestva stroitel'nykh materialov]. Moscow: Higher School, 2004. 288 p. (rus)

19. Popov K. N., Shmurnov I. K. Physical and mechanical tests of building materials [Fiziko-mekhanicheskie ispytaniya stroitel'nykh materialov]. Moscow: Higher School, 1989. 238 p. (rus)

20. Kovler K., Roussel N. Properties of fresh and hardened concrete. Cement and Concrete Research. 2011. Vol. 41. Issue 7. Pp. 775–792. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2011.03.009>

21. Zhang M., Yang L.-M., Guo J.-J., Liu W.-L., Chen H.-L. Mechanical properties and service life prediction of modified concrete attacked by sulfate corrosion. Advances in Civil Engineering. 2018. Vol. 2018. Pp. 1–7. <https://doi.org/10.1155/2018/8907363>

22. Muniyao O.M., Thiong'o J.K., Muthengia J.W., Mutitu D.K., Mwirichia R., Muriithi G., Marangu J.M. Study on the effect of Thiobacillus intermedius bacteria on the physico-mechanical properties of mortars of ordinary portland cement. Heliyon. 2020. Vol. 6. Issue 1. E03232. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03232>

23. Nedelya N.N. The effect of concrete moisture on its strength [Vliyanie vlazhnosti betona na ego prochnost']. Concrete and reinforced concrete. 1983. No. 3. Pp. 38–39. (rus)

24. Strokin K., Novikov D., Konovalova V. Forecasting the durability of reinforced concrete under conditions of microbiological corrosion. E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 274. P. 04003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127404003>

Information about the authors

Strokin, Konstantin B. DSc, assistant professor, professor of the department of construction, director of the technical oil and gas institute. E-mail: strokin07@rambler.ru. Sakhalin State University. Russia, 693000, Yuzhno-Sakhalinsk, Kommunistichesky ave., 33.

Novikov, Denis G. Research laboratory employee. E-mail: denis.g.novikov@gmail.com. Sakhalin State University. Russia, 693000, Yuzhno-Sakhalinsk, Kommunistichesky ave., 33.

Konovalova, Viktoriya S. PhD, assistant professor of the department of natural sciences and technosphere safety. E-mail: kotprotiv@yandex.ru. Ivanovo State Polytechnic University. Russia, 153000, Ivanovo, Sheremetevskiy ave., 21.

Kasiyanenko, Nataliya S. PhD, assistant professor of the department of natural sciences and technosphere safety. E-mail: kasiyanenko@gmail.com. Ivanovo State Polytechnic University. Russia, 153000, Ivanovo, Sheremetevskiy ave., 21.

Received 13.07.2021

Для цитирования:

Строкин К.Б., Новиков Д.Г., Коновалова В.С., Касьяненко Н.С. Влияние микроорганизмов на физико-механические свойства бетона // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 10. С. 90–98. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-90-98

For citation:

Strokin K.B., Novikov D.G., Konovalova V.S., Kasiyanenko N.S. The influence of microorganisms on the physical and mechanical properties of concrete. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 10. Pp. 90–98. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-90-98

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-99-108

Ханин С.И., Кикин Н.О., Мордовская О.С.Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова***E-mail: sergiykhani@gmail.com*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ЛОПАСТНОМ СМЕСИТЕЛЕ

Аннотация. Лопастные смесители с горизонтальным расположением валов распространены на предприятиях строительных материалов для приготовления бетонов, растворов, сухих строительных смесей. Рассмотрена новая конструкция горизонтального лопастного смесителя с расположенными перед рабочими поверхностями лопастей стержневыми элементами, изменяющими траектории движения частиц материала, увеличивающими их подвижность, что приводит к повышению степени однородности смешиваемого материала. Целью исследования являлись оценка влияния стержневых элементов на качество подготовки цементно-песчаной смеси, установление закономерностей влияния на него конструктивно-технологических параметров смесителя и определение областей их рациональных значений. Решены следующие задачи. Разработана стендовая установка двухвального горизонтального лопастного смесителя со стержневыми элементами, на которой проведены экспериментальные исследования по подготовке сухих цементно-песчаных смесей. За характеризующий качество смеси критерий принят предел прочности на сжатие изготовленных из нее образцов-призм. Получены уравнения регрессии, адекватно описывающие предел прочности на сжатие образцов-призм от конструктивно-технологических параметров смесителя. Проведен анализ изменения предела прочности на сжатие образцов-призм от исследуемых параметров, определены рациональные области их значений. Установлено, что смеситель со стержневыми элементами позволяет получить сухую цементно-песчаную смесь, изделия из которой обладают более высокой прочностью на сжатие. В ходе работы применялся метод математического планирования экспериментов. В результате исследования выполнена оценка влияния стержневых элементов на качество подготовки цементно-песчаной смеси, установлены закономерности влияния на него конструктивно-технологических параметров двухвального лопастного смесителя и области их рациональных значений.

Ключевые слова: изделие, прочность на сжатие, лопастной двухвальный смеситель, стендовая установка, стержневые элементы, конструктивно-технологические параметры.

Введение. Прочность на сжатие является одной из основных качественных характеристик изделий, приготовленных из бетонов и растворов. В производстве строительных материалов существуют различные способы увеличения прочностных характеристик таких изделий. К ним относится использование армирующих элементов, как классического типа в виде стальной арматуры, так и изготовленных из различных органических и неорганических материалов [1–4]. Причем тип арматуры и схема ее размещения имеют важное значение. Важную роль имеют специальные виды добавок в бетонную смесь. Многие исследователи обращают внимание на соблюдение строгих условий затворения водой компонентов смеси и набора прочности бетона [5, 6]. Одним из эффективных способов улучшения качественных свойств бетонной смеси, влияющих на прочностные характеристики затвердевшего бетона, является повышение степени однородности распределения в ней компонентов [7–9].

Для приготовления бетонов, растворов, сухих строительных смесей применяются различные виды смесительного оборудования. К наиболее распространенным на промышленных предприятиях следует отнести гравитационные бетоносмесители, лопастные смесители как с вертикальным, так и горизонтальным расположением валов. Каждый из них имеет свои особенности применения, преимущества и недостатки.

Лопастные смесители с горизонтальным расположением валов выполняются как одновальными, так и двухвальными. Их конструктивное исполнение предполагает возможность приготовления бетонов, растворов, сухих строительных смесей в непрерывном либо циклическом режимах работы. Эти смесители имеют достаточно высокую производительность, простоту конструкции и эксплуатации [10–12]. Так, двухвальный смеситель периодического действия БП-2Г-2250 фирмы «ЗЗБО» из города Златоуст (Челябинская область) при производительности 70 м³/ч, установочной мощности приводов 2×30

кВт обеспечивает подготовку смесей с коэффициентом неоднородности 4,5–3,5 % [13].

Особенностью процесса гомогенизации компонентов в промышленных лопастных смесителях является образование перед перемещающимися в смеси лопастями уплотненных зон, в которых частицы материала движутся со скоростями, значительно меньшими, чем на границах этих зон [14, 15], что приводит к снижению качества приготовленной смеси. Это свидетельствует о целесообразности поиска технического решения, позволяющего изменять траектории движения частиц, увеличить их подвижность в прилегающей к перемещающейся лопасти уплотненной зоне материала.

С этой целью авторами предложена конструкция горизонтального лопастного смесителя с расположенными перед рабочими поверхностями лопастей стержневыми элементами [16]. Стержневые элементы по отношению к лопастям

неподвижны и расположены с промежутками по отношению к ним. Стержневые элементы, при совместном вращательном движении с лопастями, воздействуя на расположенные перед лопастями частицы материала, изменяют траектории их движения, увеличивают подвижность. Это приводит к повышению степени однородности смешиваемого материала.

Методология. Для оценки влияния стержневых элементов на качество подготовки смеси, установления закономерностей влияния на него конструктивно-технологических параметров смесителя и определения областей их рациональных значений была разработана конструкция стендовой установки двухвального лопастного смесителя (рис. 1, 2, 3). Конструкция смесителя предусматривает возможность его эксплуатации как в непрерывном, так и циклическом режимах. При разработке смесителя учитывались рекомендации, рассмотренные в работах [18–20].

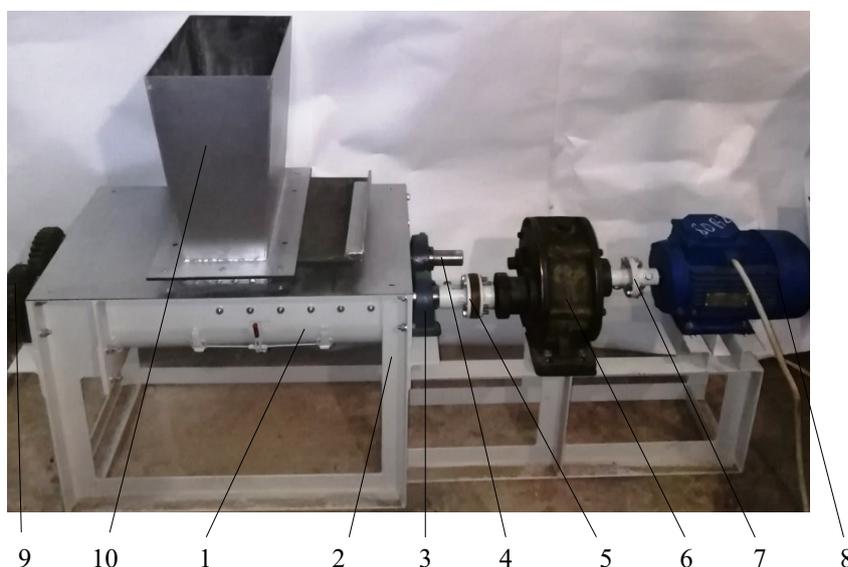


Рис. 1. Стендовая установка лопастного двухвального смесителя со стержневыми элементами: 1 – корпус, 2 – рама, 3 – опорный подшипник, 4 – лопастной вал, 5 – муфта, 6 – редуктор, 7 – муфта, 8 – электродвигатель, 9 – зубчатая синхронизирующая пара, 10 – загрузочное устройство

Объем корпуса смесителя составляет $2 \cdot 10^{-3}$ м³, длина – 0,5 м, диаметр окружности, описываемый лопастями, – 0,079 м. Привод двухвального смесителя состоит из асинхронного электродвигателя АИР180S2, соединительных муфт и цилиндрического соосного редуктора ($u=48$). Установочная мощность электродвигателя $P_{ном}=2,2$ кВт дает возможность эксплуатации смесителя на различных режимах. Управление работой электродвигателя осуществлялось частотным регулятором Delta VFD-E и обеспечивало необходимую частоту вращения лопастных валов в пределах $0,66 \dots 1,34$ с⁻¹.

Сравнительный эксперимент проводился для двух вариантов исполнения экспериментальной стендовой установки смесителя. Первый вариант стендовой установки, рассматриваемой в качестве аналога, представлял собой классический вариант двухвального лопастного смесителя без установленных стержневых элементов. Он представляет собой масштабированную копию широко применяемых в промышленных условиях смесителей. Второй вариант исполнения стендовой установки смесителя дополнялся стержневыми элементами цилиндрической формы, установленными перед рабочей поверхностью лопасти.

В смесителе согласно СП82-101-98 осуществлялась подготовка сухой цементно-песчаной смеси (ЦПС) для приготовления растворов штукатурных. В соответствии с требованиями минимальная прочность на сжатие образцов-призм, приготовленных из выбранной для эксперимента сухой строительной смеси, должна быть

не менее 15 МПа. В качестве исходных компонентов использовались портландцемент ЦЕМ I 52,5Н ГОСТ 31108-2016 и кварцевый песок ГОСТ 8736-2014 крупностью 0,315...0,8 мм. Соотношение песка к цементу составляло 4:1.

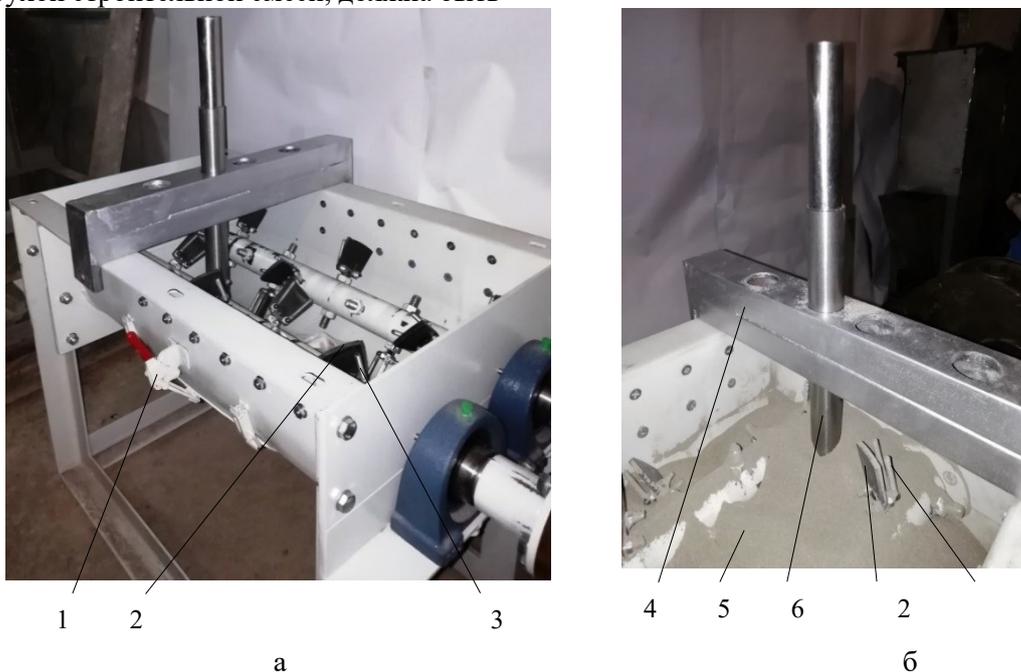


Рис. 2. Фрагменты смесителя: *а* – перед проведением эксперимента, *б* – при проведении эксперимента: 1 – разгрузочное устройство, 2 – лопасти, 3 – стержневые элементы, 4 – кондуктор для отбора проб, 5 – смешиваемый материал, 6 – пробоотборник

Использование кондуктора для отбора проб (рис. 2) позволяет отбирать точечные пробы смеси, не нарушая структуру смесеобразования в объеме смесителя.

Монтаж лопастей под углом, задаваемым относительно плоскости вращения, обеспечивался кондуктором для установки положения лопастей

(рис. 3). Конструктивное исполнение стержневых элементов и лопастей предусматривает возможность регулирования расстояния между ними и их параллельного размещения. Пробы смеси отбирались в строго определенных местах по схеме, приведенной на рис. 4.

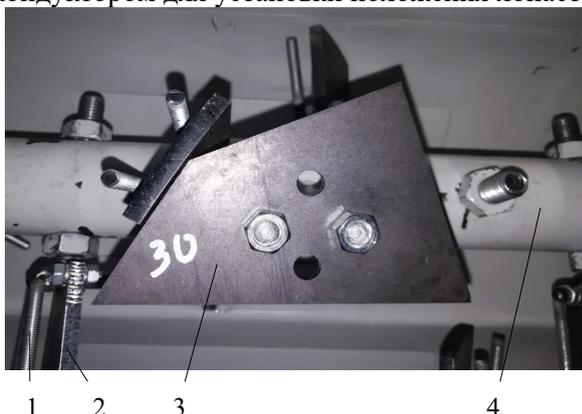


Рис. 3. Лопастной вал с кондуктором для установки положения лопастей: 1 – стержневой элемент, 2 – лопасть, 3 – кондуктор для контроля положения лопастей, 4 – лопастной вал

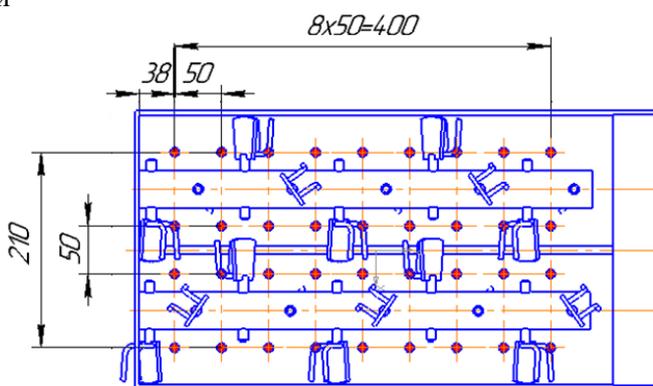


Рис. 4. Схема отбора проб смеси

Подготовка смесей осуществлялась в циклическом режиме по ПФЭ ЦКРП 2³. Применение рототабельного плана эксперимента, по сравнению с ортогональным, позволяет получить более точное математическое описание поверхности отклика, что достигается благодаря увеличению числа опытов в центре плана и специальному выбору величины звездного плеча [17]. В качестве исследуемой функции рассматривался предел прочности на сжатие половинок образцов-призм (размерами 40×40×160 мм), приготовленных из полученной сухой цементно-песчаной смеси в строгом соответствии с ГОСТ Р 58277-2018. В соответствии с требованиями приготовления образцов-призм выполнялось в формах ЗФБ-40 с их выдерживанием в камерах нормального твердения (при температуре (20±2) °С и относительной влажности воздуха (95±10) %). Твердение осуществлялось в течение 28 суток. После набора прочности балочки были подвергнуты испытаниям на гидравлическом прессе ПГМ-100 МГ4 с наибольшим пределом нагружений 100 кН и допускаемой относительной погрешностью ±1 % в

используемом диапазоне нагружений. Испытания по определению прочности на сжатие проводились при температуре (20±2) °С и относительной влажности воздуха (60±10) % в соответствии с ГОСТ Р 58277-2018.

По мнению авторов [18] частота вращения лопастных валов и угол установки лопастей относительно плоскости вращения оказывают наибольшее влияние на качество приготовления смеси в лопастных смесителях с горизонтальным расположением валов. С целью установления условий осуществления экспериментов на экспериментальной стендовой установке смесителя, при первом и втором вариантах ее исполнения, были проведены поисковые эксперименты, в результате которых были установлены исследуемые факторы и области их варьирования, количество повторных опытов. В качестве варьируемых факторов приняты частота вращения лопастных валов, n , расстояние от рабочей поверхности лопасти до стержня, c , угол установки лопасти относительно плоскости вращения, α (табл. 1).

Таблица 1

Исследуемые факторы и уровни варьирования

Факторы	Обозначение, ед. измерений		Интервал	Уровни варьирования факторов				
	Кодированный вид	Натуральный вид		-1,680	-1	0	+1	+1,680
Частота вращения лопастных валов	X_1	n, c^{-1}	0,2	0,66	0,8	1	1,2	1,34
Угол установки лопастей относительно плоскости вращения	X_3	α , град	3,57	19,92	24	30	36	40,08
Расстояние от рабочей поверхности лопасти до стержневых элементов	X_2	c , мм	6	0	2,43	6	9,57	12

Производители промышленных смесителей с горизонтальным расположением валов, характеризуя на сайтах компаний оборудование, указывают время приготовления смесей от одной до нескольких минут. Необходимое для перехода смеси в качественное состояние время, при рациональных конструктивно-технологических параметрах смесителя, зависит от его типоразмера, количества, соотношения и характеристик смешиваемых компонентов. В этой связи на экспериментальной стендовой установке смесителя, при первом и втором вариантах ее исполнения, были проведены поисковые эксперименты, в результате которых было установлено, что при возможных сочетаниях исследуемых факторов технологический процесс гомогенизации смеси через 5 минут гарантированно переходит в установившееся состояние.

Предел прочности на сжатие определялся в соответствии с рекомендациями ГОСТ Р 58277-2018:

$$R_{сж} = \frac{P}{S}, \quad (1)$$

где P – нагрузка, вызывающая разрушение образца, Н; S – площадь рабочей поверхности пластинки, на которую действует нагрузка, $S = 25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$.

В результате компьютерной обработки экспериментальных данных получены математические выражения в виде уравнений регрессии, описывающие зависимость прочности на сжатие полученных образцов от исследуемых факторов. В результате проверки подтверждены воспроизводимость параллельных опытов и адекватность уравнения регрессии. Из полученных уравнений исключены малозначимые коэффициенты.

В кодированной форме уравнение имеет вид:

$$\sigma_{сж} = 24,874 - 0,831 \cdot X_1 + 0,218 \cdot X_2 + 0,375 \cdot X_3 - 0,857 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,236 \cdot X_2 \cdot X_3 - 3,438X_1^2 - 2,22 \cdot X_2^2 - 0,712 \cdot X_3^2 \quad (2)$$

В натуральной форме уравнение имеет вид:

$$\sigma_{сж} = -88,45 + 174,95 \cdot n + 3,02 \cdot c + 1,18 \cdot \alpha - 1,2 \cdot n \cdot c + 0,01 \cdot c \cdot \alpha - 85,95 \cdot n^2 - 0,174 \cdot c^2 - 0,02 \cdot \alpha^2 \quad (3)$$

Основная часть. С помощью программной среды *Maple* были выполнены исследования уравнения (2), (3) и получены графические зависимости. В рассматриваемой области функция является непрерывной. Определены экстремумы функциональной зависимости. Наименьшее значение $\sigma_{сж} = 1,87$ МПа функция принимает при $\alpha = 20^\circ$, $c = 12$ мм, $n = 1,34$ с⁻¹. Наибольшего значения $\sigma_{сж} = 25$ МПа функция достигает при $\alpha = 32^\circ$, $c = 6,3$ мм, $n = 0,97$ с⁻¹. Разница между

этим величинами составляет 92,52 %. В рассматриваемых исследованиях повышение прочности образцов обуславливается более однородным распределением компонентов смеси, поэтому ее можно характеризовать как более качественно приготовленную.

Графические зависимости предела прочности на сжатие образцов от частоты вращения лопастных валов, угла установки лопасти и расстояния от рабочих поверхностей лопастей до стержневых элементов приведены на рис. 5.

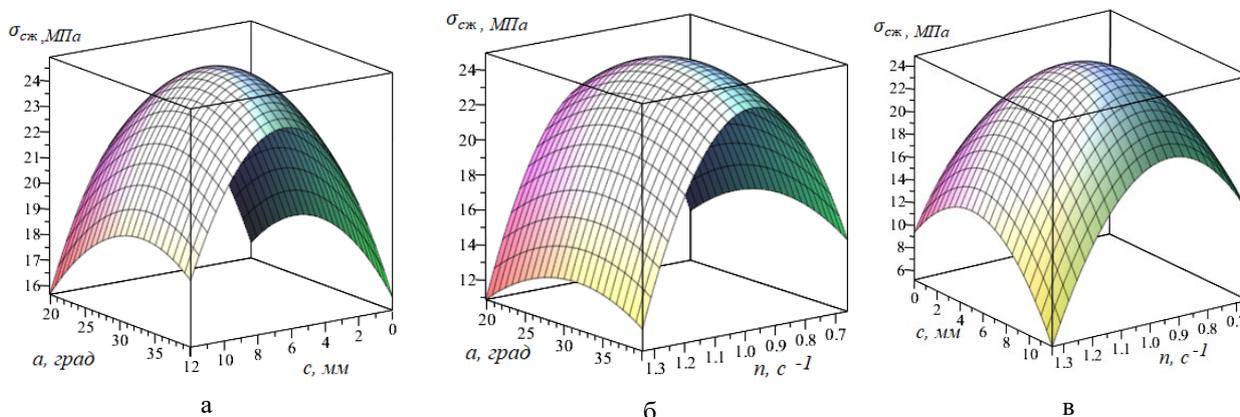


Рис. 5. Зависимость предела прочности на сжатие образцов $\sigma_{сж}$ от:

а – расстояния c от рабочих поверхностей лопастей до стержневых элементов и угла установки лопастей α при $n = 1$ с⁻¹; б – частоты вращения лопастных валов n и угла установки лопастей α при $c = 6$ мм; в – расстояния c от рабочих поверхностей лопастей до стержневых элементов и частоты вращения лопастных валов n при $\alpha = 30^\circ$

Изменения $\sigma_{сж}$ на рассматриваемых диапазонах исследуемых факторов имеют выраженный нелинейный характер. Максимальные значения $\sigma_{сж}$ достигаются при значениях факторов, находящихся в центральной области факторного пространства.

Увеличение α от минимальной величины на первом этапе приводит к росту значений $\sigma_{сж}$ и последующему их снижению на втором этапе (рис.5, а, б). Так, при минимальных значениях n и c ($n_1 = 0,66$ с⁻¹, $c_1 = 0$ мм) и $\alpha_1 = 20^\circ$, $\alpha_2 = 30^\circ$, $\alpha_3 = 40^\circ$ пределы прочности образцов на сжатие принимают соответственно значения $\sigma_{сж11} = 5,32$ МПа, $\sigma_{сж12} = 7,62$ МПа, $\sigma_{сж13} = 5,25$ МПа. Значения функции изменяются на 31,1 %. При n и c соответствующих центру плана ($c_2 = 6$ мм, $n_2 = 1$ с⁻¹) и рассматриваемых значениях α – $\sigma_{сж14} = 22,27$ МПа, $\sigma_{сж15} = 24,87$ МПа, $\sigma_{сж16} = 23,52$ МПа, соответственно. Изменение $\sigma_{сж}$ составляет 10,45 %. При максимальных значениях n и c ($n_3 = 1,34$ с⁻¹, $c_1 = 12$ мм) и тех же α – $\sigma_{сж17} = 1,91$ МПа, $\sigma_{сж18} = 5,17$

МПа, $\sigma_{сж19} = 4,48$ МПа, соответственно. Значения функции изменяются на 63,06 %.

Увеличение c от минимальной величины сначала приводит к росту значений $\sigma_{сж}$, а затем к их последующему снижению (рис. 5, а, в). При минимальных значениях n и α ($n_1 = 0,66$ с⁻¹, $\alpha_1 = 20^\circ$) и $c_1 = 0$ мм, $c_2 = 6$ мм, $c_3 = 12$ мм пределы прочности образцов на сжатие принимают соответственно значения $\sigma_{сж21} = 5,32$ МПа, $\sigma_{сж22} = 13,75$ МПа, $\sigma_{сж23} = 9,63$ МПа. Значения функции изменяются на 61,3%. При n и α соответствующих центру плана ($n_2 = 1$ с⁻¹, $\alpha_2 = 30^\circ$) и рассматриваемых значениях c – $\sigma_{сж24} = 18,24$ МПа, $\sigma_{сж25} = 24,87$ МПа, $\sigma_{сж26} = 18,97$ МПа, соответственно. Изменение $\sigma_{сж}$ составляет 26,66 %. При максимальных значениях n и c ($n_3 = 1,34$ с⁻¹, $\alpha_3 = 40^\circ$) и тех же α значения функции соответственно составляют $\sigma_{сж27} = 7,32$ МПа, $\sigma_{сж28} = 12,17$ МПа, $\sigma_{сж29} = 4,48$ МПа. Изменение $\sigma_{сж}$ составляет 63,19 %.

Увеличение n от минимальной величины приводит к росту значений $\sigma_{сж}$ с последующим их

снижением (рис.5, б, в). Так, при минимальных значениях α и c ($\alpha_1 = 20^\circ$, $c_1 = 0$ мм) и $n_1 = 0,66$ с⁻¹, $n_2 = 1$ с⁻¹, $n_3 = 1,66$ с⁻¹ пределы прочности образцов на сжатие принимают соответственно значения $\sigma_{сж31} = 5,32$ МПа, $\sigma_{сж32} = 16,30$ МПа, $\sigma_{сж33} = 7,40$ МПа. Значения функции изменяются на 67,36 %. При α и c соответствующих центру плана ($\alpha_2 = 30^\circ$, $c_2 = 6$ мм) и рассматриваемых значениях n_1 , n_2 и n_3 - $\sigma_{сж34} = 16,35$ МПа, $\sigma_{сж35} = 24,87$ МПа и $\sigma_{сж36} = 13,53$ МПа, соответственно. Изменение $\sigma_{сж}$ составляет 45,60 %. При максимальных значениях α и c ($\alpha_3 = 40^\circ$, $c_3 = 12$ мм) и тех же n_1 , n_2 и n_3 функция принимает значения $\sigma_{сж37} = 12,2$ МПа, $\sigma_{сж38} = 18,28$ МПа, $\sigma_{сж39} = 4,48$ МПа, соответственно. Значения функции изменяются на 75,49 %.

Следует выделить рациональные области исследуемых конструктивно-технологических параметров: угла установки лопастей $\alpha = 30 \dots 35^\circ$, расстояния от рабочих поверхностей лопастей до

стержневых элементов $c = 5 \dots 6$ мм и частоты вращения лопастных валов $n_1 = 0,9 \dots 1,1$ с⁻¹.

Для определения сравнительной эффективности применения разработанной конструкции смесителя рассмотренная стендовая установка была выполнена по первому варианту исполнения – без стержневых элементов. В этом исполнении она конструктивно соответствовала промышленно применяемым смесителям и рассматривалась как аналог для сравнения с разработанной авторами конструкцией [18]. В ней осуществлялась подготовка цементно-песчаной смеси указанного состава. Угол установки лопастей составлял $\alpha = 30^\circ$, частота вращения лопастных валов изменялась: $n = 0,66; 0,8; 1; 1,2; 1,34$ с⁻¹. Зависимости предела прочности на сжатие половинок образцов-призм из смесей, приготовленных в смесителе со стержневыми элементами (при $c = 6$ мм) и без них, значения этих параметров приведены на рис. 6. и в табл. 2.



Рис. 6. Изменение предела прочности на сжатие половинок образцов-призм из смесей, приготовленных в смесителе со стержневыми элементами и без стержневых элементов

Таблица 2

Значения предела прочности на сжатие половинок образцов-призм приготовленных из смесей

N п/п	Частота вращения лопастных валов, с ⁻¹	Значение предела прочности, $\sigma_{сж}$, МПа	
		Смеситель со стержневыми элементами	Смеситель без стержневых элементов
1	0,66	18,52	15,75
2	0,8	19,08	16,39
3	1	20,18	18,36
4	1,2	20,04	18,24
5	1,34	19,56	17,34

Из полученных данных следует, что смеситель со стержневыми элементами позволяет получить смесь, изделия из которой обладают более высокими прочностными свойствами. При указанных конструктивно-технологических параметрах предел прочности на сжатие изделий из смесей, приготовленных в смесителе со стержне-

выми элементами, на 8...9 % превышает этот показатель для изделий из смесей, приготовленных в смесителе без стержневых элементов.

Выводы.

1. Показана целесообразность поиска технических решений, позволяющих повысить в горизонтальном лопастном смесителе степень однородности смешиваемого материала.

2. Предложена патентно-защищенная конструкция горизонтального лопастного смесителя с расположенными перед рабочими поверхностями лопастей стержневыми элементами, изменяющими траектории движения частиц материала, увеличивающими их подвижность, что приводит к повышению степени однородности смешиваемого материала.

3. Приведено описание разработанных для проведения экспериментальных исследований стендовой установки двухвального горизонтального лопастного смесителя со стержневыми элементами и приспособлений.

4. По методу математического планирования экспериментов, с использованием плана ЦКРП-2³, проведены исследования влияния на качество подготовки сухой цементно-песчаной смеси конструктивно-технологических параметров смесителя: частоты вращения лопастных валов n ($n = 0,66 \dots 1,34 \text{ с}^{-1}$), расстояния от рабочей поверхности лопасти до стержня c ($c = 0 \dots 12 \text{ мм}$), угла установки лопасти относительно плоскости вращения α ($\alpha = 20 \dots 40^\circ$). В качестве исследуемой функции рассмотрен предел прочности на сжатие половинок образцов-призм размерами $40 \times 40 \times 160 \text{ мм}$, приготовленных из смеси.

5. В программной среде *Maple* выполнено исследование полученных уравнений регрессии, построены графические зависимости, характеризующие изменение предела прочности на сжатие половинок образцов-призм от исследуемых конструктивно-технологических параметров смесителя. Выполнен анализ изменения предела прочности на сжатие половинок образцов-призм в рассматриваемой области факторного пространства. Установлены рациональные области исследуемых конструктивно-технологических параметров: угла установки лопастей $\alpha = 30 \dots 35^\circ$, расстояния от рабочих поверхностей лопастей до стержневых элементов $c = 5 \dots 6 \text{ мм}$ и частоты вращения лопастных валов $n_1 = 0,9 \dots 1,1 \text{ с}^{-1}$.

6. Установлено, что смеситель со стержневыми элементами позволяет получить сухую цементно-песчаную смесь, изделия из которой обладают более высокими прочностными свойствами. Предел прочности изделий на сжатие из смесей, приготовленных в смесителе со стержневыми элементами, на 8...9 % превышает этот показатель для изделий из смесей, приготовленных в смесителе без стержневых элементов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Krishan A.L., Narkevich M.Yu., Sagadatov A.I., Rimshin V.I. The strength of short compressed concrete elements in a fiberglass shell //

Magazine of civil engineering. 2020. №2. Pp. 3–10. DOI: 10.18720/MCE.94.1

2. Saad M.M.G., Almsajdi S.A.A.S., Nankya H., Abdulwahed B. M. H. Steel and basalt fiber comparison in the flexural strength of conventional concrete // International journal of humanities and natural sciences. 2021. №2. Pp. 69–73. DOI:10.24412/2500-1000-2021-2-1-69-73

3. Гурьева В. А., Кудряков А. И., Белова Т. К. Совершенствование технологии приготовления цементного раствора с модифицированными базальтовыми микроволокнами // Строительные материалы. 2017. №9. С. 54–57. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30115595> (дата обращения 12.08.2021)

4. Чикнорьян А. Г., Васкевич А. В., Осоян М. М., Пожалоистин В. С. Совершенствование технологии производства бетона для индустриального строительства // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии-2019 / Под общ. ред. М.В. Шувалова, А.А. Пищулева, А.К. Стрелкова. Самара: Изд-во: СГТУ. 2019. С. 127–131. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41372610> (дата обращения 10.08.2021)

5. Мордич М.М. Технология и физико-механические свойства керамзитобетона для монолитного и сборного строительства // Наука и техника. 2019. Т. 18. №4. С. 292–302. DOI: 10.21122/2227-1031-2019-18-4-292-302

6. Тошин Д.С., Ровенская Е.А. Влияние условий длительного твердения на прочность тяжелого бетона // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2020. №2. С.71–75. DOI: 10.25628/UNIP.2020.45.2.012

7. Богомолов А.А., Корнеев А.С. Влияние однородности асфальтобетонных смесей на прочность дорожных покрытий // Материалы Международной научно-технической конференции Интерстроймех-2010 / Под общ. ред. В.С. Богданова. Белгород: Изд-во: БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. С. 39–42. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20113954> (дата обращения 12.08.2021)

8. Бутенко С.А., Залаяева Д.Р. Оценка качества и прочности бетона в условиях реального строительства // Градостроительство и архитектура. 2019. Т. 9. №4. С. 4–10. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.04.1

9. Теличенко В.И., Кайтуков Б.А., Скель В.И. К вопросу производительности роторных бетоносмесителей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №2. С. 178–182. DOI: 10.12737/24255

10. Bullard J.W. The Virtual Cement and Concrete Testing Laboratory Consortium // Annual Report. 2001. Pp. 1–39. [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/240239168_The_Virtual_Cement_and_Concrete_Testing_Laboratory_Consortium_Annual_Report_2001 (дата обращения 11.08.2021)
11. Hu J., Stroeven P. Shape Characterization of Concrete Aggregate // Image Anal Stereol. 2006. No. 25. P. 43–53. doi: 105566/ias.1400
12. Goncalves C., Margarido F. Materials for Construction and Civil Engineering. Springer International Publishing, 2015. 902 p. DOI 10.1007/978-3-319-08236-3
13. Кикин Н. О., Самойленко Д. Г., Болотникова Н. В., Котова Л. Н. Сравнительная характеристика двухвалных смесителей отечественного производства // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвуз. сб. ст. Выпуск XVIII. Белгород. 2019. С. 173–178. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44075476> (дата обращения 10.08.2021)
14. Дёмин О. В., Першин В. Ф., Смолин Д. О. Интенсификация смешивания сыпучих материалов в лопастном смесителе // Химия и химическая технология. 2012. №8. С. 108–111. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17082579> (дата обращения 11.08.2021)
15. Першин В.Ф., Пасько А.А., Демин. Моделирование движения пластины в сыпучем материале. Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2002. Т. 8. № 3. С. 444–449. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://vestnik.tstu.ru/rus/t_8/pdf/8_3_007.pdf (дата обращения 12.08.2021)
16. Пат. 192657, Российская Федерация, МПК В28С 5/14, В01F 7/04 Смеситель материалов / С.И. Ханин, Н.О. Кикин; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова». №2019119931; заявл. 25.06.2019; опубл. 25.09.2019, Бюл. № 27. 6 с.
17. Саутин С.Н. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. Ленинград: Изд-во «Химия», 1975. 48 с.
18. Севров К.П., Камчатков Л.П. Установки для приготовления асфальтобетонных и битумо-минеральных смесей. М: Изд-во Машиностроение, 1971. 105 с.
19. Макаров Ю.И. Аппараты для смешивания сыпучих материалов. М.: Машиностроение, 1973. 216 с.
20. Гусев Ю.И., Карасев И.Н., Кальман-Иванов Э.Э., Макаров Ю.И., Макевнин М.П., Рассказов Н.И. Конструирование и расчет машин химических производств. М.: Машиностроение, 1985. 408 с.

Информация об авторах:

Ханин Сергей Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры механического оборудования. E-mail: dh@intbel.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Мордовская Ольга Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры механического оборудования. E-mail: unique.ox@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Кикин Николай Олегович, аспирант кафедры механического оборудования. E-mail: nikolaukikin@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 26.07.2021 г.

© Ханин С.И., Мордовская Ю.С., Кикин Н.О., 2021

***Khanin S.I., Kikin N.O., Mordovskaya O.S.**

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

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

RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF INCREASING THE QUALITY OF PREPARATION OF DRY MIXTURES IN A HORIZONTAL VANE MIXER

Abstract. *Paddle mixers with horizontal shafts are common at building materials enterprises for the preparation of concretes, mortars, dry mortars. A new design of a horizontal paddle mixer with rod elements located in front of the working surfaces of the blades, changing the trajectories of material particles, increasing*

their mobility, which leads to an increase in the degree of homogeneity of the mixed material, is considered. The aim of the study was to assess the influence of rod elements on the quality of preparation of a cement-sand mixture, to establish patterns of influence on it by the design and technological parameters of a two-shaft paddle mixer and to determine the areas of their rational values. The following tasks have been solved. A bench installation of a two-shaft horizontal paddle mixer with rod elements has been developed, on which experimental studies have been carried out on the preparation of dry cement-sand mixtures. For the criterion characterizing the quality of the mixture, the ultimate compressive strength of the prism specimens made from it is adopted. Regression equations are obtained that adequately describe the compressive strength of prism samples from the design and technological parameters of the mixer: the angle of the blades, the distance from the working surfaces of the blades to the rod elements, the rotational speed of the blade shafts, and their analysis is performed. The analysis of the change in the ultimate compressive strength of the prism specimens from the parameters under study is carried out, the rational ranges of their values are determined. It was found that a mixer with rod elements allows to obtain a dry cement-sand mixture, products from which have a higher compressive strength. During the work, the method of mathematical planning of experiments was used. As a result of the study, an assessment of the influence of rod elements on the quality of preparation of a cement-sand mixture was carried out, the regularities of the influence on it of the design and technological parameters of a two-shaft paddle mixer and the area of their rational values were established.

Keywords: product, compressive strength, paddle twin-shaft mixer, bench installation, rod elements, design and technological parameters.

REFERENCES

1. Krishan A.L., Narkevich M. Yu., Sagadatov A.I., Rimshin V.I. The strength of short compressed concrete elements in a fiberglass shell. Magazine of civil engineering. 2020. No. 2. Pp. 3–10. DOI: 10.18720/MCE.94.1
2. Saad M.M.G., Almsajdi S.A.A.S., Nankya H., Abdulwahed B.M.H. Steel and basalt fiber comparison in the flexural strength of conventional concrete. International journal of humanities and natural sciences. 2021. No. 2. Pp. 69–73. DOI:10.24412/2500-1000-2021-2-1-69-73
3. Gurieva V.A., Kudyakov A.I., Belova T.K. Improvement of the technology of preparation of cement slurry with modified basalt microfibers [Sovershenstvovanie tekhnologii prigotovleniya tsementnogo rastvora s modifitsirovannymi bazal'tovymi mikrovoloknami]. Stroitelnye materialy. 2017. No. 9. Pp. 54–57. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30115595> (date of treatment 12.08.2021) (rus)
4. Chiknovoryan A.G., Vaskevich A.V., Osoyan M.M., Pozhaloystin V.S. Improving the technology of concrete production for industrial construction [Sovershenstvovanie tekhnologii proizvodstva betona dlya industrial'nogo stroitel'stva]. Traditions and innovations in construction and architecture. Construction technologies-2019. Under total. ed. M.V. Shuvalova, A.A. Pishchuleva, A.K. Strelkov. Samara: Publishing house: SSTU. 2019. Pp. 127–131. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41372610> (date of treatment 10.08.2021) (rus)
5. Mordich M.M. Technology and physical and mechanical properties of expanded clay foam concrete for monolithic and prefabricated construction [Tekhnologiya i fiziko-mekhanicheskie svoystva keramzitopenobetona dlya monolitnogo i sbornogo stroitel'stva]. Science and technology. 2019. Vol. 18. No. 4. Pp. 292–302. DOI: 10.21122/2227-1031-2019-18-4-292-302 (rus)
6. Toshin D.S., Rovenskaya E.A. The influence of long-term hardening conditions on the strength of heavy concrete [Vliyanie usloviy dlitel'nogo tverdeniya na prochnost' tyazhelogo betona]. Academic Bulletin Ural Research institutes project RAAaBS. 2020. No. 2. Pp. 71–75. DOI: 10.25628/UNIIP.2020.45.2.012 (rus)
7. Bogomolov A. A., Korneev A. S. Influence of homogeneity of asphalt concrete mixtures on the strength of road surfaces [Vliyanie odnorodnosti asfal'tobetonnykh smesey na prochnost' dorozhnykh pokrytiy]. Proceedings of the International Scientific and Technical Conference Interstroyekh-2010. Ed. ed. V.S. Bogdanov. Belgorod: Publishing house: BSTU named after V.G. Shukhova. 2010. Pp. 39–42. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20113954> (date of treatment 12.08.2021) (rus)
8. Butenko S.A., Zalyakaeva D.R. Assessment of the quality and strength of concrete in real construction conditions [Otsenka kachestva i prochnosti betona v usloviyakh real'nogo stroitel'stva]. Urban Planning and Architecture. 2019. V. 9. No. 4. Pp. 4–10. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.04.1 (rus)
9. Telichenko V.I., Kaitukov B.A., Skel V.I. On the issue of the productivity of rotary concrete mixers [K voprosu proizvoditel'nosti rotornykh betonosmesiteley]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2017. No. 2. Pp. 178–182. DOI: 10.12737/24255 (rus)

10. Bullard J.W. The Virtual Cement and Concrete Testing Laboratory Consortium. Annual Report. 2003. Pp. 1–39. URL: https://www.researchgate.net/publication/240239168_The_Virtual_Cement_and_Concrete_Testing_Laboratory_Consortium_Annual_Report_2001 (date of treatment 11.08.2021)

11. Hu J., Stroeve P. Shape Characterization of Concrete Aggregate. *Image Anal Stereol.* 2006. No. 25. Pp. 43–53. doi: 105566/ias.1400

12. Goncalves C., Margarido F. *Materials for Construction and Civil Engineering.* Springer International Publishing, 2015. 902 p. DOI 10.1007/978-3-319-08236-3

13. Kikin N.O., Samoilenko D.G., Bolotnikova N.V., Kotova L.N. Comparative characteristics of two-shaft mixers of domestic production [Svravnitel'naya kharakteristika dvukhval'nykh smesiteley otechestvennogo proizvodstva]. *Energy-saving technological complexes and equipment for the production of building materials: interuniversity. Digest of articles Issue XVIII.* Belgorod. 2019. Pp. 173–178. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44075476> (date of treatment 10.08.2021) (rus)

14. Demin O.V., Pershin V.F., Smolin D.O. Intensification of mixing of bulk materials in a paddle mixer [Intensifikatsiya smeshivaniya sypuchikh materialov v lopastnom smesitele]. *Chemistry and Chemical Technology.* 2012. No. 8. Pp. 108–111. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17082579> (date of treatment 11.08.2021) (rus)

15. Pershin V.F., Pasko A.A., Demin O.V. Simulation of plate movement in bulk material

[Modelirovanie dvizheniya plastiny v sypuchem materiale]. *Bulletin of the Tambov State Technical University.* 2002. Vol. 8. No. 3. Pp. 444–449. Adobe Acrobat Reader. URL: http://vestnik.tstu.ru/rus/t_8/pdf/8_3_007.pdf (date of treatment 12.08.2021) (rus)

16. Pat. 192657, Russian Federation, IPC B28C 5/14, B01F 7/04 Material mixer. [Smesitel materialov] S.I. Khanin, N.O. Kikin; Applicant and patent holder Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov." No. 2019119931; declared 06/25/2019; publ. 09/25/2019, Bull. No. 27. 6 p. (rus)

17. Sautin S.N. Planning an experiment in chemistry and chemical technology [Planirovanie eksperimenta v khimii i khimicheskoy tekhnologii]. Leningrad: Publishing house "Chemistry", 1975. 48 p. (rus)

18. Sevrov K.P., Kamchatkov L.P. Installations for the preparation of asphalt-concrete and bitumen-mineral mixtures [Ustanovki dlya prigotovleniya asfal'to-betonnykh i bitumo-mineral'nykh smesey]. M.: Publishing house of mechanical engineering, 1971. 105 p. (rus)

19. Makarov Yu.I. Apparatus for mixing bulk materials [Apparati dlya smeshivaniya sypuchih materialov]. M.: Mechanical Engineering, 1973. 216 p. (rus)

20. Gusev Yu.I., Karasev I.N., Kalman-Ivanov E.E., Makarov Yu.I., Makevnin M.P., Rasskazov N.I. Design and calculation of machines for chemical production [Konstruirovaniye i raschet mashin himicheskikh proizvodstv]. M.: Mashinostroenie, 1985. 408 p. (rus)

Information about the authors

Khanin, Sergei I. DSc, Professor. E-mail: dh@intbel.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Kikin, Nikolay O. Postgraduate student. E-mail: nikolaykikin@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Mordovskaya, Olga S. PhD, Assistant professor. E-mail: unique.ox@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 26.07.2021

Для цитирования:

Ханин С.И., Кикин Н.О., Мордовская О.С. Исследование возможности повышения качества подготовки сухих строительных смесей в горизонтальном лопастном смесителе // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 10. С. 99–108. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-99-108

For citation:

Khanin S.I., Kikin N.O., Mordovskaya O.S. Research of the possibility of increasing the quality of preparation of dry mixtures in a horizontal vane mixer. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov.* 2021. No. 10. Pp. 99–108. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-99-108