

Научно-теоретический журнал
ВЕСТНИК

БГТУ им. В.Г. Шухова

ISSN 2071-7318

9

2023

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

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

№ 9, 2023 год

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

Vol. 9. 2023

Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова

научно-теоретический журнал

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

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

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

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

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

Наименование органа, зарегистрировавшего издание:	Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций Регистрационный номер и дата принятия решения о регистрации: ПИ № ФС77-80909 от 21 апреля 2021 г.
Учредитель/Издатель:	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» (БГТУ им. В.Г. Шухова) Россия, 308012, Белгородская обл., г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46
Адрес редакции:	Россия, 308012, Белгородская обл., г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46, БГТУ им. В.Г. Шухова, оф. 724/4 Гк
Адрес типографии:	Россия, 308012, Белгородская обл., г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46, Издательский центр БГТУ им. В.Г. Шухова
Тел:	+7 (4722) 30-99-77
E-mail:	VESTNIK@intbel.ru
Официальный сайт журнала:	https://bulletinbstu.editorum.ru
Подписка и распространение	Журнал распространяется бесплатно в открытом доступе и по подписке. Подписной индекс в Объединенном каталоге «Пресса России» – 44446. (+12) Online подписка: http://www.akc.ru/itm/2558104627/ Цена свободная.
Подписан в печать	14.09.2023
Выход в свет	25.09.2023

Формат 60×84/8. Усл. печ. л. 13,02. Уч.-изд. л. 14. Тираж 40 экз. Заказ № 122

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

Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov

scientific and theoretical journal

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

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

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

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

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

Founder / Publisher:	Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov” (BSTU named after V.G. Shukhov) 46 Kostyukova street, Belgorod, 308012, Russian Federation
Editorial office address:	46 Kostyukova street, Belgorod, 308012, Russian Federation BSTU named after V.G. Shukhov, of. 724/4
Printing house address:	46 Kostyukova street, Belgorod, 308012, Russian Federation Publishing Center, BSTU named after V.G. Shukhov
Tel:	+7 (4722) 30-99-77
E-mail:	VESTNIK@intbel.ru
Official website of the journal	https://bulletinbstu.editorum.ru
Подписка и распространение	Subscription index in the united catalogue of "Press of Russia" – 44446. Online subscription: http://www.akc.ru/itm/2558104627/
Signed for printing:	14.09.2023

Главный редактор

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

Заместитель главного редактора

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

Члены редакционной коллегии

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

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

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

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

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

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

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

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

Давидюк Алексей Николаевич, д-р техн. наук, научный руководитель АО «КТБ Железобетон» (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 национального университета имени В.И. Вернадского (РФ, г. Симферополь).

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

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

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

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

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

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

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

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

Меркулов Сергей Иванович, чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой 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., директор Высшей школы архитектуры и дизайна, Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (РФ, г. Санкт-Петербург).

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

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

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

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

Семенов Сергей Владимирович, д-р арх., проф. кафедры градостроительства Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (РФ, г. Санкт-Петербург).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

CHIEF EDITOR

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

DEPUTY OF CHIEF EDITOR

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

MEMBER OF EDITORIAL BOARD

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

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

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

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).

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

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

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

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

Aleksey N. Davidyuk, Doctor of Technical Science, KTB Beton Group (Russian Federation, Moscow).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

**Сивальнева М.Н., Строкова В.В., Нелюбова В.В., Орехова Т.Н., Огурцова Ю.Н.,
Боцман Л.Н., Нецвет Д.Д.**

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ МЕХАНОАКТИВИРОВАННОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ
ДЛЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ 8

Абашин Е.Г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ БЕТОНА В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
БАЛКАХ ПО СКОРОСТИ ЗАТУХАНИЯ КОЛЕБАНИЙ 23

Арслан М.И., Ладик Е.И.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЫ
МАЛЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ ГОРОДОВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ
(НА ПРИМЕРЕ Г. ВАЛУЙКИ) 31

Грибков А.А.

ПРИНЦИП УЛУЧШЕНИЯ ВИЗУАЛЬНОГО ОБЛИКА АРХИТЕКТУРНЫХ
ОБЪЕКТОВ МАЛЫХ ГОРОДОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ 43

Кандалова А.Д., Жданова И.В., Журавлева Я.В.

АРХИТЕКТУРНЫЕ И ХУДОЖЕСТВЕННЫЕ ПРИЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ
ИННОВАЦИОННОГО ТЕАТРАЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ
ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 52

Али Аль-Самаветли, Скопинцев А.В.

ФОРМИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ТУРИСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ
В ВОДНО-БОЛОТНОЙ МЕСТНОСТИ ЮЖНОГО ИРАКА 62

Скоблицкая Ю.А.

ТЕНДЕНЦИИ АРХИТЕКТУРНОГО ФОРМИРОВАНИЯ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО
РАЗМЕЩЕНИЯ КРУПНЕЙШИХ СТАДИОНОВ 73

Цветкова Ю.П., Перькова М.В.

ПРИНЦИПЫ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ
ИНДУСТРИАЛЬНОГО НАСЛЕДИЯ САХАРНЫХ ЗАВОДОВ СЕРЕДИНЫ
XIX – НАЧАЛА XX ВВ 83

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Сутакова Э.М., Гаврильев Д.З., Местников А.Е.

ИССЛЕДОВАНИЕ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ ДРЕВНЕЙ КЕРАМИКИ
И ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ 93

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Ханзаров А.С., Ханин С.И., Воронов В.П., Мордовская О.С., Чалов В.А.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАГРУЗКИ МАТЕРИАЛА В КАМЕРЕ
ПОМОЛА ШАРОВОЙ БАРАБАННОЙ МЕЛЬНИЦЫ 103

CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Sivalneva M.N., Strokov V.V., Nelubova V.V., Ogurtsova Yu.N., Orekhova T.N., Botsman L.N., Netsvet D.D.

METHODS FOR ASSESSING MECHANICALLY ACTIVATED MINERAL RAW MATERIALS FOR COMPOSITE BINDERS 8

Abashin E.G.

DETERMINATION OF THE ELASTIC MODULUS OF CONCRETE IN REINFORCED CONCRETE BEAMS BY THE RATE OF VIBRATION DAMPING 23

Arslan M.I., Ladik E.I.

FEATURES OF FORMING AND DEVELOPMENT OF THE ARCHITECTURAL ENVIRONMENT OF SMALL HISTORICAL CITIES IN THE BELGOROD REGION (ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF VALUYKI) 31

Gribkov A.A.

THE PRINCIPLE OF IMPROVING THE VISUAL IMAGE OF ARCHITECTURAL OBJECTS IN SMALL TOWNS IN CENTRAL RUSSIA 43

Kandalova A.D., Zhdanova I.V., Zhuravleva Y.V.

ARCHITECTURAL AND ARTISTIC TECHNIQUES FOR FORMING INNOVATIVE THEATER SPACE USING DIGITAL TECHNOLOGIES 52

Ali Al-Samawetli, Skopincev A.V.

FORMATION OF THE ARCHITECTURE OF TOURIST OBJECTS IN THE WETLAND OF SOUTHERN IRAQ 62

Skoblickaya Y.A.

TRENDS OF ARCHITECTURAL FORMATION AND URBAN PLANNING ARRANGEMENT OF THE LARGEST STADIUMS 73

Tsvetkova Yu.P., Perkova M.V.

PRINCIPLES OF INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF TERRITORIES OF INDUSTRIAL HERITAGE OF SUGAR FACTORIES MIDDLE XIX – EARLY XX CENTURIES 83

CHEMICAL TECHNOLOGY

Sutakova E.M., Gavriliev D.Z., Mestnikov A.E.

STUDY OF ARCHAEOLOGICAL SPECIMENS OF ANCIENT CERAMICS AND CLAY RAW MATERIALS FROM THE DEPOSITS OF CENTRAL YAKUTIA 93

MACHINE BUILDING AND ENGINEERING SCIENCE

Khanzarov A.S., Khanin S.I., Voronov V.P., Mordovskaya O.S., Chalov V.A.

DETERMINATION OF MATERIAL LOADING COEFFICIENT IN THE GRINDING CHAMBER OF A BALL DRUM MILL 103

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-8-22

***Сивальнева М.Н., Строкова В.В., Нелюбова В.В., Огурцова Ю.Н.,
Орехова Т.Н., Боцман Л.Н., Нецвет Д.Д.**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*E-mail: 549041@mail.ru

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ МЕХАНОАКТИВИРОВАННОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ

Аннотация. В условиях постоянно возрастающих объемов строительства формируется потребность в переходе на экологически эффективные технологии производства строительных материалов с целью снижения промышленного прессинга на экосферу и обеспечения рационального недропользования. Это может быть обеспечено уменьшением потребления цемента путем использования композиционных вяжущих со сниженной долей клинкерной составляющей. Повышение качества композиционных вяжущих возможно за счет предварительной активации поверхности сырьевых компонентов. Одним из наиболее эффективных методов активации сырья является механоактивация. Обоснованный выбор ее способа и режима возможен только по результатам комплексных исследований в системе «объект механоактивации – инструмент механоактивации – показатель механоактивации – продукт совершенствования методами механоактивации». Комплексное определение активности механоактивированного минерального сырья, как показателя эффективности механоактивации, включает использование различных методов исследования и оценку: площади границы раздела фаз, гранулометрического состава, морфоструктурных особенностей, сорбционной емкости, донорно-акцепторных поверхностных центров, энергетического состояния системы и других параметров. В работе предложена декомпозиция методологии проведения оценки минерального сырья с позиции механоактивации при получении композиционных вяжущих. Использование данной методологии позволит провести ранжирование минерального сырья природного и техногенного происхождения, оптимизировать процесс механоактивации с позиции выбора рационального способа и разработать обобщенные рекомендации по подбору технологических режимов измельчения с учетом генезиса сырья для получения активных минеральных компонентов композиционных вяжущих различного состава, типа твердения и функционального назначения. Разработка и внедрение принципов рационального выбора минеральных сырьевых компонентов, на примере их применения в композиционных вяжущих, позволит обеспечить заданные функциональные свойства и реализовать прогнозную оценку эксплуатационных характеристик строительных композитов в целом.

Ключевые слова: механоактивация, природное сырье, техногенное сырье, композиционное вяжущее, рециклинг, методы оценки.

Введение. Строительное материаловедение как научное направление ориентировано на разработку и исследование строительных материалов широкого спектра применения. Ключевым направлением развития данной научно-прикладной отрасли является использование методологических и инструментальных подходов, обеспечивающих повышение эффективности строительной продукции, начиная со стадии ее проектирования и заканчивая эксплуатацией, и переработкой.

В основе получения современных композитов с уникальными характеристиками лежат универсальные методологические принципы, принятые для традиционных материалов, но дополненные новыми научными знаниями, подходами к модификации сырьевых материалов, расширенными инструментальными возможностями.

Эксплуатационные характеристики готовых материалов во многом зависят от свойств исходного природного и техногенного минерального

сырья, а также способов и режимов его подготовки. Другим ключевым элементом в структуре композита, определяющим его физико-механические и технико-эксплуатационные характеристики, является матрица, формируемая в результате твердения по различным физико-химическим механизмам связующих и консолидирующая все составляющие в единый прочный конгломерат. В этой связи правомерно утверждать, что улучшение свойств вяжущего, как основы строительного композита, при одновременном сокращении его содержания в конечном продукте, позволит существенно повысить технико-экономическую эффективность производства.

При проработке вопроса был осуществлен анализ литературных источников открытого доступа, представленных преимущественно в библиографической базе данных публикаций Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), а также статьях зарубежных авторов. Временной период поиска составил последние 5–

7 лет, отражающие наиболее активный этап в области расширения спектра разрабатываемых композиционных вяжущих, методов и подходов к оценке эффективности их использования. Отбор публикаций осуществлялся по критериям:

- использование композиционных вяжущих для повышения эффективности строительной продукции;
- применение минерального сырья природного и техногенного происхождения;
- опыт внедрения технологий рециклинга в производство строительных материалов в случае использования отходов промышленности, относящихся к техногенному сырью;
- методологические подходы оценки минерального сырья и строительных материалов на его основе.

В настоящее время с учетом колоссальных и постоянно возрастающих объемов строительства первоочередной задачей является снижение потребления традиционных видов вяжущих без потери качества материалов на их основе. Это подразумевает переход на экологически эффективные технологии, обеспечивающие снижение промышленного прессинга на экосферу, рациональное недропользование с учетом истощающихся запасов качественного минерального сырья. При этом увеличение этажности городов, плотности городской застройки в совокупности с расширением и ростом загруженности транспортной системы страны диктуют необходимость повышения эффективности традиционных материалов и разработки новых, отличающихся высокими эксплуатационными характеристиками и пролонгированной долговечностью, стойкостью к внешним, в том числе неблагоприятным, факторам окружающей среды.

Одним из решений указанных задач является использование композиционных вяжущих (КВ) [1–4], представляющих собой не механическую смесь компонентов, а синергетическую (взаимосиливающую) дисперсную систему состава «базовое вяжущее – минеральный компонент». При этом состав и свойства минерального компонента, как критерии его выбора, должны определяться типом базового вяжущего вещества.

Эффективность КВ обусловлена несколькими факторами. С одной стороны, использование физически и/или химически активных минеральных компонентов придает дополнительные связующие свойства системе, что способствует формированию консолидированной структуры с минимальной степенью дефектности. Подбор рационального состава КВ, которое является матрицей строительного композита, способен обеспечить экстремальные показатели качества продукта. С другой стороны, формируется «запас» прочности вяжущего, что позволяет снизить его

долю в материале без потери конструктивных и эксплуатационных характеристик изделий на его основе. Однако, для реализации обозначенных функциональных возможностей, минеральный компонент, входящий в состав композиционного вяжущего, должен обладать достаточной активностью – способностью к химическому и/или физико-химическому взаимодействию с составляющими базового вяжущего [5–8].

В современных условиях производственные отрасли при потреблении сырьевых ресурсов все больше ориентируются на реализацию природоохранных и ресурсосберегающих технологий, в частности, путем рециклинга производства [9, 10]. Данный подход направлен на повторное использование побочных продуктов и отходов различных отраслей [11–15]. Отмечается, что модифицирование промышленными отходами цементных бетонов позволяет заменять до 45 % портландцемента в композиции при условии увеличения не только прочностных показателей, но и морозостойкости [15, 16]. Высокую популярность набирает использование бетонного лома в качестве минеральной добавки или вторичного заполнителя бетона, эффективность которого обусловлена положительным влиянием на физико-механические показатели композиционных вяжущих [17–19]. Для повышения эффективности композиционных гипсовых вяжущих веществ применяют минеральные добавки в виде отходов мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов, что позволяет получать составы водостойких гипсовых композиций [20]. Отмечены исследования по производству вяжущих из гипсосодержащих отходов различных производств [21].

Большое количество минеральных отходов природного происхождения накапливается на поверхности в виде отвалов. При переработке таких отходов, перспективных для использования в качестве вторичного твердого сырья, наиболее распространенным способом их подготовки является механический. Ввиду того, что одной из самых крупнотоннажных отраслей по потребляемому сырью и производимой продукции является промышленность строительных материалов, для обеспечения ее потребностей традиционно применяется значительная часть попутной продукции горнодобывающих и горнообогатительных комбинатов. Это позволяет решить проблему накопления техногенных образований на территории Российской Федерации, значительная доля которых скапливается в хвостохранилищах, шламонакопителях, отвалах и занимает общую площадь более 2000 тыс. км² [22]. Отходы горных пород, хранящихся в горнодобывающих районах, активно используют в качестве сырья

при производстве строительных материалов широкой области назначения, что во многом обусловлено экономической целесообразностью, выраженной снижением себестоимости конечной продукции и повышением ряда свойств [22–24]. Помимо этого, переработка того или иного сырья решает экологические и социально-экономические проблемы, расширяя сырьевую базу «дефицитных» регионов, в которых наблюдается ограниченность природных ресурсов. Направление по утилизации отходов и реализации рециклинга в отрасли производства строительных материалов достаточно широко развито и находит все большие области применения. В связи с чем, в данной работе представлена лишь малая доля работ, иллюстрирующих практическое применение отходов и вторичных продуктов природного и техногенного происхождения, преимущественно на примере композиционных вяжущих.

Однако, несмотря на устоявшийся тренд на использование природного и техногенного местного сырья, выбор сырьевых компонентов для КВ с целью обеспечения требуемого качества готового продукта должен осуществляться не на принципах доступности и экономичности, а, в первую очередь, с позиции способности минерального компонента и базового вяжущего к химическому и физико-химическому взаимодействию в естественных (нормальных) и гидротермальных условиях. Это означает, что необходимо изначально устанавливать критерии для выбора сырья, которое, при минимальных энергозатратах на подготовку, может обеспечить получение прочной матрицы, обуславливающей производство материала с заданными свойствами [5].

Известно, что основополагающая ресурсная база промышленности строительных материалов – минеральное сырье, представленное горными породами различного генезиса, в том числе продуктами их дробления и/или обогащения. С целью достижения требуемого состава, дисперсности и других параметров, сырье подвергают модификации физическими, химическими или физико-химическими методами. Наиболее распространенным среди них с позиции доступности, простоты и экономической эффективности является метод механической активации с использованием помольного оборудования различных типов [25–29].

Несмотря на существенный объем исследований по разработке композиционных вяжущих и материалов на их основе, в рассмотренных выше работах не прослеживается систематизированный характер: используется некое имеющееся в наличии оборудование, минеральное сырье, конкретный вид вяжущего вещества. Не всегда исследователь при выборе и оценке минеральных

компонентов опирается на критерии энергоэффективности. Однако, данный критерий является интегральной характеристикой сырьевых материалов, которая включает совокупность типоморфных и, как следствие, физико-механических и физико-химических особенностей, и учитывает генетический тип минерального сырья, вид и степень механоактивационного воздействия. Выбор сырьевых компонентов и аппаратов для их дезинтеграции осуществляется, как правило, на принципе доступности. Отмечаются лишь отдельные попытки оценки влияния вида измельчительного агрегата и активационного воздействия на свойства получаемых порошков. Системные исследования по оценке эффективности механоактивации в системе «генетический тип пород – оборудование – вид вяжущего» отсутствуют. Существенная разрозненность получаемых в настоящее время данных обусловлена в большей степени междисциплинарностью задачи, требующей знаний в области петрологии и технологической минералогии, физикохимии поверхности, механики и технологии измельчения, строительного материаловедения и других смежных областях науки.

Современное состояние исследований в области оценки, прогнозирования и управления физико-химическими и термодинамическими свойствами поверхности дисперсных систем показывает отсутствие комплексных решений и методик, позволяющих на стадии выбора и механоактивации минерального сырья оценить энергетический потенциал полидисперсного, полиминерального и полиструктурного дисперсного вещества как компонента композиционных вяжущих. Кроме того, использование новых минеральных дисперсных модификаторов требует комплексного междисциплинарного подхода с целью установления: целесообразности применения; характера и механизмов взаимодействия активированного вещества с вяжущими различного состава, способа твердения и функционального назначения; зависимостей изменения структурно-механических и реологических свойств вяжущих от вариативности свойств модификаторов.

Одним из затруднений при формировании фундаментальной базы научно обоснованных закономерностей и моделей процессов механоактивации в системе «генетический тип пород – оборудование – вид вяжущего» является отсутствие единой системы (алгоритма) применяемых методов оценки эффективности механоактивации. Как правило, используется ограниченное число исследований, по принципу «то, что есть в наличии». Применяются в основном нормативные, т.е. определяемые требованиями ГОСТ [11, 15], методы оценки физико-механических и физико-химических свойств дисперсного вещества

как компонента композиционных вяжущих, являющиеся, как правило, косвенными с позиций оценки активности вещества. Они являются необходимыми, но недостаточными для решения обозначенной задачи.

С другой стороны, несмотря на междисциплинарность строительного материаловедения, в его фундаментальном аспекте отсутствуют научно обоснованные методики и модели оценки термодинамических свойств поверхности, как показателей эффективности механоактивации минерального сырья. Их наличие позволило бы осуществить рациональный выбор типа горных пород, либо отходов различных производств, механического оборудования для их дезинтеграции с учетом вида базового вяжущего вещества для повышения эффективности КВ.

Влияние механоактивации распространяется не только на размерность исходного сырья, но и на свойства его поверхности. При этом степень этого влияния определяется рядом факторов: технологическими режимами и параметрами обработки [30, 31], генетической принадлежностью сырья и его типоморфными особенностями [5, 32, 33]. Комплексное влияние технологических параметров, стадийности, интенсивности, продолжительности механоактивации в сочетании с петрографическими характеристиками (минералогическим составом и морфоструктурными параметрами) породы обуславливает эффективность механического воздействия в части изменения активности для последующего взаимодействия компонентов КВ.

При этом оценка общей склонности поверхности высокодисперсных систем к трансформационным превращениям возможна только исходя из термодинамической характеристики ее энергетического состояния, которое определяется как уровнем общего запаса потенциальной энергии горной породы (зависит от генезиса), так и ее части, перешедшей в поверхностную энергию при образовании новой поверхности тонкодисперсных частиц твердых тел в процессе механоактивации [34–36]. Следует учитывать, что количественно данный энергетический переход дополняется: размером частиц, их структурой и формой, минеральным составом, дефектностью кристаллической решетки порообразующих минералов, газовоздушными и другими включениями, химической природой и т.д.

Рациональный выбор сырья с позиции эффективности механоактивации затруднен отсутствием энергетического критерия, позволяющего ранжировать сырье по величине свободной внутренней энергии порообразующих минералов и породы в целом. Но в качестве оценочного параметра можно рассматривать поверхностное натяжение, являющееся мерой накопления энергии в

разуплотненном поверхностном слое [33, 37, 38]. Дискретная природа частиц порошкового образца определяет шероховатость и пористость их поверхности, что, в свою очередь, затрудняет процесс определения краевого угла смачивания порошковых материалов [39–41]. При этом высокая воспроизводимость и корректность измерения данного показателя являются обязательными, так как он лежит в основе расчета величины поверхностного натяжения твердой фазы, термодинамически описывающего процессы структурообразования в дисперсных системах.

Данные предпосылки лежат в основе исследования физико-химических свойств поверхности порошковых материалов, по результатам которых предложены методологические основы количественной оценки энергетического состояния поверхности высокодисперсных систем минерального сырья различного генезиса [36]. Авторами установлены зависимости между размерными, топологическими и структурными параметрами тонкодисперсных систем, установлена роль дисперсионных и поляризационных составляющих поверхностного натяжения в высокодисперсных системах, предложены термодинамическая и энергетическая модели оптимизации их состава.

По результатам проведенного обзора результатов современных исследований в области физикохимии и термодинамики поверхности высокодисперсных систем выделены методики оценки эффективности механоактивированного вещества для оптимального выбора минерального сырья, измельчительного агрегата и технологии механоактивации при производстве КВ. В данном контексте дисперсные системы минерального сырья, характеризующиеся полидисперсностью, полиминеральностью и полиструктурностью, рассматриваются как активные компоненты композиционных вяжущих. Оценка их энергетического состояния должна осуществляться комплексно по нескольким критериям, в числе которых, физические (дисперсность, размер частиц и прочее), химические показатели (сорбционная емкость, активные центры, свободная энергия поверхности и др.), а также физико-механические показатели КВ, являющиеся интегральными характеристиками свойств применяемых компонентов. Таким образом, выбор рационального способа измельчения, обеспечивающего экстремальную активность, будет основываться в том числе на данных о генетических и типоморфных особенностях минерального сырья.

Материалы и методы. Работа носит обзорно-проблемный характер и направлена на оценку механоактивированного минерального

сырья для композиционных вяжущих. Литературный обзор проводился путем обработки, анализа и обобщения данных из открытых первоисточников, представленных на портале Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU, зарубежных публикаций – на платформе поисковой системы Google Scholar.

В качестве объекта изучения представлено сырье природного или техногенного происхождения (отходы промышленности, вторичные продукты промышленности, отсеvy дробления), имеющее преимущественно силикатный и алюмосиликатный состав. Выборка сырьевых материалов различного генезиса осуществлялась согласно критериям распространённости; технологичности, то есть объемам фактического потребления строительной отрасли, потенциальной энергозатратностью на измельчение и др.; физико-механическим, структурно-текстурным и химико-минеральным параметрам. Также следует выделить востребованность данного сырья для получения различных видов строительных материалов (использование в качестве крупного и мелкого заполнителя, минеральных добавок и т.д.) и опыт применения в составе композиционных вяжущих.

Необходимость и степень механоактивации определяется первоначальной дисперсностью и исходными свойствами сырья, технологией производства конечного материала и областью его применения. Объединение методологических подходов в единую картину диагностики сырья с позиции эффективности применения в составе композиционных вяжущих и дальнейшей оценки материалов на их основе являлось целью работы и представлено в основной части статьи, на основании чего предложена декомпозиция исследований с указанием необходимых методов.

Основная часть. Решение указанных проблем лежит в разработке обобщенных принципов повышения эффективности композиционных вяжущих за счет рационального использования механоактивированного минерального сырья, которые должны сочетать в себе пересечение научных интересов и подходов в области инженерных наук, а также химии и наук о материалах в системе «объект механоактивации – инструмент механоактивации – продукт совершенствования методами механоактивации». При этом практические и технологические задачи должны решаться с привлечением системно-структурного подхода в триаде «состав (сырье) – параметры структуры (сырье и консолидированное вяжущее) – свойства/качество (консолидированное вяжущее)».

Предлагается концепция повышения эффективности композиционных вяжущих различного

состава и способа твердения как базового компонента строительных композитов функционального назначения, заключающаяся в: оценке эффективности (пригодности) и степени механоактивации минерального сырья в зависимости от вида механического воздействия и технологических параметров дезинтеграции (интенсивности, длительности, энергозатратности и т.д.); комплексной оценке свойств механоактивированного сырья как компонента композиционных вяжущих различного состава для экспресс-диагностики и прогнозной оценки их эффективности; оценке эффективности управления процессами структурообразования матриц при твердении вяжущих различного состава.

При этом обоснование выбора, изучение процессов и технологических решений механоактивации минерального сырья для получения эффективных композиционных вяжущих предлагается реализовывать с учетом оценки взаимодействий в системе «объект механоактивации – инструмент механоактивации – показатель механоактивации – продукт совершенствования методами механоактивации», где:

I – объект механоактивации – минеральное сырье различных генетических типов: обоснование выбора генетических типов, изучение влияния продуктов диспергирования минерального сырья на процессы структурообразования и свойства композиционных вяжущих; оценка параметров энергоэффективности диспергирования в зависимости от типа помольного агрегата и генетического типа минерального сырья; оценка энергетического фактора дисперсионного взаимодействия, физико-химической и химической активности поверхности высокодисперсных систем для участия в процессах структурообразования;

II – инструмент механоактивации – виды механического воздействия, реализованные путем использования различных типов помольного оборудования;

III – показатель механоактивации – спектр физико-химических и энергетических характеристик поверхности измельченного вещества с точки зрения химии поверхности; комплексные количественные критерии оценки способности измельченного вещества участвовать в трансформационных превращениях, являясь активным компонентом КВ;

IV – продукт совершенствования методами механоактивации – композиционные вяжущие, полученные на основе базовых вяжущих веществ различного типа твердения: изучение влияния механоактивированного минерального сырья различного генетического типа и происхождения на процессы структурообразования КВ.

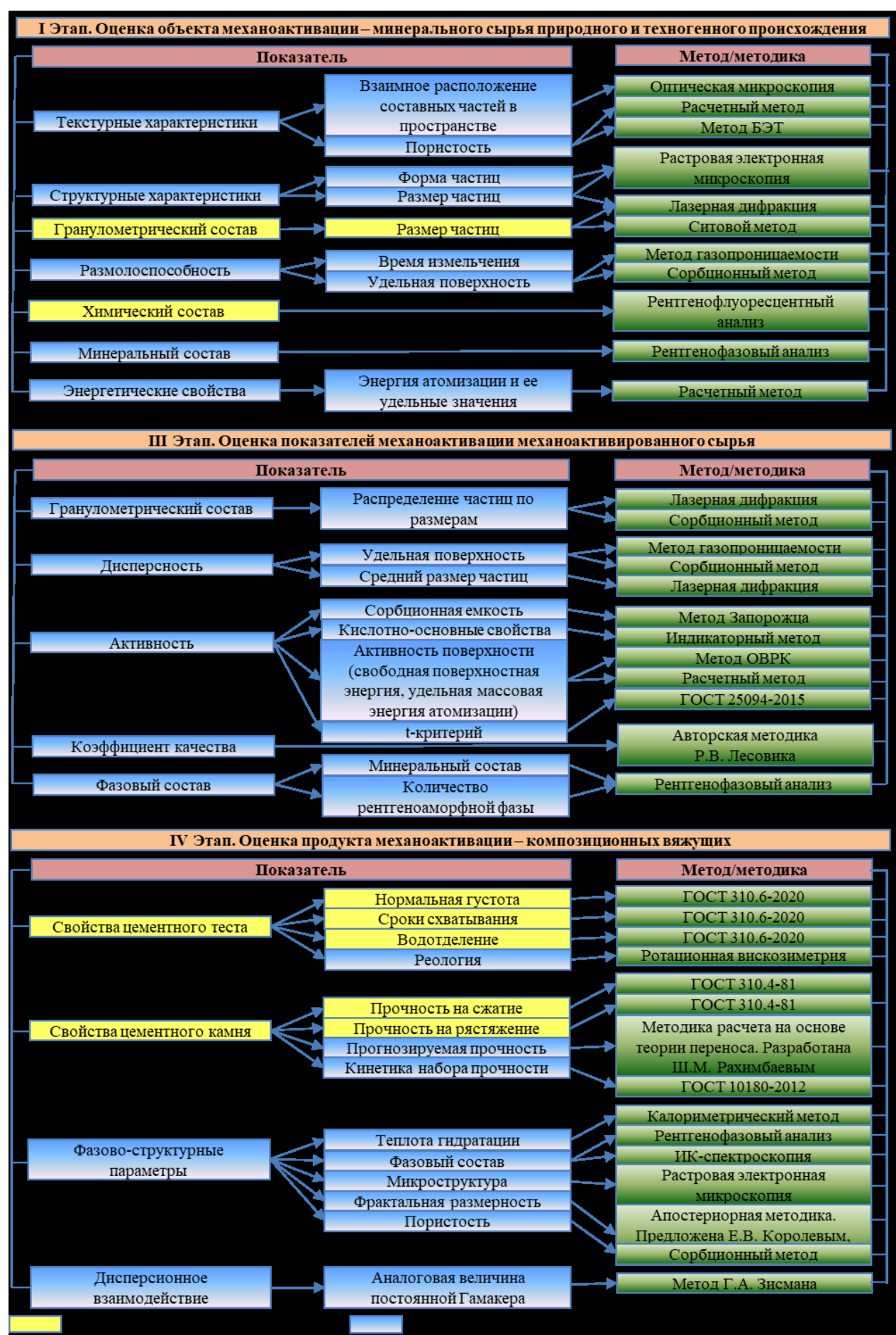


Рис. 1. Декомпозиция методологии проведения оценки минерального сырья с позиции механоактивации при получении композиционных вяжущих

На основании результатов обобщения теоретических и методологических положений рационального использования минерального сырья, и подходов к его оценке разработана декомпозиция (см. рис. 1), отражающая перечень необходимых показателей и методик, позволяющих учитывать различные характеристики минерального сырья и проводить его многокритериальное ранжирование по степени эффективности использования при производстве КВ.

Распределение методов оценки на этапы осуществлялось согласно предложенной системе «объект механоактивации – инструмент механоактивации – показатель механоактивации – продукт совершенствования методами механоактивации». Комплексное установление значимости того или иного вида сырья не обеспечивается в полной мере требованиями ГОСТ. В связи с чем, на каждом этапе исследования введены дополнительные показатели, позволяющие осуществить оценку и ранжирование минерального сырья.

Следует отметить, что этап, касающийся инструмента механоактивации, умышленно опущен. Для его оценки могут применяться такие показатели, как энергонасыщенность и стоимость промышленного оборудования, продолжительность технологической обработки и т.д.

Несомненно, в современных условиях активно развивается научное направление по механизации и автоматизации промышленности, появляются новые подходы за счет усовершенствования оборудования и разработки уникальных комплексов технического оснащения. Но фактически большое количество лабораторного оборудования не выходит на площадки массового производства. В реальных условиях не менее 90 % предприятий промышленности строительных материалов для механоактивации применяют традиционный помольный агрегат – шаровую мельницу, несмотря на имеющиеся недостатки [42, 43]. Таким образом, ввиду отсутствия на данный момент альтернативы шаровым мельницам, стабильно использующимся на производстве, и невозможности масштабирования результатов лабораторных исследований, подразумевающих использование других помольных агрегатов в производственных условиях, снижается значимость подбора инструмента механоактивации отличного от шаровой мельницы. И включение в декомпозицию данного этапа с материаловедческой точки зрения становится бессмысленным. Таким образом, на данный момент оценка эффективности механоактивации может осуществляться только с позиции обоснованного выбора минерального сырья при использовании одного постоянного инструмента воздействия – шаровой мельницы. Но при этом в дальнейшем может быть осуществлен рациональный выбор способа

механоактивации для получения требуемых показателей механоактивируемого сырья и конечного продукта с его использованием.

Рассмотрение показателей по I этапу и их анализ (при условии единства инструмента механоактивации и подбора оптимального способа) может позволить провести ранжирование минерального сырья, спрогнозировать потенциальную эффективность механоактивации для каждого конкретного вида сырья природного и техногенного происхождения. В декомпозицию в показатели, характеризующие объект механоактивации, не внесены химические и/или физические свойства (плотность, влажность, пустотность, модуль крупности, водопоглощение и др. – в зависимости от конкретного вида сырья), определение которых подразумевается по умолчанию, а методики регламентированы соответствующими нормативными документами.

Реализация исследований в соответствии с предложенной концепцией с учетом специфики функционирования элементов системы по отдельности и в комплексе позволит выявить взаимосвязи между генезисом и типоморфными особенностями минерального сырья (объект), технологическими подходами к его эффективной механической активации (инструмент), физико-химическими свойствами поверхности (показатель) механоактивированного дисперсного сырья как активного компонента, и процессами структурообразования и, как следствие, свойствами композиционных вяжущих (продукт совершенствования), полученных на его основе.

Предлагаемые термодинамические критерии оценки свойств поверхности исходного и механоактивированного сырья по величине активности дадут возможность количественно оценить способность высокодисперсного материала к трансформационным превращениям при механоактивации, в том числе, способность высокоразвитой поверхности материала к самопроизвольным процессам компенсации избыточной поверхностной энергии и долю общего запаса потенциальной энергии системы, перешедшей в свободную поверхностную энергию. Определение реакционной активности может базироваться на определении:

- сорбционной емкости, что подразумевает оценку взаимодействия сырьевых материалов с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ не только единоразово через 72 часа после смешивания (по методике), но и в процессе достижения этого времени с целью контроля технологических свойств смеси [5];

- кислотно-основных свойств, которые позволяют контролировать изменение характеристик поверхности в реальных процессах [44, 45];

– активности поверхности, определяемой как отношение величины свободной поверхностной энергии к удельной массовой энергии атомизации, и позволяющей сделать вывод о возможности использования диспергированного минерального сырья в качестве компонентов строительных материалов [35, 38, 46];

– t -критерия – показателя возможности использования минерального сырья как пуццоланового компонента в составе КВ. На основании его расчета оценивается однородность и симметричность распределения результатов определения прочности образцов.

В дополнение к этому посредством апостериорной методики следует рассчитывать фрактальную размерность по данным прочности и пористости композитов, что позволяет получить дополнительную информацию об их структурообразовании. Фрактальный анализ [47] параметров структуры готовых композитов, полученных при различных условиях механоактивации, позволит создать комплексную методику оценки физико-химических и поверхностных свойств порошков минерального сырья различной генетической принадлежности как компонента КВ.

Выводы.

1. Обоснована необходимость систематизации имеющихся междисциплинарных знаний в области применения минерального сырья различного генезиса для создания композиционных вяжущих на основе традиционных вяжущих веществ, а также генерации принципиально новых знаний, закономерностей и методов получения материалов с требуемыми показателями качества с использованием ресурсо- и энергосберегающих технологий, в том числе базирующихся на использовании вторичных ресурсов (отходов) различных производств.

2. Сформулировано комплексное решение вышеуказанных задач, заключающееся в разработке алгоритма прогнозной оценки эффективности механоактивирующего воздействия на минеральное сырье природного и техногенного происхождения. Использование предложенного алгоритма обеспечит рациональный выбор минерального сырья, технологий и параметров его механоактивации при получении композиционных вяжущих. Обоснованное использование минеральных сырьевых компонентов в качестве реакционно-активных составляющих композиционных вяжущих, которые являются наиболее материало- и энергоемкими компонентами конечного композита, позволит снизить промышленный прессинг на экосферу при производстве бетонов и бетонных изделий различного назначения.

3. Подтверждена необходимость использования междисциплинарного подхода при обосно-

вании выбора процессов и режимов механоактивации минерального сырья для получения эффективных композиционных вяжущих. Междисциплинарные исследования взаимосвязей в тетраде «объект механоактивации – инструмент механоактивации – показатель механоактивации – продукт совершенствования методами механоактивации» позволят осуществить:

– разработку технологических принципов энергоэффективной механоактивации минерального сырья различного генезиса, заключающихся на обоснованном выборе измельчительного агрегата и параметров технологического процесса, обеспечивающих высокую производительность при минимальной энергоемкости механоактивных процессов;

– комплексную оценку активности дезинтегрированного минерального сырья различного генезиса как интегральной характеристики, связывающей площадь границы раздела фаз, гранулометрический состав, морфоструктурные особенности с его сорбционной емкостью, характером донорно-акцепторных поверхностных центров, энергетическим состоянием и другими параметрами. Это в совокупности позволит провести ранжирование минерального сырья природного и техногенного происхождения по эффективности применения в составе композиционного вяжущего, оптимизировать процесс механоактивации с позиции выбора рационального способа и разработать обобщенные рекомендации по подбору технологических режимов измельчения с учетом генезиса минерального сырья для получения активных минеральных компонентов композиционных вяжущих различного состава, типа твердения и функционального назначения;

– разработку физико-химических принципов управления процессами структурообразования композиционных вяжущих различного состава в системе «базовое вяжущее вещество – минеральный компонент» на всех этапах жизненного цикла системы для обеспечения заданных функциональных свойств и реализации прогнозной оценки эксплуатационных характеристик композитов на их основе.

Источник финансирования. Грант № Пф-1/23 в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Калинкина Е.В., Калинин А.М., Иванова А.Г., Кругляк Е.А., Гуревич Б.И. Композиционные механоактивированные вяжущие на основе золы тепловой станции, кальцита и двуводного гипса // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Естественные и гуманитарные науки.

2022. Т. 1. № 2. С. 50–57. DOI:10.37614/2949-1185.2022.1.2.006

2. Данзанов Д.В., Урханова Л.А., Лхасаранов С.А., Дамбаев Ж.Г. Модификация композиционных вяжущих ультрадисперсной добавкой, полученной при гидролизе портландцемента // Строительные материалы. 2022. № 1–2. С. 65–69. DOI:10.31659/0585-430X-2022-799-1-2-65-69

3. Лесовик В.С., Абсиметов М.В., Елистраткин М.Ю., Пospelова М.А., Шаталова С.В. К вопросу изучения особенностей структурообразования композиционных вяжущих для неавтоклавных газобетонов // Строительные материалы и изделия. 2019. Т. 2. № 3. С. 41–47.

4. Урханова Л.А., Лхасаранов С.А., Бадмаева Э.В. Исследование влияния минеральных добавок на свойства и фазовый состав композиционных вяжущих для сухих строительных смесей // Вестник ВСГУТУ. 2021. № 4 (83). С. 79–84. DOI:10.53980/24131997_2021_4_79

5. Нелюбова В.В., Строкова В.В., Данилов В.Е., Айзенштадт А.М. Комплексная оценка активности кремнеземсодержащего сырья как показателя эффективности механоактивации // Обогащение руд. 2022. № 2. С. 17–25. DOI:10.17580/or.2022.02.03

6. Shamanina A.V., Kononova V.M., Danilov V.E., Frolova M.A., Ayzenshtadt A.M. Aspects of Determining the Surface Activity of Dispersed Systems Based on Mineral Powders // Inorganic Materials: Applied Research. 2022. Vol. 13. No. 1. Pp. 194–199. DOI:10.1134/S2075113322010336

7. Алфимова Н.И., Калатози В.В., Карацупа С.В., Вишневская Я.Ю., Шейченко М.С. Механоактивация как способ повышения эффективности использования сырья различного генезиса в строительном материаловедении // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 85–89.

8. Машкин Н.А., Елесин М.А., Косач А.Ф. Технологии композиционных строительных материалов с применением методов активации техногенного сырья // Научный вестник Арктики. 2021. № 11. С. 10–15. DOI:10.52978/25421220_2021_11_10

9. Shekhovtsova J., Kovtun M., Kearsley E., Zhernovsky I., Kozhukhova N., Zhernovskaya I. Estimation of fly ash reactivity for use in alkali-activated cements-a step towards sustainable building material and waste utilization // Journal of Cleaner Production. 2018. Vol. 178. Pp. 22–33. DOI:10.1016/j.jclepro.2017.12.270

10. Сафронов Е.Г., Силинская С.М., Нарыжная Н.Ю., Абдрахимов В.З. Экологическая целесообразность рециклинга золошлака в производстве стеновых материалов и оптимизация керамических масс по техническим показателям // Уголь. 2021. № 6 (1143). С. 44–49. DOI:10.18796/0041-5790-2021-6-44-49

11. Tolstoy A., Lesovik V., Fediuk R., Amran M., Gunasekaran M., Vatin N., Vasilev Y. Production of greener high-strength concrete using russian quartz sandstone mine waste aggregates // Materials. 2020. Vol. 13. No. 23. 5575. DOI:10.3390/ma13235575

12. Lkhasaranov S., Urkhanova L., Danzanov D. The study of the phase composition and microstructure of composite binders using industrial waste Transbaikalia // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2020. Vol. 880. No.1. Article. 012009. DOI:10.1088/1757-899X/880/1/012009

13. Федоров В.И., Абдимежитов М.К., Дьяконов А.А., Попов А.Л., Местников А.Е. Легкие бетоны из отходов производства автоклавного пенобетона // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 11. С. 61–65.

14. Романенко И.И., Петровнина И.Н., Еличев К.А. Влияние молотого шлака сталеплавильного производства на свойства композиционного шлакощелочного вяжущего // Инженерный вестник Дона. 2021. № 11 (83). С. 429–439.

15. Барковская С.В., Пчельникова В.А. Разработка композиционных гипсовых вяжущих веществ с использованием керамзитовой пыли и стеклобоя // Эксперт: теория и практика. 2022. № 3 (18). С. 34–38. DOI: 10.51608/26867818_2022_3_34

16. Ovcharenko G., Ibe E. The effect of added high-iron slag on the frost resistance of cement compositions // E3S Web of Conferences. EDP Sciences. 2021. Vol. 263. 01012. DOI: 10.1051/e3sconf/202126301012

17. Lesovik V.S., Lesovik R.V., Ali W.S.A. Effect of recycled coarse aggregate from concrete debris on the strength of concrete // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1926. No. 1. 012002. DOI:10.1088/1742-6596/1926/1/012002

18. Lesovik R.V., Tolypina N.M., Alani A.A., Jasim A.-B.-A.-W.S. Composite Binder on the Basis of Concrete Scrap // Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Vol. 95. Pp. 307–312. DOI:10.1007/978-3-030-54652-6_46

19. Krasnikova N.M., Khozin V.G. Recycling of concrete scrap as raw materials for cement concrete // Construction Materials. 2020. Vol. 1 (2). Pp. 56–65. DOI:10.31659/0585-430X-2020-778-1-2-56-65

20. Дребезгова М.Ю., Чернышева Н.В., Шаталова С.В. Композиционное гипсовое вяжущее с многокомпонентными минеральными добавками разного генезиса // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 27–34.

21. Алфимова Н.И., Пириева С.Ю., Елистраткин М.Ю., Кожухова Н.И., Титенко А.А. Обзорный анализ способов получения вяжущих из гипсосодержащих отходов промышленных

производств // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 11. С. 8–23. DOI:10.34031/2071-7318-2020-5-11-8-23

22. Тарасов П.И., Хазин М.Л., Апакашев Р.А. Использование отходов горнодобывающей промышленности // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 1. С. 21–31. DOI:10.25018/0236-1493-2021-1-0-21-31

23. Дроздук Т.А., Айзенштадт А.М., Фролова М.А., Рама Шанкер Верма. Минераловатный композит с использованием сапонит-содержащих отходов горнодобывающей промышленности // Строительные материалы и изделия. 2020. Т. 3. № 3. С. 21–27. DOI:10.34031/2618-7183-2020-3-3-21-27

24. Drozdyuk, T., Frolova M., Ayzenshtadt A., Calay R.K., Jhatial A.A. Preliminary Study on the Mechanical Activation and High-Temperature Treatment of Saponite-Containing Tailings Generated during Kimberlite Ore Dressing // Applied Sciences. 2022. Vol. 12. No. 10. 4957. DOI:10.3390/app12104957

25. Вайсберг Л., Сафронов А. Дробильно-измельчительное оборудование вибрационного действия для переработки сырья и промышленных отходов // Экология и промышленность России. 2019. № 23(7). С. 4–9. DOI:10.18412/1816-0395-2019-7-4-9

26. Беззубцева М.М., Волков В.С. Исследование селективности процесса измельчения материалов в электромагнитных механоактиваторах // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017. № 47. С. 288–294. DOI:10.24411/2078-1318-2019-12135

27. Yao G., Wang Z., Yao J., Cong X., Anning C., Lyu X. Pozzolanic activity and hydration properties of feldspar after mechanical activation // Powder Technology. 2021. Vol. 383. Pp. 167–174. DOI:10.1016/j.powtec.2021.01.042

28. Yao G., Liu Q., Wang J., P. Wu, Lyu X. Effect of mechanical grinding on pozzolanic activity and hydration properties of siliceous gold ore tailings // Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 217. Pp. 12–21. DOI:10.1016/j.jclepro.2019.01.175

29. Wu C., Hong Z.-Q., Yin Y.-H., Kou S.-C. Mechanical activated waste magnetite tailing as pozzolanic material substitute for cement in the preparation of cement products // Construction and Building Materials. 2020. Vol. 252. 119129. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2020.119129

30. Вайсберг Л.А., Каменева Е.Е. Взаимосвязь структурных особенностей и физико-механических свойств горных пород // Горный журнал. 2017. № 9. С. 53–58. DOI:10.17580/gzh.2017.09.10

31. Вайсберг Л.А., Устинов И.Д. Феноменология вибрационной классификации и усреднения по крупности гранулярных материалов // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2019. Т. 25. № 1. С. 181–189. DOI:10.18721/JEST.25118

32. Лесовик В.С., Фролова М.А., Айзенштадт А.М. Поверхностная активность горных пород // Строительные материалы. 2013. № 11. С. 71–73.

33. Вешнякова Л.А., Дроздук Т.А., Айзенштадт А.М., Фролова М.А., Тутыгин А.С. Поверхностная активность кремнесодержащих горных пород // Материаловедение. 2016. № 5. С. 45–48.

34. Строкова В.В., Айзенштадт А.М., Сивальнева М.Н., Кобзев В.А., Нелюбова В.В. Оценка активности наноструктурированных вяжущих термодинамическим методом // Строительные материалы. 2015. № 2. С. 3–9.

35. Ayzenshtadt A.M., Frolova M.A., Sokolova Y.V., Drozdyuk T.A. Control of Physical and Chemical Processes at the Phase Boundary in the Formation of Building Composites // Digital Technologies in Construction Engineering. 2022. Vol. 173. Pp. 209–215. DOI:10.1007/978-3-030-81289-8_27

36. Sokolova Y., Ayzenshtadt A., Frolova M., Strokov V., Kobzev V. Energy characteristics of finely dispersed rock systems // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 365. No. 3. 032036. DOI:10.1088/1757-899X/365/3/032036

37. Данилов В.Е., Королев Е.В., Айзенштадт А.М., Строкова В.В. Особенности расчета свободной энергии поверхности на основе модели межфазного взаимодействия Оунса-Вендта-Рабеля-Кьельбле // Строительные материалы. 2019. № 11. С. 66–72. DOI:10.31659/0585-430X-2019-776-11-66-72

38. Королев Е.В., Гришина А.Н., Пустовгар А.П. Поверхностное натяжение в структурообразовании материалов. Значение, расчет и применение // Строительные материалы. 2017. № 1–2. С. 104–109.

39. Danilov V.E., Korolev E.V., Ayzenshtadt A.M. Measuring the contact angles of powders by the sessile drop method // Inorganic Materials: Applied Research. 2021. Vol. 12. No. 3. Pp. 794–798. DOI:10.1134/S2075113321030084

40. Erbil H.Y. The debate on the dependence of apparent contact angles on drop contact area or three-phase contact line: A review // Surface Science Reports. 2014. Vol. 69. Issue 4. Pp. 325–365. DOI:10.1016/j.surfrep.2014.09.001

41. Huhtamäki T., Xuelin T., Korhonen J.T., Ras R.H.A. Surface-wetting characterization using contact-angle measurements // Nature Protocols. 2018. Vol. 13. Pp. 1521–1538. DOI:10.1038/s41596-018-0003-z

42. Маляров П.В., Ковалев П.А., Бочкарев А.В., Долгов А.М. Исследование механизмов разрушения минерального сырья в шаровых мельницах // Обогащение руд. 2018. № 3 (375). С. 3–8. DOI:10.17580/or.2018.03.01

43. Голик В.И. Исследование влияния свойств твердых тел на энергетику измельчения в мельницах // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 10. С. 112–122. DOI:10.25018/0236_1493_2021_10_0_112

44. Байдарашвили М.М., Сахарова А.С. Исследование сорбционных свойств материалов с помощью физико-химического метода распределения центров адсорбции // Сорбционные и хроматографические процессы. 2020. Т. 20. № 1. С. 87–94. DOI:10.17308/sorpchrom.2020.20/2383

45. Цыганова Т.А., Антропова Т.В., Мякин С.В., Анфимова И.Н. Особенности формирования адсорбционных центров термически модифицированных высококремнеземных пористых стекол // Физика и химия стекла. 2020. Т. 46. № 5. С. 475–481. DOI:10.31857/S0132665120050121

46. Айзенштадт А.М., Королев Е.В., Дроздук Т.А., Данилов В.Е., Фролова М.А. Возможный подход к оценке дисперсионного взаимодействия в порошковых системах // Физика и химия обработки материалов. 2021. № 3. С. 40–48. DOI:10.30791/0015-3214-2021-3-40-48

47. Королев Е.В., Гришина А.Н. Фрактальная размерность как универсальная характеристика параметров структуры и прочности материала // Региональная архитектура и строительство. 2020. № 1 (42). С. 5–15.

Информация об авторах

Сивальнева Мариана Николаевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры материаловедения и технологии материалов. E-mail: 549041@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Строкова Валерия Валерьевна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой материаловедения и технологии материалов. E-mail: vvstrokova@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Нелубова Виктория Викторовна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры материаловедения и технологии материалов. E-mail: nelubova@list.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Огурцова Юлия Николаевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры материаловедения и технологии материалов. E-mail: ogurtsova.y@ya.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Орехова Татьяна Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин. E-mail: nefact@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Боцман Лариса Николаевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры материаловедения и технологии материалов. E-mail: lora80@list.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Нецвет Дарья Дмитриевна, кандидат технических наук, доцент кафедры материаловедения и технологии материалов. E-mail: netsvet_dd@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 17.08.2023 г.

© Сивальнева М.Н., Строкова В.В., Нелубова В.В., Огурцова Ю.Н., Орехова Т.Н., Боцман Л.Н., Нецвет Д.Д., 2023

**Sivalneva M.N., Strokhova V.V., Nelubova V.V., Ogurtsova Yu.N., Orekhova T.N., Botsman L.N., Netsvet D.D.*

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

**E-mail: 549041@mail.ru*

METHODS FOR ASSESSING MECHANICALLY ACTIVATED MINERAL RAW MATERIALS FOR COMPOSITE BINDERS

Abstract. In the conditions of constantly increasing construction volumes, there is a necessity to transfer to environmentally efficient technologies for the production of building materials in order to reduce industrial pressure on the ecosystem and ensure rational subsoil use. One of the solutions is to reduce cement consumption by using composite binders with a reduced proportion of the clinker component. Improving the quality of

composite binders is possible due to the preliminary activation of the surface of raw components. One of the most effective methods of activating raw materials is mechanical activation. A reasonable choice of its method and mode is possible only on the basis of the results of comprehensive studies in the system "the object of mechanical activation – the instrument of mechanical activation – the indicator of mechanical activation – the product of improvement by methods of mechanical activation". A comprehensive determination of the activity of mechanoactivated mineral raw materials as an indicator of the effectiveness of mechanoactivation includes the use of various research methods and evaluation of: the area of the interface boundary, granulometric composition, morphostructural features, sorption capacity, donor-acceptor surface centers, the energy state of the system and other parameters. The paper proposes a decomposition of the methodology for evaluating mineral raw materials from the position of mechanical activation in the production of composite binders. The use of this methodology will make it possible to rank mineral raw materials of natural and technogenic origin, optimize the process of mechanical activation from the point of view of choosing a rational method and develop generalized recommendations for the selection of technological modes of milling, taking into account the genesis of raw materials for obtaining active mineral components of composite binders of various composition, type of hardening and functional purpose. The development and implementation of the principles of rational selection of mineral raw materials components, based on the example of their application in composite binders, will ensure the specified functional properties and implement a predictive assessment of the performance characteristics of building composites as a whole.

Keywords: mechanical activation, natural raw materials, technogenic raw materials, composite binder, recycling, methods for assessing.

REFERENCES

1. Kalinkina E.V., Kalinkin A.M., Ivanova A.G., Kruglyak E.A., Gurevich B.I. Composite Mechanically Activated Binders Based on Power Plant Fly Ash, Calcite and Two-Water Gypsum [Kompozitsionnye mekhanoaktivirovannye vyazhushchie na osnove zoly teplovoj stancii, kal'cita i dvuvodnogo gipsa]. Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Natural Sciences and Humanities. 2022. Vol. 1. No. 2. Pp. 50–57. DOI:10.37614/2949-1185.2022.1.2.006. (rus)
2. Danzanov D.V., Urkhanova L.A., Lkhasaranov S.A., Dambaev ZH.G. Modification of Composite Binders with an Ultrafine Additive Obtained by Hydrolysis of Portland Cement [Modifikatsiya kompozitsionnykh vyazhushchikh ul'tradispersnoy dobavkoj, poluchennoj pri gidrolize portlandcementsa]. Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]. 2022. No. 1–2. Pp. 65–69. DOI:10.31659/0585-430X-2022-799-1-2-65-69. (rus)
3. Lesovik V.S., Absimetov M.V., Elistratkin M.Yu., Pospelova M.A., Shatalova S.V. For the study of peculiarities of structure formation of composite binders for nonautoclaved aerated concrete [K voprosu izucheniya osobennostej strukturoobrazovaniya kompozitsionnykh vyazhushchikh dlya neavtoklavnykh gazobetonov]. Construction Materials and Products. 2019. Vol. 2. No. 3. Pp. 41–47. (rus)
4. Urkhanova L.A., Lkhasaranov S.A., Badmaeva E.V. Study of the Effect of Mineral Supplements on Properties and Phase Composition of Composite Binders for Dry Building Mixtures [Issledovanie vliyaniya mineral'nykh dobavok na svoystva i fazovyj sostav kompozitsionnykh vyazhushchikh dlya suhih stroitel'nykh smesey]. ESSUTM Bulletin. 2021. Vol. 4. No. 83. Pp. 79–84. DOI:10.53980/24131997_2021_4_79. (rus)
5. Nelyubova V.V., Strokova V.V., Danilov V.E., Aizenshtadt A.M. Comprehensive activity analysis of silica-containing raw materials for use in mechanical activation efficiency evaluations Information about authors [Kompleksnaya ocenka aktivnosti kremnezemsoderzhashchego syr'ya kak pokazatelya effektivnosti mekhanoaktivatsii]. Mineral processing Journal. 2022. No. 2. Pp.17–25. DOI:10.17580/or.2022.02.03. (rus)
6. Shamanina A.V., Kononova V.M., Danilov V.E., Frolova M.A., Ayzenshtadt A.M. Aspects of Determining the Surface Activity of Dispersed Systems Based on Mineral Powders. Inorganic Materials: Applied Research. 2022. Vol. 13. No. 1. Pp. 194–199. DOI:10.1134/S2075113322010336
7. Alfimov N.I., Kalatzi V.V., Karatcupa S.V., Vishnevskaya I.A., Sheichenko M.S. Mechanical Activation as a Way of Improving the Efficiency Use of Raw Materials of Different Genesis in Building Materials Science [Mekhanooaktivatsiya kak sposob povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya syr'ya razlichnogo genezisa v stroitel'nom materialovedenii]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2016. No. 6. Pp. 85–89. (rus)
8. Mashkin N.A., Yelesin M.A., Kosach A.F. Composite Construction Technologies Materials with the Use of Methods Activation of Technogenic Raw Materials [Tekhnologii kompozitsionnykh stroitel'nykh materialov s primeneniem metodov aktivatsii tekhnogennogo syr'ya]. Scientific Bulletin of the Arctic. 2021. Vol. 11. Pp. 10–15. DOI: 10.52978/25421220_2021_11_10. (rus)
9. Shekhovtsova J., Kovtun M., Kearsley E., Zhernovskiy I., Kozhukhova N., Zhernovskaya I. Estimation of fly ash reactivity for use in alkali-activated cements-a step towards sustainable building material and waste utilization. Journal of Cleaner

Production. 2018. Vol. 78. Pp. 22–33. DOI:10.1016/j.jclepro.2017.12.270

10. Safronov E.G., Silinskaya S.M., Naryzhnaya N.YU., Abdrakhimov V.Z. Ecological Feasibility of Ash Slag Recycling in the Production of Wall Materials and Optimization of Ceramic Masses According to Technical Indicators [Ekologicheskaya celesoobraznost' reciklinga zoloshlaka v proizvodstve stenovykh materialov i optimizatsiya keramicheskikh mass po tekhnicheskim pokazatelyam]. Ugol'. 2021. Vol. 6. No. 1143. Pp. 44–49. DOI:10.18796/0041-5790-2021-6-44-49. (rus)

11. Tolstoy A., Lesovik V., Fediuk R., Amran M., Gunasekaran M., Vatin N., Vasilev Y. Production of greener high-strength concrete using russian quartz sandstone mine waste aggregates. Materials. 2020. Vol. 13. No. 23. 5575. DOI:10.3390/ma13235575

12. Lkhasaranov S., Urkhanova L., Danzanov D. The study of the phase composition and microstructure of composite binders using industrial waste Transbaikalia. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 880. No. 1. 012009. DOI:10.1088/1757-899X/880/1/012009

13. Fedorov V.I., Abdimezhitov M.K., Dyakonov A.A., Popov A.L., Mestnikov A.E. Light Concrete From Waste Manufacture Autoclaved Foam Concrete [Legkie betony iz othodov proizvodstva avtoklavnogo penobetona]. Modern High Technologies. 2016. Vol. 11. Pp. 61–65. (rus).

14. Romanenko I.I., Petrovnina I.N., Elichev K.A. Influence of Ground Slag of Steelmaking Production on The Properties of a Composite Slag-Alkaline Binder [Vliyanie molotogo shlaka staleplavil'nogo proizvodstva na svoystva kompozitsionnogo shlakoshchelochnogo vyazhushchego]. Engineering journal of Don. 2021. Vol. 11. No. 83. Pp. 429–439. (rus)

15. Barkovskay S.V., Pchelnikova V.A. Development of composite gypsum binders using ceramic dust and glass [Razrabotka kompozitsionnykh gipsovykh vyazhushchih veshchestv s ispol'zovaniem keramzitovoy pyli i stekloboya]. Expert: theory and practice. 2022. Vol. 3. No. 18. Pp. 34–38. DOI: 10.51608/26867818_2022_3_34. (rus)

16. Ovcharenko G., Ibe E. The effect of added high-iron slag on the frost resistance of cement compositions. E3S Web of Conferences. EDP Sciences. 2021. Vol. 263. Article 01012. DOI: 10.1051/e3sconf/202126301012

17. Lesovik V.S., Lesovik R.V., Ali W.S.A. Effect of recycled coarse aggregate from concrete debris on the strength of concrete. Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing. 2021. Vol. 1926. No. 1. 012002. DOI:10.1088/1742-6596/1926/1/012002

18. Lesovik R.V., Tolypina N.M., Alani A.A., Jasim A.-B.-A.-W.S. Composite Binder on the Basis of Concrete Scrap. Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Vol. 95. Pp. 307–312. DOI: 10.1007/978-3-030-54652-6_46

19. Krasnikova N.M., Khozin V.G. Recycling of concrete scrap as raw materials for cement concrete. Construction Materials. 2020. Vol. 1. No. 2. Pp. 56–65. DOI:10.31659/0585-430X-2020-778-1-2-56-65

20. Drebezgova M.Yu., Chernysheva N.V., Shatalova S.V. Composite Gypsum Bending with Multicomponent Mineral Additives of Different Genesis [Kompozitsionnoe gipsovoe vyazhushchee s mnogokomponentnymi mineral'nymi dobavkami raznogo genezisa]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2017. Vol. 10. Pp. 27–34. (rus)

21. Alfimova N.I., Pirieva S.Yu., Elistratkin M. Yu., Kozhukhova N.I., Titenko A.A. Production Methods of Binders Containing Gypsum-Bearing Wastes: A Review [Obzorniy analiz sposobov polucheniya vyazhushchih iz gipsosoderzhashchih othodov promyshlennykh proizvodstv]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. Vol. 11. Pp. 8–23. DOI:10.34031/2071-7318-2020-5-11-8-23. (rus)

22. Tarasov P.I., Khazin M.L., Apakashev R.A. Mining waste recycling in the Ural [Ispol'zovanie othodov gornodobyvayushchej promyshlennosti]. Mining informational and analytical bulletin (Scientific and technical journal). 2021. Vol. 1. Pp. 21–31. DOI:10.25018/0236-1493-2021-1-0-21-31. (rus)

23. Drozdyuk T.A., Ayzenshtadt A. M., Frolova M.A., Rama Shanker Verma. Mineral wool composite with the use of saponite-containing mining industry waste [Mineralovatnyy kompozit s ispol'zovaniem saponit-soderzhashchih othodov gornodobyvayushchej promyshlennosti]. Construction Materials and Products. 2020. Vol. 3. No. 3. Pp. 21–27. DOI:10.34031/2618-7183-2020-3-3-21-27. (rus)

24. Drozdyuk, T., Frolova M., Ayzenshtadt A., Calay R.K., Jhatial A.A. Preliminary Study on the Mechanical Activation and High-Temperature Treatment of Saponite-Containing Tailings Generated during Kimberlite Ore Dressing. Applied Sciences. 2022. Vol. 12. No. 10. 4957. DOI:10.3390/app12104957

25. Vaisberg L., Safronov A. Innovative Crushing and Grinding equipment of Vibration Action [Drobil'no-izmel'chitel'noe oborudovanie vibratsionnogo dejstviya dlya pererabotki syr'ya i promyshlennykh othodov]. Ecology and Industry of Russia. 2019. Vol. 23. No. 7. Pp. 4–9. DOI:10.18412/1816-0395-2019-7-4-9. (rus)

26. Bezzubtseva M.M., Volkov V.S. Investigation of the selectivity of the process of milling of materials in electromagnetic mechanical activators

[Issledovanie selektivnosti processa izmel'cheniya materialov v elektromagnitnyh mekhanoaktivatorah]. Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University. 2017. Vol. 47. Pp. 288–294. DOI:10.24411/2078-1318-2019-12135. (rus)

27. Yao G., Wang Z., Yao J., Cong X., Anning C., Lyu X. Pozzolan activity and hydration properties of feldspar after mechanical activation. Powder Technology. 2021. Vol. 383. Pp. 167–174. DOI:10.1016/j.powtec.2021.01.042

28. Yao G., Liu Q., Wang J., P. Wu, Lyu X. Effect of mechanical grinding on pozzolan activity and hydration properties of siliceous gold ore tailings. Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 217. Pp. 12–21. DOI:10.1016/j.jclepro.2019.01.175

29. Wu C., Hong Z.-Q., Yin Y.-H., Kou S.-C. Mechanical activated waste magnetite tailing as pozzolan material substitute for cement in the preparation of cement products. Construction and Building Materials. 2020. Vol. 252. 119129. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2020.119129

30. Vaisberg L.A., Kameneva E.E. Interconnection of structural features and physico-mechanical properties of rocks [Vzaimosvyaz' strukturnykh osobennostej i fiziko-mekhanicheskikh svoystv gornykh porod]. Gornyi Zhurnal [Mining Journal]. 2017. Vol. 9. Pp. 53–58. DOI:10.17580/gzh.2017.09.10. (rus)

31. Vaisberg L.A., Ustinov I.D. Phenomenology for vibration-induced size segregation and mixing of granular materials [Fenomenologiya vibracionnoj klassifikacii i usredneniya po krupnosti granulyarnykh materialov]. St. Petersburg state polytechnic University journal of engineering science and technology. 2019. Vol. 25. No. 1. Pp. 181–189. DOI:10.18721/JEST.25118. (rus)

32. Lesovik V.S., Frolova M.A., Aizenshtadt A.M. Surface activity of rocks [Poverhnostnaya aktivnost' gornykh porod]. Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]. 2013. Vol. 11. Pp. 71–73. (rus)

33. Veshnyakova L.A., Drozdyuk T.A., Aizenshtadt A.M., Frolova M.A., Tutygin A.S. Surface activity of silicon-containing rocks [Poverhnostnaya aktivnost' kremnesoderzhashchih gornykh porod]. Materialovedenie [Materials Science]. 2016. Vol. Pp. 45–48. (rus)

34. Strokova V.V., Izenshtadt A.M., Sivalneva M.N., Kobzev V.A., Nelubova V.V. Activity Evaluation of Nanostructured Binders with Using Thermodynamic Method [Ocenka aktivnosti nanostrukturirovannykh vyazhushchih termodinamicheskim metodom]. Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]. 2015. Vol. 2. Pp. 3–9. (rus)

35. Ayzenshtadt A.M., Frolova M.A., Sokolova Y.V., Drozdyuk T.A. Control of Physical and Chemical Processes at the Phase Boundary in the Formation of Building Composites. Digital Technologies in Construction Engineering. Springer, Cham,

2022. Vol. 173. Pp. 209–215. DOI:10.1007/978-3-030-81289-8_27

36. Sokolova Y., Ayzenshtadt A., Frolova M., Strokova V., Kobzev V. Energy characteristics of finely dispersed rock systems. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 365. No. 3. 032036. DOI:10.1088/1757-899X/365/3/032036

37. Danilov V.E., Korolev E.V., Ayzenshtadt A.M., Strokova V.V. Features of the calculation of free energy of the surface based on the model for interfacial interaction of Owens–Wendt–Rabel–Kaelble [Osobennosti rascheta svobodnoj energii poverhnosti na osnove modeli mezhfaznogo vzaimodejstviya Ounsa-Vendta-Rabelya-K'el'ble]. Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]. 2019. Vol. Pp. 66–72. DOI:10.31659/0585-430X-2019-776-11-66-72. (rus)

38. Korolev E.V., Grishina A.N., Pustovgar A.P. Surface Tension in Structure Formation of Materials. Significance, Calculation, and Application [Poverhnostnoe natyazhenie v strukturoobrazovanii materialov. Znachenie, raschet i primeneniye]. Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]. 2017. Vol. 1–2. Pp. 104–109. (rus)

39. Danilov V.E., Korolev E.V., Ayzenshtadt A.M. Measuring the contact angles of powders by the sessile drop method. Inorganic Materials: Applied Research. 2021. Vol. 12. No. 3. Pp. 794–798. DOI:10.1134/S2075113321030084

40. Erbil H.Y. The debate on the dependence of apparent contact angles on drop contact area or three-phase contact line: A review. Surface Science Reports. 2014. Vol. 69. No. 4. Pp. 325–365. DOI:10.1016/j.surfrep.2014.09.001

41. Huhtamäki T., Xuelin T., Korhonen J.T., Ras R.H.A. Surface-wetting characterization using contact-angle measurements. Nature Protocols. 2018. Vol. 13. Pp. 1521–1538. DOI:10.1038/s41596-018-0003-z

42. Malyarov P.V., Kovalev P.A., Bochkarev A.V., Dolgov A.M. Investigation of Mechanisms Behind Mineral Raw Materials Destruction in Ball Mills [Issledovanie mekhanizmov razrusheniya mineral'nogo syr'ya v sharovykh mel'nicah]. Mineral processing Journal. 2018. Vol. 3. No. 375. Pp. 3–8. DOI:10.17580/or.2018.03.01. (rus)

43. Golik V.I. Effect of Properties of Solids on Grinding Energy in Mills [Issledovanie vliyaniya svoystv tverdykh tel na energetiku izmel'cheniya v mel'nicah]. Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). 2021. Vol. 10. Pp. 112–122. DOI:10.25018/0236_1493_2021_10_0_112. (rus)

44. Baidarashvili M.M., Sakharova A.S. The study of the sorption properties of materials using physico-chemical method of adsorption sites distribution [Issledovanie sorbcionnykh svoystv materialov

s pomoshch'yu fiziko-himicheskogo metoda raspredeleniya centrov adsorbtsii]. Sorbtsionnye i Khromatograficheskie Protssy. 2020. Vol. 20. No. 1. Pp. 87–94. DOI:10.17308/sorpchrom.2020.20/2383. (rus)

45. Tsyganova T.A., Antropova T.V., Anfimova I.N., Mjakin S.V. Features of the Formation of Adsorption Centers of Thermally Modified High-Silica Porous Glasses [Osobennosti formirovaniya adsorbtsionnykh centrov termicheski modifitsirovannykh vysokokremnezemnykh poristykh stekol]. Glass Physics and Chemistry. 2020. Vol. 46. No. 5. Pp. 400–404. DOI:10.31857/S0132665120050121. (rus)

46. Ayzenshtadt A.M., Korolev E.V., Drozdov T.A., Danilov V.E., Frolova M.A. Possible approach to estimating the dispersion interaction in powder systems [Vozmozhnyj podhod k ocnke dispersionnogo vzaimodejstviya v poroshkovykh sistemah]. Physics and chemistry of materials treatment. 2021. Vol. 3. Pp. 40–48. DOI:10.30791/0015-3214-2021-3-40-48. (rus)

47. Korolev E.V., Grishina A.N. Fractal Dimension as a Universal Characteristic of Parameters Structure and Compressive Strength of a Material [Fraktal'naya razmernost' kak universal'naya harakteristika parametrov struktury i prochnosti materiala]. Regional architecture and engineering. 2020. Vol. 1. No. 42. Pp. 5–15. (rus)

Information about the authors

Sivalneva, Mariana N. PhD, Assistant professor. E-mail: 549041@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Strokova, Valeria V. DSc, Professor. E-mail: vvstrokova@gmail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Nelyubova, Victoria V. DSc, Assistant professor. E-mail: nelubova@list.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Ogurtsova, Yuliya N. PhD, Assistant professor. E-mail: ogurtsova.y@ya.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Orehova, Tatiana N. PhD. E-mail: nefact@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Botsman, Larisa N. PhD, Assistant professor. E-mail: lora80@list.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Netsvet, Daria D. PhD. E-mail: netsvet_dd@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 17.08.2023

Для цитирования:

Сивальнева М.Н., Строкова В.В., Нелюбова В.В., Огурцова Ю.Н., Орехова Т.Н., Ботцман Л.Н., Нецвет Д.Д. Методы оценки механоактивированного минерального сырья для композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 9. С. 8–22. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-8-22

For citation:

Sivalneva M.N., Strokova V.V., Nelubova V.V., Ogurtsova Yu.N., Orekhova T.N., Botsman L.N., Netsvet D.D. Methods for assessing mechanically activated mineral raw materials for composite binders. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 9. Pp. 8–22. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-8-22

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-23-30

Абашии Е.Г.

Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина

E-mail: evabashin@yandex.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ БЕТОНА В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛКАХ ПО СКОРОСТИ ЗАТУХАНИЯ КОЛЕБАНИЙ

Аннотация. В статье показан один из способов определения модуля упругости бетона по измеренным динамическим характеристикам испытываемой конструкции – коэффициенту затухания колебаний железобетонных ненапряженных балок, работающих в первой стадии напряженно-деформированного состояния.

Нами предложено использовать данную характеристику снижения амплитуды колебаний, которая учитывает потери кинетической энергии в железобетонной балке. Предположено, что изменение модуля упругости бетона в рассматриваемом диапазоне существенно скажется на скорости затухания колебаний, поскольку при повышении модуля упругости бетона упругие свойства железобетонного элемента преобладают над пластическими свойствами. При проведении опытов следует стремиться к одинаковым условиям опирания и вводить равный уровень энергии в колебательную систему. В этом случае потери энергии в железобетонной балке, выраженные значением коэффициента затухания колебаний, позволят с более высокой степенью вероятности определить модуль упругости бетона в сравнении с практикуемыми механическими или ультразвуковыми методами.

Нами разработан новый способ определения начального модуля упругости бетона, построенный на эмпирическом определении коэффициента затухания колебаний эталонных конструкций заданного типа и размера и построении графической зависимости коэффициента затухания колебаний от начального модуля упругости бетона. Нами получена большая точность определения модуля упругости бетона в сравнении с практикуемыми механическими или ультразвуковыми методами.

Ключевые слова: коэффициент затухания колебаний, ненапряженные железобетонные балки, модуль упругости бетона, неразрушающие методы контроля.

Введение. В настоящее время в РФ самым распространенным строительным материалом является железобетон [1]. Большая часть производственных зданий, доставшихся в наследство после распада СССР, выполнено в железобетоне. Кроме того, при строительстве современных жилых и административных зданий это так же доминирующий строительный материал.

Определение пригодности к эксплуатации подобных конструкций происходит с применением разрушающего метода, когда из партии однотипных изделий берут 2 %, но не менее двух, и производят ступенчатое нагружение конструкции вплоть до самого разрушения, определяя разрушающую нагрузку, а при необходимости, нагрузку трещинообразования и прогибы конструкции. После проведения экспериментальной диагностики конструкции не годны к дальнейшей эксплуатации, особенно это экономически не эффективно при малых партиях производимых изделий [2]. К тому же сама логика способа не выдерживает критики, ведь контролю подвергаются лишь те конструкции, которые впоследствии будут разрушены, и наоборот, конструкции, идущие в производство, фактически лишены какого-либо контроля. Детальные исследования больших партий конструкций показывают несостоятельность данного метода. Так в работе [3] произведен детальный инструментальный

контроль класса бетона и величины предварительного напряжения арматуры 1000 шт. серийных шестипустотных преднапряженных настилов УНТ-59-12. Изделия при производстве подверглись всем этапам входного и операционного контроля. Средняя прочность на сжатие бетона R_{bs} составила 20 МПа, средняя величина предварительного напряжения арматуры $\sigma_{con,s}$ равна 332,9 МПа. По результатам испытаний установлено, что фактическая R_b у 84 настилов находилась в диапазоне 15...16,9 МПа, а σ_{con} у 30 настилов была ниже 240 МПа. Представим ситуацию, что при выходном контроле несколько из этих конструкций подвергли разрушению, по жесткости и трещиностойкости эти конструкции проверку бы не прошли, и всю партию пришлось бы списать или отправить на дополнительные исследования. Означает ли это что и все остальные конструкции из партии не годны к эксплуатации? Отнюдь, у 93 настилов из партии R_b выше 23 МПа, а σ_{con} у 26 настилов оказалось свыше 401 МПа. Более 900 конструкций по результатам испытаний удовлетворили требованиям расчета по предельным состояниям, а для остальных были снижены проектные нагрузки. Таким образом, необходима разработка неразрушающих методов контроля качества прочностных параметров производимых железобетонных изделий. Интеграль-

ные параметры: прочность, жесткость, трещиностойкость состоят из множества характеристик на них влияющих. Для железобетонных изгибаемых изделий без предварительного напряжения арматуры наиболее важными прочностными характеристиками являются класс бетона по прочности и диаметр продольной рабочей арматуры. В данной статье подробнее рассмотрим новый, предлагаемый нами, способ определения прочности бетона.

При производстве железобетонных сборных изделий наиболее остро встает вопрос определения фактического класса бетона в данных конструкциях. Из учебного курса железобетона известно, что класс бетона непосредственно связан с модулем упругости бетона [4]. Вопрос диагностики модуля упругости можно рассмотреть в двух случаях. Первый – это диагностика класса (модуля упругости) бетона при заводском производстве ЖБИ, включив данную процедуру в технологическую последовательность производства работ. Второй вопрос – это определение прочности бетона в конструкциях сооружения, которые находятся в стадии эксплуатации в нагруженном состоянии. При строительстве зданий из монолитного железобетона также встает вопрос определения модуля упругости бетона как основной характеристики, отвечающей за прочность и целостность как отдельно взятого элемента, так и всего здания в целом.

Испытания образцов, специально изготавливаемых параллельно с производством конструкции на заводе ЖБИ, достаточно широко применяется на практике как способ определения модуля упругости бетона [5]. Основным недостатком данного метода является изменение физикомеханических показателей исследуемой конструкции с течением времени, как следствие, при диагностике конструкции, находящейся в здании, применяют другие методы, позволяющие оценить модуль упругости бетона данной конструкции в данный момент времени. Кроме того, погрешность применяемого способа весьма значительна 10–12 %. Влажность, температура, агрессивные среды – все это факторы, которые непосредственно влияют на физические и механические свойства бетона в изделии. Также данный метод является разрушающим, дорогостоящим и трудным в реализации в связи с тем, что его применение возможно только на заводе ЖБИ, оснащенном всем необходимым для этих целей оборудованием [6, 7].

Подводя итог, можем сказать с высокой долей уверенности, что вопрос диагностики модуля упругости бетона в стадии эксплуатации весьма актуален [8]. В этом случае нашли свое применение известные разрушающие методы контроля

[9]. В работах [10–12] определены минусы данных методик.

Механические методы по косвенным характеристикам дают лишь приблизительные значения модуля упругости бетона, таким как: сила скалывания ребра конструкции, размер отпечатка при вдавливании металлического шарика, величиной отскока бойка при ударе [13].

Применяемая методика показывает низкую точность из-за объективных факторов, влияющих на испытание, прочность поверхностного слоя бетона, его карбонизация, влажностные параметры, неоднородность структуры и т. д. [14]. Поэтому, даже при соблюдении всех правил и методик многочисленных ГОСТов, погрешность данных методик выше, чем при определении кубиковой прочности, порядка 12–15 % [15].

Очень хорошо нам известны методики с применением ультразвука, которые увязывают скорость прохождения ультразвуковых волн сквозь толщу конструкционного материала с упругопластичными свойствами бетона [16]. Неточность ультразвуковых методик составляет чуть меньший процент погрешности 10...12 % [17].

Но данные методики также далеки от совершенства, о чем говорят следующие факты: отсутствие прямой зависимости диагностируемых параметров друг от друга. Увеличение погрешности применяемой методики также следует ассоциировать и с высокими требованиями к практическим навыкам оператора, прочность поверхностного слоя бетона, его карбонизация, влажностные параметры, неоднородность структуры и т. д., также пагубны для точности ультразвуковых методик. Ультразвуковой метод можно уверенно назвать местным, поскольку он позволяет определить искомые характеристики на локальном, строго ограниченном участке измерения [18].

Также следует указать еще один способ диагностики прочностных показателей бетона на основе измеренной первой резонансной частоты продольных или поперечных колебаний готового изделия [19]. Тем не менее, отсутствие доступа к торцам изделия, находящегося непосредственно в здании накладывает существенное ограничение на использование способа с продольными колебаниями, оставляя поле его применения только в заводских условиях. Погрешность вибрационного метода чуть ниже: около 10 % [20].

Исходя из вышеизложенного, задачей исследования является разработка способа определения искомого модуля упругости бетона по коэффициенту затухания колебаний процесса с более низкой погрешностью, в сравнении с существующими способами, и апробирование данного способа на натурных конструкциях.

Материалы и методы. Из курса физики [21] нам известна формула для коэффициента затухания колебательного процесса α :

$$\alpha = \frac{1}{\tau}, \quad (1)$$

где τ – это время релаксации, или время, затухания амплитуды в $e \approx 2,7$ раза. Следовательно, данная характеристика фиксирует потери кинетической энергии в изделии ЖБИ производства.

За прошедшее время с позиции контроля качества железобетонных изделий коэффициент затухания колебаний в отличие от логарифмического декремента затухания колебаний не изучался. В области строительства применяется лишь методика диагностики звукоизоляции стеклянных пакетов оконных рам по коэффициенту затухания колебательного процесса [22].

Логарифмический декремент затухания колебаний смотрят по двум соседним амплитудам затухающего колебательного процесса, по сути, коэффициент затухания и логарифмический декремент затухания, они характеризуют один и тот же физический процесс потери энергии в колебательной системе, но, в случае применения варианта с логарифмическим декрементом погрешность накладывают колебания более высоких порядков. Коэффициент затухания колебаний определяют на значительном куске виброграммы, что повышает точность. Так же следует отметить, что логарифмический декремент затухания колебаний сильно меняется на различных стадиях загрузки конструкции [23].

При проведении опытов следует стремиться к одинаковым условиям опирания и вводить равный уровень энергии в колебательную систему. В этом случае потери энергии в железобетонной балке, выраженные значением коэффициента затухания колебаний позволят с более высокой степенью вероятности определить модуль упругости бетона в сравнении с практикуемыми механическими или ультразвуковыми методами.

Нами была проведена серия испытаний реальных железобетонных конструкций: всего 5 типов перемычек массой 108 кг, длиной 2590 мм, сечением 12 см на 14 см, с арматурным армированием арматурой $d = 12$ мм класса А400, модуль упругости бетона ненапряженных ж/б балок лежит в диапазоне от $E_b = 16 \cdot 10^3$ МПа до $E_b = 32,5 \cdot 10^3$ МПа.

Опишем подробно испытательную методику. Каждое из изделий располагают на стенде, один свободный конец устанавливают шарнирно-подвижно, второй же, напротив, шарнирно-неподвижно, в соответствии с реальной схемой опирания в здании, и возбуждают в кон-

струкции свободные затухающие поперечные колебания, используя силу механического удара киянкой с резиновым ударником, есть вариант возбуждения колебаний путем мгновенного снятия загрузки конструкции при помощи обрыва связи подвешенного с низа конструкции груза. Второй вариант обеспечит условие равенства вводимой кинетической энергии в колебательную систему, но, как показали многочисленные проведенные испытания на одной конструкции, сила удара киянкой существенно не влияет на частоту колебаний или коэффициент затухания колебаний. Далее при помощи установленного виброанализатора «Вибран», снимают амплитудно-частотную характеристику.

В режиме вынужденных резонансных колебаний (рис. 1) на готовое установленное изделие 1 в центре закрепляют демпфер колебаний 2, а с обратной стороны – приемник частотных колебаний 3. Генератор 4 и усилитель 5 нужны для поддержания постоянства уровня вводимой энергии и частоты колебаний. Частоту электрического сигнала, фиксируют при использовании частотомера 6 и вольтамперметром 7.

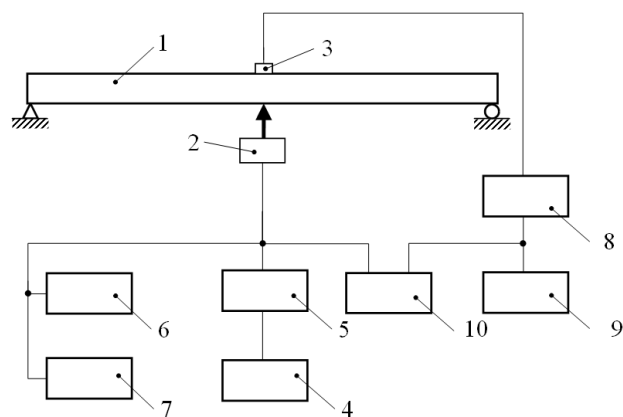


Рис. 1. Схема установки для фиксации затухания колебательного процесса в режиме вынужденных колебаний:

1 – конструкция, 2 – источник энергии, 3 – приемник, 4 – генератор, 5 – усилитель, 6 – частотомер, 7 – вольтампермер, 8 – усилитель, 9 – анализатор, 10 – осциллограф

В схему необходимо включать усилители, анализатор, в связи с малой величиной вводимой энергии в колебательную систему. Также мы включили электронный осциллограф 10 для фиксации колебаний и визуализации опыта.

Основная часть. Занесем данные результатов обработки эксперимента в таблицу 1, на основании которой построена функция (2), аппроксимирующая полученные значения «начальный модуль упругости бетона – коэффициент затухания колебательного процесса» (рис. 2).

$$E_b = 37,232 \cdot \alpha^{-0,919} \quad (2)$$

Таблица 1

Значения модулей упругости бетона действительных и определенных по измеренной характеристике затухательного процесса, погрешность предложенного способа

Модуль упругости бетона, $E_b \cdot 10^3$ МПа	16	23	27,5	8,8	32,5
Коэффициент затухания колебательного процесса, α	2,61	1,72	1,365	1,314	1,2
Модуль упругости бетона, $E_b \cdot 10^3$ МПа, найденный нами по выражению 2	16,02	23,01	28,04	29,03	31,79
Погрешность, %	0,09	0,04	2,81	0,19	1,94

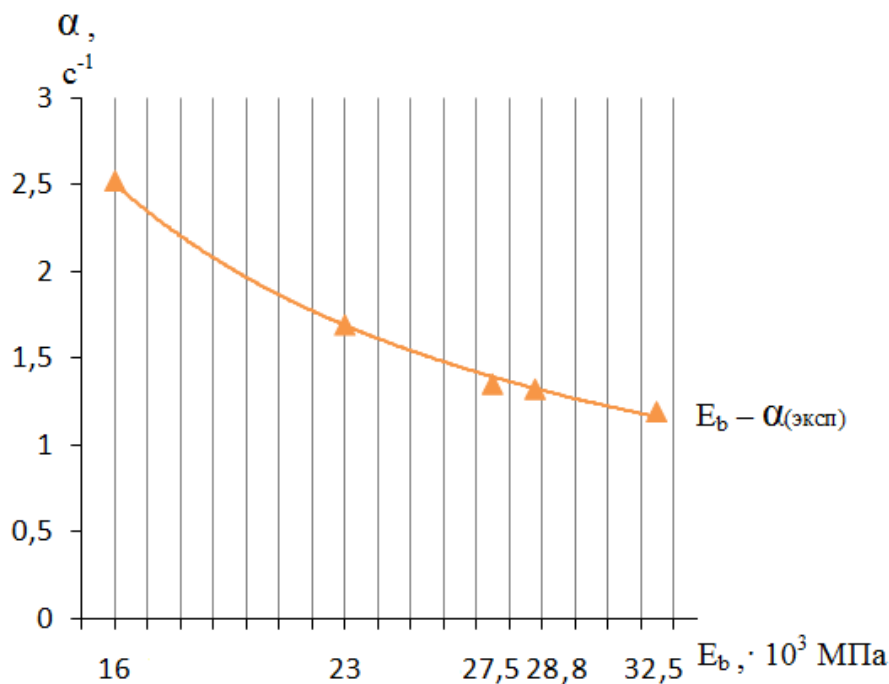


Рис. 2. График аппроксимирующей функции 2

Разработанный способ предлагается применять следующим образом: находить коэффициент затухания колебаний и по функции, аппроксимирующей эмпирические данные определять модуль упругости в железобетонной балке.

Рисунок 2 наглядно демонстрирует нам взаимозависимость исследуемых характеристик. Следует отметить действительно низкую погрешность (менее 3 %) предлагаемого нами способа, возможно погрешность увеличится при опытах на других конструкциях с более сложным поперечным сечением и армированием.

Предложен следующий способ определения начального модуля упругости бетона: для его реализации нужно произвести 6-8 конструкций эталонов одинакового типа-размера, в которых модуль упругости бетона разный в нужном диапазоне, поставить на стенд в соответствии с опиранием стоящей в сооружении конструкции, возбудить колебания на основной частоте, определить коэффициент затухания колебательного процесса, по измеренным величинам построить график взаимозависимости искомых характеристик друг от друга. В серийно производимых изделиях меряют коэффициент затухания колебаний и по аппроксимирующей функции определяют

начальный модуль упругости бетона (по которому возможно определить и класс по прочности бетона конструкции). На разработанный нами способ был получен патент [24]. Таким образом, разработанный метод возможно применять в двух случаях. Во-первых, включив его в технологическую схему при производстве заводских ЖБИ удобно производить диагностику модуля упругости бетона всех производимых конструкций. Процедура контроля установленной на стенд конструкции при применении современных автоматизированных электронных систем займет всего несколько секунд и позволит проводить сплошной контроль производимых изделий. Во-вторых, в случае, когда необходимо проверить модуль упругости бетона в стоящей в здании конструкции, также удобно применять разработанный метод, необходимо лишь обеспечить доступ к противоположным сторонам конструкции для крепления датчиков и по предложенному способу сопоставить значение коэффициента затухания колебаний с ранее исследованной эталонной конструкцией. Применение разработанного способа на монолитных конструкциях требует дальнейшего исследования.

Выводы.

1. По результатам исследований подтверждена взаимозависимость исследуемых характеристик в протяженных изгибаемых ЖБИ в упругой стадии. Данная зависимость носит обратный характер: с увеличением модуля упругости бетона наблюдается снижение значения коэффициента затухания колебаний. При увеличении значения модуля упругости бетона в два раза, наблюдается снижение величины коэффициента затухания колебаний примерно в два раза, что показывает высокую наглядность предлагаемого способа, в отличие от применения методик диагностики модуля упругости бетона по основной частоте свободных затухающих колебаний, когда при тех же условиях мы видим изменение частоты колебаний лишь на 20 %.

2. Подтвержден экспериментом разработанный нами способ диагностики и определения значения начального модуля упругости бетона, заключающийся в изготовлении 6–8 конструкций эталонов одинакового типа-размера, в которых модуль упругости бетона разный в нужном диапазоне, размещении на стенде в соответствии с опиранием стоящей в сооружении конструкции, возбуждении колебания на основной частоте, определении коэффициента затухания колебательного процесса, по измеренным величинам построении графика взаимозависимости искомых характеристик друг от друга. В серийно производимых изделиях меряют коэффициент затухания колебаний и по аппроксимирующей функции определяют начальный модуль упругости бетона (по которому возможно определить и класс по прочности бетона конструкции).

3. Погрешность предложенного способа низкая (до 3 %), что позволяет сделать вывод о необходимости дальнейшего исследования данного способа на различных ж/б конструкциях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции: общий курс. М.: Изд-во Стройиздат, 2013. 767 с.

2. Козачек В.Г., Нечаев Н.В., Нотенко С.Н. Обследование и испытание зданий и сооружений. М.: Изд-во Высшая школа, 2018. 447 с.

3. Сехниашвили Э.А. Интегральная оценка качества и надежности предварительно напряженных конструкций. М.: Изд-во Наука, 1988. 217 с.

4. Цай Т.Н. Строительные конструкции. Железобетонные конструкции. Изд-во Лань, 2022. 464 с.

5. Габрусенко В.В., Беккер В.А. Каменные и железобетонные конструкции одноэтажных зданий. Изд-во Новосибирский ГАСУ, 2021. 223 с.

6. Abeele K. Damage assessment in reinforced concrete using spectral and temporal nonlinear vibration techniques // Cement and Concrete Research. 2018. № 30. Pp. 1453–1464.

7. Zhang W. Application of wide band AE sensor in model test of reinforced concrete structures // 17th World conference on nondestructive testing (25–28 oct. 2013 y., Shanghai, China). Shanghai, 2013. Pp. 362–369.

8. Korobko, A.V., Savin, S.Y., Balikhina, Y.E. Estimation of geometrical torsion rigidity of triangular and rectangular sections using interpolation method // Lecture Notes in Mechanical Engineering 2018. Pp. 1293–1301. DOI: 10.1007/978-3-319-95630-5_136

9. Коробко В.И., Коробко А.В. Контроль качества строительных конструкций: Виброакустические технологии. М.: Изд-во АСВ, 2003. 288 с.

10. Коробко В.И., Калашникова Н.Г., Абашин Е.Г. Поперечный изгиб и свободные колебания упругих изотропных пластинок в виде равнобедренных треугольников // Строительство и реконструкция. 2021. № 6 (98). С. 20–27.

11. Savin S.Yu., Balikhina Yu.E. Estimation of Geometrical Torsion Rigidity of Triangular and Rectangular Sections Using Interpolation Method // Proceedings of the 4th International Conference on Industrial Engineering. 2019. Pp 1283–1291.

12. Korobko A.V., Korobko V.I., Interrelation of rigidity of triangular cross-sections under bar torsion with conformal radii relation // Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 687. Pp. 32–37.

13. Kim U.A. Nondestructive testing method for crack in carbon fiber reinforced concrete with infrared thermography // Journal key engineering materials. 2015. Vol. 32. Pp. 2128–2133

14. Limaye B. Need for non-destructive testing (NDT) of reinforced concrete & various ND tests // National seminar of ISNT Chennai: 2002. Pp. 472–483.

15. Коробко В.И., Калашникова Н.Г., Калашникова О.В. Контроль жесткости упругих пластинок с помощью вибрационного метода // Строительство и реконструкция. 2017. № 6 (74). С. 26–31.

16. Коробко В.И., Калашникова Н.Г. Экспериментальное определение основной частоты колебаний пластинок в виде ромба и равнобедренного треугольника // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2018. № 3 (329). С. 57–63.

17. Гунгер Ю.Р. Ультразвуковой и вибрационный контроль состояния железобетонных стоек опор и фундаментов воздушных линий электропередачи // Электро-инфо. 2022. № 11. С. 40–43.

18. Абашин Е.Г. Оценка площади поперечного сечения рабочей арматуры в железобетонных балках по результатам вибрационных испытаний. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 4. С. 26–32.

19. Пат. 2473880 Российская федерация, С2 МПК G01N 3/30. Способ определения модуля упругости бетона в упругих железобетонных конструкциях балочного типа. / В.И. Коробко, А.В. Коробко, Е.Г. Абашин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК». № 2011116856; заявл. 27.04.2011; опубл. 27.01.2013, Бюл. №3. 3 с.

20. Абашин Е.Г. Определение начального модуля упругости бетона по основной частоте колебаний железобетонных балок // Научный журнал строительства и архитектуры. 2017. № 4 (48). С. 21–28.

21. Ядгаров У.Т. О затухании волн в структурно неоднородных упругих средах // Молодой ученый. 2016. №2. С. 280–282.

22. Жоголева О.А., Гиясов Б.И., Федорова О.О. Методика определения звукоизоляции ограждений квартир по условиям защиты от шума // Вестник МГСУ. 2017. №10 (109). С. 1153–1162.

23. Korobko A.V., Kalashnikova N.G., Tyurin V.O. Geometric rigidity of torsion of thin-walled pipes: theory and experiment // Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 687. Pp. 61–66.

24. Пат. 2719793 Российская Федерация, G01M5/00 G01N29/11 Способ определения модуля упругости бетона в упругих железобетонных балках / Е.Г. Абашин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Орловский ГАУ. № 2019102569 ; заявл. 30.01.2019 ; опубл. 23.04.2020, Бюл. № 3. 4 с.

Информация об авторах

Абашин Евгений Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры агропромышленного и гражданского строительства. E-mail: evabashin@yandex.ru. Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина. Россия, 302019, Орел, ул. Генерала Родина, д. 69.

Поступила 10.07.2023 г.

© Абашин Е.Г., 2023

Abashin E.G.

Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin

E-mail: evabashin@yandex.ru

DETERMINATION OF THE ELASTIC MODULUS OF CONCRETE IN REINFORCED CONCRETE BEAMS BY THE RATE OF VIBRATION DAMPING

Abstract. The article shows a method for determining the modulus of elasticity of concrete by the measured dynamic characteristics of the tested structure – the damping coefficient of vibrations of reinforced concrete unstressed beams operating in the first stage of the stress-strain state.

We have proposed to use this characteristic of reducing the amplitude of vibrations, which takes into account the loss of kinetic energy in a reinforced concrete beam. It is assumed that a change in the modulus of elasticity of concrete in the considered range will significantly affect the rate of damping of vibrations, since with an increase in the modulus of elasticity of concrete, the elastic properties of the reinforced concrete element prevail over the plastic properties. When conducting experiments, one should strive for the same support conditions and introduce an equal level of energy into the oscillatory system. In this case, the energy loss in the reinforced concrete beam, expressed by the value of the vibration damping coefficient, will allow to determine the modulus of elasticity of concrete with a higher degree of probability in comparison with the practiced mechanical or ultrasonic methods.

We have developed a new method for determining the elastic modulus of concrete, based on the empirical determination of the vibration-damping coefficient of reference structures of a given type and size and the construction of a graphical dependence of the vibration damping coefficient on the elastic modulus of concrete. We have obtained greater accuracy in determining the modulus of elasticity of concrete in comparison with the practiced mechanical or ultrasonic methods.

Keywords: vibration-damping coefficient, reinforced concrete beams without prestressing reinforcement, modulus of elasticity of concrete, non-destructive testing methods.

REFERENCES

1. Bajkov V.N., Sigalov E.E. Reinforced concrete structures: general course [Zhelezobetonnye konstrukcii: obshchij kurs]. M.: Izd-vo Strojizdat, 2013. 767 p. (rus)
2. Kozachek V.G., Nechaev N.V., Notenko S.N. Inspection and testing of buildings and structures [Obsledovanie i ispytanie zdaniy i sooruzhenij]. M.: Izd-vo Vysshaya shkola, 2018. 447 p. (rus)
3. Sekhniashvili E.A. Integral assessment of the quality and reliability of prestressed structures [Integral'naya ocenka kachestva i nadezhnosti predvaritel'no napryazhennykh konstrukcij]. M.: Nauka, 1988. 217 p. (rus)
4. Caj T.N. Building structures. Reinforced concrete structures [Stroitel'nye konstrukcii. Zhelezobetonnye konstrukcii]. Lan', 2022. 464 p. (rus)
5. Gabrusenko V.V., Bekker V.A. Stone and reinforced concrete structures of single-storey buildings [Kamennye i zhelezobetonnye konstrukcii odnoetazhnykh zdaniy]. Novosibirskij GASU, 2021. 223 p. (rus)
6. Abeele K. Damage assessment in reinforced concrete using spectral and temporal nonlinear vibration techniques. Cement and Concrete Research. 2018. No. 30. Pp. 1453–1464.
7. Zhang W. Application of wide band AE sensor in model test of reinforced concrete structures. 17-th World conference on nondestructive testing (25–28 oct. 2013 y., Shanghai, China). Shanghai, 2013. Pp. 362–369.
8. Korobko A.V., Savin S.Y., Balikhina Y.E. Estimation of geometrical torsion rigidity of triangular and rectangular sections using interpolation method. Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2018. Pp. 1293–1301. DOI: 10.1007/978-3-319-95630-5_136
9. Korobko V.I., Korobko A.V. Stone and reinforced concrete structures of single-storey buildings Quality control of building structures: Vibroacoustic technologies [Kontrol' kachestva stroitel'nykh konstrukcij: Vibroakusticheskie tekhnologii]. M.: ASV, 2003. 288 p. (rus)
10. Korobko V.I., Kalashnikova N.G., Abashin E.G. Transverse bending and free oscillations of elastic isotropic plates in the form of isosceles triangles [Poperechnyj izgib i svobodnye kolebaniya uprugih izotropnykh plastinok v vide ravnobedrennykh treugol'nikov]. Construction and reconstruction. 2021. No. 6 (98). Pp. 20–27. (rus)
11. Savin S.Yu., Balikhina Yu.E. Estimation of Geometrical Torsion Rigidity of Triangular and Rectangular Sections Using Interpolation Method. Proceedings of the 4th International Conference on Industrial Engineering. 2019. Pp. 1283–1291.
12. Korobko A.V., Korobko V.I., Interrelation of rigidity of triangular cross-sections under bar torsion with conformal radii relation. Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 687. Pp. 32–37.
13. Kim U.A. Nondestructive testing method for crack in carbon fiber reinforced concrete with infrared thermography. Journal key engineering materials. 2015. Vol. 32. Pp. 2128–2133.
14. Limaye B. Need for non-destructive testing (NDT) of reinforced concrete & various ND tests. National seminar of ISNT Chennai. 2002. Pp. 472–483.
15. Korobko V.I., Kalashnikova N.G., Kalashnikova O.V. Control of the stiffness of elastic plates using the vibration method [Kontrol' zhestkosti uprugih plastinok s pomoshch'yu vibracionnogo metoda]. Construction and reconstruction. 2017. No. (74). Pp. 26–31. (rus)
16. Korobko V.I., Kalashnikova N.G. Experimental determination of the fundamental frequency of vibrations of plates in the form of a rhombus and an isosceles triangle [Eksperimental'noe opredelenie osnovnoj chastoty kolebanij plastinok v vide romba i ravnobedrennogo treugol'nika]. Fundamental and applied problems of engineering and technology. 2018. No. 3 (329). Pp. 57–63. (rus)
17. Gunger Yu.R. Ultrasonic and vibration monitoring of the condition of reinforced concrete pillars supports and foundations of overhead power lines of the triangle [Ul'trazvukovoj i vibracionnyj kontrol' sostoyaniya zhelezobetonnykh stoek opor i fundamentov vozdukhnykh linij elektroperedachi]. Elektro-info. 2022. No. 11. Pp. 40–43. (rus)
18. Abashin E.G. Evaluation of the cross-sectional area of the working reinforcement in reinforced concrete beams based on the results of vibration tests [Ocenka ploshchadi poperechnogo secheniya rabochej armatury v zhelezobetonnykh balkah po rezul'tatam vibracionnykh ispytaniy]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2018. No. 4. Pp. 26–32. (rus)
19. Korobko V.I., Korobko A.V., Abashin E.G. Method for determining the modulus of elasticity of concrete in elastic reinforced concrete structures of beam type. Patent RF, no. 2011116856, 2013.
20. Abashin E.G. Determination of the initial modulus of elasticity of concrete by the main frequency of vibrations of reinforced concrete beams [Opredelenie nachal'nogo modulya uprugosti betona po osnovnoj chastote kolebanij zhelezobetonnykh balok]. Scientific Journal of Construction and Architecture. 2017. No. 4 (48). Pp. 21–28. (rus)
21. Yadgarov U.T. On wave attenuation in structurally inhomogeneous elastic media [O zatuhanii voln v strukturno neodnorodnykh uprugih sredah]. Molodoj uchenyj. 2016. No. 2. Pp. 280–282. (rus)

22. Zhogoleva O.A., Giyasov B.I., Fedorova O.O. Methodology for determining the sound insulation of apartment fences according to the conditions of noise protection [Metodika opredeleniya zvukoizolyacii ograzhdenij kvartir po usloviyam zashchity ot shuma]. Bulletin MGBU. 2017. No. 10 (109). Pp. 1153–1162. (rus)

23. Korobko A.V., Kalashnikova N.G., Tyurin V.O. Geometric rigidity of torsion of thin-walled pipes: theory and experiment. (Scopus). Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 687 Pp. 61–66.

24. Abashin E.G. Method for determining the modulus of elasticity of concrete in elastic reinforced concrete beams. Patent RF, no. 2019102569, 2020.

Information about the authors

Abashin, Evgeniy G. PhD. E-mail: evabashin@yandex.ru. Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin. Russia, 302019, Oryol, st. General Rodina, 69.

Received 10.07.2023

Для цитирования:

Абашин Е.Г. Определение модуля упругости бетона в железобетонных балках по скорости затухания колебаний // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 9. С. 23–30. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-23-30

For citation:

Abashin E.G. Determination of the elastic modulus of concrete in reinforced concrete beams by the rate of vibration damping. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 9. Pp. 23–30. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-23-30

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-31-42

^{1,*}Арслан М.И., ^{1,2}Ладик Е.И.¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

*E-mail: maryam.rizaeva@bk.ru

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЫ МАЛЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ ГОРОДОВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ (НА ПРИМЕРЕ Г. ВАЛУЙКИ)

Аннотация. Статья посвящена анализу особенностей формирования и современного состояния архитектурной среды малых исторических городов России. Исследование проведено на примере исторического малого города Валуйки, расположенного в южной части Белгородской области. Выделены этапы формирования планировочной структуры и особенности исторической застройки центральной части города, проведен ландшафтно-визуальный анализ территорий городского центра. В результате исследования выявлены проблемы развития и визуального восприятия городской среды, в их числе: диссонирующие колористические решения современных построек, несоответствие архитектурного облика объектов нового строительства образу окружающей исторической застройки, недостаточная пешеходная связность территории центральной части города, объекты благоустройства городской среды не соответствуют ее идентичности и включают в себя деградирующие участки. С целью сохранения идентичности архитектурной среды малого города Валуйки предложены направления перспективного развития среды исторического центра, включающие развитие приречной территории реки Валуй, разработку дизайн-кода городской среды, разработку системы навигации для центральной части города, организацию пешеходных туристических маршрутов. Предложенные меры нацелены на сохранение уникальности архитектурной среды малого города, что является важным элементом сохранения исторического и культурного наследия региона.

Ключевые слова: малый город, идентичность, ландшафтно-визуальный анализ, историческая застройка, архитектурная среда.

Введение. Большая часть исследований в области становления и развития малых городов подчеркивает роль этих образований в сохранении историко-культурного наследия регионов, а также обосновывает их важную функцию в транспортной и социально-инфраструктурной системе взаимосвязей региональных систем расселения. Проблемы развития малых городов и сельских поселений зачастую связывают с постреформенным периодом в системе расселения Российской Федерации, когда происходила деформация в различных сферах жизни общества [1]. Малые города являются ключевыми элементами в системе расселения Российской Федерации, их количество составляет более половины числа населенных пунктов России. Из 1117 городов РФ на 2022 год – 794 города являются малыми, это составляет 71 %, при этом, по показателям переписи населения 2020–2021 годов в малых городах проживает 16 млн. чел. – это 10,8 % населения страны (согласно сведений Росстат «Всероссийская перепись населения 2020 года»). Именно малые города исторически выступали в качестве основы развития центров национальной культуры. Значительная часть малых городов (17,7 %) относится к категории исторических [2].

Расположение малых городов в структуре обширных территорий регионов Российской Федерации позволяет осуществлять управление

комплексным развитием сельских территорий и решать задачи социального-экономического развития регионов [3]. Малые города зачастую сохраняют в своей структуре объекты культурного наследия и территории ценных культурных ландшафтов: археологических, мемориальных, сельскохозяйственных, этнологических и др. [4]. В структуре расселения Белгородской области на сегодняшний день преобладают малые города, среди которых такие города как: Шебекино, Алексеевка, Строитель, Новый Оскол, Грайворон, Короча, Бирюч, Валуйки [5].

Актуальность данного исследования заключается в необходимости изучения и анализа современного состояния архитектурной среды малых исторических городов, включая объекты историко-культурного наследия и культурные ландшафты с целью поиска принципов сохранения идентичности архитектурной среды и адаптации к современным функциям объектов культурного наследия.

Комплексные междисциплинарные исследования населения малых городов России в своих трудах рассматривали Григулевич Н.И., Ямсков А.Н., Зыкина О.А., Дуброва Н.А., Григрян Г.Ш., Сабина Д.С. [6]. Исследования в области развития малых городов отражены в научных работах Маркина В.В., Малышева М.Л., Землянского Д.Ю., Щенкова А.С. [7, 5].

Исторические процессы развития региональных систем расселения Центрально-Чернозёмного региона России освещены в трудах Есаулова Г.В. и Енина А.Е. [8, 9]. Особенности формирования и развития планировочной структуры малых исторических городов Белгородской области рассмотрены в исследованиях Перьковой М.В., Колесниковой Л.И., Ладик Е.И., Баклаженко Е.В. История основания Валуйской крепости являлась отдельным предметом исследований Загоровского В.П., Карагодина М.И., Чепухина А.Г. Характер становления планировочной структуры города Валуйки, влияние исторических событий на изменения планировки и застройки города рассмотрены в исследованиях Перьковой М.В., Трибунцевой К.М. Однако отдельные аспекты, касающиеся современного состояния исторической застройки и поиска перспективных направлений развития архитектурной среды малых городов Белгородской области, остаются на текущий момент времени недостаточно изученными.

Целью данного исследования является анализ особенностей формирования и современного состояния архитектурной среды исторического центра малого города на примере г. Валуйки Белгородской области. Объектом исследования архитектурная среда исторического центра малого города Валуйки.

Материалы и методы. В ходе исследования был использован комплексный подход, применялись методы ретроспективного и композиционного анализа городской среды. Проанализирована территория исторического центра малого города г. Валуйки, выявлены исторические этапы ее развития и особенности планировочной структуры. Проведен визуально-ландшафтный анализ центральной части г. Валуйки в границах улиц: Пролетарская, 1 Мая, Луначарского и Никольская. Выявлены исторические архитектурные доминанты, основные направления визуального восприятия объектов культурного наследия, ключевые точки зон видимости и элементы диссонирующей застройки.

Основная часть. Исторические города по обстоятельствам их образования возможно подразделить на следующие типы: города (X–XVII вв.) – оборонительные крепости; административные города (XVIII в.); торгово-промышленные города (вторая половина XIX в.) [10].

Центрально-Чернозёмный регион России, в состав которого входит ряд областей (Воронежская, Липецкая, Курская, Тамбовская и Белгородская области) характеризуется общностью процессов культурно-исторического развития, повлиявших на процесс формирования городов и

населенных пунктов в системе расселения данных территорий [8]. Пограничный характер расположения территории Белгородской области во многом определял особенности ее системы расселения. В XVI–XVII вв. на территории современной Белгородской области формировалась широтная система расселения, обусловленная строительством «Белгородской черты» – оборонительной линии у южных границ Российского государства (рис. 1). Белгородская черта являлась протяженной структурой соединенных между собой укреплений, городов-крепостей (Белгород, Болховец, Карпов, Нежегольск, Яблонов, Валуйка и др.) оборонительных земляных валов, засек, а также естественных природных препятствий [11, 12]. Укрепленная линия Белгородской черты имела протяженность около 800 км. Необходимость возведения оборонительной линии была обусловлена активным освоением территорий «Дикого поля». Белгородская черта служила щитом от набегов крымских татар и ногайцев. Крепости Белгородской черты располагались таким образом, чтобы возможно было наблюдать за движением набегов неприятеля по историческим путям «шляхам» или «сакмам» вглубь территории Российского государства. Фортификационные функции городов Белгородской черты стали определяющим фактором формирования их планировочной структуры. В основном города имели планировочную структуру компактного типа с ярко выраженной центральной частью – территорией исторической крепости, расположение которой было обусловлено топографией местности.

Крепости Белгородской черты возможно подразделить на два основных вида в зависимости от структуры защитных сооружений: крепости, построенные с использованием земляных валов на открытой местности с относительно спокойным рельефом и крепости, возведенные с использованием особенностей ландшафта в качестве естественного природного препятствия. Примером первого вида городов-крепостей могут служить города Яблонов и Болховец. Крепости второго типа были деревянными и строились как правило на крутых берегах рек, к данному виду крепостей возможно отнести и крепость Валуйку. Крепость Валуйка, ставшая основой развития города Валуйки, в XIV веке являлся самым южным форпостом Российского государства.

Рассмотрим особенности планировочной структуры малых городов Белгородской области на примере малого города Валуйки. Город Валуйки находится в юго-восточной части современной территории области и в настоящее время является административным центром Валуйского муниципального района.

Крепость Валуйка была возведена в XVI веке на высоком правом берегу реки Валуй при впадении в реку Оскол и являлась рубленным городом. Западнее крепости проходил Кальмиусский шлях, восточнее – Изюмский [13]. До настоящего времени сохранилось малое количество источников, достоверно свидетельствующих о планировочной структуре крепости Валуйка на начальных этапах ее строительства. Известно, что планировочный центр города находился на обрывистом правом берегу реки Валуй и в плане имел прямоугольные очертания. Общая протяженность городских оборонительных укреплений составляла около 540 м. С трех сторон город был окружен рвом и стенами. Стены города формировались из прямоугольных срубов «городней», в некоторых случаях в них устраивали амбары и складские помещения. По уровню верха

сруба устраивалось перекрытие – «мост», на котором размещались защитники города. Над «мостом» устраивалась кровля. Структура крепости включала дубовые четырехугольные башни, высота которых достигала от 7 до 8 м. Город имел въездные ворота: Никольские, Спасские и Троицкие (водяные). Согласно переписи населения 1616 г. В городе насчитывалось 646 чел., через одиннадцать лет – 774 чел.

В 1633 году Валуйская крепость была разорена [14], однако ее в короткий срок восстановили. В 1647 году крепость сгорела, была возведена новая крепость, имевшая одиннадцать башен [15]. К концу XVII века население достигло 3500 чел., в рамках рассматриваемого временного отрезка это был довольно крупный город (рис. 1).

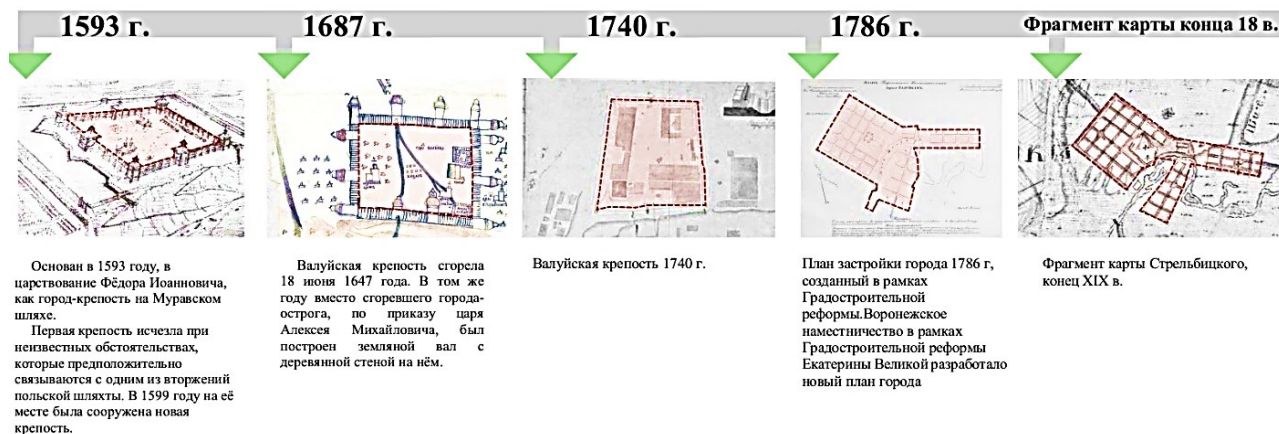


Рис. 1. Картографический анализ развития планировочной структуры города Валуйки. Сост. Арслан М.И.

В 1765 г. крепость была ликвидирована. Все служивое население бывшей крепости переведено на положение государственных крестьян. Так, к концу XVII века население города составляло 5000 человек, а к середине XVIII века численность населения снилась до 2000 человек. К концу XVIII века Валуйки пришли в упадок (рис. 1).

Город Валуйки развивался преимущественно, выполняя оборонительные функции. Местоположение города характеризовалось удаленностью от основных городов засечной черты, в этой связи доступность территории была достаточно слабой.

Новое строительство (в том числе торговое и промышленное), проведение железных дорог послужило основой для социально-экономического развития города. Сохранилось несколько планов и карт города Валуйки различных исторических периодов. В рамках масштабной Градостроительной реформы Екатерины II в 1786 году был разработан новый план города Валуйки (рис. 2).

Предложенный план предусматривал расположение общественной застройки у городской площади, казенных зданий, гостиницы и др. При этом строения предписывалось выполнять из камня, во избежание пожаров. В 1791 году в Валуйках была построена начальная школа, в 1840 году возведен храма Святителя Николая Чудотворца, в 1853 году – Владимирский собор.

Во второй половине XIX века строительство железных дорог (в 1895 году – линии Харьков-Балашов, в 1897 году – Елец-Валуйки) способствовало развитию экономики и становлению города в качестве транспортного узла регионального значения. В данный период в городе развивалась сфера торговли и промышленного производства. В 1854 году был возведен маслобойный завод, который в 1870-1880 г. был переведен с конной тяги на машинную. Маслобойный завод просуществовал до 1920 г.

В 1928 году Валуйки вошли в состав Острогожского округа Центрально-Черноземной области, а в 1930-е годы город являлся администра-

тивным центром Валуйского района Курской области. Во время Великой Отечественной войны Валуйский район был оккупирован немецкими

войсками, в данный период большие потери понес жилищный фонд города, но был полностью восстановлен к 1950-м гг., также была возобновлена работа железнодорожного узла.



Рис. 2. Ретроспективный анализ развития территории города Валуйки. Сост. Арслан М.И.

На сегодняшний день площадь города составляет 35 км². По данным 2021 г. население г. Валуйки составило 33 032 человек. Современная планировочная структура города смешанная: для центральной и юго-восточной территорий города характерна регулярная планировка; для западной части города – лучевая структура. Результаты ретроспективного анализа развития планировочной структуры города с XVII по XXI вв. демонстрируют устойчивую тенденцию увеличения площади городской застройки с сохранением основ регулярной планировочной структуры исторического центра (рис. 2).

Для любого малого города важен баланс современной и исторической застройки, чтобы его определить необходимо изучить положение исторических зданий в структуре города, выявить их связь между собой и центром города, определить характер застройки относительно объектов современного строительства. Современное строительство включается в структуру города, опираясь на историческую составляющую, важно проследить, насколько рационально проводилось новое строительство относительно исторической застройки города Валуйки в целом. Подобные исследования позволяют определить перспективные направления комплексного развития сложившейся архитектурной среды исторической части города и урегулировать баланс его территории.

Ландшафтно-визуальный анализ сложившейся застройки, проведенный в рамках данного исследования, показал, что исторической природной композиционной осью центральной части города является река Валуй. В качестве композиционного центра выступает пространство городской площади. На территории историче-

ского центра располагаются объекты культурного наследия регионального значения – памятники жилой, общественной и промышленной архитектуры, такие как: Валуйская типография, историко-художественный музей им. Игнатъева и др. В зоне прибрежной территории р. Валуй сохранились до наших дней части земляных валов Валуйской крепости, представляющие из себя ценные археологические ландшафты. Вблизи воссоздан фрагмент деревянной крепостной стены.

Рассмотрим подробнее архитектурную среду центральной части города в границах улиц: Пролетарская, 1 Мая, Луначарского и Никольская. Площадь данной территории составляет 33,3 га. Территорию пересекает малая река Валуй, которая разделяет город на две части и одновременно с этим является точкой притяжения населения. Ширина реки в границах исследуемого участка варьируется от 7,19 м. до 16 метров (рис. 3).

На анализируемом участке преобладает жилая застройка, которую в основном составляют индивидуальные жилые дома и многоэтажная жилая застройка этажностью до 5 этажей, также на территории присутствуют общественно-деловые и административные здания и объекты культурного наследия регионального значения, такие как: историко-художественного музей им. Игнатъева, детская школа искусств №1, «Базовая школа» (табл. 1). В границах защитной зоны объектов культурного наследия запрещается строительство капитальных объектов и их реконструкция, связанная с изменением их параметров (высотности, количества этажей, площади), за исключением строительства и реконструкции линейных объектов.

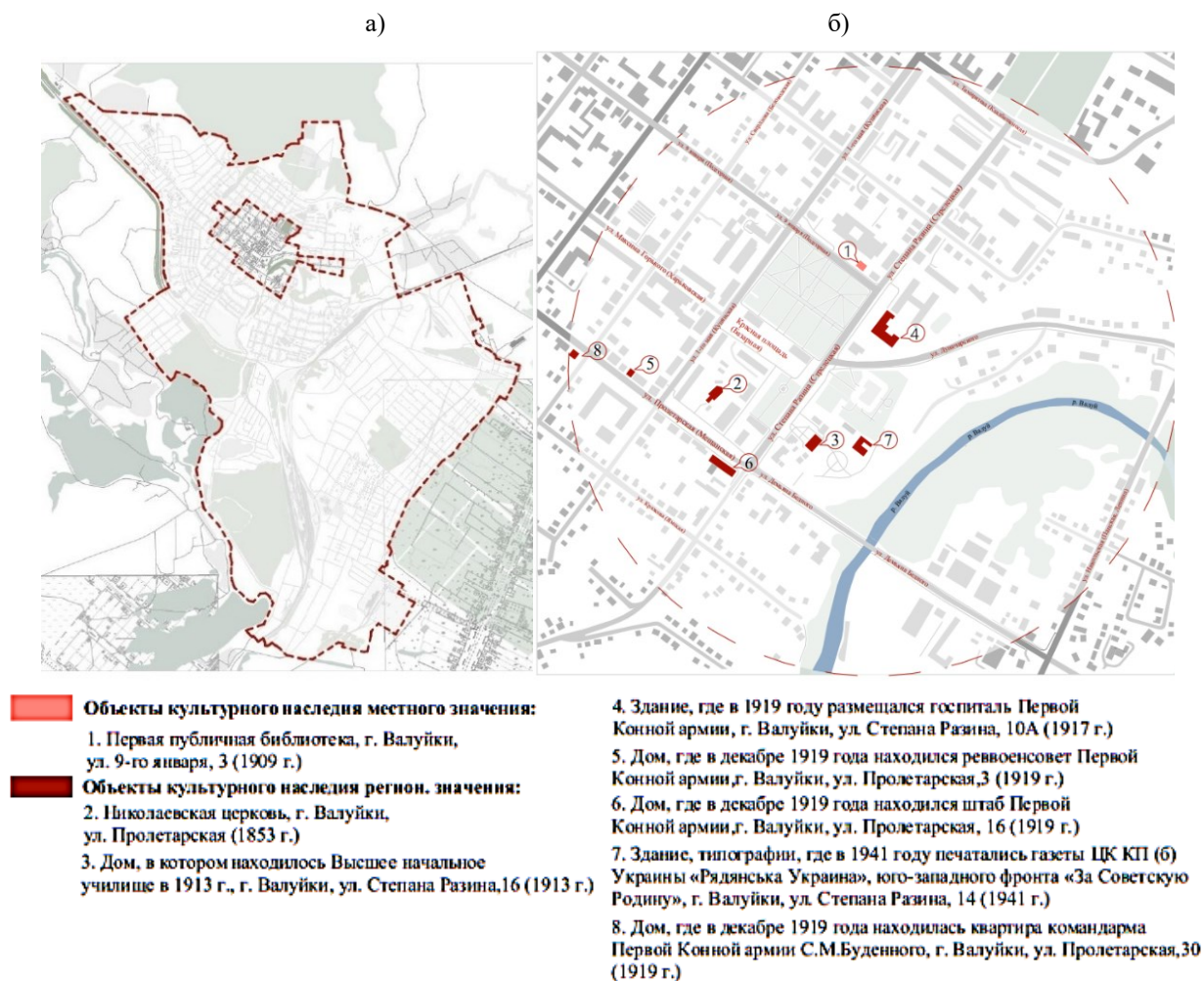


Рис. 3. Расположения анализируемого участка в границах города:

(а) – ситуационный план анализируемой территории (б) – схема расположения объектов историко-культурного наследия в центральной части г. Валуйки. Сост. Арслан М.И.

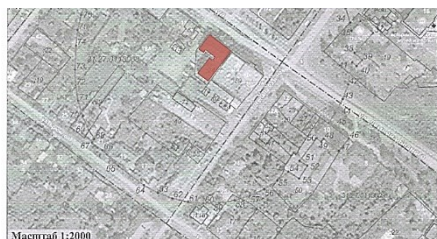
Таблица 1

Объекты культурного наследия в границах исследуемой территории

Местоположение в структуре города и границы защитной зоны	Фотофиксация исторический вид (а) современный вид (б)	
Объект культурного наследия регионального значения «Дом, в котором находилось Высшее начальное училище в 1913 году»		
 Условные обозначения территория ОКН 31:27:2:229 кадастровый номер квартала граница защитной зоны граница земельного участка, включенная в ЕПРН характерная точка границ защитной зоны граница кадастрового квартала кадастровый номер земельного участка		
	а) Дом, в котором находилось Высшее начальное училище в 1913 г. Фото 1991 г.	б) Историко-художественный музей им. Игнатъева. Современный вид Фото 1991 г.
Исторические сведения. Здание построено в 1913 г., в нем размещалось Высшее начальное училище, в послевоенные годы - базовая школа Валуйского педагогического училища. С 1964 г. – художественный музей, с 1984 года — музей изобразительных искусств. В 1987 году музей стал филиалом Белгородского областного художественного музея. В 1989 году был проведен капитальный ремонт. В 2001–2003 гг. здание было реконструировано. В настоящее время здесь размещается историко-художественного музей им. Игнатъева. Здание является объектом культурного наследия регионального значения и архитектурным акцентом в структуре сложившейся застройки, имеет два этажа и простую форму плана в виде прямоугольника, архитектурный стиль		

модерн. Данный объект находится на возвышенности, окруженный зелеными насаждениями, включая элементы диссонирующих объектов.

Объект культурного наследия регионального значения «Дом, где в декабре 1919 года находился штаб Первой Конной армии»



Масштаб 1:2000

Условные обозначения
31:27:0113008

территория ОКП
граница защитной зоны
характерная точка границ защитной зоны
кадастровый номер земельного участка

кадастровый номер квартала
граница земельного участка, включенная в ЕГРН
граница кадастрового квартала



а) «Дом, где в декабре 1919 года находился штаб Первой конной армии» Фото 1991 г.



б) Детская школа искусств №1. Современный вид. Фото

Исторические сведения. В 1919 году в здании находился штаб 1-й Конной армии, а до революции – гостиница Илющенко. Здание имеет два этажа Г-образную форму в плане. В данный момент в здании располагается Школа искусств №1 города Валуйки. Фасад здания требует реставрации.

Объект культурного наследия регионального значения «Здание, типографии, где в 1941 году печатались газеты ЦК КП(б) Украины «Рядянська Украина», юго-западного фронта «За Советскую Родину»



Условные обозначения
31:27:0113008

территория ОКП
граница защитной зоны
характерная точка границ защитной зоны
кадастровый номер земельного участка

кадастровый номер квартала
граница земельного участка, включенная в ЕГРН
граница кадастрового квартала



а) Здание, типографии, где в 1941 году печатались газеты ЦК КП (б) Украины «Рядянська Украина», юго-западного фронта «За Советскую Родину» Фото



б) Валуйская типография. Современный вид. Фото

Исторические сведения. Здание, типографии, где в 1941 году печатались газеты ЦК КП (б) Украины «Рядянська Украина», юго-западного фронта «За Советскую Родину» [15] расположено по адресу г. Валуйки, ул. Ст. Разина, 14. Здание имеет один этаж. Фасад отреставрирован. Рядом с зданием располагается смотровая площадка и Историко-художественный музей им Игнатъева. В настоящее время здание сохраняет свою историческую функцию, в нем располагается Валуйская типография. Территория, прилегающая к зданию недостаточно благоустроена.

Объект культурного наследия регионального значения «Здание, где в 1919 году размещался госпиталь Первой Конной армии»



Условные обозначения
31:27:0113004

территория ОКП
граница защитной зоны
характерная точка границ защитной зоны
кадастровый номер земельного участка

кадастровый номер квартала
граница земельного участка, включенная в ЕГРН
граница кадастрового квартала



Здание, где в 1919 году размещался госпиталь 1-й Конной армии, а сейчас – средняя школа [11]. Фото середины XX века



Базовая школа ВПУ, Валуйки

Объект культурного наследия регионального значения. Здесь в 1902–1907 годах учился авиаконструктор К. А. Калинин, в 1919 году в нём размещался госпиталь 1-й Конной армии, а в настоящее время – средняя школа. Здание имеет два этажа, Г-образную форму в плане. В данный момент в нем располагается «Базовая школа» школы №1. Состояние здания удовлетворительное.

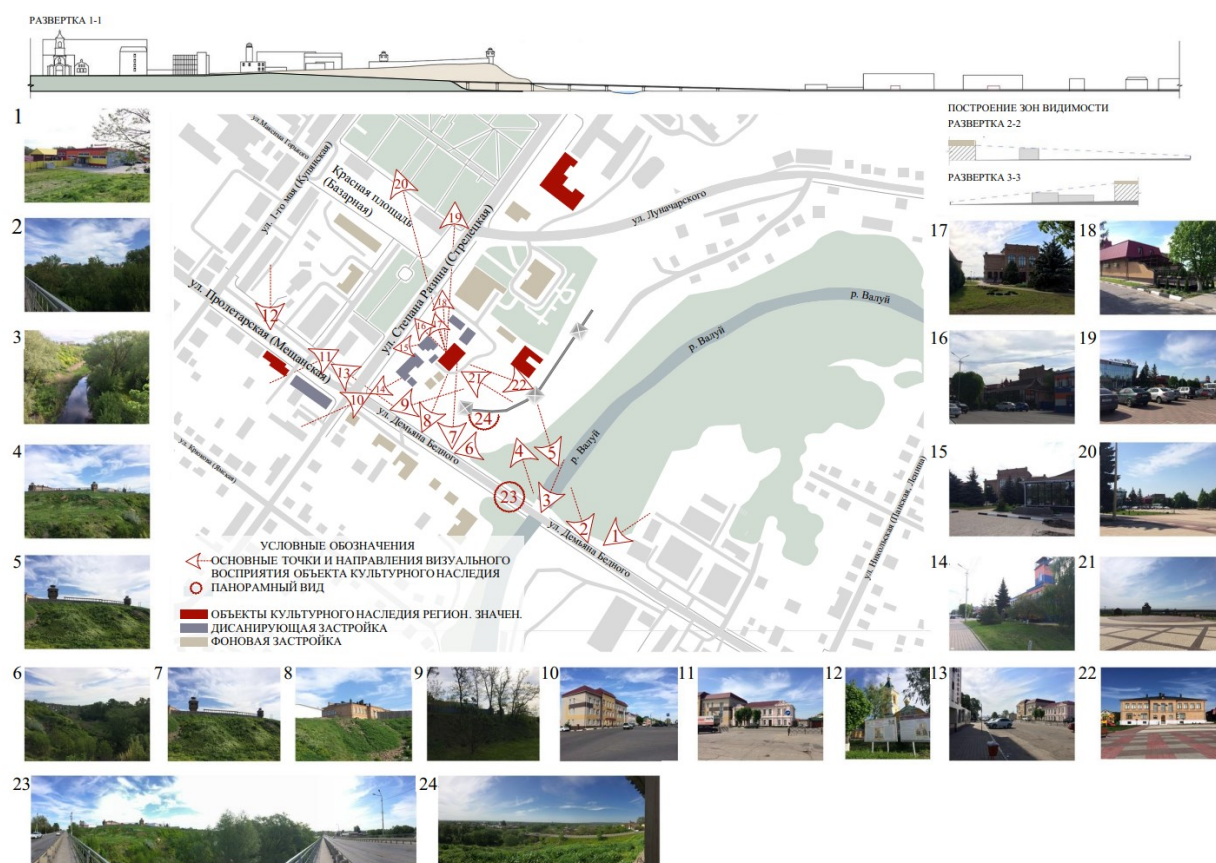


Рис.4. Схема ландшафтно-визуального анализа территории центральной части г. Валуйки в границах улиц: Пролетарская, 1 Мая, Луначарского и Никольская. Сост. Дибров П.А., Ладик Е.И.

Архитектурно-градостроительное наследие региона влияет на облик места, на принятие градостроительных решений, направленных на сохранение своеобразия уникального исторического облика поселений [16]. В ходе проведения визуально-ландшафтного анализа были определены основные точки и направления визуального восприятия объектов исторической застройки. В результате построения данных точек по основным пешеходным маршрутам были получены ключевые точки зон видимости этих объектов. В настоящий момент здание Историко-художественного музея им. Игнатъева выступает акцентным элементом исторической застройки на анализируемом участке. Полноценному восприятию объекта культурного наследия препятствуют близлежащие здания и высокорастущие деревья. В результате анализа выявлены следующие современные проблемы архитектурной среды исторического центра города Валуйки:

- архитектурный облик зданий и сооружений нового строительства не соответствует контексту окружающей исторической застройки;
- колористические решения фасадов современных построек не соответствуют идентичности среды центральной части города (примером может служить колористика фасадов Центра культурного развития города Валуйки);

- территории, прилегающие к объектам культурного наследия, недостаточно благоустроены (в качестве примера возможно привести территории близ здания исторической типографии);
- рекреационная зона на приречной территории малой реки Валуй в центральной части города не имеет достаточной пешеходной связности и включает в себя деградирующие участки;
- недостаточно развита вело-инфраструктура;
- объекты благоустройства городской среды не соответствуют ее идентичности;
- недостаточно разработана информационная система навигации в центральной части города.

Исходя из результатов анализа исторической планировочной структуры г. Валуйки, видно, что значительные фрагменты архитектурной среды, формирующие культурную идентичность города, такие как Валуйская крепость, были утрачены, в сложившейся ситуации уместным представляется контекстуальный подход к развитию территории городского центра. Объекты нового строительства в центральной части исторических городов должны быть вписаны в контекст местности с соблюдением преемственности архитектурных стилей региона, что позволяет дополнить

историческую застройку и создать целостную архитектурную среду. Новые постройки должны сочетаться с существующей застройкой по масштабу и колористическому решению. В границах анализируемой территории в настоящее время часть объектов нового строительства диссонирует с исторической застройкой, так один из доминирующих на территории современных объектов – Центр культурного развития города Валуйки не соответствует контексту исторической архитектурной среды. При этом сохранение морфотипов исторической архитектурной среды и внедрение в нее уместных объемно-планировочных решений является одной из важных задач при проектировании объектов нового строительства в историческом центре города [17]. В раскрытии культурной идентичности города значимую роль также играет нематериальное культурное наследие, в особенности это актуально для городов, утративших часть материальных объектов культурного наследия [18]. К нематериальному культурному наследию можно отнести народные обычаи, традиции, празднества и другие элементы народной культуры. Нематериальное культурное наследие должно быть сохранено и отражено при разработке дизайн-кода городской среды, а также служить основой для развития инфраструктуры культурного и событийного туризма.

Проблема сохранения идентичности исторического центра города не ограничивается вопросами объемно-планировочных параметров и колористических решений объектов нового строительства, важно проследить связь исторической планировочной структуры города с ландшафтом местности [19]. В этой связи в исследования была рассмотрена также приречная территория малой реки Валуй, являющейся основной природной композиционной осью города. Территория включает присклоновое плато, склон и береговую часть. Ширина береговой полосы составляет пятьдесят метров [20]. Приречная территория малой реки Валуй частично благоустроена, однако имеются деградирующие участки, несанкционированные свалки и участки незаконной распашки земель под огороды (рис. 4). Важным композиционным элементом рассматриваемой приречной территории являются воссозданные фрагменты Валуйской крепости, возведенные в 2019 году. Фрагменты крепости были воссозданы на месте исторической крепости, которая существовала в XVI веке и была одной из ключевых точек обороны южных границ России. Была возведена башня высотой, в которой разместились экспозиция музея истории города, а также фрагменты оборонительных стен и ворот. Развитие пешеход-

ных связей и общественных пространств в структуре приречной территории повысит связность территории центральной части города и ее туристический потенциал [21].

Вывод. В ходе исследования был проведен комплексный анализ исторического развития планировочной структуры малого города Валуйки в границах его исторического центра. На основе рассмотренного анализа выявлены проблемы организации архитектурной среды исторического центра города и предложены перспективные направления, касающиеся улучшения качества городской среды и сохранения ее идентичности, среди них:

- развитие рекреационной зоны на приречной территории малой реки Валуй, являющейся главной исторической природной композиционной осью центральной части г. Валуйки;
- развитие сети пешеходных путей с целью улучшения пешеходной связности территории центральной части города и приречной территории реки Валуй;
- развитие связной системы велодвижения и инфраструктуры средств индивидуальной мобильности;
- разработка дизайн-кода городской среды с целью сохранения идентичности исторического центра;
- разработка системы навигации для центральной части города;
- развитие пешеходных маршрутов познавательного туризма в центральной части города.

При разработке предложений по формированию дизайн-кода городской среды необходимо учесть характерные элементы объектов исторической застройки: кирпичное и деревянное декоративное оформление фасадов зданий, резные элементы декора, кованые ограждения, элементы ворот и пр. Элементы исторической городской застройки формируют уникальный облик архитектурной среды города Валуйки и являются важной частью его исторической и культурной ценности. Дизайн-код должен быть разработан с учетом характерных элементов городской среды для применения к территориям центральной части города, индивидуальной жилой застройке, а также к территориям, прилегающим к зданиям общественного назначения. Применение характерных для исторической части г. Валуйки элементов фасадов и колористических решений сформирует единый уличный фронт и будет способствовать целостному восприятию городской среды.

Развитие рекреационной зеленой зоны на приречной территории реки Валуй в центральной части города сформирует экологический коридор

вдоль прибрежной полосы. Организованная зеленая зона должна включать в свою структуру помимо прочих рекреационные городские пространства, спроектированные с учетом принципов снижения антропогенной нагрузки на прибрежные зоны малых рек и их экологической стабилизации, мероприятия по очистке реки и инженерные решения по организации дренажа. Устройство общественного паркового пространства и организация связной пешеходной и велоинфраструктуры для прибрежной территории потенциально увеличит туристическую привлекательность анализируемого участка, что позволит раскрыть его рекреационный потенциал. Организация набережной создаст развитую структуру пешеходных маршрутов и станет центром притяжения для местного населения гостей города. Перспективным направлением является вовлечение населения в процесс разработки проектов благоустройства городской среды, посредством создания цифровых платформ для взаимодействия с населением и проведением социологических исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лексин В.Н. Настоящее и будущее системы расселения – главная проблема России // Федерализм. Учредители: Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова. 2011 № 1(61). С. 57–74. DOI: 10.21686/2073-1051-2011-1-57-74.
2. Мазур Л.Н. Малые города России: особенности формирования историко-культурного ландшафта // Меморативные ландшафты малых городов России и Польши: Сборник научных трудов. Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина; Естественно-гуманитарный университет (г. Седльце, Польша). Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2022. С. 20–49.
3. Бельская Е.Э. Малые города: социально-экономические и демографические проблемы и перспективы развития: Региональный анализ на примере Дальнего Востока // Диссертационная работа Тихоокеанского института географии ДВО РАН, 2005. 28 с.
4. Лавинская О.А. Классификации и районирование культурных ландшафтов в рамках информационно-аксиологического подхода // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. 2013. С. 125–131.
5. Маркин В.В., Малышев М.Л., Землянский Д.Ю. Малые города России: комплексный мониторинг развития. Часть 2 // Мониторинг правоприменения. 2020 №1 (34). С. 61–73. DOI: 10.21681/2226-0692-2020-1-61-74.
6. Григулевич Н.И., Ямсков А.Н., Зыкина О.А. Малые русские города в начале XXI века // Институт этнологии и антропологии им. Н.Н. Миклухо-Маклая РАН – М.: Старый Сад, 2022. 412 с. DOI:10.33876/978-5-89930-170-4/1-412.
7. Маркин В.В., Малышев М.Л., Землянский Д.Ю. Малые города России: комплексный мониторинг развития. Часть 1 // Мониторинг правоприменения. 2019 №4 (33). С. 46–54. DOI: 10.21681/2226-0692-2019-4-46-55.
8. Енин А.Е. Градостроительное развитие малых исторических городов Черноземья. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. 2008. № 4. С. 9–18.
9. Есаулов Г.В. Архитектурно-градостроительное наследие Юга России: его формирование и культурный потенциал // Автореферат. М., 2004. 57 с.
10. Семенов-Тянь-Шанский В.П. Город и деревня в европейской России: очерк по экономической географии // СПб. Тип. В. Ф. Киршбаума, 1910. 212 с.
11. Трибунцева К.М. Возникновение и строительство Белгородской засечной черты // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2017 № 6. С. 86–90. DOI: 10.12737/article_5926a059af8000.98809493.
12. Перькова М.В., Трибунцева К.М. Возникновение развитие малых городов Белгородской области // Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. 145 с.
13. Чепухин А.Г. Волуйка: крепость на южнорусской окраине (судьбы служилых и жилацких людей XVII века). 2014. Т. V. С. 156–416.
14. Чуркина, Т.А. Крепость Валуйки в системе оборонительных сооружений Юга России. Карамзинские чтения: сб. материалов науч.-практ. конф., посвящённой 250-летию со дня рождения Н.М. Карамзина, Белгород, 12 дек. 2016 г. // М-во образования и науки РФ, НИУ БелГУ; отв. ред. И.В. Истомина. Белгород, 2017. С. 50–53.
15. Сухоруков М.И. Валуйки – форпост Отечества: альбом-летопись // Белгород: «Облтипография», 1999. 216 с.
16. Чернова Е.Б. Социологическое обоснование стратегий территориального развития: методологические и практические аспекты // Региональная экономика. Юг России. 2017. №1 (15). С. 36–46. DOI:10.15688/re.volsu.2017.1.4.
17. Мильчик М.И. Исторический город и современная архитектура. Ленинград: «Знание». 1990. 32с.
18. Щенков А.С., Антонова Н.Е. Архитектурное наследие и идентичность русских городов // Проект Байкал. 2020. Т. 17. № 65. С. 27–31.

19. Щенков А.С. Проблемы преемственного развития исторической застройки малых русских городов В сборнике: Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2017 году. Сборник научных трудов Российской академии архитектуры и строительных наук. Москва, 2018. С. 274–279. DOI: 10.22337/9785432302656-274-279

20. Чистобаев А.И. Красовская О.В., Скатерщиков С.В. Территориальное планирование на уровне субъектов России. СПб: СПбГУ, НИП "ЭНКО", Издательский дом "Инкери", 2010. С. 296.

21. Баклаженко Е.В. Классификация и зонирование приречных территорий малых городов на примере Белгородской области // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2020. № 8. С. 61–68. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-8-61-68

Информация об авторах

Арслан Марьям Ильхамовна, ассистент кафедры архитектуры и градостроительства. E-mail: maryam.rizaeva@bk.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Ладик Елена Игоревна, кандидат архитектуры, доцент. E-mail: krushelnitskaya1@rambler.ru. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. Россия, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29.

Поступила 07.08.2023 г.

© Арслан М.И., Ладик Е.И., 2023

^{1,*}Arslan M.I., ^{1,2}Ladik E.I.

¹Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

²Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

*E-mail: maryam.rizaeva@bk.ru

FEATURES OF FORMING AND DEVELOPMENT OF THE ARCHITECTURAL ENVIRONMENT OF SMALL HISTORICAL CITIES IN THE BELGOROD REGION (ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF VALUYKI)

Abstract. The article is dedicated to analyzing the peculiarities of the formation and current state of the architectural environment of small historical cities in Russia. The research is conducted using the example of the historical small city of Valuyki, located in the southern part of the Belgorod region. The stages of formation of the planning structure and the characteristics of the historical development of the central part of the city are identified, and a landscape-visual analysis of the territory of the city center is conducted. As a result of the research, problems of development and visual perception of the urban environment are identified, including: discordant color solutions of modern buildings, inconsistency between the architectural appearance of new buildings and the image of the surrounding historical architecture, insufficient pedestrian connectivity in the central part of the city, and degradation in certain areas within the urban environment. To preserve the identity of the architectural environment of the small city of Valuyki, directions for its prospective development are proposed. They are the development of the riverside territory of the Valuy River, the development of a design code for the urban environment, the implementation of a navigation system for the central part of the city, and the organization of pedestrian tourist routes. The proposed measures are aimed at preserving the uniqueness of the architectural environment of the small city, which is an important element in preserving the historical and cultural heritage of the region.

Keywords: development of a small town, landscape-visual analysis, historical buildings, visual qualities of the environment.

REFERENCES

1. Lexin V.N. Present and Future of the Settlement System – the Main Problem of Russia [Nastoyashchee i budushchee sistemy rasseleniya – glavnaya problema Rossii]. Federalism. Founders: Plekhanov Russian University of Economics. 2011. No.

1(61). Pp. 57–74. DOI: 10.21686/2073-1051-2011-1-57-74. (rus)

2. Mazur, L.N. Small Cities of Russia: Features of Formation of Historical and Cultural Landscape [Malye goroda Rossii: osobennosti formirovaniya istoriko-kul'turnogo landshafta]. Memorial Land-

scapes of Small Cities in Russia and Poland: Collection of Scientific Works. Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin; Natural and Humanitarian University (Siedlce, Poland). Yekaterinburg: Ural University Publishing, 2022. Pp. 20–49. (rus)

3. Belskaya E.E. Small Cities: Socio-economic and Demographic Problems and Development Prospects: Regional Analysis on the Example of the Far East [Malye goroda: social'no-ekonomicheskie i demograficheskie problemy i perspektivy razvitiya: Regional'nyj analiz na primere Dal'nego Vostoka]. Dissertation of the Pacific Institute of Geography, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 2005. 28 p. (rus)

4. Lavinskaya O.A. Classifications and Zoning of Cultural Landscapes within the Information-Axiological Approach [Klassifikacii i rajonirovanie kul'turnyh landshaftov v ramkah informacionno-aksiologicheskogo podhoda]. Bulletin of Pskov State University. Series: Natural and Physical-Mathematical Sciences. 2013. Pp. 125–131. (rus)

5. Markin V.V., Malyshev M.L., Zemlyansky D.Yu. Small Cities of Russia: Comprehensive Monitoring of Development [Malye goroda Rossii: kompleksnyj monitoring razvitiya]. Part 2. Monitoring of Law Enforcement. 2020. No. 1 (34). Pp. 61–73. DOI: 10.21681/2226-0692-2020-1-61-74. (rus)

6. Grigulevich N.I., Yamskov A.N., Zykina O.A. Small Russian Cities in the Early 21st Century [Malye russkie goroda v nachale XXI veka]. Institute of Ethnology and Anthropology named after N.N. Miklukho-Maklai RAS - Moscow: Stary Sad, 2022. 412 p. DOI:10.33876/978-5-89930-170-4/1-412. (rus)

7. Markin V.V., Malyshev M.L., Zemlyansky D.Yu. Small Cities of Russia: Comprehensive Monitoring of Development [Malye goroda Rossii: kompleksnyj monitoring razvitiya]. Part 1. Monitoring of Law Enforcement. 2019. No. 4 (33). Pp. 46–54. DOI: 10.21681/2226-0692-2019-4-46-55. (rus)

8. Enin A.E. Urban development of small historical towns of the Chernozem region. [Gradostroitel'noe razvitie malyh istoricheskikh gorodov CHernozem'ya]. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. 2008. No. 4. Pp. 9–18. (rus)

9. Esaulov G.V. Architectural and Urban Planning Heritage of the South of Russia: Its Formation and Cultural Potential [Arhitekturno-gradostroitel'noe nasledie Yuga Rossii: ego formirovanie i kul'turnyj potencial]. Abstract. Moscow, 2004. 57 p. (rus)

10. Semenov-Tyan-Shansky V.P. City and Village in European Russia: an Essay on Economic Geography [Gorod i derevnya v evropejskoj Rossii:

ocherk po ekonomicheskoy geografii]. St. Petersburg: V.F. Kirshbaum Printing House, 1910. 212 p. (rus)

11. Tribuntseva K.M. Origin and Construction of the Belgorod Defensive Line [Vozniknovenie i stroitel'stvo Belgorodskoj zasechnoj cherty]. Bulletin of V.G. Shukhov Belgorod State Technological University. 2017. No. 6. Pp. 86–90 DOI: 10.12737/article_5926a059af8000.98809493. (rus)

12. Perykova M.V., Tribuntseva K.M. Origins and Development of Small Cities in the Belgorod Region [Vozniknovenie razvitie malyh gorodov Belgorodskoj oblasti] Belgorod: V.G. Shukhov Belgorod State Technological University Publishing, 2016. 145 p. (rus)

13. Chepuhin A.G. Voluyka: a fortress on the southern Russian outskirts (the fate of servicemen and residents of the 17th century) [Volujka: krepost' na yuzhnorusskoj okraine (sud'by sluzhilyh i zhileckih lyudej XVII veka)]. 2014. Pp. 156–416. (rus)

14. Churkina T.A. Valuyki Fortress in the System of Defensive Structures of the South of Russia. [Krepost' Valujki v sisteme oboronitel'nyh sooruzhenij Yuga Rossii]. Karamzin Readings: Collection of Materials of Scientific and Practical Conference Dedicated to the 250th Anniversary of N.M. Karamzin's Birth, Belgorod, December 12, 2016 // Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Belgorod National Research University; Ed. by I.V. Istomina. Belgorod, 2017. Pp. 50–53. (rus)

15. Sukhorukov M.I. Valuyki - Outpost of the Motherland: Chronicle Album [Valujki – forpost Otechestva: al'bom-letopis']. Belgorod: "Obtlografiya", 1999. 216 p. (rus)

16. Chernova E.B. Sociological Substantiation of Territorial Development Strategies: Methodological and Practical Aspects [Sociologicheskoe obosnovanie strategij territorial'nogo razvitiya: metodologicheskie i prakticheskie aspekty]. Regional Economy. South of Russia. 2017. No. 1 (15). Pp. 36–46. DOI:10.15688/re.volsu.2017.1.4. (rus)

17. Milchik M.I. Historic city and modern architecture [Istoricheskij gorod i sovremennaya arhitektura]. Leningrad: "Knowledge". 1990. 32 p. (rus)

18. Shchenkov A.S. Antonova N. Architectural Heritage and Identity of Russian Cities [Arhitekturnoe nasledie i identichnost' russkikh gorodov]. Baikal project. 2020. Vol. 17. No. 65. Pp. 27–31. (rus)

19. Shchenkov A.S. Problems of successive development of historical development of small Russian cities [Problemy preemstvennogo razvitiya istoricheskoy zastrojki malyh russkikh gorodov]. In the

collection: Fundamental, exploratory and applied research of the RAASN on scientific support for the development of architecture, urban planning and the construction industry of the Russian Federation in 2017. Collection of scientific works of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences. Moscow, 2018. Pp. 274–279. DOI: 10.22337/9785432302656-274-279. (rus)

20. Chistobaev A.I., Krasovskaya O.V., Skatershchikov S.V. Territorial Planning at the Regional Level in Russia [Territorial'noe planirovanie

na urovne sub"ektov Rossii]. St. Petersburg: SPbSU, NPI "ENCO", Inkeri Publishing House, 2010. 296 p. (rus)

21. Baklazhenko E.V. Classification and zoning of riverine territories of small towns on the example of the Belgorod region [Klassifikaciya i zonirovaniye prirechnykh territorij malyh gorodov na primere Belgorodskoj oblasti]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 8. Pp. 61–68. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-8-61-68. (rus)

Information about the authors

Arslan, Maryam I. Student. E-mail: maryam.rizaeva@bk.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova str., 46.

Ladik, Elena I. PhD, Assistant professor. E-mail: krushelnitskaya1@rambler.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova str., 46.

Received 07.08.2023

Для цитирования:

Арслан М.И., Ладик Е.И. Особенности формирования и развития архитектурной среды малых исторических городов Белгородской области (на примере г. Валуйки) // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 9. С. 31–42. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-31-42

For citation:

Arslan M.I., Ladik E.I. Features of forming and development of the architectural environment of small historical cities in the belgorod region (on the example of the city of Valuyki). Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 9. Pp. 31–42. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-31-42

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-43-51

Грибков А.А.

Российский университет дружбы народов

ООО "СТРОЙПРОЕКТ"

E-mail: gribkov.aleksei96@yandex.ru

ПРИНЦИП УЛУЧШЕНИЯ ВИЗУАЛЬНОГО ОБЛИКА АРХИТЕКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ МАЛЫХ ГОРОДОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

Аннотация. Визуальная среда – пространство видимой окружающей нас городской (архитектурной) среды. Все, что окружает человека, начиная от зданий, сооружений, и заканчивая архитектурными элементами фасада – формирует зрительный образ. Образ может оказывать на человека различное психоэмоциональное влияние, негативное или положительное. Причинами ухудшения эмоционального состояния, настроения человека, в момент нахождения в пространстве архитектурной среды, является наличие агрессивных и гомогенных полей. Агрессивные и гомогенные поля – одни из видов визуального загрязнения архитектурной среды. Агрессивные поля характеризуются наличием многократно повторяющихся одинаковых объектов в области обзора человеческого глаза (например, ряд одинаково расположенных окон на фасаде здания). Гомогенные поля – одни из видов негативной видимой среды, характеризующиеся преобладанием однородных поверхностей из стекла, бетона или металла (например, однородные фасады без окон жилого или общественно-делового здания).

В статье представлен материал о разработке принципа улучшения визуального облика архитектурных объектов малых городов Центральной России. Под понятием "Архитектурные объекты" понимается – здания, сооружения, архитектурные элементы фасадов различных объектов, малые архитектурные формы.

Результат материала – разработка гипотетической модели улучшения визуального облика архитектурных объектов. Модель отражает систему вышеописанного принципа и аппарат, контролирующей деятельность в области видеозэкологии, состоящий из органов государственной и муниципальной власти.

Ключевые слова: принцип улучшения визуального облика, архитектурные объекты, агрессивные и гомогенные поля, архитектурная среда, оценка агрессивности визуального облика, оценка гомогенности визуального облика архитектурных объектов.

Введение. Различные сферы человеческой деятельности в основном развиваются в границах городских и сельских поселений, малых и средних городов, а также в мегаполисах с численностью населения свыше одного миллиона человек. Деятельность жителя любого муниципального образования осуществляется дома, по дороге на работу, учебу, за покупками в магазины, следовательно, где бы мы не находились, чтобы мы не делали – мы всегда пребываем в окружении пространства городской (архитектурной) среды, архитектурных объектов: жилых и общественных зданий, различных сооружений (мосты, путепроводы и т.д.), инфраструктуры транспорта (паркинги, остановочные пункты общественного транспорта, вокзалы и т.д.), рекреационных территорий (скверы, бульвары, парки, лесопарки и т.д.). Следовательно, все, что нас окружает – называется видимой нами средой [1–3].

Понятие видимая или визуальная городская среда предложил в 1989 году профессор Российского государственного медицинского университета Вячеслав Александрович Филин.

Филин В.А. – родоначальник научной области – «видеозэкология». Определение «видеозэкология» означает взаимодействие человека с окружающей видимой им средой [4–6].

Целью настоящей статьи является выявление предпосылок, теоретического обоснования и разработки принципа улучшения визуального облика архитектурных объектов малых городов Центральной России.

Объект исследования – рекомендации по улучшению визуального облика архитектурных объектов. Предмет исследования – мероприятия по улучшению визуального облика архитектурных объектов.

Методы и материалы исследования. В рамках исследования «безликости» архитектурной среды автором настоящего исследования был изучен ряд методов и методик по оценке и ликвидации визуального загрязнения архитектурной среды.

Исследователь визуального загрязнения Голубничий А.А. в своих работах разработал классификацию методов оценки визуального загрязнения городских территорий.

Голубничий А.А. разделил разработанные им методы оценки визуального загрязнения городской среды на следующие группы [7]:

1. индивидуальные методы, отражающие субъективную оценку;
2. условно-независимые методы;
3. независимые методы, отражающие объективную оценку.

Первая группа методов основана на субъективной составляющей. Наблюдающий за определенным объектом может испытывать негативное или положительное психоэмоциональное состояние, тем самым оценивая данное состояние с точки зрения субъективного восприятия.

Вторая группа методов основана на условно-объективных факторах. Наблюдающий за определенным объектом или группой объектов выявляет положительные моменты для дальнейших мероприятий по улучшению визуального состояния городских территорий.

Третья группа методов разработана на основополагающих факторах условно-объективной группы методов.

Брянскими исследователями Городковым А.В., Салтановой С.И., Волковой Н.В. в 2010 году разработан графоаналитический метод оценки визуального состояния архитектурной среды с помощью коэффициента агрессивности объектов. Суть настоящей оценки заключается в следующем [10]:

1. производится фотофиксация существующего и фотомонтаж проектируемого исследуемого архитектурного объекта;
2. производится расчет горизонтальных и вертикальных углов рассмотрения исследуемого фасада архитектурного объекта;
3. производится расчет коэффициента агрессивности.

В первую очередь для расчета коэффициента агрессивности определяются видовые точки в местах массового пребывания населения, в область зрения которых попадает исследуемый объект.

Настоящая оценка агрессивности может быть произведена как для существующих архитектурных объектов (здания, сооружения, объект благоустройства и т.д.), так и для проектируемых. Для определения видовых точек производится фотофиксация для существующих объектов, разработка фотоизображения для проектируемых [10].

Основная часть.

Теоретическое обоснование принципа улучшения визуального облика архитектурных объектов малых городов Центральной России. Опираясь на рассмотренные предпо-

сылки создания принципа улучшения визуального облика архитектурных объектов малых городов Центральной России, автором настоящего исследования предлагаются поэтапное улучшение визуальной архитектурной среды в целях создания комфортной городской среды и в рамках разработки принципа улучшения визуального облика архитектурных объектов.

Классификация рассматриваемых городов по виду территориальных зон в соответствии со ст. 35 градостроительного кодекса Российской Федерации. Согласно ст. 1 градостроительного кодекса Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. 11.01.2023) (далее – Кодекс), градостроительное зонирование – зонирование территорий муниципальных образований в целях определения территориальных зон и установления градостроительных регламентов [Ст. 1 Кодекса].

Согласно ст. 35 Кодекса, муниципальные образования делятся на территориальные зоны.

В рамках настоящего исследования автор рассматривает следующие виды территориальных зон муниципальных образований, численность населения которых не превышает 50 тыс. человек [Ст. 35 Кодекса]: жилые, общественно-деловые, инженерной и транспортной инфраструктуры, рекреационного назначения (табл. 1).

Социологический метод оценки визуального качества архитектурных объектов. Автором настоящего исследования предлагается в целях соблюдения права человека на благоприятные условия жизнедеятельности, прав и законных интересов правообладателей земельных участков выбор участников (респондентов) в соответствии с территориальной заинтересованностью [Ст. 5.1 Кодекса].

Автором настоящего исследования предлагается анкета, состоящая из четырех вопросов, отражающих необходимость получения данных для разработки схемы зонирования территории муниципального образования по визуальному состоянию архитектурных объектов (табл.2).

Экспертная оценка визуального состояния архитектурной среды. Третий этап улучшения визуальной архитектурной среды – метод условно-объективной оценки визуального состояния архитектурных объектов. Настоящий метод заключается в экспертной оценке архитектурных объектов.

Экспертами в настоящем исследовании выступают специалисты различных областей, близких к видеоэкологии (визуальной экологии). По мнению автора, экспертная оценка основывается на знаниях, умениях и опыте экспертных групп. Экспертную группу предлагается сформировать

из следующих специалистов: архитектор, архитектор-градостроитель (градостроитель), урбанист (социолог-урбанист), ландшафтный архи-

тектор, художник (искусствовед), архитектор-реставратор (реставратор зданий и сооружений), психологи визуального восприятия [8].

Таблица 1

Соотношение видов территориальных зон и участников (респондентов) общественного обсуждения в форме анкетирования [Ст. 35 Кодекса]

№	Вид территориальной зоны	Участники (респонденты)
1	Жилая	Граждане, постоянно проживающие на территории, в отношении которой проводится анкетирование
		Правообладатели находящихся в границах рассматриваемой территории земельных участков и архитектурных объектов
2	Общественно-деловая	Граждане, проживающие в зоне пешеходной доступности до территории, в отношении которой проводится анкетирование
		Правообладатели находящихся в границах рассматриваемой территории земельных участков и архитектурных объектов
3	Инженерная и транспортная инфраструктура	Граждане, проживающие в зоне пешеходной доступности до территории, в отношении которой проводится анкетирование
		Правообладатели находящихся в границах рассматриваемой территории земельных участков и архитектурных объектов
		Граждане, ежедневно пользующиеся объектами транспортной инфраструктуры, в отношении которых проводится анкетирование
4	Зоны рекреационного назначения	Граждане, проживающие в зоне пешеходной доступности до территории, в отношении которой проводится анкетирование
		Правообладатели находящихся в границах рассматриваемой территории земельных участков и архитектурных объектов

Таблица 2

Вопросы для проведения анкетирования с предлагаемыми вариантами ответов [Ст. 35 Кодекса]

№	Вопрос	Соответствие виду территориальной зоны	Варианты ответов
1	Оцените город/населенный пункт, в котором Вы проживаете, скорее комфортен или скорее не комфортен для Вас и Вашей семьи?	1, 2, 3, 4 (см. табл. 1)	Очень комфортный
			Скорее комфортный
			Скорее некомфортный
			Совсем некомфортный
			Затрудняюсь ответить
2	Оцените территорию, на которой Вы проживаете, скорее комфортна или скорее не комфортна для Вас и Вашей семьи? При необходимости, укажите объекты	3, 4 (см. табл. 1)	Очень комфортна
			Скорее комфортна
			Скорее не комфортна
			Совсем не комфортна
			Затрудняюсь ответить
3	Оцените визуальный облик жилых зданий на рассматриваемой территории? При необходимости, укажите объекты	1, 2 (см. табл. 1)	Свой вариант ответа
			Очень устраивает
			Скорее устраивает
			Скорее не устраивает
			Совсем не устраивает
4	Оцените визуальный облик общественно-деловых зданий на рассматриваемой территории? При необходимости, укажите объекты	1, 2 (см. табл. 1)	Затрудняюсь ответить
			Свой вариант ответа
			Очень устраивает
			Скорее устраивает
			Скорее не устраивает

Экспертная оценка заключается в определении агрессивности визуальной среды и гомогенности исследуемой плоскости через коэффициент агрессивности и степени гомогенности при

движении наблюдателя по определенному маршруту [9].

Экспертная оценка основывается на исследованиях графоаналитического метода оценки

визуальной среды А.В. Городкова, С.И. Салтановой, Н.В. Волковой [10].

Оценка визуальной агрессивности исследуемого архитектурного объекта. Агрессивная среда – один из видов негативной видимой среды. Агрессивность архитектурного объекта – наличие агрессивных полей, на котором сосредоточено большое количество одинаково расположенных элементов (например, ряд одинаково расположенных окон на фасаде жилого или общественно-делового здания).

Суть настоящей оценки заключается в следующем:

1. производится фотофиксация существующего и фотомонтаж проектируемого исследуемого архитектурного объекта;

2. рассчитываются горизонтальные и вертикальные углы обзора фасада архитектурного объекта;

3. рассчитывается коэффициент агрессивности. Данный коэффициент зависит от общего количества элементов сетки и от числа элементов, в которых оказалось больше двух одинаковых видимых деталей (формулы 1, 2, 3) [11].

$$K_{\text{арп}} = \frac{N_{\text{п}}}{\sum N}, \quad (1)$$

где $N_{\text{п}}$ – число элементов, в которых оказалось больше двух одинаковых видимых деталей;

N – общее число элементов [11].

$$N_{\text{г}} = \frac{\alpha^{\text{г}}}{\varphi}, \quad (2)$$

$$N_{\text{в}} = \frac{\alpha^{\text{в}}}{\varphi}, \quad (3)$$

где γ , ν – горизонтальный и вертикальный углы обзора фасада архитектурного объекта; φ – угловой размер области ясного видения, 2° (согласно исследованиям В.А. Филина, при концентрации глазом больше двух одинаковых объектов в области ясного видения, равной 2° человек испытывает визуальный дискомфорт) [11].

Горизонтальный угол обзора фасада архитектурного объекта определяется по формуле 4 [11].

$$\alpha^{\text{г}} = \arccos \left(\frac{(C_1^2 + C_2^2 - L_{\text{ф}}^2)}{2 \times C_1 \times C_2} \right), \quad (4)$$

где C_1 , C_2 – расстояния от видовой точки до углов плоскости фасада архитектурного объекта, м; L – длина фасада архитектурного объекта.

Вертикальный угол обзора фасада архитектурного объекта определяется по формулам 5, 6, 7 [11].

$$\beta^{\text{в}} = \text{arctg} \frac{L}{H - h_{\text{г}}} + \text{arctg} \frac{h_{\text{г}}}{L}, \quad (5)$$

$$\beta^{\text{в}} = \arcsin \frac{H}{\sqrt{L^2 + (d + h_{\text{г}})^2}}, \quad (6)$$

$$\beta^{\text{в}} = \text{arctg} \frac{\sqrt{L^2 + (d - h_{\text{г}})^2}}{H}, \quad (7)$$

где L – расстояние от видимой точки до вертикальной плоскости архитектурного объекта. От

данной плоскости начинается разбивка сетки, м.; H – высота архитектурного объекта; $h_{\text{г}}$ – уровень линии горизонта, который равен уровню глаз наблюдателя; d – разность отметок высоты уровня поверхности земли на месте наблюдателя и исследуемого архитектурного объекта [11].

Последним этапом оценки агрессивности является учет исходных и расчетных данных по оценке агрессивности исследуемого архитектурного объекта в табличной форме, предлагаемой исследователями Брянского государственного инженерно-технологического университета А.В. Городкова, С.И. Салтановой, Н.В. Волковой [11].

Оценка визуальной гомогенности исследуемого архитектурного объекта. Гомогенная среда – один из видов негативной видимой среды. Гомогенность архитектурного объекта – наличие гомогенных полей с преобладанием однородных поверхностей из стекла, бетона или металла (например, однородные фасады без окон жилого или общественно-делового здания).

Суть настоящей оценки заключается в следующем:

1. определение вблизи исследуемого архитектурного объекта маршрутов, отражающих максимальную пешеходную интенсивность (рис. 1) [11];

2. определение видовых точек на выбранном маршруте [11];

3. определение из каждой выбранной видовой точки горизонтального угла обзора исследуемого пространства архитектурного объекта – $\alpha^{\text{г}}$ по формуле 8 [11];

4. определение горизонтального угла обзора, превышающего 15° на участке маршрута;

5. определение степени гомогенности исследуемой плоскости архитектурного объекта – $K_{\text{гом}}$ по формуле 9 [11].

$$\alpha^{\text{г}} = \arccos \left(\frac{(C_1^2 + C_2^2 - L_{\text{ф}}^2)}{2 \times C_1 \times C_2} \right), \quad (8)$$

где C_1 , C_2 – расстояния от видовой точки до крайних границ плоскости фасада исследуемого архитектурного объекта, м; L – длина исследуемого архитектурного объекта.

$$K_{\text{гом}} = \frac{\sum L_{\text{отр}}}{L_{\text{марш}}}, \quad (9)$$

где $L_{\text{отр}}$ – общая длина участков маршрута со значением угла обзора исследуемой плоскости более 15° , м; $L_{\text{марш}}$ – длина исследуемого архитектурного объекта.

Завершающим этапом оценки гомогенности является учет расчетных значений по оценке гомогенности (формула 9) исследуемого архитектурного объекта в табличной форме, предлагаемой исследователями брянского государственного инженерно-технологического университета

А.В. Городкова, С.И. Салтановой, Н.В. Волковой [11].

Разработка схемы зонирования муниципального образования по состоянию визуальной среды. На основе результатов исследований настоящей статьи, разработки системы поэтапного улучшения визуальной архитектурной среды (классификация муниципальных образований по виду территориальных зон, социологический опрос с помощью организации общественных слушаний в части проведения анкетирования, определение коэффициентов агрессивности и гомогенности) автором настоящего исследования в качестве завершающего пункта принципа

улучшения визуального облика архитектурных объектов предлагается разработка схемы зонирования муниципального образования по состоянию визуальной среды архитектурных объектов [12, 13].

Вышеуказанная схема зонирования поможет наглядно показать масштабы и характер визуального загрязнения архитектурных объектов в масштабе демонстрации элементов городской среды (районы, микрорайоны (кварталы), группы домов).

Предлагается классификация архитектурных объектов по качеству визуального облика, представленная в таблице 3.

Таблица 3

Классификация архитектурных объектов по качеству визуального облика в рамках разработки схемы зонирования муниципального образования по состоянию визуальной среды архитектурных объектов [Ст. 5.1, 35 Кодекса]

№	Вопрос	Соответствие виду тер. зоны (см. табл. 2)	Варианты ответов (анкетирование)	Классификация (анкетирование)	Классификация (экспертная оценка)
1	Оцените город/населенный пункт, в котором Вы проживаете, скорее комфортен или скорее не комфортен для Вас и Вашей семьи?	1, 2, 3, 4	Очень комфортный	Не менее 70 % опрошенных – учет в дальнейшем исследовании	80 % визуального загрязнения – неблагоприятная визуальная среда. 20 % благоприятных архитектурных объектов – благоприятная визуальная среда. Рассчитывается количество объектов, после расчет оценок
			Скорее комфортный		
			Скорее некомфортный		
			Совсем некомфортный		
			Затрудняюсь ответить		
2	Оцените территорию, на которой Вы проживаете, скорее комфортна или скорее не комфортна для Вас и Вашей семьи? При необходимости, укажите объекты	3, 4	Очень комфортна	Не менее 70 % опрошенных – учет в дальнейшем исследовании	80 % визуального загрязнения – неблагоприятная визуальная среда. 20 % благоприятных архитектурных объектов – благоприятная визуальная среда. Рассчитывается количество объектов, после расчет оценок
			Скорее комфортна		
			Скорее не комфортна		
			Совсем не комфортна		
			Затрудняюсь ответить		
3	Оцените визуальный облик жилых зданий на рассматриваемой территории? При необходимости, укажите объекты	1, 2	Очень устраивает	Не менее 70 % опрошенных – учет в дальнейшем исследовании	80 % визуального загрязнения – неблагоприятная визуальная среда. 20 % благоприятных архитектурных объектов – благоприятная визуальная среда. Рассчитывается количество объектов, после расчет оценок
			Скорее устраивает		
			Скорее не устраивает		
			Совсем не устраивает		
			Затрудняюсь ответить		
4	Оцените визуальный облик общественно-деловых зданий на рассматриваемой территории? При необходимости, укажите объекты	1, 2	Очень устраивает	Не менее 70 % опрошенных – учет в дальнейшем исследовании	80 % визуального загрязнения – неблагоприятная визуальная среда. 20 % благоприятных архитектурных объектов – благоприятная визуальная среда. Рассчитывается количество объектов, после расчет оценок
			Скорее устраивает		
			Скорее не устраивает		
			Совсем не устраивает		
			Затрудняюсь ответить		
			Свой вариант ответа	Учет выбора для экспертной оценки	

Разработка гипотетической модели принципа улучшения визуального облика архитектурных объектов в рамках формирования

комфортной городской среды. На основе изученных предпосылок и теоретически обоснованного принципа улучшения визуального облика

архитектурных объектов путем системы поэтапного улучшения визуальной архитектурной среды (классификация муниципальных образований по виду территориальных зон, социологический опрос с помощью организации общественных слушаний в части проведения анкетирования, определение коэффициентов агрессивности и гомогенности) автором настоящего исследования разработана гипотетическая модель принципа улучшения визуального облика архитектурных объектов малых городов Центральной России.

Гипотетическая модель улучшения визуального облика архитектурных объектов (рис. 1) отражает формирование системы объединения

предпочтений населения в соответствии с территориальной заинтересованностью для дальнейшей экспертной оценки и разработки схемы зонирования территорий по визуальному состоянию архитектурных объектов. Данная система также формируется органами государственной власти федерального значения, контролируется региональными органами власти в области образования и науки и исполняется муниципальными органами власти. На примере малого города Людиново Калужской области показана модель создания вышеописанной системы улучшения визуального состояния архитектурных объектов и среды в целом под контролем аппарата органов власти.



Рис. 1. Гипотетическая модель улучшения визуального облика архитектурных объектов в рамках формирования комфортной архитектурной среды [Ст. 1, 5.1, 35 Кодекса]

Создание контролирующего и ответственного аппарата за реорганизацию процесса улучшения визуального состояния архитектурной среды. В рамках системы принципа улучшения визуальной архитектурной среды малых городов Центральной России предлагается создать контролирующий и ответственный аппарат за реорганизацию процесса улучшения визуального состояния архитектурной среды. Аппарат может быть образован из органов исполнительной власти федерального, регионального и муниципального значений [14, 15].

Выводы.

1. Выявлены предпосылки улучшения визуального облика архитектурной среды.

2. Теоретически обоснован принцип улучшения визуального облика архитектурных объектов.

3. Разработан принцип улучшения визуальной облика архитектурных объектов малых городов Центральной России.

4. Результаты представлены в виде гипотетической модели вышеописанного принципа.

Результат разработки принципа улучшения визуального облика архитектурных объектов малых городов центральной России в рамках видеоэкологии показал вышеописанный принцип в виде гипотетической модели улучшения визуального состояния внешнего облика архитектурных

объектов. Гипотетическая модель состоит из перечня мероприятий и инструмента улучшения визуального облика архитектурных объектов.

Мероприятия улучшения визуального облика архитектурных объектов включают в себя выбор территориальной зоны, анкетирование заинтересованных лиц, экспертную оценку и разработку схемы зонирования муниципальных образований по состоянию визуальной среды.

Инструмент практической реализации системы улучшения визуального облика архитектурных объектов состоит из контролирующего и ответственного аппарата за реорганизацию архитектурно-градостроительного процесса комплексного развития архитектурной среды. Аппарат включает в себя: органы государственной власти федерального и регионального значений, муниципальные органы власти, отделы архитектуры и градостроительства муниципальных образований, местное население, правообладатели архитектурных объектов и земельных участков.

Полученные результаты теоретического обоснования представляют интерес в архитектурно-градостроительном сообществе. Улучшение визуального состояния окружающей нас архитектурной среды – перспектива комфорта малых городов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Wilkins A.J. Visual stress. Oxford University Press. Cambridge, 1995. 194 p.
2. Новикова В.М., Повышева С.В. Проблемы видеоэкологии городской среды // Известия МГТУ «МАМИ». 2013. Том 4. №1(15). С. 199–202.
3. Санникова Н.П., Смолина О.О. Визуальное загрязнение городов, пути и способы решения // Интеллектуальный потенциал Сибири. 2019. С. 404–405.
4. Филин В.А. Концепция об автоматии саккад // Успехи физиологических наук. 2008. Том 39. №2. С. 77–96.
5. Филин В.А. Видеоэкология. Что для глаза хорошо, а что – плохо. М.: ТАСС-реклама, 1997. 320 с.
6. Филин В.А. Визуальная среда города // Вестник международной академии наук. 2006. №2. С. 43–50.
7. Голубничий А.А. К вопросу о классификации методов оценки визуального загрязнения урбанизированных территорий // Экология России: на пути к инновациям. 2013. №8. С. 63–66.
8. Городков А.В., Федосова С.И. Методика оценки агрессивности визуальных полей городской среды // Вестник МАНЭБ. 2006. Том 11. №3. С. 30–35.
9. Федосова С.И. Оценка степени вредности гомогенных визуальных полей городской среды // Вестник МАНЭБ. 2008. Том 13. №2. С. 100–103.
10. Городков А.В., Салтанова С.И., Волкова Н.В. К разработке графоаналитических методов оценки визуальной среды больших городов // Биосфера. 2010. Том 2. №4. С. 521–526.
11. Городков А.В., Федосова С.И. Совершенствование методики исследования и оценки городской визуальной среды // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. №8(584). С. 101–108.
12. Грибков А.А. Разработка схемы зонирования по уровню приоритета трансформации городского пространства города Людиново Калужской области // Дни студенческой науки. 2020. С. 173–175.
13. Самойлова Н.А., Грибков А.А. Градостроительная трансформация территории с учетом видеоэкологических факторов // Экология урбанизированных территорий. 2020. №1. С. 83–92.
14. Полномочия исполнительных органов государственной власти РФ [Электронный ресурс]. Офиц. сайт Правительства России. URL : <http://government.ru/> (дата обращения: 20.01.2023).
15. Полномочия Президента РФ и Правительства страны [Электронный ресурс]. Офиц. сайт Государственной думы Федерального собрания Российской Федерации. URL : <http://duma.gov.ru/news/57129/> (дата обращения: 17.01.2022).

Информация об авторах

Грибков Алексей Андреевич, аспирант департамента архитектуры инженерной академии РУДН. E-mail: gribkov.aleksei96@yandex.ru. Российский университет дружбы народов. Россия, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. Ландшафтный архитектор-градостроитель 2 категории. ООО «СТРОЙПРОЕКТ». Россия, 101000, Москва, ул. Мясницкая, д. 11.

Поступила 04.04.2023 г.

© Грибков А.А., 2023

Gribkov A.A.

Peoples' Friendship University of Russia
 Limited Liability Company "STROYPROEKT"
 *E-mail: gribkov.aleksei96@yandex.ru

THE PRINCIPLE OF IMPROVING THE VISUAL IMAGE OF ARCHITECTURAL OBJECTS IN SMALL TOWNS IN CENTRAL RUSSIA

Abstract. *Visual environment - the space of the visible surrounding urban (architectural) environment. The visual image is formed by everything that surrounds the person, ranging from buildings and structures to architectural elements of the facade. The image may have a different psycho-emotional influence on the person, negative or positive. At the moment of being in the space of the architectural environment, the presence of aggressive and homogeneous fields are causes of deterioration of the emotional state, person's mood. Aggressive and homogeneous fields are one of the types of visual pollution of the architectural environment. Aggressive fields are characterized by the presence of repetitive identical objects in the field of view of the human eye (for example, a series of equally arranged windows on the facade of a building). Homogeneous fields are one of the types of negative visible environment, characterized by the predominance of homogeneous surfaces of glass, concrete or metal (for instance, homogeneous facades without windows of residential or public buildings). The article presents a material on the development of the principle of improving the visual appearance of architectural objects of small towns in Central Russia. By the concept of "Architectural objects" is meant - buildings, structures, architectural elements of the facades of various objects, small architectural forms.*

The result of the material is the development of a hypothetical model to improve the visual image of architectural objects. The model reflects the system of the above principle and the apparatus controlling the activities in the field of video ecology, consisting of state and municipal authorities.

Keywords: *the principle of improving visual image, architectural objects, aggressive and homogeneous fields, architectural environment, assessing the aggressiveness of the visual appearance, assessing the homogeneity of the visual appearance of architectural objects.*

REFERENCES

1. Wilkins A.J. Visual stress. Oxford University Press. Cambridge, 1995. 194 p.
2. Novikova V.M., Povysheva S.V. Problems of video ecology of urban environment [Problemy videoekologii gorodskoj sredy]. Izvestiya MGTU «MAMI». 2013. Vol. 4. No. 1(15). Pp. 199–202. (rus)
3. Sannikova N.P., Smolina O.O. Visual pollution of cities, ways and means of solving [Vizual'noe zagryaznenie gorodov, puti i sposoby resheniya]. Intellektual'nyj potencial Sibiri. 2019. Pp. 404–405. (rus)
4. Filin V.A. Concept of saccade automata [Koncepciya ob avtomatii sakkad]. Uspekhi fiziologicheskikh nauk. 2008. Vol. 39. No. 2. Pp. 77–96. (rus)
5. Filin V.A. Videoecology. What is good for the eye and what is bad [Videoekologiya. Chto dlya glaza horosho, a chto – ploho]. TASS-reklama, 1997. 320 p. (rus)
6. Filin V.A. Visual environment of the city [Vizual'naya sreda goroda]. Vestnik mezhdunarodnoj akademii nauk. 2006. No. 2. Pp. 43–50. (rus)
7. Golubnichy A.A. On the classification of methods for assessing visual pollution of urbanized areas [K voprosu o klassifikacii metodov ocenki vizual'nogo zagryazneniya urbanizirovannyh territorij]. Ekologiya Rossii: na puti k innovaciyam. 2013. No. 8. Pp. 63–66. (rus)
8. Gorodkov A.V., Fedosova S.I. Methodology of assessment of aggressiveness of visual fields of the urban environment [Metodika ocenki agresivnosti vizual'nyh polej gorodskoj sredy]. Vestnik MANEB. 2006. Vol. 11. No. 3. Pp. 30–35. (rus)
9. Fedosova S.I. Assessment of the degree of harmfulness of homogeneous visual fields of the urban environment [Ocenka stepeni vrednosti gomogennyh vizual'nyh polej gorodskoj sredy]. Vestnik MANEB. 2008. Vol. 13. No. 2. Pp. 100–103. (rus)
10. Gorodkov A.V., Saltanova S.I., Volkova N.V. To the development of graph-analytical methods for assessing the visual environment of large cities [K razrabotke grafoanaliticheskikh metodov ocenki vizual'noj sredy bol'shih gorodov]. Biosfera. 2010. Vol. 2. No. 4. Pp. 521–526. (rus)
11. Gorodkov A.V., Fedosova S.I. Improvement of the methodology of research and evaluation of the urban visual environment [Sovershenstvovanie metodiki issledovaniya i ocenki gorodskoj vizual'noj sredy]. Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo. 2007. No. 8(584). Pp. 101–108. (rus)

12. Gribkov A.A. Development of the zoning scheme by the priority level of transformation of urban space in the town of Lyudinovo, Kaluga region [Razrabotka skhemy zonirovaniya po urovnyu prioriteta transformacii gorodskogo prostranstva goroda Lyudinovo Kaluzhskoj oblasti]. Dni studencheskoj nauki. 2020. Pp. 173–175. (rus)

13. Samoilova N.A., Gribkov A.A. Urban transformation of the territory taking into account video-ecological factors [Gradostroitel'naya transformaciya territorii s uchetom videoekologicheskikh faktorov]. Ekologiya urbanizirovannyh territorij. 2020. No. 1. Pp. 83–92. (rus)

14. Powers of the executive bodies of state power of the Russian Federation [Polnomochiya ispolnitel'nyh organov gosudarstvennoj vlasti RF]. Official site of the Government of Russia. URL : <http://government.ru/> (date of reference: 20.01.2023).

15. Powers of the President of the Russian Federation and the Government of the country [Polnomochiya Prezidenta RF i Pravitel'stva strany]. Official site of the State Duma of the Federal Assembly of the Russian Federation. URL : <http://duma.gov.ru/news/57129/> (date of treatment: 17.01.2022).

Information about the authors

Gribkov, Alexey A. Postgraduate student of the Department of Architecture, Engineering Academy. E-mail: gribkov.aleksei96@yandex.ru. Peoples' Friendship University of Russia. Russia, 117198, Moscow, Miklukho-Maklaya str. 6. Landscape architect-city planner of the 2nd category. "STROYPROEKT" LLC. Russia, 101000, Moscow, Myasnitskaya St., 11.

Received 04.04.2023

Для цитирования:

Грибков А.А. Принцип улучшения визуального облика архитектурных объектов малых городов Центральной России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 9. С. 43–51. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-43-51

For citation:

Gribkov A.A. The principle of improving the visual image of architectural objects in small towns in central russia. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 9. Pp. 43–51. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-43-51

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-52-61

Кандалова А.Д., *Жданова И.В., Журавлева Я.В.
Самарский государственный технический университет
E-mail: zdanovairina@mail.ru

АРХИТЕКТУРНЫЕ И ХУДОЖЕСТВЕННЫЕ ПРИЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ТЕАТРАЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. В данном исследовании авторы обращают внимание на цифровизацию в театральном искусстве, а также поднимают вопрос о том, какие изменения претерпевают театральные пространства под влиянием высоких технологий. Рассматриваются особенности влияния глобализации культуры на современный театр. Исторические и современные примеры опыта проектирования театральных пространств новой цифровой эстетики доказывают актуальность и активное развитие данной темы в настоящее время. Изучение мирового и отечественного опыта организации театральных пространств позволило выявить основные тенденции развития театра нового порядка. В исследовании даны определения видам технологий, которые используются для трансформации театрального пространства, например, таких как: технология VR (англ. *virtual reality* – «виртуальная реальность»), технология AR (англ. *augmented reality* – «дополненная реальность»), проекционный 3D видеомэппинг (англ. *video* – видео и англ. *mapping* – отражение, проецирование) и т.д. В исследовании определены основные приемы становление новых визуальных образов медиаархитектуры театра, рассмотрены интерьерные и экстерьерные аспекты, определены соответствия типов цифровых технологий и театральных пространств. Выявленные приемы и принципы формообразования прошли апробацию на экспериментальном проекте культурного центра с залом многоцелевого назначения в г. Самаре.

Ключевые слова: цифровые технологии, театр, театральное пространство, мультимедийный театр, архитектура театра, медиатеchnологии, сценография.

Введение. В современном мире развитие высоких технологий происходит очень динамично, примечательно то, что они становятся востребованными многими видами искусства [1]. Так, театральное искусство развивается согласно требованиям времени. На сегодняшний день, современный театр решает всеобъемлющие задачи современной культуры – необходимость совместить высокотехнологичность и традиционные формы искусства. Современный театр это перформанс, иммерсивные шоу, спектакли-квесты и т.д. [2].

Существует несколько причин применения цифровых технологий в театральном искусстве: облегчить восприятие, расширить воображение или создать принципиально новую связь между человеком и технологиями, чтобы вывести коммуникативный опыт на принципиально иной уровень. Существует множество способов достичь такого эффекта. Один из способов – это внедрение таких медиатеchnологий, как различные световые эффекты, видеопроекции, цифровые декорации с мультимедийными экранами и т.д. Они оказывают большое влияние на сценический процесс, а также на восприятие действия зрителем [3].

Рассматривая времена античности и настоящее время, можно отметить, что трансформация театрального пространства, а также сценографическое искусство претерпели существенные изменения, синтезируясь в конце XX и начале XXI

века со средовым дизайном [4]. Пространство театральной архитектуры обладает такими характерными чертами, которые передают дух времени, ее культурные теории, и что важно, философское видение постановщиков, которые черпают вдохновение в истоках, исторические корни которых уходят в Античность [5–8]. Современный театр становится особой формой искусства, когда существует определенное событие и зритель, наблюдающий и воспринимающий процесс, а также сопутствующим условием является обязательное сильное влияние на восприятие зрителя за счет цифровых средств.

Можно выделить некоторые знаковые события, которые повлияли на развитие дополнительных возможных вариантов влияния на наблюдателя во время театрального представления. В 1962 г. Мартон Хейлинг получил патент на свое изобретение «Sensorama» – первого в мире виртуально симулятора, так называемого «театра погружения» [9]. В начале 1970-х в рамках фестиваля летних искусств, проходящего в городе Шираз в Иране, осуществились проекты Питера Брука и Роберта Уилсона, которые поразили зрителей своим новаторством. Театральные режиссеры, будучи теоретиками «пустого пространства», отказались от традиционной театральной сцены-коробки и пришли к тому, что для постановок необходим натуральный природный и ар-

хитектурный ландшафт. Это были одни из первых опытов такой работы с «театральным пространством» [2].

В современном театре можно допустить отсутствие сценической площадки, зрительного зала и как таковой архитектуры. Многие современные ученые поднимают вопрос о том, что пространство сценической площадки или зрительного зала может интерпретироваться в совершенно новой форме, а формирование медиапространства рядом с архитектурным культурным объектом, следует обустраивать для тесного контакта с аудиторией путем применения цифрового творчества [10–11]. Формирование архитектурных пространств, насыщенных цифровыми ресурсами, которые реагируют на то, что происходит вокруг и на запросы пользователей, можно сравнить с пространством сцены, которая трансформируется за счет разных сценографических решений.

Приведённые выше факторы, несомненно, свидетельствуют об актуальности изучения данной темы. Инновационный театр - это не просто применение цифровых технологий в качестве создания сценического пространства, а сотворение новой эстетики [12–13].

Целью исследования является выявление основных приемов создания инновационного театрального пространства с применением цифровых технологий. Объектом исследования является современное инновационное театральное пространство. Задачи исследования включают в себя: 1) изучение начального периода применения цифровых технологий в театре; 2) определение видов цифровых технологий, используемых для формирования инновационного театрального пространства; 3) анализ международного и отечественного опыта формирования инновационного театрального пространства; 4) определение архитектурных и художественных приемов формирования инновационного театрального пространства с применением цифровых технологий.

Методика. Основными методами исследования стали комплексный подход к изучению натурного, текстового, иллюстративного материала в отечественных и зарубежных архитектурно-строительных изданиях. Были рассмотрены концептуальные проекты новейшей архитектуры XX века, а также рассмотрены примеры экспериментального проектирования [14]. Данное исследование опирается на научные труды в следующих областях: организация внутренних и внешних пространств, а также проблемы адаптации человека в пространстве, насыщенном цифровыми ресурсами: П. Вирильо, Р. Вентури, У. Дж. Митчелл, Т. Ито и др.; комплексные вопросы, посвященные цифровым технологиям в

искусстве: Л. Манович, Е.В. Сальникова, М.В. Дуцев, Р. Анадол, К. Пол и др.

Основная часть. Современный инновационный театр является комбинацией, которая в первую очередь основана на идее традиционного театра, в котором есть действие и зритель [9]. Рассмотрим начало применения цифровых технологий в театре. Одним из тех, кто изменил классический подход на более инновационный к формированию театрального пространства, стал Рихард Вагнер. Его представление о том, что может помочь в формировании особенной театральной зрелищности сильно отличалось от взглядов современников, так как становилось в большей мере перформативным из-за слияния в одну связку зачатков средового дизайна, музыки, искусства освещения. Цифровой перформанс – это особая форма современного искусства, в котором тесная связь с высокими технологиями становится интерактивной игрой для увеличения способности производить сильное интеллектуальное и чувственное впечатление [15]. Рихард Вагнер был новатором, и его целью было погрузить зрителя в особую атмосферу, используя разные технические и художественные приёмы трансформирования пространства.

В 2000 году в Граце новое толкование было раскрыто для музыкальной драмы Парсифаль (1882 г.) Рихарда Вагнера. Постановка Анны Дифенбах и Кристофа Родатца и получила название «Cyberstaging Parsifal» совмещала во время представления не только классическое исполнение, но и технологию проецирования изображений в качестве декораций, наличие нескольких телевизионных мониторов на сцене, записанные голоса певцов для усложнения действия (рис. 1).

Театр всегда обладал особой атмосферой, которая создавалась путем слияния в одном месте всех видов искусства и специалистов совершенно разных сфер [12].

Рассмотрим цифровые технологии, которые на данный момент используются для формирования театрального пространства. Одно из направлений цифрового театра получило название «VR театр». Технология VR (англ. virtual reality – «виртуальная реальность») предоставляет человеку возможность попасть в искусственно сконструированный мир. Совсем иначе обстоит дело в театре, применяющем дополненную реальность (англ. AR – augmented reality), которая имеет кардинальные отличия. В реальный мир встраиваются цифровые предметы, которые изображены на экране коммуникатора. Таким образом, зритель получает персонализированный подход в формировании визуального контента, который требуется только ему [9]. Проекционные технологии, например, видеомэппинг (3D mapping)

(англ. video – видео и англ. mapping – отражение, проекция), в свою очередь подразделяется на архитектурный и интерьерный видеомэппинг, а также интерактивный видеомэппинг, где зритель становится активатором интерактивной проекции. Обширное понятие мультимедийные технологии включает в себя совокупность нескольких компонентов цифровой среды, таких как: звук, графика, видео и фото, таким образом, сюда же входят аудиовизуальное искусство и генеративное искусство. В современном мире традиционным архитектурным элементам театральных пространств требуются новые неожиданные прочтения, для чего цифровые инструменты становятся объектом изучения разных специалистов и

с разных точек зрения. Главной целью ученых, архитекторов, художников является определение базовых приемов создания такого пространства, которое не будет иметь границ, станет воплощением параллельной реальности. Уникальные условия необходимо продумать и для создания медиапространства за пределами театра, тем самым трансформируя и физические границы объекта. Некоторые зарубежные авторы, например, Н. Коулдри и А. Маккарти раскрывают в своих исследованиях такие термины, как «виртуальность», «призрачность» и эфемерность медиапространства (особенно киберпространства) в противовес «реальности» [16].

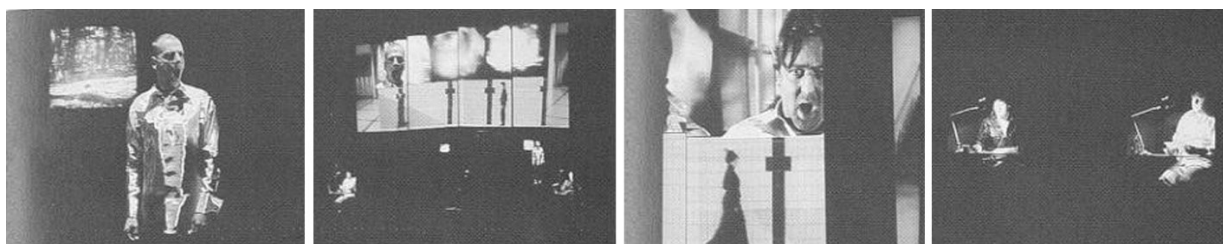


Рис. 1. Анна Дифенбах и Кристоф Родатц - Cyberstaging Parsifal, Австрия, Грац, 2000 год.
Высокотехнологичный подход к Вагнеровской Parsifal, (1882). [<https://studfile.net/preview/3562218/page:2/>]

Связь высоких технологий и театральных приемов создает новейшие формы интерактивного зрелищного вида искусства. Привычное пространство становится медиапространством, основывая новую архитектурную и градостроительную эстетику. Рассмотрим некоторые примеры. Павильон «Электронная поэма» фирмы

«Philips», архитектором которого стал Ле Корбюзье, впервые презентовали в Брюсселе в 1958 году на международной выставке, главной же характеристикой стало «отсутствие фасада» (рис. 2).

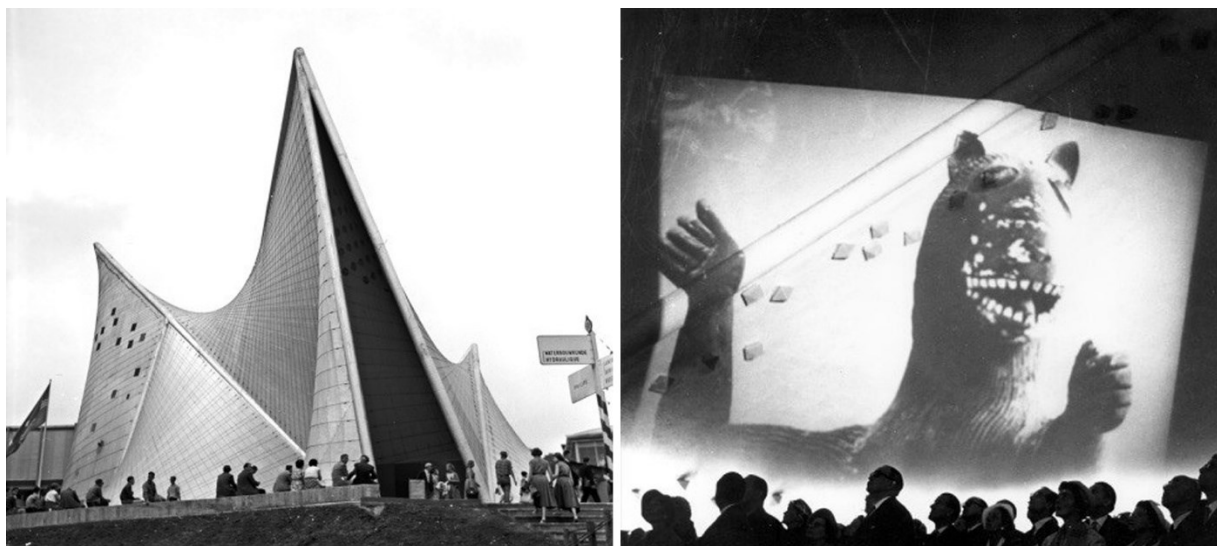


Рис. 2. Павильон Philips «Электронная поэма», Бельгия, Брюссель, 1958 год
[<https://corbusier.totalarch.com/philips>]

Идеей этого проекта стало то, что на первый план вышла не статичная архитектура, а то, что в пространстве зрителям будет открываться новый виртуальный мир, где должны были зазвучать симфонии, изображающие в музыкальных фор-

мах раскрепощенные силы электроники: изображения, цветные и музыкальные ритмы. «Электронная поэма» в итоге объединила то, что до этого можно было воспринимать только раздельно: кинофильм, музыкальную запись, цвет, слово, шум и тишину. В течение длительного

подготовительного периода были мобилизованы многие технические средства фирмы «Philips» в области освещения, звука, кино и т. д., была собрана команда специалистов из разных областей, никогда ранее не занимавшихся электроникой, театром или музыкой.

Известнейшей современной интерпретацией «Электронной поэмы» Ле Корбюзье стал мультимедийный проект для концертного зала Уолта Диснея Фрэнка Гери в 2018 г. Рефик Анадол выпустил программное обеспечение, которое реагирует на музыку в режиме реального времени. Мультимедийная серия включает видеоизображения, воспроизводящиеся синхронно с выступлением, создавая новый захватывающий способ восприятия музыки для посетителей концертного зала. Первым из этих спектаклей была совместная работа дирижера Эсы-Пекки Салонен и художника Рефика Анадол в аудиовизуальном исполнении Эдгарда Вареза. Используя анализ звука и программное обеспечение Kinect motion capture для записи движений Салонена во время дирижирования, Анадол создал потрясающий набор движущихся изображений, которые пере-

дают сам дух работы Вареза. Визуальное сопровождение Анадол – это результат трех месяцев напряженной работы команды архитекторов, художников, аниматоров и музыкантов. Процесс включал в себя не только анализ музыки Вареза, но и анализ пространства, в котором будут проецироваться изображения. В отличие от других художников, он решил разместить свои визуальные эффекты прямо на стенах концертного зала. Обширное пространство зала требовало большого проекционного оборудования – для проекта требовался проектор на 35 000 люмен для создания изображений соответствующего размера.

Важно рассмотреть работы Рефика Анадол для экстерьера концертного зала Френка Гери в Лос-Анджелесе. Видеохудожник представил уникальный проект, суть которого заключалась в проецировании на фасад здания ритма, темпа и громкости игры филармонического оркестра (рис. 3). Архитектура и музыка – два великих вида искусства. Благодаря звуку, у слушателя возникает ощущение пространства. Подобное воздействия на человека оказывает и архитектурное искусство [20].

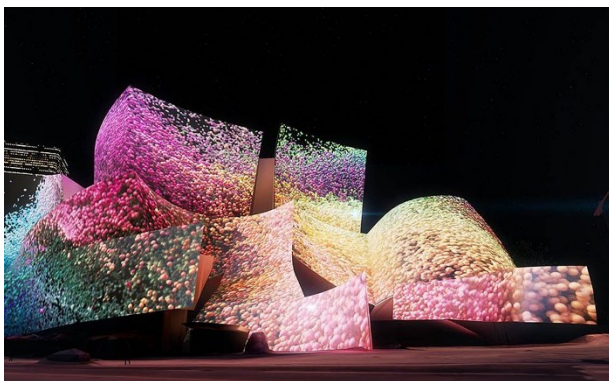


Рис. 3. Концертный зал имени Уолта Диснея, арх. Фрэнк Гери, медиапроекты Рефика Анадол, США, Лос-Анджелес, 2018 год [<https://refikanadol.com/>]

Спектакль «Загадочное ночное убийство собаки» постановки Королевского Национального театра в 2012 году стал знаковым и является прекрасным примером для разбора разного вида технологий. Основополагающим элементом для спектакля стала сцена-коробка, в которой стены для спектакля выглядят как листы тетради, рас-

черченной в клеточку. Режиссер спектакля Марианна Эллиотт называет ее «магической коробкой» с разрешением не более чем 4К, в которой проекции, специальное освещение и звуковые эффекты интегрируются, чтобы воссоздать мир глазами главного героя, имитируя мыслительный процесс (рис. 4).



Рис. 4. Спектакль «Загадочное ночное убийство собаки», постановка Королевского Национального театра, Великобритания, Лондон, 2012 год [<https://moscow.theatrehd.com/ru/films/the-curious-incident-of-the-dog-in-the-night-time>]

Для создания отдельных эффектов компания Red Giant, использовала программную систему генерации частиц в трехмерном пространстве Trapcode Particular. Проецирование изображений на конструкцию сцены также осуществлялось с помощью проекторов Panasonic PTD 12K в количестве девяти штук, изображение на которых распределялось равномерно.

Мюзикл «Приведение», поставленный в России в 2017 году, является примером цифровизации классической сцены. Компания Stage

Entertainment долго шла к реализации именно этого проекта, для декораций используется большой светодиодный экран, а также для передачи атмосферы нереального мира, используется эффект «slow motion». Цифровые технологии можно сравнить со спецэффектами в кино, таким образом, классическая постановка театрального представления эволюционирует и переходит на новый уровень модернизации (рис. 5) [21].



Рис. 5. Мюзикл «Приведение», Московский Дворец Молодежи, Россия, Москва, 2017 год
[<https://www.afisha.ru/performance/202267/>]

Одно из направлений цифровизации театральной деятельности Екатеринбургского театра оперы и балета, который имеет богатейшую историю, является использование технологии дополненной реальности [22]. Портал Новой сцены Александринского театра предоставляет виртуальную лабораторию театральным коллективам, использующим цифровые технологии как инструмент творческой деятельности [23].

Рассмотрим пространственную связь видов искусства. Архитектура, ориентированная на коммуникацию, вызывает игровое отношение горожанина к пространству, таким образом, городская среда становится «зрелищной» [14]. Инновационный театр предлагает открытый диалог в пространстве, где зритель оказывается вовлеченным в ту же деятельность, что и актер, что способствует стиранию границ между зрительным залом и сценой. Игру актеров не будет ограничивать ни ваше географическое положение, ни количество реквизита. В этом будет помогать виртуальная реальность. Ученые, Джеспер Фолкхаймер и Андре Янсон, обосновывают актуальность развития географии медиакommunikаций в качестве новой академической дисциплины [24].

Основные тенденции развития «театра новых форм» с использованием современных коммуникационных технологий удобно рассмотреть

на примере немецко-швейцарской группы Rimini Protokoll [25]. Немецко-швейцарская театральная группа Rimini Protokoll, основанная в 2000 году Хельгардом Хаугом, Стефаном Каеги и Даниэлем Ветцелем, сделали своей целью исследование новых форм театрального искусства, новых способов его взаимодействия с реальной жизнью. Недаром в своих спектаклях они уделяют пристальное внимание современным технологиям. Иногда технологии спрятаны внутри спектакля и не заметны зрителям, а иногда выходят на первый план и становятся смысловым центром действия. Технологии позволяют избавиться от привязанности спектакля к статичной географической локации, вывести его за пределы конкретной сцены в пространство города, и даже в пространство международной коммуникации, таким образом, Rimini Protokoll используют сложную виртуальную реальность или простую компьютерную картографию, в которой заставляют зрителей перемещаться по-кинематографически детально сконструированным комнатам.

Обобщая вышесказанное, можно определить типы соответствия цифровых технологий и театральных пространств, а также обобщить основные приемы формирования инновационного те-

атрального пространства с применением цифровых технологий – это архитектурные и художественные приёмы.

Архитектурные приемы формирования инновационного театрального пространства рассматриваются: в контексте объемно-пространственной композиции; в контексте силуэта пластики фасада здания; в контексте технологических инноваций. В результате можно выявить следующие архитектурные приемы:

- пространственно-композиционные;
- структурно-пластические;
- технико-технологические.

Художественные приемы в интерьере театральных пространств рассматриваются: в контексте композиционного анализа среды; в контексте функционального анализа среды; в контексте структурного анализа. В итоге можно выявить следующие художественные приемы:

- визуально-художественные;
- специализированные (логические);
- структурно-пространственные.

Рассматривая основные формы театральной сцены (сцена-коробка, сцена-арена, пространственная сцена, кольцевая и симультанная сцена), можно определить, что:

1. Проекционные технологии (3D видеомэппинг) наиболее распространены для сцены-коробки и пространственной сцены (пример: спектакль «Загадочное ночное убийство собаки», постановка Королевского Национального театра, Лондон, 2012 г.);

2. VR и AR технологии характерны для более сложных постановок на кольцевой или симультанной сцене, в результате образуется пространство перформанса (пример: спектакль «Клетка с попугаями», Москва, 2017 г.).

Архитектурные приемы формирования инновационного театрального пространства способствуют тому, что театральное действо может выходить за пределы конкретной сцены в городское пространство (пример: Концертный зал имени Уолта Диснея (арх. Фрэнк Гери), медиапроекты Рефика Анадолу).

Основные выявленные приемы создания инновационного театрального пространства с помощью цифровых технологий, которые были сформулированы в данном исследовании, а также становления новых визуальных образов медиаархитектуры театра прошли апробацию на курсовом проекте, выполненном на кафедре АЖОЗ АСА СамГТУ (рис. 6).

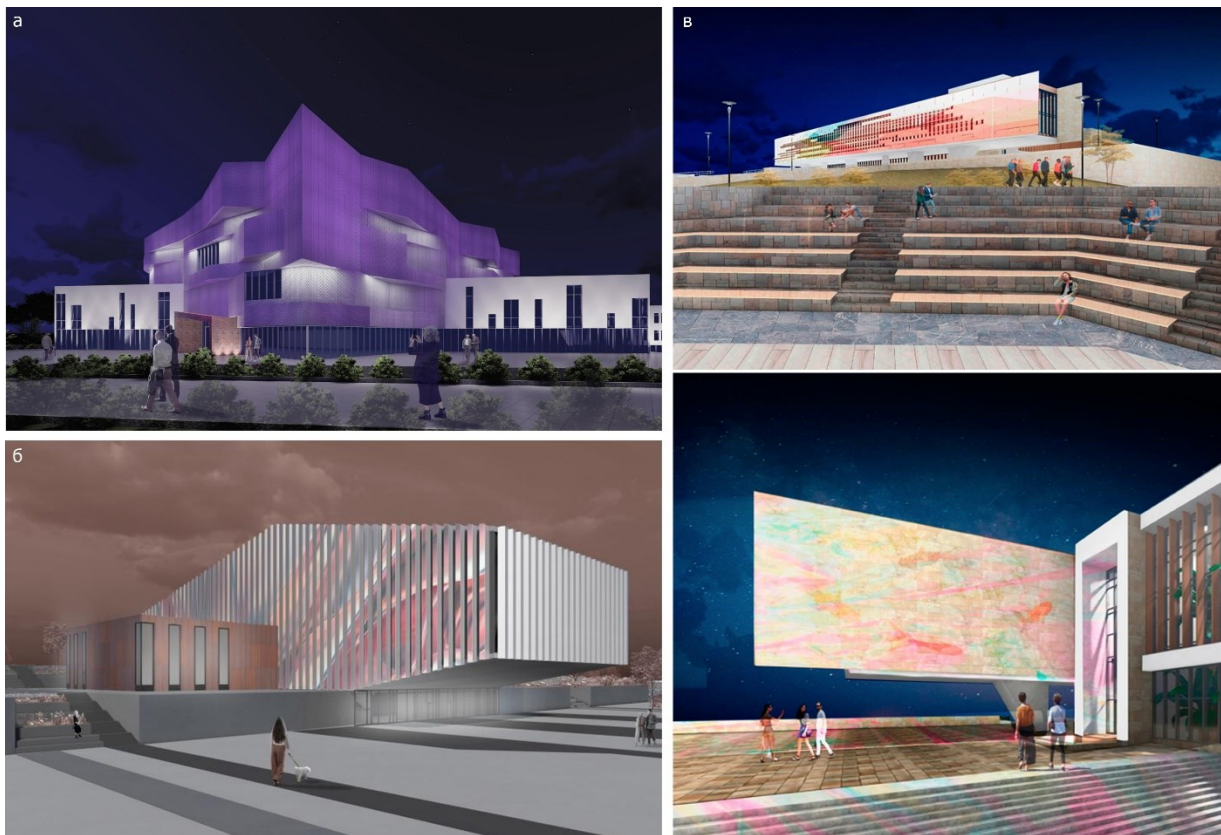


Рис. 6. Студенческие проекты культурного центра с залом многоцелевого назначения в г. Самара, выполненные на кафедре АЖОЗ АСА СамГТУ (а – работа студ. 3 курса Журавлевой Я.В., б – работа студ. 3 курса Груздевой А.Д., в – работа студ. 3 курса Пирогова Я.М.), преподаватели к. арх, доц. Жданова И.В., к.арх., доц. Калинкина Н.А., к.арх., асс. Кандалова А.Д.

Экспериментальный проект выполнен на территории бывшего завода имени Масленникова в г. Самаре, которая на данный момент является привлекательной площадкой для развития современной инновационной застройки, включающей в себя культурные объекты. Влияние на архитектурное формообразование здания культурного центра оказали современные технологические инновации. В проектах были предложены варианты использования таких технологий, как: комбинация светодиодных полотен Mediamesh и Plumes (рис. 6, а), видеомэппинг (3D mapping) и кинетический фасад (рис. 6, б, в) в качестве архитектурной интеграции. Предложение студентам применить цифровые технологии в своих проектах уже на моменте создания архитектурной концепции, дает возможность по-новому посмотреть на формирование объемно-пространственной композиции. Итоговое предложение рассматривается с точки зрения пространственных отношений, формируется медиаархитектура и медиапространство, в данном случае инновационное театральное пространство, выходящее за пределы объема здания.

Выводы. В итоге исследования можно сделать следующие выводы:

1. Определены основные приемы формирования инновационного пространства:

Архитектурные приемы:

- пространственно-композиционные;
- структурно-пластические;
- технико-технологические.

Художественные приемы:

- визуально-художественные;
- специализированные (логические);
- структурно-пространственные.

2. Цифровые технологии внесли большой вклад в театральное искусство. Современный процесс мирового технологического развития заставляет переосмыслить традиционные функциональные представления о театральных формах. Проникновение высоких технологий в театральную среду увеличивает также интерес работников, так как помогает расширить границы «традиционных» возможностей.

3. Прогресс развития медиакультуры дает почву для развития разных специалистов, таких как: осветители и художники по свету, художники по изготовлению декораций, буттофоры и т.д.

4. Претерпела изменения и сцена. Благодаря мультимедийным технологиям зритель может более глубоко погрузиться в действие представления или стать его частью.

5. Создаваемое в «новом искусстве» игровое пространство более не ограничено физическими пределами, в нем легко удалить любые барьеры, разделяющие актеров и зрителей.

6. В любом из спектаклей можно создать бесконечное множество пространств и времен на основе виртуальной или дополненной реальности и выстроить между ними сколь угодно простую или сложную систему интерактивности.

7. Широкое применение компьютерных технологий для цифровой трансформации пространств с помощью звука, видео и света, создает особый опыт «театральной непрерывности» или среды с непрерывно транслируемыми потоками информации, которая обеспечивает разнообразный опыт зрительского восприятия событий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кандалова А.Д. Трансформация городского пространства в сетевую эпоху // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12. № 1 (46). С. 34–40. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.01.4
2. Павлова Е.Ю. Архитектура и сценография в современном интерактивном театре // Вестник науки и образования. 2020. № 10-3(88). С. 95–97.
3. Баженова И.А., Янковская Ю.С. Медиа технологии в театральном действии и их влияние на архитектуру театра // Новые идеи нового века: материалы научной международной конференции ФАД ТОГУ. 2017. Т. 2. С. 24–30.
4. Заяц Т.М. Эволюция театрального пространства в XVII–XXI вв. и перспективы его дальнейшего развития // Архитектура и современные информационные технологии. 2016. № 3(36). С. 17.
5. Жданова И.В., Калинкина Н.А., Кузнецова А.А. Музейная архитектура в эпоху мультимедиа. Новые подходы в типологии // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 7. С. 51–59. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-7-51-59
6. Назарова Ю.В., Карпов С.В. Философские основания профессиональной этики архитектора в театральной архитектуре // Гуманитарные ведомости ТГПУ им. Л.Н. Толстого. 2022. № 1(41). С. 20–29. DOI: 10.22405/2304-4772-2022-1-1-20-29
7. Adonina A., Akhmedova E., Kandalova A. Realization of smart city concept through media technology in architecture and urban space: from utopia to reality // MATEC Web of Conferences. 2018. 02013. DOI: 10.1051/mateconf/201817002013
8. Кожевников А.М. Приемы современной театральной трансформации // Архитектура и современные информационные технологии. 2021.

№ 1(54). С. 165-186. DOI: 10.24412/1998-4839-2021-1-165-187

9. Веллингтон А.Т. "Театр новых форм": цифровые технологии в современном театре // Теория и история искусства. 2020. № 3–4. С. 217–224.

10. Ахмедова Е.А., Кандалова А.Д. Медиа-технологии в современном городе // Градостроительство и архитектура. 2016. № 3 (24). С. 44–48. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.03.7

11. Жданова И.В., Курносенкова А.В. К вопросу о формировании объемно-планировочной структуры музеев // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и градостроительство. 2021. С. 494–500.

12. Веллингтон А.Т. Интеграция мультимедийных технологий в пространство театра // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2015. № 6-1. С. 46–48.

13. Баженова И.А. Стабильные и изменяемые структуры архитектуры театра // Innovative Project. 2016. Т. 1. № 4(4). С. 98–102. DOI: 10.17673/IP.2016.1.04.11

14. Лотфуллина А.Р., Краснобаев И.В. К вопросу о взаимовлиянии архитектурного проектирования и сценографического искусства // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. № 3(49). С. 18–26.

15. Steve Dixon Digital Performance: A History of New Media in Theater, Dance, Performance Art, and Installation. USA: The MIT Press, 2017. 53 p.

16. Nick Couldry and Anna McCarthy Mediaspace: Place, Scale and Culture in a Media Age. N. Y.: Routledge, 2004.

17. Michal Hammond Performing Architecture: Opera Houses, Theatres and Concert Halls for the Twenty-first Century. Merrell Publishing, 2006. 240 p.

18. Chris van Uffelen. Performane Architecture + Design. Braun, 2010. 304 p.

19. Mitchell W. J. T. What Is Visual Culture? Irving Lavin (ed.). Meaning in the Visual Arts: Views from the Outside: A Centennial Commemoration of Erwin Panofsky (1892-1968). Princeton. NJ, 1995. Pp. 207–217.

20. Писарчик М. С. Синтез архитектуры и музыки на примере сооружений европейских театров // Человечествознание: Сборник статей XXII Международной научной конференции. Кемерово. 2018. С. 29–31.

21. Бабанова Д. С. Современные цифровые технологии в театре и их влияние на зрителей (на примере мюзикла "Привидение") // Homo instagramus: человек в цифровом обществе: материалы межвузовской студенческой научно-практической конференции. Московский педагогический государственный университет. 2018. С. 46–48.

22. Прохорова М.А., Сороштанова Н.Ю. Разработка приложения дополненной реальности для Екатеринбургского театра оперы и балета // Известия высших учебных заведений. Уральский регион. 2022. № 1. С. 10–15.

23. Борисов Н.В., Захаркина В.В., Мбого И.А. Портал Новой сцены Александринского театра - медиа-пространство для реализации новых творческих идей // Технологии информационного общества в науке, образовании и культуре. Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. 2014. С. 63–66.

24. Jasper Falkheimer and Andre Jansson Geographies of Communication: The Spatial Turn in Media Studies. Göteborg: Nordicom, 2006.

25. Rimini Protokoll [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rimini-protokoll.de/website/de/> (дата обращения: 16.06.2023) .

Информация об авторах

Кандалова Алла Дмитриевна, кандидат архитектуры, ассистент кафедры Архитектуры жилых и общественных зданий. E-mail: allakandalova@gmail.com. Самарский государственный технический университет. Россия, 443100, Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244.

Жданова Ирина Викторовна, кандидат архитектуры, доцент кафедры Архитектуры жилых и общественных зданий. E-mail: zdanovairina@mail.ru. Самарский государственный технический университет. Россия, 443100, Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244.

Журавлева Яна Витальевна, студентка кафедры Архитектуры жилых и общественных зданий. E-mail: yanazh2014@mail.ru. Самарский государственный технический университет. Россия, 443100, Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244.

Поступила 18.07.2023 г.

© Кандалова А.Д., Жданова И.В., Журавлева Я.В., 2023

Kandalova A.D., *Zhdanova I.V., Zhuravleva Y.V.

Samara State Technical University

*E-mail: zdanovairina@mail.ru

ARCHITECTURAL AND ARTISTIC TECHNIQUES FOR FORMING INNOVATIVE THEATER SPACE USING DIGITAL TECHNOLOGIES

Abstract. In this study, the authors pay attention to digitalization in theatrical art, and also raise the question of what changes theater spaces undergo under the influence of high technologies. The features of the influence of cultural globalization on modern theater are considered. Historical and modern examples of experience in designing theatrical spaces of new digital aesthetics prove the relevance and active development of this topic at present. The study of world and domestic experience in organizing theater spaces made it possible to identify the main trends in the development of the theater of a new order. The study defines the types of technologies that are used to transform the theater space, such as: VR technology, AR technology, projection 3D video, etc. The study defines the main techniques for the formation of new visual images of the theater's media architecture, considers interior and exterior aspects, determines the correspondence of types of digital technologies and theater spaces. The revealed techniques and principles of shaping are tested at the experimental project of the cultural center with a multi-purpose hall in Samara.

Keywords: digital technology, theater, theater space, multimedia theater, theater architecture, media technology, scenography.

REFERENCES

1. Kandalova A.D. Transformation of urban space in the network age [Transformaciya gorodskogo prostranstva v setevuyu epohu]. Urban planning and architecture. 2022. Vol. 12. No. 1 (46). Pp. 34–40. (rus) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.01.4
2. Pavlova E.Yu. Architecture and scenography in a modern interactive theater [Arhitektura i scenografiya v sovremennom interaktivnom teatre]. Herald of Science and Education. 2020. No. 10-3(88). Pp. 95–97. (rus)
3. Bazhenova I., Yankovskaya Y.S. Media technology in theatrical action and their influence on architecture of theatre [Media tekhnologii v teatral'nom dejstvii i ih vliyanie na arhitekturu teatra]. Novye idei novogo veka: materialy nauchnoj mezhdunarodnoj konferencii FAD TOGU. 2017. Vol. 2. Pp. 24–30. (rus)
4. Sayats T.M. Evolution of the theatrical space xvii-xxi century and perspectives of its further development [Evoluciya teatral'nogo prostranstva v xvii-xxi vv. I perspektivy ego dal'nejshego razvitiya]. Architecture and modern information technologies. 2016. No. 3(36). Pp. 17. (rus)
5. Zhdanova I.V., Kalinkina N.A., Kuznetsova A.A. Museum architecture in the era of multimedia. New approaches in typology [Muzejnaya arhitektura v epohu mul'timedia. Novye podhody v tipologii]. Buiietin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 7. Pp. 51–59. (rus) DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-7-51-59
6. Nazarova Y.V., Karpov S.V. Philosophical foundations of professional ethics of an architect in theater architecture [Filosofskie osnovaniya professional'noj etiki arhitekta v teatral'noj arhitekture]. Gumanitarnye vedomosti tgpu im. L.N. Tolstogo v arhitekture. 2022. No. 1(41). Pp. 20–29. (rus) DOI: 10.22405/2304-4772-2022-1-1-20-29
7. Adonina A., Akhmedova E., Kandalova A. Realization of smart city concept through media technology in architecture and urban space: from utopia to reality. MATEC Web of Conferences. 2018. 02013. DOI: 10.1051/mateconf/201817002013
8. Kozhevnikov A. Techniques of Modern Theatre Transformation [Priemy sovremennoj teatral'noj transformacii]. Architecture and modern information technologies. 2021. No. 1(54). Pp. 165–187. (rus) DOI: 10.24412/1998-4839-2021-1-165-187
9. Wellington A.T. «Theatre of new forms»: virtual reality, digital technologies and artificial intelligences in contemporary theatre ["Teatr novyh form": cifrovye tekhnologii v sovremennom teatre]. Theory and history of art. 2020. No. 3–4. Pp. 217–224. (rus)
10. Akhmedova E.A., Kandalova A.D. Media technologies in the modern city [Mediatekhnologii v sovremennom gorode]. Urban planning and architecture. 2016. No. 3 (24). Pp. 44–48. (rus) DOI: 10.17673/Vestnik.2016.03.7
11. Zhdanova I.V., Kurnosenkova A.V. To the question of the formation of the space-planning structure of museums [K voprosu o formirovanii ob'emno-planirovochnoj struktury muzeev]. Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Arhitektura i gradostroitel'stvo. 2021, Pp. 494–500. (rus)
12. Wellington A.T. Integration of multimedia technologies into space of the theater [Integraciya mul'timedijnyh tekhnologij v prostranstvo teatra].

Gumanitarnye, social'no-ekonomicheskie i obshchestvennye nauki. 2015. No. 6–1. Pp. 46–48. (rus)

13. Bazhenova I. Stable and changed structures of the theater architecture [Stabil'nye i izmenyaemye struktury arhitektury teatra]. Innovative Project. 2016. Vol. 1, No. 4(4). Pp. 98–102. (rus) DOI: 10.17673/IP.2016.1.04.11

14. Lotfullina A.R., Krasnobaev I.V. On the question of the mutual influence of architectural design and stage design [K voprosu o vzaimovliyani arhitekturnogo proektirovaniya i scenograficheskogo iskusstva]. Izvestiya KGASU. 2019. No. 3(49). Pp. 18–26. (rus)

15. Steve Dixon Digital Performance: A History of New Media in Theater, Dance, Performance Art, and Installation. USA: The MIT Press, 2017. 53 p.

16. Nick Couldry and Anna McCarthy Mediaspace: Place, Scale and Culture in a Media Age. N. Y.: Routledge, 2004.

17. Michal Hammond Performing Architecture: Opera Houses, Theatres and Concert Halls for the Twenty-first Century. Merrell Publishing, 2006. 240 p.

18. Chris van Uffelen. Performane Architecture + Design. Braun, 2010. 304 p.

19. Mitchell W.J.T. What Is Visual Culture? Irving Lavin (ed.). Meaning in the Visual Arts: Views from the Outside: A Centennial Commemoration of Erwin Panofsky (1892-1968). Princeton, NJ, 1995. Pp. 207–217.

20. Pisarchik M.S. Synthesis of architecture and music on the example of structures of european theaters [Sintez arhitektury i muzyki na primere

sooruzhenij evropejskih teatrov]. Chelovekoznanie: Sbornik statej XXII Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. Kemerovo. 2018. Pp. 29–31. (rus)

21. Babanova D.S. Modern Digital Technology in Theatre and Its Impact on the audience (using the example of the musical «Ghost») [Sovremennye cifrovye tekhnologii v teatre i ih vliyanie na zritelej (na primere myuzikla «Prividenie»)]. Homo instigramus: chelovek v cifrovom obshchestve: materialy mezhvuzovskoj studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Moskovskij pedagogicheskij gosudarstvennyj universitet. 2018. Pp. 46–48. (rus)

22. Prokhorova M.A., Seroshtanova N.Yu. Development of an augmented reality application for the Ekaterinburg opera and ballet theater [Razrabotka prilozheniya dopolnennoj real'nosti dlya Ekaterinburgskogo teatra opery i baleta]. Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Ural'skij region. 2022. No. 1. Pp. 10–15. (rus)

23. Borisov N., Zakharkina V., Mbogo I. Creative media space: portal for the new stage of alexandrinsky theatre [Portal Novoj sceny Aleksandrinskogo teatra - media-prostranstvo dlya realizacii novyh tvorcheskikh idej]. Trudy XVII Vserossijskoj ob"edinennoj konferencii «Internet i sovremennoe obshchestvo». Sankt-Peterburgskij nacional'nyj issledovatel'skij universitet informacionnyh tekhnologij, mekhaniki i optiki. 2014. Pp. 63–66. (rus)

24. Jasper Falkheimer and Andre Jansson Geographies of Communication: The Spatial Turn in Media Studies. Göteborg: Nordicom, 2006.

25. Rimini Protokoll. URL: <https://www.rimini-protokoll.de/website/de/> (date of treatment: 16.06.2023).

Information about the authors

Kandalova, Alla D. PhD, Assistant. E-mail: allakandalova@gmail.com. Samara State Technical University. Russia, 443100, Samara, str. Molodogvardeiskaya, 244.

Zhdanova, Irina V. PhD, Assistant professor. E-mail: zdanovairina@mail.ru. Samara State Technical University. Russia, 443100, Samara, str. Molodogvardeiskaya, 244.

Zhuravleva, Yana V. Bachelor student. E-mail: yanazh2014@mail.ru. Samara State Technical University. Russia, 443100, Samara, str. Molodogvardeiskaya, 244.

Received 18.07.2023

Для цитирования:

Кандалова А.Д., Жданова И.В., Журавлева Я.В. Архитектурные и художественные приемы формирования инновационного театрального пространства с применением цифровых технологий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 9. С. 52–61. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-52-61

For citation:

Kandalova A.D., Zhdanova I.V., Zhuravleva Y.V. Architectural and artistic techniques for forming innovative theater space using digital technologies. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 9. Pp. 52–61. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-52-61

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-62-72

Али Аль-Самаветли, Скопинцев А.В.Южный федеральный университет**E-mail: ali.alsamawetli@gmail.com*

ФОРМИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ТУРИСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ВОДНО-БОЛОТНОЙ МЕСТНОСТИ ЮЖНОГО ИРАКА

Аннотация. Рассматриваются проблемы архитектурного формообразования объектов туризма, интегрированных в водно-болотный ландшафт. В качестве основного метода проектирования при формировании туристических комплексов в водно-болотных угодьях Южного Ирака приняты принципы «зеленой архитектуры». Выявлены характерные типы «автономий» водно-болотной местности, исторически сложившиеся на территории иракских болот, включая: а) культурный ландшафт с останками бывших шумерских городов; б) естественный сохранившийся природный ландшафт болота Хувейза; в) деградированный ландшафт болот Восточный и Западный Хаммар, Центральные болот. Для каждого типа водно-болотного ландшафта предложен комплекс оптимальных методов и подходов по формированию устойчивой «зеленой архитектуры» объектов туризма, направленных на его сохранение, реабилитацию и развитие. Представлены приемы организации возможных планировочных моделей размещения и объемно-пространственного решения жилищ и объектов для туристов, адаптированных к условиям Южного Ирака. Предложена теоретическая модель формирования туристического кластера на водно-болотных угодьях Южного Ирака, включающая четыре уровня организации объектов «зеленой архитектуры»: 1) уровень выделения «автономий» водно-болотного ландшафта с учетом его природного и культурного потенциала; 2) уровень определения «структурных единиц» водно-болотного ландшафта; 3) уровень поиска оптимальных форм туризма для каждой автономии; 4) уровень построения моделей объектов «зеленой архитектуры» для каждой формы туризма.

Ключевые слова: зеленая архитектура, водно-болотный ландшафт, объекты туризма, автономии, подходы, методы, приемы, модели.

Введение. Водно-болотные угодья (ВБУ), расположенные в дельтах рек и низменной местности, обладают уникальными возможностями своих экосистем, которые предоставляют различные функции и «точки активности» для развития туризма и формирования «зеленой» экономики [1, 2]. Различают городские водно-болотные угодья, которые уже подверглись значительным антропогенным нагрузкам, и функционируют как рекреационные зоны городских парков, курортов. Вторая часть ресурсов - обширные естественные водно-болотные ландшафты с сохранившейся природной экологической средой, представляет значительный интерес для развития туризма в различных его формах: экологический туризм, агротуризм, приключенческий, спортивный и даже мистический туризм [2].

В то же время планируемые влияния и нагрузки на природную среду водно-болотного угодья, создают риски разрушения его хрупкой экосистемы: нарушения поверхностного торфяного слоя и зеленого покрова, воздействие на миграцию перелетных птиц, которые гнездятся на болотах [1, 2]. Важность этих аспектов по сохранению среды обитания болот и развитию «устойчивого туризма» подчеркнуто в решениях Рамсарской конференции по водно-болотным угодьям [3, 4].

Важное значение проектирование и строительство объектов туризма имеет на территории Южного Ирака, обладающей своими уникальными ландшафтными ресурсами и особенностями. Данная низменная местность представляет собой водно-болотные угодья бывшей Месопотамии, где ранее размещался известный «библейский Эдемский сад». Водно-болотные угодья Ирака относятся к речной системе Тигра и Евфрата, считаясь крупнейшей экосистемой Западной Азии со своей самобытной флорой и фауной [4, 5]. В истории человечества эта территория сыграла выдающуюся роль, как одно из основных мест заселения шумерской и вавилонской цивилизации. Основное население ВБУ – «болотные арабы» выступают живой связью между народами древней Месопотамии с современными жителями Ирака [5].

Развитие туризма в Южном Ираке сталкивается сегодня с двумя проблемами: это восстановление деградированных водно-болотных ландшафтов, подвергшихся в начале 2000-х годов непродуманным действиям по природопользованию в виде применения зарегулированных сельскохозяйственных схем и строительства больших плотин выше по течению [6, 7]. Вторая проблема – сохранение и поддержание в естественном виде оставшейся

части болот на границе с Ираном, болота Хувайза, которые являются первыми Рамсарскими водно-болотными угодьями международного значения в Ираке. В настоящее время большая часть болот вместе с тремя древними городами включена в список Всемирного наследия ЮНЕСКО [5, 6].

Это делает актуальными исследования по формированию в водно-болотистой местности экологически безопасной, «устойчивой архитектуры» объектов туризма, обеспечивающих минимальную антропогенную нагрузку на болота и сохранение природных качеств данной территории [8]. В этой связи проектирование «зеленых» и «экоустойчивых зданий» может быть востребовано для устойчивого развития водно-болотистой местности и всей экосистемы Месопотамии. Анализ степени изученности проблемы «зеленого» строительства на водно-болотных угодьях в современный период времени показал, что основной круг исследований связан с организационными и градостроительными аспектами развития туризма на ВБУ [1, 2]; с вопросами сохранения «биоты» болотных территорий и внедрением безотходных технологий [4-7]; проблемами сбережения водных ресурсов болотных ландшафтов, очисткой и повторным использованием сточных вод, как отходов деятельности туризма [9, 10].

В то же время малоизученными остаются аспекты, связанные с особенностями архитектуры зданий и сооружений для функций туризма в данной водно-болотной местности. В этой связи в данной работе уделяется внимание исследованию архитектурных качеств объектов туристического комплекса, их визуальному облику и композиции, согласованным с природным водно-болотным ландшафтом, а также поиску подходов к разработке адаптивных объемно-пространственных и функционально-планировочных решений, которые способствуют формированию «устойчивого туризма».

Цель данного исследования заключалась в выявлении комплекса подходов к формированию архитектуры туристических объектов и комплексов на водно-болотных угодьях, применительно к водно-болотной местности Южного Ирака. В этой связи решаются следующие задачи:

- исследовать природный и культурный потенциал ВБУ Ирака;
- определить характерные типы и «автономии» водно-болотного ландшафта, применительно к Южному Ираку;
- для каждого типа водно-болотного ландшафта вывести комплекс оптимальных методов и подходов по формированию «зеленой

архитектуры» объектов туризма, направленных на его сохранение, реабилитацию и развитие;

- предложить теоретическую модель формирования туристического кластера на ВБУ Южного Ирака.

Методы. Исследование понятия «экоустойчивости» приводит нас к выбору методологической базы для проектирования объектов прогнозируемых туристических комплексов, основанной на положениях «устойчивого развития» архитектуры, которые включают [8, 11]: а) гармоничное сочетание экологических, экономических, социальных аспектов в программах проектирования объектов; б) оптимальное соотношение «стабильного» и «изменяемого»; в) природоморфность и биосообразность конструкций и форм зданий; г) пространственное и цифровое моделирование формы зданий в зависимости от факторов, определяющих их жизненный цикл; д) адаптивность зданий к рискам техногенного и климатического характера; е) высокая энергоэффективность зданий, использование альтернативных источников энергии [11].

Методологией исследования и основой методического подхода по включению объектов инфраструктуры туризма в природный потенциал водно-болотной местности Южного Ирака в рамках устойчивого развития выступают принципы «зеленой архитектуры» [12]. Главными принципами проектирования и строительства объектов «зеленой архитектуры» являются:

- 1) интеграция и взаимопроникновение элементов природы в структуру архитектурного объекта;
- 2) установление композиционных и визуальных связей между архитектурой и природным ландшафтом;
- 3) использование при строительстве экоустойчивых технологий и материалов (системы эффективного энергосбережения и утилизации отходов, использование альтернативных источников энергии, применение местных природных материалов) [12].

Применение данных принципов в архитектуре объектов экотуризма уже рассматривалась исследователями для разных климатических районов со своими природными ландшафтами [8, 13]. Однако для водно-болотных угодий данный вопрос остается открытым и малоизученным.

Выделенные принципы определяют подходы к формированию архитектуры туристических объектов в водно-болотной местности Южного Ирака, соответствующие

требованиям «зеленой» и «экоустойчивой архитектуры».

Основная часть. Для разработки эффективных подходов к формированию объектов «зеленой архитектуры» в составе планируемых туристических комплексов необходимо исследовать потенциал водно-

болотных угодий и выделить исторически сложившиеся типы или «автономии» природного и культурного ландшафта ВБУ Южного Ирака [14, 15], которые предоставляют свои уникальные «центры активностей» для привлечения туристов (рис. 1).

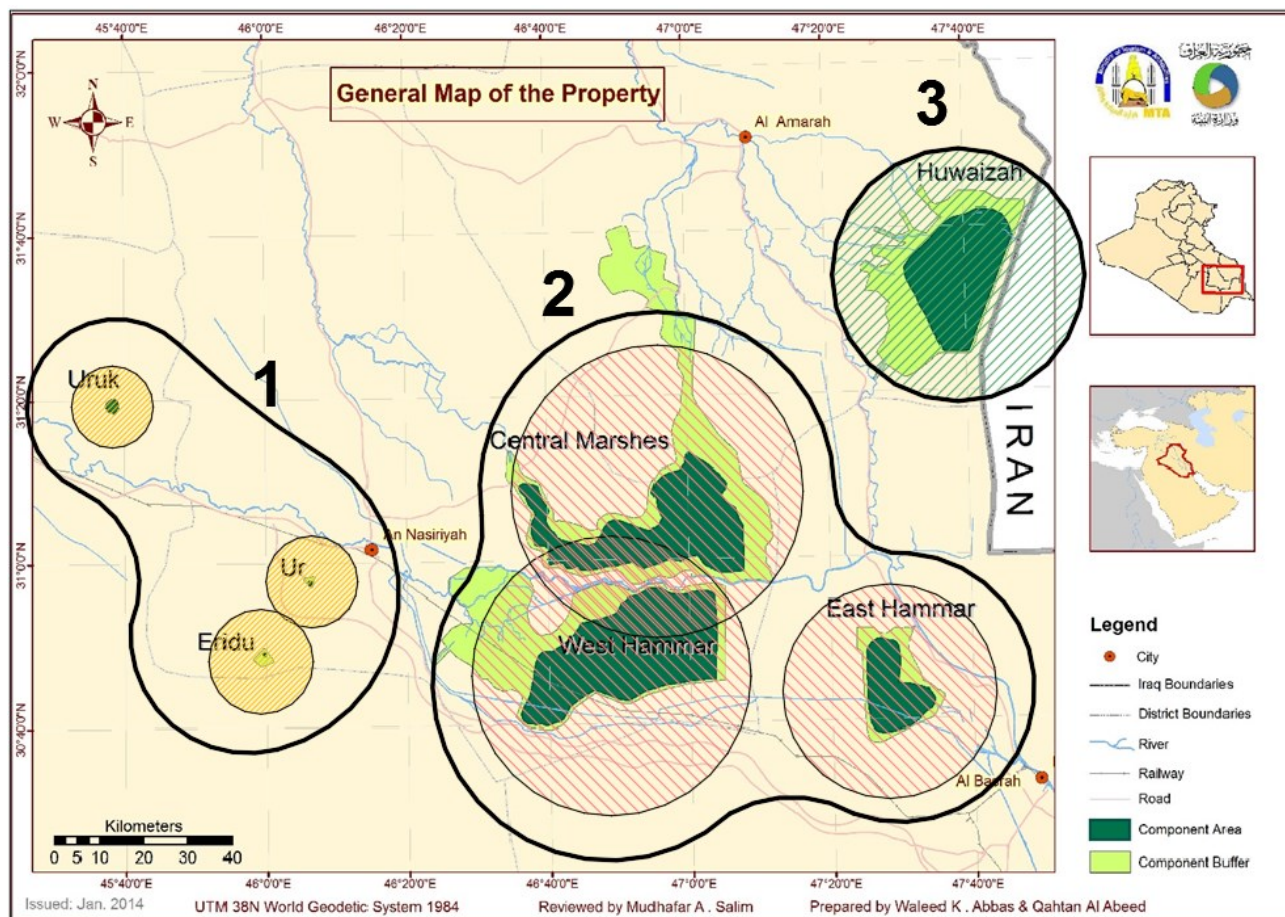


Рис. 1. Условные «автономии» (1, 2, 3) водно-болотных угодий Южного Ирака с характерными типами природных и культурных ландшафтов для привлечения туристов (авторская разработка)

Первая характерная «автономия» водно-болотных угодий Южного Ирака сформирована культурным ландшафтом болотистой территории древних городов Ур, Урук и археологического объекта Тель-Эриду (рис. 1). В этих городах зародилась письменность, монументальная архитектура в виде храмов и зиккуратов из глинобитного кирпича, а также сложные технологии и общества [3, 5]. Три культурных компонента данной экосистемы (Урук, Ур и Эриду) первоначально были расположены на окраинах пресноводных болот и превратились в одни из самых важных городских центров южной Месопотамии. Изменение климата в сторону более засушливой окружающей среды привело к высыханию древних болот и, в свою очередь, к упадку крупных городов южной Месопотамии. Сегодня среди глинобитных руин Урука, Ура и Эриду преобладают остатки зиккуратов, которые все еще стоят в засушливом водно-болотном ландшафте [6, 7].

Обширный свод клинописных текстов, древние постройки, археологические раскопы и сохранившиеся руины городов южной Месопотамии позволяют развивать культурно-познавательный туризм с воссозданием исторических памятников и с продуманным включением в культурный ландшафт новых объектов, таких как: гостиницы, библиотеки, дома науки, музеи, рекреации.

Для проживания и досуга туристов в подобном культурном водно-болотном ландшафте могут использоваться адаптированные модели построек:

- а) блокированные дома с отдельными входами из глинобитного кирпича по типу традиционных арабских жилищ;
- б) 2–3-этажные здания – гостиницы, отели, музеи, библиотеки – как в современных образах «зеленой» и бионической архитектуры, так и по типу древних построек городов Месопотамии.

Формообразование подобных объектов может строиться на 2-х *подходах*: а) выявлении носителей «базовых» цветов, фактур и материалов (рис. 2); б) «прототипировании» образцов исторических зданий и объектов на болотах.

На рисунке 2 представлен *первый подход* к формообразованию архитектуры объектов туризма для 1-й автономии, который основан на использовании «цветовой, фактурной и текстурной идентичности» материалов новых

построек и объектов с характерными «базовыми носителями» данных изобразительных средств, имеющихся в природном культурном ландшафте болот. *Второй подход* основан на «прототипировании» устойчивых архитектурных и природных форм – образцов, имеющихся в ландшафте и постройках древней Месопотамии и бывших шумерских городов, для объектов нового строительства.

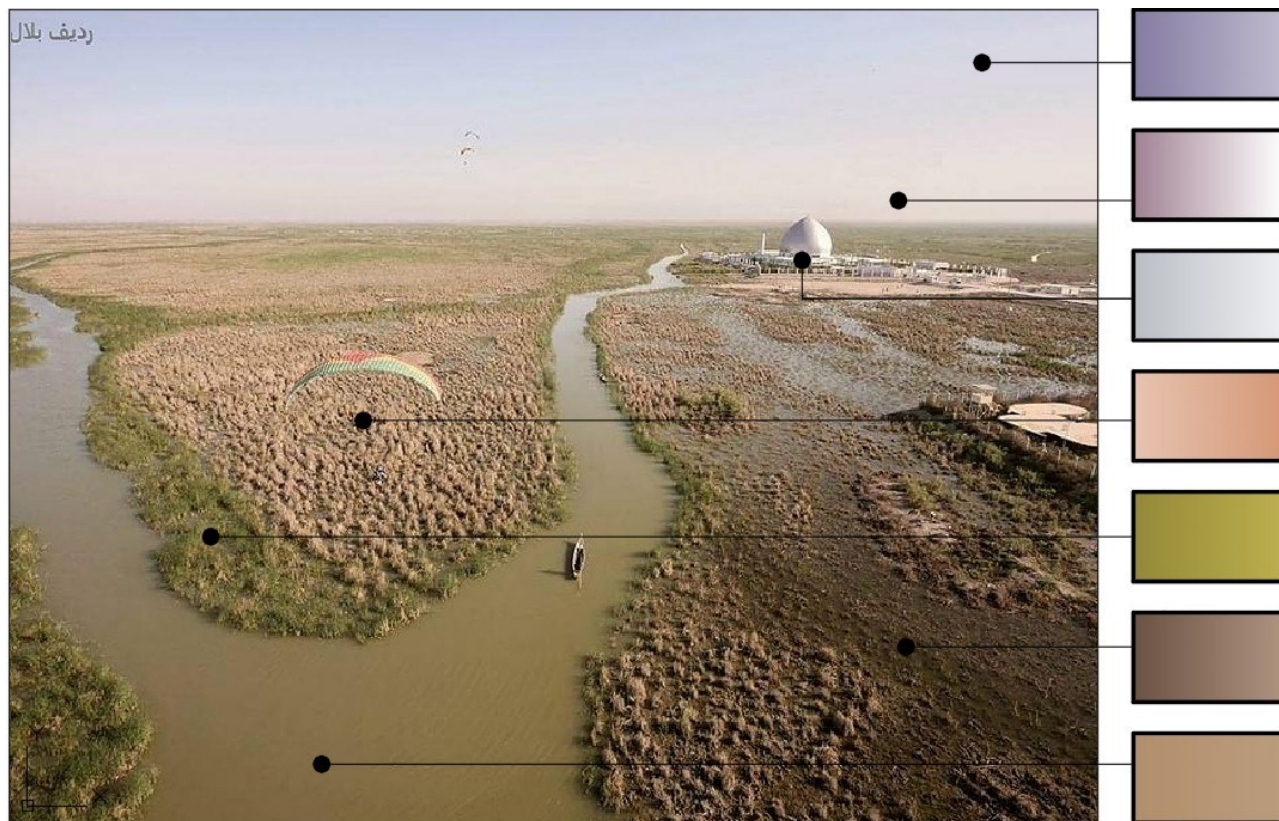


Рис. 2. Выявление «характерных носителей «базовых» цветов и фактур в культурном ландшафте водно-болотных угодий для использования в материалах новых построек и объектов туризма (авторская разработка)

Второй характерной «автономией» водно-болотных угодий Южного Ирака, представленной на рисунке 1, выступает деградированный ландшафт Центральных болот, а также болот Восточный и Западный Хаммар, которые питаются реками Тигра и Евфрата [3, 5]. В период с 70-х по начало 2000-х годов в результате разрушительной сельскохозяйственной и экономической деятельности часть болот подверглась осушению, что привело к деградации природного ландшафта с исчезновением покровного слоя растительности и зарегулированными схемами участков суши и водоемов [6, 7]. Тем не менее, наличие обширных акваторий, каналов, сельскохозяйственных и инженерных построек (мостов, плотин) на болотах создают возможности для развития агротуризма, промышленного, спортивного и приключенческого туризма.

В русле «экоустойчивой архитектуры» могут быть предложены следующие *подходы* к реабилитации и воссозданию деградированных ландшафтов с помощью продуманного формирования и размещения объектов туристической инфраструктуры:

- «*биорегенерация*» – воссоздание утраченных живописных форм и природных систем болотного ландшафта в композиционном каркасе и формообразующих линиях генерального плана туристического комплекса, а также в конфигурации его зданий и объектов;
- «*биоинтеграция*» – включение фрагментов восстановленной природной среды болот в архитектурное пространство туристического комплекса;
- «*визуальная реконструкция*» – включает различные приемы воссоздания и использования цветов, текстур и фактур местных природных материалов при строительстве объектов

туристической инфраструктуры на территории болот;

– «биоадаптация» – подход к формированию архитектуры туристических комплексов, используемый при наличии уже сформировавшихся зарегулированных схем деградированного водно-болотного ландшафта в местах осушения болот и «нарезки»

геометрически правильных участков суши и водоемов (рис. 3).

Биоадаптация включает приспособление композиционного каркаса и формообразующих линий генерального плана туристического комплекса, а также абрисов его зданий и архитектурных объектов к планировочной разметке территории водно-болотного ландшафта и может быть основана на приемах модульности и повторения (рис. 3.)

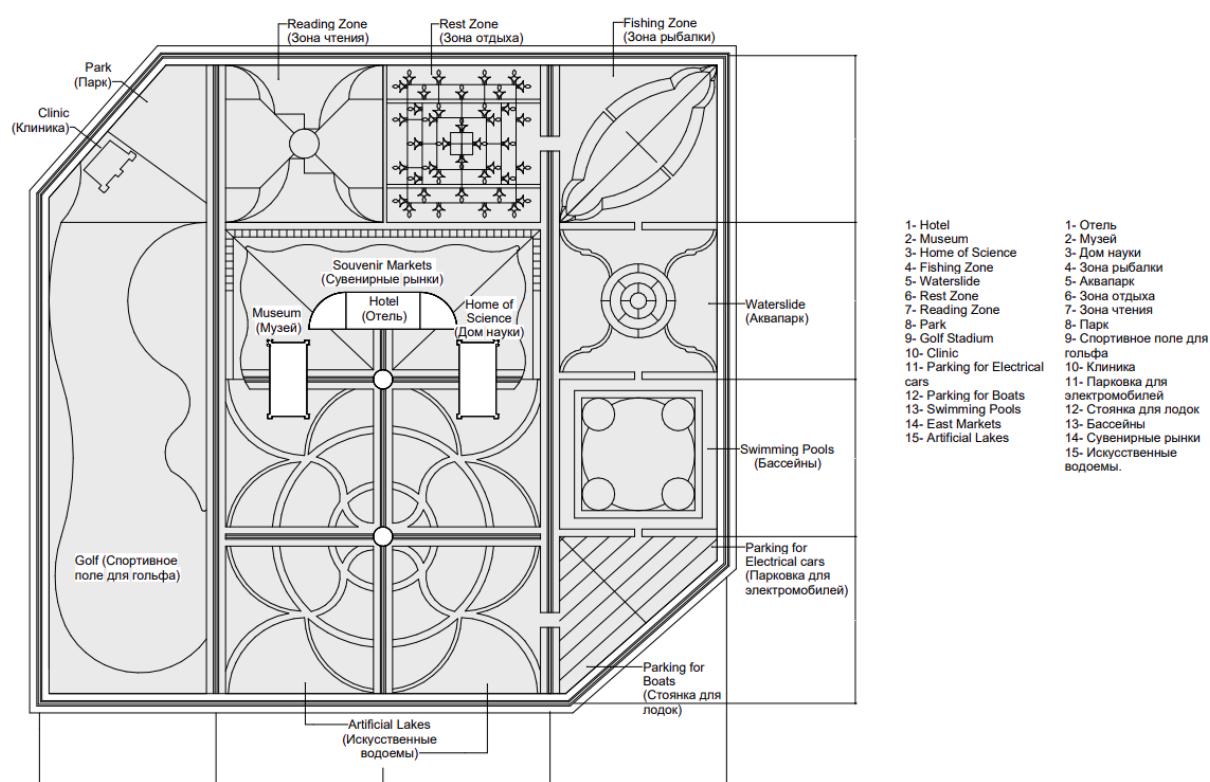


Рис. 3. «Биоадаптация» композиционного и планировочного каркаса проектируемого туристско-рекреационного комплекса к зарегулированной структуре водно-болотного ландшафта (авторская иллюстрация)

К третьей экосистеме Южного Ирака относится сохранившийся естественный природный комплекс болота Хувайза на границе с Ираном, который не подвергся антропогенным нагрузкам и включает сегодня уникальные водно-болотные ландшафты с биологическим разнообразием многочисленных популяций птиц, рыб, животных (рис. 1). На данной территории могут быть популярны и коммерчески окупаемы следующие виды экологического туризма с объектами «зеленой архитектуры»:

– водный туризм с путешествием и катанием на лодках и проживанием на воде и на островах водно-болотного ландшафта в тростниковых бунгало;

– агротуризм и сельский туризм с посещением поселений и жилищ «болотных арабов» и «проникновением» в особенности их быта, ремесел, культуры;

– экологический, приключенческий и мистический туризм с организацией маршрутов по «экотропам» в виде плавучих или стационарных помостов;

– бердвотчинг – наблюдение за редкими видами животных и птиц, которые гнездятся на территории болот, со смотровых вышек, наблюдательных башен, плавучих домов.

В качестве подходов к формированию устойчивой архитектуры на болотах может выступать ряд примеров организации объектов туризма в естественных сохранившихся ландшафтах (табл. 1).

Подходами к архитектурному формообразованию объектов инфраструктуры туризма в естественных водно-болотных угодьях выступают:

А. «Биомиметика» – организация единых жизненных циклов в функционировании архитектурных объектов и природного ландшафта;

Б. Приемы организации различных «эко-устойчивых объектов» для бердвотчинга в составе:

а) смотровые площадки на башнях в стиле – аскетичной формы маяка, которые делают его «биосовместимым» с флорой и фауной водно-болотных угодий (табл. 1);

б) смотровая площадка в виде пандус-галереи с винтовой лестницей на башне. Легкие парящие формы башни в стиле «эко-хайтек» делают ее «естественной» в лагуне водно-болотных

угодий, которые выступают убежищем для тысяч перелетных птиц (табл. 1);

в) смотровая башня в форме павильона в природном заповеднике водно-болотных угодий, которая имеет цветовое оформление, близкое к базовым цветам местных природных материалов и рельефу береговой полосы, обеспечивая объекту устойчивое существование в «ранимом» водно-болотном ландшафте (табл. 1).

Таблица 1

Примеры и подходы к формированию «экоустойчивой архитектуры» для бердвотчинга в естественном ландшафте водно-болотных угодий (авторская разработка)

1. Маяк Ист-Уск, Ньюпорт-Уотлендс, Великобритания	2. Смотровая площадка на башне в Cheetham Wetlands
	
 «биомиметика» – единство жизненных циклов	 «биопозитивный» поход – трансляция природных форм
«биоинтеграция» – использование природных материалов 	«визуальная адаптация» – узнаваемый объект для перелетных птиц 
	
3. Природный заповедник водно-болотных угодий Трали-Бей	4. Павилинь башня в Лондонском центре водно-болотных угодий в стиле «эко-хайтек»

Как показывает анализ зарубежного опыта строительства туристско-рекреационных комплексов на акваториях и в сходном с водно-болотными угодьями ландшафте, для них характерно использование нерегулярных, живописных планировочных структур. Приемы организации возможных *планировочных схем* размещения жилищ для туристов, адаптированных к условиям Южного Ирака, в естественном водно-болотном

ландшафте зависят от моделей болотного ландшафта, конфигурации «природных емкостей» и могут быть следующих видов (рис. 4):

А) *центрическая* (островная) – с размещением на островах;

Б) *линейная* – с размещением объектов вдоль русла протоки, канала;

В) *точечная* (узловая) – с размещением в характерных «точках» ландшафта (мыс, полуостров, излучина);

Г) *свободная* (нерегулярная структура) – с живописной формой плана и размещением в акватории болот или в «буферной» заболоченной зоне с тростниковой растительностью (рис. 4).

Для проживания туристов на территории водно-болотный угодий могут использоваться следующие типы объектов архитектуры и жилища (рис. 4):

- *индивидуальное жилище* (бунгало – дом у воды по типу жилища «болотных арабов»);
- *дома на сваях* на воде;
- «*плавающий дом*» (плот, дебаркадер);
- «*островной дом*» – одиночное или блокированное жилище на болотных островах для туристов в форме тростниковых построек или в виде искусственных «островов – резиденций» на воде (рис. 4).

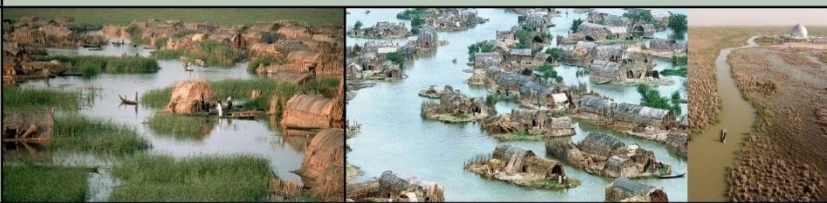
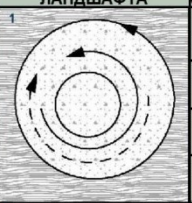
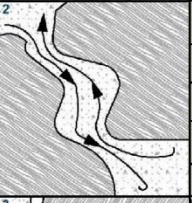
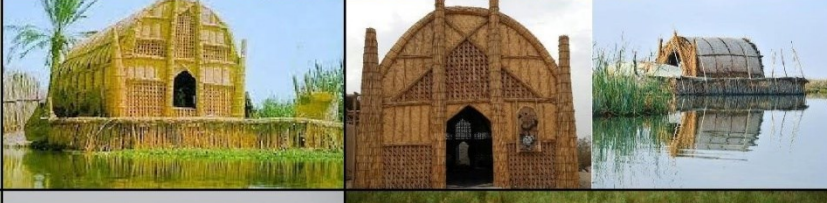
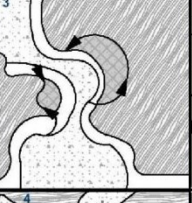
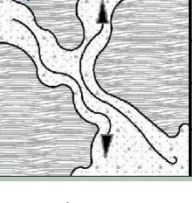
Анализ достопримечательностей южного ирака в охраняемых природных зонах и вблизи водоемов.				
Характерные типы объектов архитектуры на болотах				
ВИДЫ БОЛОТ	ОБЩИЙ ВИД		МОДЕЛИ БОЛОТНОГО ЛАНДШАФТА	ПРОТОТИПЫ ОБЪЕКТОВ ТРК
Чибайш Южного Ирака				Жилой
				АБК
				Столовая
				Номера
Хувайз Южного Ирака				Номера
				АБК
				Баня
				Спор. площадка Парковки
Аль-Хамар Южного Ирака				Блокир. ж.д.
				АБК и КПП встр.
				Благоустройство
Аль-Ксара Южного Ирака				Жилой блок
				АБК
				Столовая
				Парковки

Рис. 4. Характерные типы объектов архитектуры для туристов, исходя из моделей водно-болотного ландшафта (авторская иллюстрация)

Разновидности туристических комплексов на территории поселений «болотных арабов» можно разделить на три типа:

А) интегрированные непосредственно в границы территории поселения;

Б) отдельно-стоящие – расположенные за пределами поселений «болотных арабов» на свободных территориях;

В) застройка, имитирующая древние поселения «болотных арабов», в виде этнических деревень, островных построек и бунгало из тростника, плавающих домов в форме архетипов жилищ и построек коренного населения [3, 15].

Наличие жаркого климата определяет отсутствие централизованного отопления и круглого-

дичный режим работы туристических комплексов. С учетом природоохранных мероприятий на территории водно-болотных угодий требуется использовать энергоэффективные и безотходные технологии при строительстве и функционировании объектов инфраструктуры туризма.

Таким образом, предлагаемые методы и приемы формирования архитектуры туристических комплексов в болотистых районах Южного Ирака будут способствовать устойчивому развитию природного и культурного ландшафта водно-болотных угодий.

Предложенный в исследовании общий методический подход к формированию архитектуры туристических объектов, основанный на выделении трех характерных автономий (типов) водно-

болотного ландшафта, может быть представлен в виде *теоретической модели* построения туристического кластера – «ахвара» на Юге Ирака (рис. 5).

Модель включает 4 уровня:

1) уровень «типологии» водно-болотного ландшафта с учетом его природного и культурного потенциала для развития туризма (автономии);

2) уровень «структурных единиц» (компонентов) водно-болотного ландшафта;

3) уровень разновидностей и форм туризма для каждой автономии;

4) уровень моделей объектов «зеленой архитектуры» для каждой формы туризма.



Рис. 5. Теоретическая модель формирования туристического кластера на Юге Ирака (авторская иллюстрация)

Выводы.

1. Установлено, что общим методическим подходом по формированию и проектированию объектов туризма в ландшафте водно-болотной местности Южного Ирака выступают принципы «зеленой архитектуры», которые включают: 1) интеграцию и взаимопроникновение элементов природы в структуру архитектурного объекта; 2) установление композиционных и визуальных связей между архитектурой и природным ландшафтом; 3) использование при строительстве эко-устойчивых технологий и материалов

2. Выделено три исторически сложившихся типа «автономий» природного и культурного ландшафта водно-болотных угодий Южного Ирака, которые предоставляют свои уникальные «центры активностей» для привлечения туристов: 1) культурный ландшафт с останками бывших шумерских городов; 2) естественный природный

ландшафт болота Хувейза; 3) деградированный ландшафт Центральных болот.

3. Для каждого типа водно-болотного ландшафта предложен комплекс оптимальных методов и подходов по формированию устойчивой «зеленой архитектуры» объектов туризма, направленных на его сохранение, реабилитацию и развитие. Представлены приемы организации возможных планировочных схем размещения и объемно-пространственного решения жилищ и объектов для туристов, адаптированных к условиям Южного Ирака.

4. Предложена теоретическая модель формирования туристического кластера на водно-болотных угодьях Южного Ирака, включающая четыре уровня: 1) уровень «типологии» (автономий) водно-болотного ландшафта с учетом его природного и культурного потенциала; 2) уровень «структурных единиц» (компонентов) водно-

болотного ландшафта; 3) уровень разновидностей и форм туризма для каждой автономии; 4) уровень моделей объектов «зеленой архитектуры» для каждой формы туризма.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Водно-болотные угодья и организация их посещений: подходы, примеры и практики развития экологического и устойчивого туризма. [Электронный ресурс]. URL: <https://bahna.land/ru/bolota/vodno-bolotnye-ugodya-i-organizatsiya-ikh-poseshchenij-podkhody-primery-i-praktiki-razvitiya-ekologicheskogo-i-ustojchivogo-turizma> (дата обращения: 30.04.2023).
2. Янковская Ю.С., Гаджиев Г.А. Водно-болотные угодья в составе городов. Проблемы сохранения и устойчивого развития // Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ». 2020. № 2 (23) Т.3. С. 141-147.
3. Скопинцев А.В., Аль-Самаветли Али Хусейн Шани. Особенности формирования объектов экотуризма в водно-болотном ландшафте южного Ирака // Актуальные проблемы развития городов. Электронный сборник статей по материалам открытой V международной очно-заочной научно-практической конференции молодых ученых и студентов. Макеевка, ГОУ ВПО «ДОН-НАСА». 2021. С. 103-108.
4. National Report on Biodiversity in Iraq. – Republic of Iraq, Ministry of Environment, July 2010. 153 p.
5. Abdulhasan N.A., Salim M.A., Al-Obaidi G.S., Ali H.J., Al-Saffar M.A., Abd I.M., Minjil M.Sh. Classification and Description of Southern Iraqi Marshlands (National Park Area) / Habitat Mapping and Monitoring Project. Sulaimani, Kurdistan, Iraq, 2009. 197 p.
6. Desk Study on the Environment in Iraq. United Nations Environment Programme, 2003. 98 p.
7. Hamdan M.A., Asada T., Hassan F.M., Warner B.G., Douabul A., Al-Hilli M.R.A., Alwan A.A. Vegetation Response to Re-flooding in the Mesopotamian Wetlands, Southern Iraq. Wetlands. Springer, 2010. 359 p.
8. Щербина Е.В., Нгуен Т.К. Методические подходы развития туристических территорий с учетом принципов устойчивого развития // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 6. С. 83–93. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-6-83-93
9. Moghaddam V.K., Changan F., Mohammadi A., Hadei M., Ashabi R., Majd L.E., Mahvi A.H. Sustainable development of water resources based on wastewater reuse and upgrading of treatment plants: A review in the Middle East. Desalin. Water Treat. 2017. Vol. 65. Pp. 463–473.
10. Abdul Khaliq S.J., Ahmed M., Al-Wardy M., Al-Busaidi A.; Choudri B.S. Wastewater and sludge management and research in Oman: An overview. J. Air Waste Manag. 2017. Vol. 67. Pp. 267–278.
11. Есаулов Г.В. Устойчивая архитектура – от принципов к стратегии развития // Вестник ТГАСУ. 2014. №6. С. 9–24.
12. Зима А.Г. «Зеленая» архитектура как современное релевантное архитектурное направление // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2019. № 4 (30). С. 74-79.
13. Касимова А.Р. Формирование мобильной архитектуры объектов этнокультурного туризма в условиях Российско-Казахстанского приграничья // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 3. С. 111–121. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-3-111-121
14. Аль-Самаветли А., Скопинцев А.В. Исследование композиционных связей архитектуры и ландшафта при формировании комплексов экотуризма на территории Южного Ирака // Инженерный вестник Дона, 2021, №6 (78). С. 300–313.
15. Аль-Самаветли Али, Скопинцев А.В. Функционально-типологические модели туристических комплексов в водно-болотных угодьях Южного Ирака // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2022. №3 (41). С. 82–87.

Информация об авторах

Али Аль-Самаветли Хусейн Шани, аспирант кафедры архитектурного и средового проектирования. E-mail: ali.alsamawetli@gmail.com. Южный федеральный университет. Россия, 344082, г. Ростов-на-Дону, пр. Буденновский, д. 39.

Скопинцев Анатолий Вениаминович, профессор кафедры архитектурного и средового проектирования. E-mail: scorparh@yandex.ru. Южный федеральный университет. Россия, 344082, г. Ростов-на-Дону, пр. Буденновский, д. 39.

Поступила в 30.04.2023 г.

©Али Аль-Самаветли, Скопинцев А.В., 2023

*Ali Al-Samawetli, Skopincev A.V.

South Federal University

*E-mail: ali.alsamawetli@gmail.com

FORMATION OF THE ARCHITECTURE OF TOURIST OBJECTS IN THE WETLAND OF SOUTHERN IRAQ

Abstract. The problems of architectural shaping of tourism objects integrated into the wetland landscape are considered. The principles of "green architecture" have been adopted as the main design method in the formation of tourist complexes in the wetlands of Southern Iraq. The characteristic types of "autonomies" of the wetlands that have historically developed on the territory of the Iraqi marshes have been identified, including: a) a cultural landscape with the remains of former Sumerian cities; b) the natural preserved natural landscape of the Huweiza swamp; c) the degraded landscape of the Eastern and Western Hammar swamps, the Central Marshes. For each type of wetland landscape, a set of optimal methods and approaches is proposed for the formation of a sustainable "green architecture" of tourism facilities aimed at its conservation, rehabilitation and development. Techniques for organizing possible planning models of accommodation and spatial solution of dwellings and objects for tourists, adapted to the conditions of southern Iraq, are presented. A theoretical model for the formation of a tourist cluster in the wetlands of Southern Iraq is proposed, including four levels of organization of "green architecture" objects: 1) the level of allocation of "autonomies" of the wetland landscape, taking into account its natural and cultural potential; 2) the level of definition of "structural units" of the wetland landscape; 3) the level of search for optimal forms of tourism for each autonomy; 4) the level of building models of "green architecture" objects for each form of tourism.

Keywords: green architecture, wetland landscape, tourism objects, autonomies, approaches, methods, techniques, models.

REFERENCES

1. Wetlands and the organization of their visits: approaches, examples and practices for the development of ecological and sustainable tourism [Vodno-bolotnye ugod'ya i organizatsiya ikh poseshcheniy: podkhody, primery i praktiki razvitiya ekologicheskogo i ustoychivogo turizma]. URL: <https://bahna.land/ru/bolota/vodno-bolotnye-ugodya-i-organizatsiya-ikh-poseshchenij-podkhody-primery-i-praktiki-razvitiya-ekologicheskogo-i-ustoychivogo-turizma> (date of access: 04/30/2023).
2. Yankovskaya Yu.S., Gadzhiev G.A. Wetlands within cities. Problems of conservation and sustainable development [Vodno-bolotnye ugod'ya v sostave gorodov. Problemy sohraneniya i ustoychivogo razvitiya]. International scientific journal "BULLETIN OF SCIENCE"/ 2020. No. 2 (23) Vol.3. Pp. 141–147. (rus)
3. Skopintsev A.V., Al-Samawetli Ali Hussein Shani. Peculiarities formation of ecotourism objects in the wetland landscape of the southern Iraq. Actual problems of urban development [Aktual'nye problemy razvitiya gorodov. Elektronnyy sbornik statey po materialam otkrytoy V mezhdunarodnoy ochno-zaochnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh i studentov. Makeevka, GOU VPO «DonNASA»]. Electronic collection articles based on the materials of the open V international part-time scientific-practical conference of young scientists and students. Makeevka, GOU VPO "DonNASA"/ 2021. Pp. 103–108. (rus)
4. National Report on Biodiversity in Iraq. – Republic of Iraq, Ministry of Environment, July 2010. 153 p.
5. Abdulhasan N.A., Salim M.A., Al-Obaidi G.S., Ali H.J., Al-Saffar M.A., Abd I.M., Minjil M.Sh. Classification and Description of Southern Iraqi Marshlands (National Park Area). Habitat Mapping and Monitoring Project. Sulaimani, Kurdistan, Iraq. 2009. 197 p.
6. Desk Study on the Environment in Iraq. United Nations Environment Program, 2003. 98 p.
7. Hamdan M.A., Asada T., Hassan F.M., Warner B.G., Douabul A., Al-Hilli M.R.A., Alwan A.A. Vegetation Response to Re-flooding in the Mesopotamian Wetlands, Southern Iraq. Wetlands. Springer. 2010. 359 p.
8. Scherbina E.V., Nguyen T.K. Methodological approaches to the development of tourist territories based on the principles of sustainable development. [Metodicheskie podhody razvitiya turisticheskikh territorij s uchetom principov ustoychivogo razvitiya]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2022. No. 6. Pp. 83–93. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-6-83-93
9. Moghaddam V.K., Changani F., Mohammadi A., Hadei M., Ashab, R., Majd L.E., Mahvi A.H. Sustainable development of water resources based on wastewater reuse and upgrading of treatment plants: A review in the Middle East. Desalin. water treatment. 2017. Vol. 65. Pp. 463–473.
10. Abdul Khaliq S.J.; Ahmed M., Al-Wardy M., Al-Busaidi A., Choudry B.S. Wastewater and

sludge management and research in Oman: An overview. *J. Air Waste Manag.* 2017. Vol. 67. Pp. 267–278.

11. Esaulov G.V. Sustainable architecture - from principles to development strategy [Ustojchivaya arhitektura – ot principov k strategii razvitiya]. *Bulletin of TGASU.* 2014. No. 6. Pp. 9–24. (rus)

12. Zima A.G. "Green" architecture as a modern relevant architectural trend [«Zelenaya» arhitektura kak sovremennoe relevantnoe arhitekturnoe napravlenie]. *Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Sea.* 2019. No. 4 (30). Pp. 74–79. (rus)

13. Kasimova A.R. Formation of mobile architecture of objects of ethno-cultural tourism in the conditions of the Russian-Kazakh borderland. [Formirovanie mobil'noj arhitektury ob'ektov etnokul'turnogo turizma v usloviyah Rossijsko-Kazahstanskogo prigranich'ya]. *Bulletin of BSTU*

named after V.G. Shukhov. 2023. No. 3. Pp. 111–121. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-3-111-121

14. Al-Samavetli A., Skopintsev A.V. The study of compositional relationships between architecture and landscape in the formation of ecotourism complexes in the territory of Southern Iraq. [Issledovanie kompozitsionnyh svyazej arhitektury i landshafta pri formirovanii kompleksov ekoturizma na territorii Yuzhnogo Iraka]. *Engineering Bulletin of the Don.* 2021. No. 6 (78). Pp. 300–313. (rus)

15. Al-Samavetli Ali, Skopintsev A.V. Functional and typological models of tourist complexes in the wetlands of Southern Iraq. *Engineering and [Funkcional'no-tipologicheskie modeli turisticheskikh kompleksov v vodno-bolotnyh ugod'yah Yuzhnogo Iraka]. Construction Bulletin of the Caspian Sea.* 2022. No. 3 (41). Pp. 82–87. (rus)

Information about the authors

Ali Al-Samawetli H.S. Postgraduate student. E-mail: ali.alsamawetli@gmail.com. South Federal University. Russia, 344082, Rostov-on-Don, Budennovsky Ave., 39.

Skopincev, Anatoliy V. PhD, Professor. E-mail: scoparh@yandex.ru. South Federal University. Russia, 344082, Rostov-on-Don, Budennovsky Ave., 39.

Received 30.04.2023

Для цитирования:

Али Аль-Самаветли, Скопинцев А.В. Формирование архитектуры туристических объектов в водно-болотной местности Южного Ирака. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 9. С. 62–72. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-62-72

For citation:

Ali Al-Samawetli, Skopincev A.V. Formation of the architecture of tourist objects in the wetland of Southern Iraq. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov.* 2023. No. 9. Pp. 62–72. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-62-72

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-73-82

Скоблицкая Ю.А.

Южный федеральный университет

E-mail: yskoblickaya@sfedu.ru

ТЕНДЕНЦИИ АРХИТЕКТУРНОГО ФОРМИРОВАНИЯ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ КРУПНЕЙШИХ СТАДИОНОВ

Аннотация. В настоящее время в России на государственном уровне ведётся активная поддержка и популяризация спорта и здорового образа жизни. В этой связи идет развитие объектов спортивной инфраструктуры, в том числе и демонстрационных, таких как стадионы. В статье кратко описан мировой опыт формирования планировочной структуры стадионов. Спустя пять лет после ввода в эксплуатацию стадионов, разлитых в рамках проведения Чемпионата мира по футболу 2018 года, проведен анализ функционально-планировочной структуры, определено влияние на трансформацию прилегающих территорий, на основе это были выявлены особенности градостроительного размещения крупнейших стадионов. С учетом размещения выявлены и описаны основные компоновочные схемы, представлены укрупненные наиболее характерные аспекты функционально-планировочной структуры крупнейших современных стадионов. Представлены современные тенденции формирования планировочной структуры стадионов, связанные с градостроительными, технологическими аспектами. Описаны три варианта размещения стадионов с учетом градостроительной ситуации, в соответствии с этим определена структура генерального плана и планировочная структура объекта. Современные стадионы являются многофункциональными объектами, имеющими сложную планировочную структуру с возможностью трансформации для проведения различного рода мероприятий, а также включающие разно функциональные объекты с учетом конкретной градостроительной ситуации.

Ключевые слова: архитектура, стадион, спортивные сооружения, легкоатлетический стадион, футбольный стадион, футбольное поле.

Введение. Целью проведенного исследования является определение современных тенденций проектирования крупнейших стадионов.

Основными задачами данного исследования является необходимость определения современных укрупненных функционально-планировочных групп крупнейших стадионов, а также определение особенностей градостроительного размещения в структуре крупнейших городов с возможностью перспективного развития прилегающих территорий.

При поддержке правительства РФ ведется работа, направленная на развитие и популяризацию спортивного движения. Реализуются правительственные программы, нацеленные на привлечение населения к занятиям спортом, ведется активное строительство различного рода спортивных объектов. Одним из элементов популяризации спорта среди населения являются крупные демонстрационные объекты, такие как стадионы.

Изучением проблематики функционально-планировочной структуры, особенностей размещения такого рода объектов занимались архитекторы, ученые, что нашло отражение в таких трудах как: Аристова Л.В., Бойко В.В. «Физкультурно-оздоровительные и спортивные сооружения»; Виммер Мартин «Проектирование стадионов»; Лавелль Д. «Футбольные стадионы». Отдельными аспектами проектирования крупных стадионов занимались: Шогенов С.Х., Балов

А.А., Афашагов Б.З. «Некоторые аспекты крытых стадионов»; Иванихина Л.В. «Особенности проектирования инженерных систем футбольных стадионов».

В настоящее время ведется активное строительство демонстрационных объектов, таких как стадионы. Ввиду традиционных предпочтений россиян преимущественно проектируются и строятся легкоатлетические и футбольные стадионы, либо объекты, совмещающие оба вида спорта. При этом стадионы размещаются преимущественно в крупнейших городах, население которых составляет более миллиона человека. Такие спортивные объекты предназначены не только непосредственно для обслуживания населения города, но и близлежащих населенных пунктов. Такого рода объекты массового посещения становятся символами крупнейших городов, которые впоследствии в значительной степени трансформируют прилегающую территорию, а также нередко способствуют изменению территориальных границ населенных пунктов.

Ввиду потребностей современного общества планировочная структура стадионов стала в значительной степени усложняться, становясь многофункциональной. При этом отсутствуют исследования, связанные с влиянием и дальнейшей трансформацией территорий после введения в эксплуатацию крупных спортивных демонстра-

ционных объектов. Требования к функционально-планировочной структуре стадионов регулярно меняются и, как следствие, требуют постоянной корректировки и все большего усложнения функциональных связей и расширения перечня номенклатуры помещений. Следует отметить, что функциональная структура стадионов в значительной степени зависит не только от региона строительства, но и от размещения в городской структуре.

Материалы и методы. Объектом исследования являются крупнейшие стадионы, имеющие расчетную вместимость не менее чем на 40 000 зрителей. В качестве методов изучения объекта исследования анализ литературных источников, позволивший выявить тенденции проектирования, а также ряд сравнительных характеристик. Была проанализирована нормативная документация на проектирование, градостроительное размещение, а также на формирование объемно-планировочного решения, позволившая определить оптимальную планировочную структуру. Были проведены натурные обследования крупнейших стадионов, спроектированных и построенных к Чемпионату Мира по футболу 2018 года, так как данные объекты проектировались и строились по новейшим требованиям, в том числе отвечая параметрам многофункциональности, в ходе которого были выявлены особенности планировочной структуры, ряд композиционных решений, тенденции размещения в городской структуре, а также на примере стадиона Ростов-Арена была выявлена трансформация за пять лет прилегающей к стадиону территории после его ввода в эксплуатацию.

Основная часть. Спустя пять лет после введения в эксплуатацию стадионов, вновь построенных/реконструированных к Чемпионату мира по футболу 2018 года можно отметить, что крупнейшие стадионы, по своей специфике являются знаковыми для городов объектами, которые в последствии становятся своего рода «символами», а также значимыми инфраструктурными объектами, способными в значительной степени повлиять на развитие и дальнейшую трансформацию прилегающей территории. Соответственно архитекторы, городские власти для размещения подобных объектов выбирают перспективный участок, имеющий значимый резерв территорий для дальнейшего развития.

В 11 крупнейших городах были реализованы проекты футбольных стадионов, за исключением стадионов в Москве и Санкт-Петербурге, в остальных городах вместимость футбольных стадионов в среднем составила 40000 зрительских

мест. В соответствии с данным утверждением, в городах с населением более миллиона человек, наиболее целесообразно размещать стадионы, способные одновременно принять более 40000 зрителей, либо на периферии города, либо за пределами городской черты, в непосредственной близости от нее.

В девяти из одиннадцати городов, где проходили матчи ЧМ 2018, с появлением столь значимых объектов, как крупные футбольные стадионы, активно развивается транспортная и инженерная инфраструктура, а также прилегающая территория, на которой формируются как новые спортивные кластеры, так и общественно-деловые, жилые кластеры, либо смешанная структура. Так, например, стадион Ростов-Арена, расположенный в г. Ростове-на-Дону, был запроектирован и построен на левом берегу реки Дон, на территории, которая ранее считалась непригодной для застройки ввиду подтопления и «плохих» грунтов. В непосредственной близости, одновременно со строительством стадиона был реализован новый парк культуры и отдыха, была сформирована обновленная пляжная зона, в настоящее время строится крупный жилой комплекс, под два других жилых комплекса, рассчитанных на проживание более 30 000 человек, уже отведена территория. Активно строится и развивается новый спортивный кластер, в непосредственной близости запроектирована школа на 2300 учеников, ведется строительство двух детских садов, учреждений здравоохранения, вплотную к стадиону ведется строительство новой рекреационной зоны с системой искусственных водоемов. Благодаря активному развитию территории вокруг стадиона, ранее практически заброшенный участок стал одним из самых популярных мест, как для горожан, так и гостей города. Ниже представлена трансформация территории с появлением футбольного стадиона (рис. 1).

Возможны различные варианты размещения крупного стадиона в городской структуре. Прежде чем указать возможные варианты, следует отметить, что именно фактор размещения является определяющим при дальнейшей трансформации и развитии прилегающих территорий. Структуру города можно условно разделить на три основные зоны: центральный планировочный район (зона наибольшей активности населения), срединная часть и периферия. В зависимости от размещения в той или иной зоне изменяется структура стадиона (наполнение функциональными элементами), а также радиус реорганизации прилегающей территории.

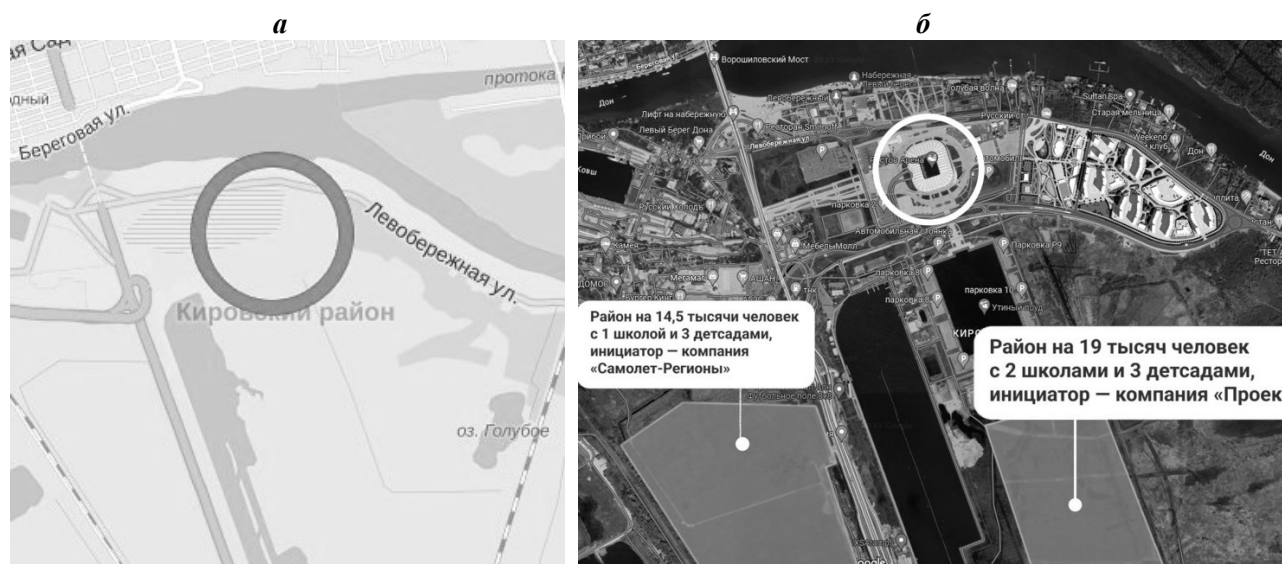


Рис. 1. Трансформация территории до и после строительства стадиона Ростов-Арена г. Ростов-на-Дону.
а – до строительства стадиона 2014 г.; б – реализованный проект стадиона 2023 г.

В центральном планировочном районе не вполне целесообразно размещать крупный стадион, ввиду высокой стоимости и дефицита городских земель. При этом практически полном отсутствии резервных территорий, а также наличие ряда ограничений, связанных с логистическими и транспортными потоками.

Срединная часть города, как правило, является центром деловой активности населения, при этом имеются незначительные резервные и реконструируемые территории со сложившейся инженерно-транспортной структурой.

Размещения крупнейших стадионов на периферии или за пределами города представляется наиболее целесообразным вариантом ввиду возможности организации единовременной высокой пропускной способности, как транспортной, так и пешеходной, а также наличия значительных по размеру резервных территорий.

Следует отметить, что размещение крупнейших стадионов на периферии города, либо в непосредственной близости от города позволяет сформировать комфортное благоустройство, рассчитанное не только на создание парковочных пространств, но и на развитие парковых территорий, повышающих привлекательность проектируемого участка. При этом появляется возможность сформировать резервные территории, рассчитанные на дальнейшее перспективное развитие и возможную кооперацию спортивных объектов [1, 2].

Кооперация спортивных объектов, в структуру которых входит стадион, порой и не один, так же является одной из современных тенденций, позволяющих в значительной степени экономить на инженерной и логистической структуре комплекса. Так как это ведет к сокращению

протяженности всех коммуникаций, объекты обслуживания формируются в единый объем, причем таким образом, чтобы была возможность одновременного взаимодействия со всеми спортивными сооружениями, расположенными на территории. Тем самым, исключая дублирующие элементы. Также, немаловажный фактор, благодаря кооперации снижается площадь территории, отведенной под группу спортивных объектов, при сопоставлении соответствующего состава спортивных объектов, в случае если бы они размещались отдельно друг от друга [3, 4].

Говоря о планировочной структуре, также следует отметить, что она претерпела значительные изменения за последние годы.

Функционально-планировочная структура современных крупнейших стадионов, как и многих других спортивных объектов, стала носить многофункциональный характер.

Многофункциональность крупнейших стадионов имеет два основных направления:

1. Проектирование спортивного объекта с учетом возможности объединения различных видов спорта в едином комплексе. На современном этапе при проектировании стадионов совмещать несколько видов спорта одновременно, что позволяет в значительной степени расширить состав спортсменов, при практически непрерывном функционировании объекта. Виды спорта комбинируются с учетом максимально схожих требований и условий к функционально-планировочной и нормативной организации стадиона.

2. Проектирование спортивного объекта с учетом возможности размещения не только спортивной составляющей, но также, например, культурно-досуговой, социальной и пр. В структуру

стадионов могут включаться элементы, без которых невозможно обеспечить максимальный комфорт зрителей, болельщиков – такие как магазины, объекты общественного питания, детские центры, конференц-залы, есть также примеры размещения гостиниц, окна, которых обращены непосредственно на демонстрационную арену [5, 6].

Объединение разнофункциональных объектов в структуре стадионов позволяет максимально рационально использовать экономические, земельные ресурсы, эффективно организовать работу стадиона, возможно также по непрерывному графику, даже в те периоды, когда нет спортивных мероприятий (рис. 2).

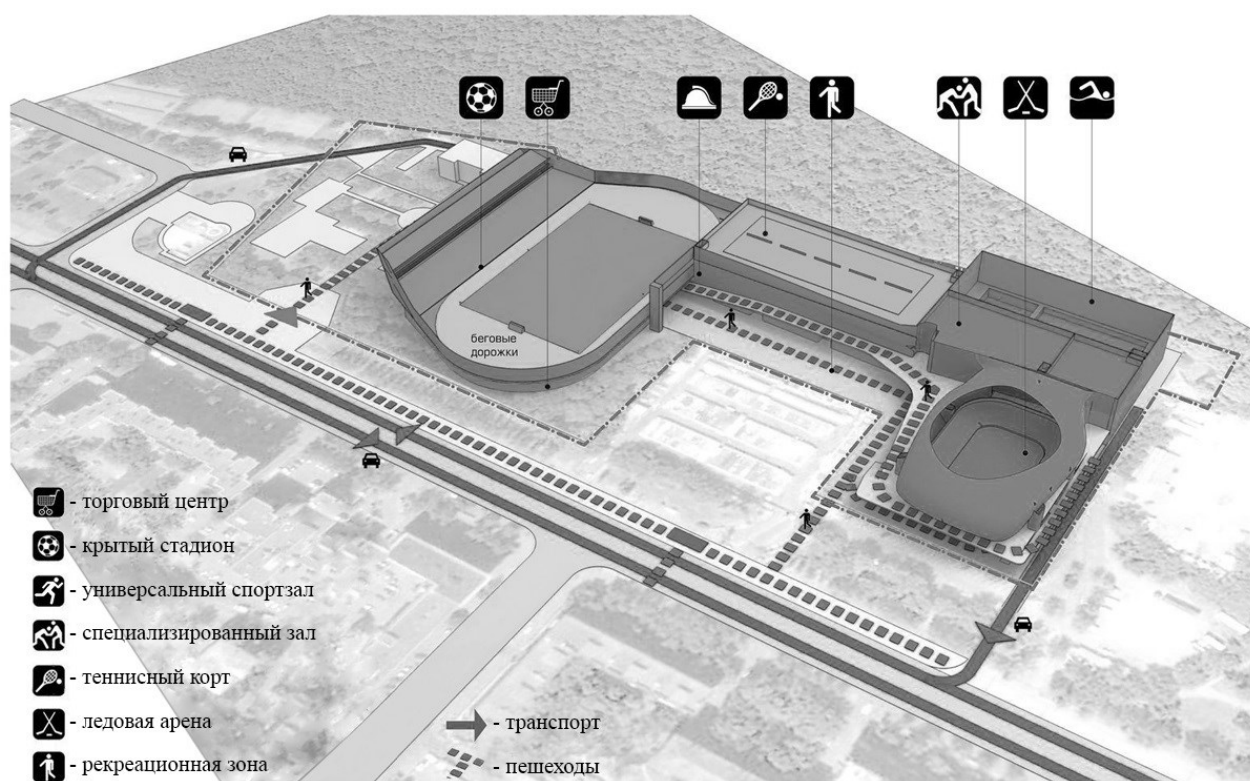


Рис. 2. Пример организации многофункциональной планировочной структуры демонстрационного стадиона, совмещающего различные виды спорта

Именно многофункциональность позволяет обеспечить постоянное функционирование, востребованность стадионов не только среди спортивных болельщиков, но также и жителей населенных пунктов, представителей бизнеса, как бы это не казалась парадоксальным, но и ученых. Так, например, стадион Ростов-Арена, расположенный в г. Ростов-на-Дону каждый год на несколько дней в сентябре, превращается в центр притяжения ученых, преподавателей, студентов, так как там проводится «Фестиваль Науки».

Говоря о многофункциональности современных стадионов, стоит упомянуть стадион «Борисов Арена», расположенный в городе Борисов, Белорусия. На нижнем уровне стадиона, архитекторами предусмотрена развитая общественная зона, рассчитанная на ежедневное использование. Площадь указанной части составляет более 3000 м², при этом в нее входят: боулинг, фитнес-центр, ресторан и пр.

Следует отметить, что современные крупнейшие стадионы это не просто место для проведения спортивных состязаний и место, где можно интересно провести время. Стадионы стали высокотехнологичными объектами, в которых применяется передовое инженерное оборудование. Так, например, на стадионе «EverBank Field» во Флориде США смонтирован экран, имеющий сверхчеткое изображение, габариты которого 18 м в высоту и 110 метров в длину [7–9].

В соответствии с требованиями нормативной документации, современными тенденциями, ориентацией на многофункциональность крупных спортивных объектов, укрупненную планировочную структуру укрупненно можно представить следующим образом: спортивное ядро / арена, трибуны для зрителей и подтрибунное пространство (рис. 3).



Рис. 3. Укрупненная планировочная структура футбольного/ легкоатлетического стадиона

Наибольший интерес с точки зрения функционально-планировочной организации и реализации тенденций, связанных с многофункциональностью, представляет подтрибунное пространство.

В подтрибунном пространстве можно выделить пять основных функциональных зон:

- Зона, доступная для зрителей. Данная зона включает в себя довольно обширную номенклатуру помещений, таких как: кассовый вестибюль, гардеробы, камеры хранения, санитарные помещения, торговые, учреждения общественного питания, возможно наличие культурно-досуговых пространств и пр. При этом практически отсутствуют ограничения, связанные с тем, на каком из уровней должны размещаться пространства, доступные для посещения зрителей, расположение продиктовано заданием на проектирование, и как следствие проектным решением. Для данной зоны характерны довольно обширные вестибюльные пространства, наполненность различными функциональными элементами, а также повсеместная доступность для маломобильных категорий населения. Именно для данной зоны характерно понятие – многофункциональность, что позволяет размещать такие объекты как, например, кинотеатр, гостиница, торговый центр и пр. [10].

- Зона, доступная для спортсменов/выступающих. В состав данной зоны входят помещения, ориентированные на обслуживание спортсменов, такие как: раздевалные, разминочные, зоны отдыха, тренерские, медицинские/восстановительные помещения и пр. В состав данной

зоны входят помещения, ориентированные на обсаживание мероприятий, например, судейские ложа, залы пресс-конференций, помещения для репортеров и пр. Данная зона полностью изолирована от предыдущей. При этом расположение в значительной степени увязано с доступом к спортивному ядру. При этом данная зона имеет обособленные входные группы, а также подъезды и парковки автотранспорта. Для обеспечения безопасности футболистов, судей и официальных лиц место их выхода из подтрибунных помещений на игровое поле должно быть оборудовано закрытым защитным или подземным футбольным тоннелем, препятствующим любому контакту участников игры со зрителями и защищающим их от любого воздействия со стороны болельщиков, данное требование регламентировано согласно СП 332.1325800.2017 «Спортивные сооружения правила проектирования».

- Административная зона. Ориентирована на размещение пространств для обеспечения функционирования и координацию действий всех составных элементов крупного спортивного объекта. По своей структуре и номенклатуре данная зона схожа по типологии с офисными пространствами. Расположение в структуре стадиона строго не регламентировано, но при этом необходимо обеспечить доступность ко всем функциональным зонам объекта [11].

- - Инженерно-техническая зона, включает широкий спектр различных помещений, который возможно разделить на укрупненные блоки такие как: инженерный, технический и складской. Данная зона располагается непосредственно в структуре спортивного объекта, изолированно от зоны

для посетителей и спортсменов, а также частично размещение инженерных объектов допустимо на прилегающей территории. Номенклатура данной зоны достаточно разнообразная и включает такие помещения как, например, электрощитовые, серверные, насосные, складские, помещения, ориентированные на обслуживание и ремонт технических средств и пр. [12–14].

В зависимости от вместимости трибуны могут иметь несколько ярусов, что позволяет обеспечить наилучшую видимость. Наиболее часто применяют двухъярусную систему, которая характерна для стадионов с расчетной вместимостью

40 000–90 000 зрительских мест, далее используя трёхъярусную – четырёхъярусную систему [15–17].

Согласно требованиям СП 285.1325800.2016 «Стадионы футбольные. Правила проектирования» все трибуны должны иметь четкое деление на сектора, это связано в первую очередь с обеспечением безопасности посетителей и как следствие быстрой эвакуацией, за счет невозможности перемещения зрителей из одного сектора в другой, а также с удобством для самих зрителей и максимально быстрой доступностью к месту, определённому билетом (рис. 4).

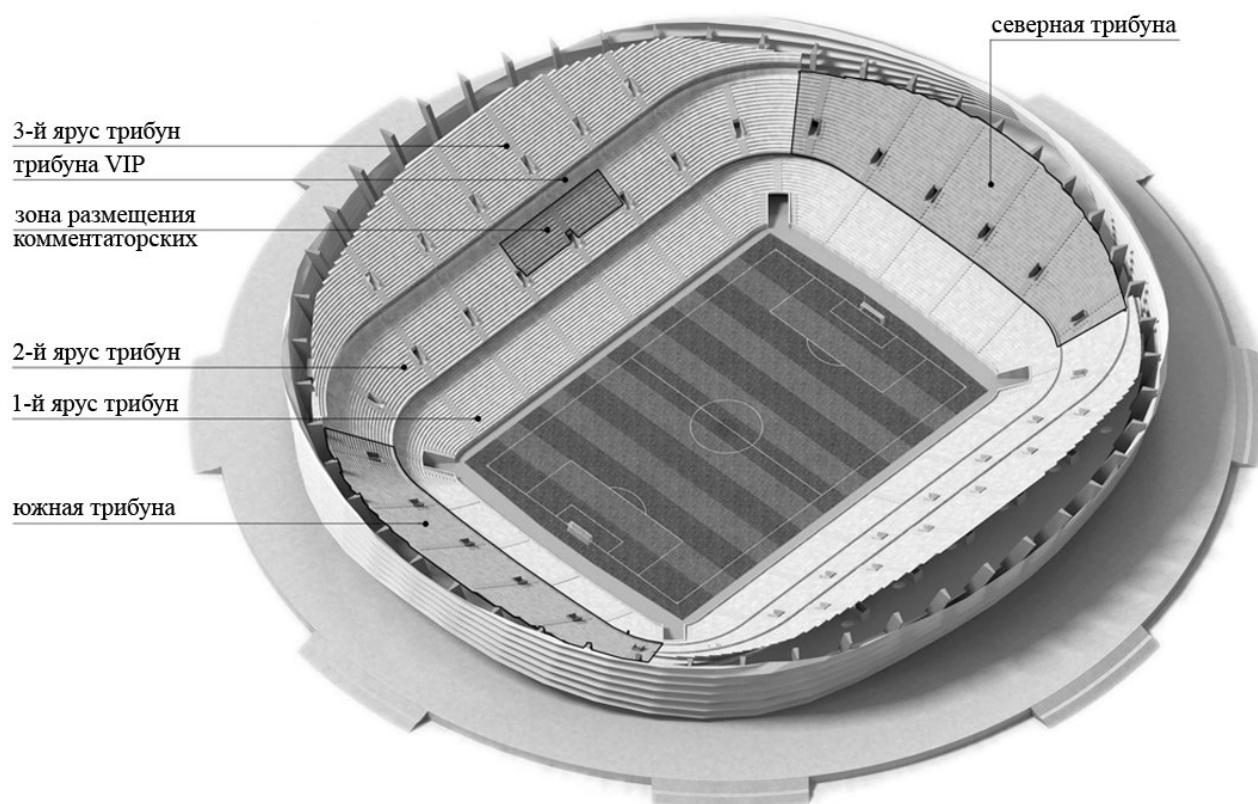


Рис. 4. Организация трибун для зрителей на футбольном стадионе

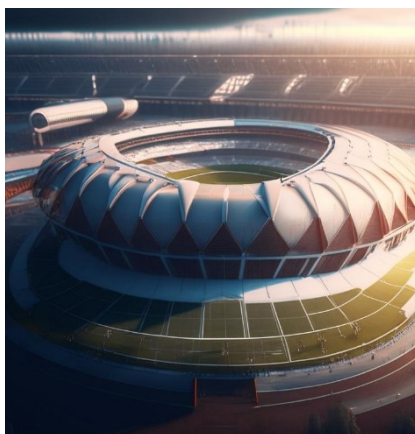
Следуя современным тенденциям, ниже приведены иллюстрации футбольных стадионов, созданных при помощи нейросети для шести городов, в которых расположены стадионы, задействованные при проведении игр в рамках Чемпионата Мира по футболу в 2018 году: Москва, Санкт-Петербург, Ростов-на-Дону, Нижний Новгород, Самара, Волгоград (рис. 5).

Проектирование стадионов при помощи нейросети, безусловно, пока не совершенных и не может заменить реальных архитекторов, технологов, конструкторов и других смежных специалистов, но уже сейчас можно отметить, что нейросети могут стать помощником в поиском проектирования, помогая создать выразительный образ, при этом учитывая некие цветовые аспекты, формообразование характерное для тех

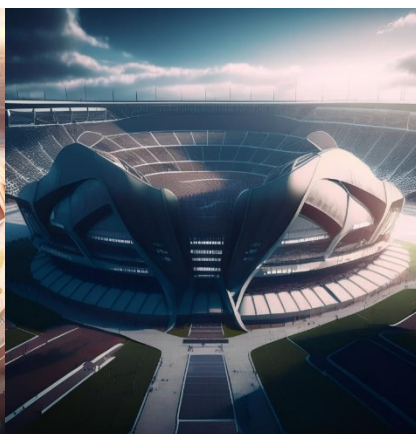
или иных регионов, ведь в последствии именно крупнейшие стадионы не редко становятся символами города, а иногда и страны.

Выводы.

1. Анализ территорий, функционально-планировочной структуры, реализованных стадионов к Чемпионату мира по футболу 2018 года, за пять лет функционирования показал, что размещение стадионов, вмещающих 40 000 зрителей и более, целесообразно в крупнейших городах на периферии, либо за пределами городской черты, в непосредственной близости от нее, ввиду наличия резервных территорий, что способствует дальнейшему развитию инфраструктуры населенного пункта, а возможно и расширения административных границ.



Москва



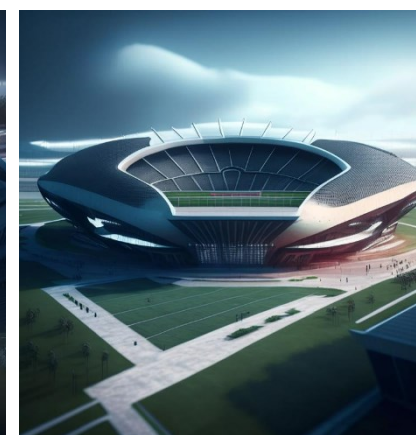
Санкт-Петербург



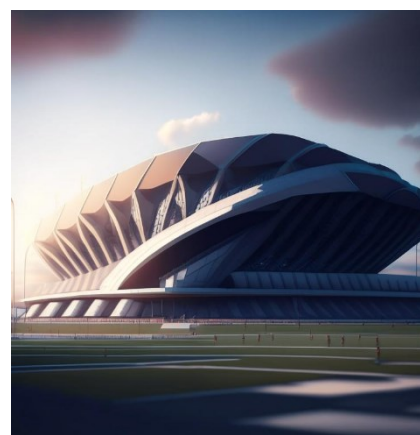
Ростов-на-Дону



Нижний Новгород



Самара



Волгоград

Рис. 5. Иллюстрации современных футбольных стадионов, созданные при помощи нейросети, для городов, в которых проводились встречи в рамках ЧМ 2018

2. Одной из основных тенденций проектирования и строительства крупных стадионов является многофункциональность. В статье представлены два варианта реализации понятия многофункциональности, которое включает в себя не только возможность проведения состязаний по различным видам спорта на единой арене, но и интеграцию в структуру стадионов социально-бытовых, культурно-развлекательных, торговых и прочих объектов, что способствует значительному привлечению посетителей, обеспечивая постоянное функционирование объекта и как следствие повышение экономической эффективности.

3. Проведенный анализ современных крупных спортивных стадионов показал, что функционально-планировочную структуру крупнейших стадионов условно можно разделить на пять укрупненных блоков (включая непосредственно спортивное ядро), при этом наибольший интерес представляет подтрибунное пространство, где размещаются четыре укрупненных блока, предназначенные для посетителей, спортсменов, администрации и размещения инженерно-технических объектов.

4. Размещение крупных спортивных стадионов, ориентированных на вместимость более 40000 зрителей, на проведение соревнований различного уровня, включая международный. В значительной степени трансформируют прилегающую территорию, способствуя формированию спортивных, общественно-деловых, жилых и прочих кластеров, в дальнейшем способствуют изменению административных границ населенных пунктов.

Такого рода объекты становятся «символами» городов, которые становятся узнаваемыми даже за пределами страны, в которой расположены.

5. Демонстрационные спортивные стадионы способствуют реализации правительственных программ, направленных на популяризацию спортивного движения в стране.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руководство по проектированию и строительству легкоатлетических спортивных сооружений. Требования международной ассоциации легкоатлетических федераций (ИААФ) к проектированию, строительству, оснащению и техни-

ческому обслуживанию легкоатлетических спортивных сооружений. М.: ИААФ Editions EGC. 2008. 288 с.

2. Скоблицкая Ю.А., Шеремет А.А. Организация спортивных зданий и сооружений: учебное пособие. Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2022. 150 с.

3. Аристова Л.В., Бойко В.В. Физкультурно-оздоровительные и спортивные сооружения. Правила, рекомендации, нормы по ремонту, реконструкции и техническому обслуживанию. М.: Советский спорт, 1998. 399 с.

4. Блинова А.А., Ключко А.Р. Современные тенденции в проектировании спортивных сооружений // Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры (ИСА) НИУ МГСУ. 2022. С. 74–76

5. Белоносов С.А. Роль современных многофункциональных спортивных комплексов в структуре крупных промышленных городов // Архитектон: известия вузов. 2009. №3(27). [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://archvuz.ru/2009_3/3 (дата обращения 01.05.2023)

6. Каратаев О.Р., Каратаева Е.С., Кузнецов А.С. Спортивные сооружения. Казань: Физическая культура, 2012. 336 с.

7. Виммер Мартин Проектирование стадионов: практическое пособие. Берлин: DOM Publishers, 2016. 320 с.

8. Еремеев П.Г. Современные футбольные стадионы мира. М.: Строительство, 2012. 70 с.

9. Лавелль Д. Футбольные стадионы. СПб.: Коста, 2014. 355 с.

10. Аль дарф Бушра, Перькова М.В., Коврижкин О.В. Современные тенденции в проек-

тировании и строительстве спортивных сооружений // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №1. С. 62–67

11. Kim Slowey Top trends in sports stadium design: The 'battle for the fan' is on// Construction drive. 2016 July 28 [Электронный ресурс]. Систем. требования: Explorer. URL: <https://www.constructiondrive.com/news/top-trends-in-sports-stadium-design-the-battle-for-the-fan-is-on/423381/> (дата обращения 24.03.2023)

12. Акопян Э.С., Езерский Е., Сушкова А. Архитектура стадионов. М.: Кучково поле, 2018. 312 с.

13. Никифоров Ю.А., Белоносов С.А. Современные тенденции в развитии функционально-пространственной структуры спортивных комплексов // Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН. 2009. № 2. С. 58–60

14. Dr. N. Subramanian Olympic Structures of China/ NBM&CW. 2008 november. Pp. 246–264 [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: https://www.thestructuralengineer.info/storage/publication/3364/publication_file/2196/OlympicStructures08.pdf (дата обращения 10.02.2023)

15. Агеева Е.Ю., Филиппова М.А. Большепролетные спортивные сооружения: архитектурные и конструктивные особенности: Учебное пособие. Н. Новгород: Издательство Нижегородского гос. архит.-строительного университета, 2014. 84 с.

16. Гончаренко Д.Ф., Евель С.М., Зубко Г.Г., Старикова О.В. Строительство и реконструкция стадионов. Харьков: Колорит, 2013. 352 с.

17. Постановлением Исполкома Общероссийской общественной организации «Российский футбольный союз» № 204.5 от «23» марта 2022 г. Стандарт РФС (СТО) Футбольные стадионы. М.: 2022. 37 с.

Информация об авторах

Скоблицкая Юлия Александровна, кандидат архитектуры, доцент кафедры архитектурного и средового проектирования. E-mail: yskoblickaya@sfedu.ru. Южный федеральный университет. Академия архитектуры и искусств. Россия, 344082, г. Ростов-на-Дону, пр. Буденновский, д. 39.

Поступила 10.05.2023 г.

© Скоблицкая Ю.А., 2023

Skoblickaya Y.A.

Southern Federal University

E-mail: yskoblickaya@sfedu.ru

TRENDS OF ARCHITECTURAL FORMATION AND URBAN PLANNING ARRANGEMENT OF THE LARGEST STADIUMS

Abstract. Currently, Russia at the state level actively supports and popularizes sports and a healthy lifestyle. In this regard, the development of sports infrastructure facilities, including demonstration ones, such as

stadiums, is underway. The article briefly describes the world experience in the formation of the planning structure of stadiums. Five years after the commissioning of the stadiums leased as part of the 2018 World Cup, an analysis of the functional and planning structure is carried out, the impact on the transformation of the adjacent territories is determined. On this basis, the features of the urban planning of the largest stadiums are identified. Taking into account the location, the main layout schemes are identified and described, the enlarged most characteristic aspects of the functional and planning structure of the largest modern stadiums are presented. Modern trends in the formation of the planning structure of stadiums related to urban planning and technological aspects are presented. Three options for the location of stadiums are described, in view of the urban planning situation. In accordance with this, the general plan structure and the planning structure of the facility are determined. Modern stadiums are multifunctional objects that have a complex planning structure with the possibility of transformation for holding various kinds of events, as well as including different functional objects taking into account the specific urban planning situation.

Keywords: architecture, stadium, sports facilities, athletics stadium, football stadium, football field.

REFERENCES

1. Guidelines for the design and construction of athletics sports facilities. International Association of Athletics Federations (IAAF) requirements for the design, construction, equipping and maintenance of athletics sports facilities. M.: IAAF Editions EGC. 2008. 288 p. (rus)
2. Skoblitskaya Yu.A., Sheremet A.A. Organization of sports buildings and structures: scientific manual [Organizatsia sportivnich zdaniy i sooruzheniy]. Rostov-on-Don; Taganrog: Publishing house of the Southern Federal University, 2022. 150 p. (rus)
3. Aristova L.V., Boyko V.V. Fitness and sports facilities. Rules, recommendations, norms for repair, reconstruction and maintenance [Fizkulturno-ozdorovitelnye i sportivnye sooruzheniya. Pravila, rekomendatsii. Normy po remontu, rekonstrukcii i technicheskomu obsluzhivaniyu]. M.: Soviet sport, 1998. 399 p. (rus)
4. Blinova A.A., Klochko A.R. Modern trends in the design of sports competitions [Sovremennye tendentsii v proektirovanii sportivnich sooruzheniy]. Collection of reports of the scientific and technical conference on the results of research work of students of the Institute of Construction and Architecture (ISA) of the National Research University of Moscow State University. 2022. Pp. 74–76 (rus)
5. Belonosov S.A. The role of modern multifunctional sports complexes in the structure of large industrial cities [Rol sovremennech mnogofunktsionalnykh kompleksov v strukture krupnykh industrialnykh gorodov] Architects: news of universities. 2009. No. 3(27). AdobeAcrobatReader. URL: http://archvuz.ru/2009_3/3 (accessed date 01.05.2023) (rus)
6. Karataev O.R., Karataeva E.S., Kuznetsov A.S. Sports facilities [Sportivnye sooruzheniya]. Kazan: Physical education, 2012. 336 p. (rus)
7. Wimmer Martin Stadium Design: A Practical Guide. Berlin: DOM Publishers, 2016. 320 p.
8. Ereemeev P.G. Modern football stadiums of the world [Sovremennye futbolnye stadiony mira]. M.: Construction, 2012. 70 p. (rus)
9. Lavelle D. Football stadiums [Futbolnye stadiony]. St. Petersburg.: Costa, 2014. 355 p. (rus)
10. Al darf Bushra, Perkova M.V., Kovrizhkina O.V. Modern trends in the design and construction of sports facilities [Sovremennye tendentsii v proektirovanii i stroitelstve sportivnich sooruzheniy]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2016. No. 1. Pp. 62–67 (rus)
11. Kim Slowey Top trends in sports stadium design: The 'battle for the fan' is on. Construction drive. 2016 July 28. Explorer. URL: <https://www.constructiondrive.com/news/top-trends-in-sports-stadium-design-the-battle-for-the-fan-is-on/423381/> (accessed date 24.03.2023)
12. Akopian E.S., Yezersky E., Hakobyan, Sushkova A. Architecture of stadiums [Arkhitektura stadionov]. M.: Kuchkovo field, 2018. 312 p. (rus)
13. Nikiforov Yu.A., Belonosov S.A. Modern trends in the development of the functional-spatial structure of sports complexes [Sovremennye tendentsii v razvitiy funktsionalno-prostranstvennoy strukture sportivnich kompleksov]. Academic Bulletin URALNIIPROEKT RAASN. 2009. No. 2. Pp. 58–60. (rus)
14. Dr. N. Subramanian Olympic Structures of China/ NBM&CW. 2008 november. Pp. 246–264 [Electronic resource]. Systems. requirements: AdobeAcrobatReader. URL: https://www.thestructuralengineer.info/storage/publication/3364/publication_file/2196/OlympicStructures08.pdf (accessed date 10.02.2023)
15. Ageeva E.Yu., Filippova M.A. Large-span sports facilities: architectural and structural features. [Bolsheproletnye sportivnye sooruzheniya: arkhitekturnye i konstruktivnye osobennosti]. N. Novgorod: Publishing House of the Nizhny Novgorod State University of Architecture, 2014. 84 p. (rus)
16. Goncharenko D.F., Evel S.M., Zubko G.G., Starikova O.V. Stadium construction and reconstruction [Stroitelstvo i rekonstruktsiya stadionov]. Kharkov: Color, 2013. 352p. (rus)

17. By the Resolution of the Executive Committee of the All-Russian Public Organization "Russian Football Union" No. 204.5 dated March 23,

2022, the RFU Standard (STO) Football Stadiums. M.: 2022. 37 p.

Information about the authors

Skoblitskaya, Yulia A. Phd, Associate Professor of the Department of Architectural and Environmental Design. E-mail: yskoblickaya@sfedu.ru. Southern Federal University. Academy of Architecture and Arts. Russia, 344082, Rostov-on-Don, pr. Budennovsky, 39.

Received 10.05.2023

Для цитирования:

Скоблицкая Ю.А. Тенденции архитектурного формирования и градостроительного размещения крупнейших стадионов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 9. С. 73–82. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-73-82

For citation:

Skoblickaya Y.A. Trends of architectural formation and urban planning arrangement of the largest stadiums. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 9. Pp. 73–82. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-73-82

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-83-92

^{1,*}Цветкова Ю.П., ²Перькова М.В.¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

*E-mail: tsvetkova_jyliya@mail.ru

ПРИНЦИПЫ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ ИНДУСТРИАЛЬНОГО НАСЛЕДИЯ САХАРНЫХ ЗАВОДОВ СЕРЕДИНЫ XIX – НАЧАЛА XX В.В.

Аннотация. Объекты индустриального наследия отражают историю нации, особенности ее мышления, а также имеют большой потенциал в контексте устойчивого развития малых городов и сел, в которых находятся. Сахарные заводы центрально-черноземного района являлись исторически градообразующими предприятиями. Однако, в настоящий момент промышленные территории не выполняют градообразующую функцию с одной стороны и приобретенную социально-культурную функцию как значимое культурное наследие с другой, деградировали и находятся частично в руинированном состоянии. В исследовании рассмотрены факторы, влияющие на инвестиционную привлекательность объектов индустриального наследия сахарных заводов: ограничения по созданию новой функции, местонахождение в малых городах и сельских населенных пунктах, низкую транспортную доступность, проблемы права собственности, неудовлетворительное состояние территории и объектов индустриального наследия, несовершенство законодательной базы в сфере сохранения культурного наследия, отсутствие туристско-рекреационной привлекательности. Выявлены особенности в нормативно-правовой документации, негативно влияющие на инвестиционную привлекательность ОКН. Предложены принципы инвестиционной привлекательности на основе разрешения градостроительных конфликтов, рекомендуемые при адаптации индустриального наследия сахарных заводов сер. XIX – нач. XX вв. Предполагается, что применение разработанных принципов для территорий индустриального наследия сахарных заводов повысит уровень их привлекательности для инвестора (государственного/частного).

Ключевые слова: малые населенные пункты, индустриальное наследие, адаптация, сахарный завод, инвестиционная привлекательность.

Введение. Середина XIX – начало XX вв. является периодом индустриального развития Центрально-черноземного экономического района РФ, которому характерно развитие производства сахара из сахарной свеклы и, как следствие, массовое строительство сахарных заводов, обладающих неповторимой идентичной и самобытной архитектурой, во многом отличающейся от западных форм, а также от индустриального наследия массового строительства. С течением времени, в частности, начиная с конца 1991 г., многие сахарные заводы были преобразованы и утратили свой первоначальный вид, другие – полностью разрушены. До настоящего времени сохранилось небольшое количество сахарных заводов в уникальном первоначальном виде, но они являются неповторимым и неповторяемым по своей архитектуре историческим наследием. К ним относятся: Рамонский (1840 г., с. Рамонь) и Садовский (1835 г., с. Садовое) сахарные заводы в Воронежской области, Теткинский (1861 г., п.г.т. Теткино) и Дерюгинский (1865 г., с. Дерюгино) сахарные заводы в Курской области, Новопокровский сахарный завод (1908 г., с. Новопокровка) в Тамбовской области, сахарный завод «Профитерн» (1847 г., г. Шебекино) и Новота-

волжанский (1853 г., с. Новая Таволжанка) в Белгородской области [1]. Сахарные заводы сохранились также на постсоветском пространстве, например, Скоморошковский сахарный завод (1860 г., с. Скоморошки) в Винницкой области и Парафиевский сахарный завод (1848 г., с. Парафиевка) в Черниговской области в Украине.

Перечисленные объекты индустриального наследия отражают историю нации, особенности ее художественного мышления, а также важнейший период в жизни нашего Отечества, кроме того имеют большой потенциал в контексте устойчивого развития малых городов и сел, в которых находятся. Утрата подобного наследия грозит невосполнимой потерей «материального доказательства экстраординарности этого периода в человеческой истории», который является «одним из наиболее значительных периодов в истории каждой достаточно развитой в настоящее время страны» [2]. Кроме того, сахарные заводы Центрально-Черноземного района являются историческими градообразующими предприятиями, благодаря которым сельские населенные пункты и малые города динамично развивались, обеспечивая местное население достойным уровнем жизни, рабочими местами и служили суще-

ственным фактором устойчивого развития поселений. Однако, в настоящий момент промышленные территории не участвующую в процессе устойчивого развития поселений и региона, не выполняют свою исторически сложившуюся экономическую (градообразующую) функцию с одной стороны, и приобретенную социально-культурную функцию как значимое культурное наследие с другой, в результате чего деградировали и находятся в руинированном состоянии. Данную ситуацию можно описать «одним из состояний градостроительной ситуации, а именно – состоянием дисбаланса, в котором она не может выполнять своей функции», что является градостроительным конфликтом по определению Е.О. Фрейдина. Руинированный культурно-исторический объект в масштабе довольно крупной промышленной территории в малом городе или сельском населенном пункте негативно влияет на сознание и самоидентификацию местных жителей, что не способствует укреплению местных связей общества и устойчивому развитию поселений. Происходит это вследствие несогласованности и разрозненности приоритетов, ценностей, потребностей и интересов участников данной градостроительной ситуации, именно поэтому важной составляющей сохранения индустриального наследия в сложившихся условиях является достижение баланса экономических, политических, социальных и экологических интересов в области сохранения и использования индустриального наследия.

Основная часть. Развитие территорий индустриального наследия сахарных заводов сдерживается из-за противоречий, связанных со сложной экономической ситуацией в РФ в области сохранения культурного наследия. Государство частично решает финансовую проблему сохранения культурного наследия путем привлечение частного финансирования, однако, что касается бывших сахарных заводов, то до реальных действий дошло только на одном объекте - сахарном заводе в с. Новая Таволжанка, который внесли в реестр культурного наследия народов РФ и включили в государственную программу «Аренда за 1 рубль». Как показала практика, этих действий оказалось недостаточно, так как найти «нового» хозяина Новотаволжанскому сахарному заводу за продолжительный период так и не удалось. Привлечение частых инвестиций к сохранению индустриального наследия сахарных заводов в сложившихся условиях является единственным способом возрождения рассматриваемых территорий. Однако, инвестор, сталкиваясь с сохранением культурного наследия, частью которого является индустриальное наследие сахарных заводов, будет иметь дело с чрезвычайно

сложной сферой, где существуют противоречия развития территории, связанные с несовершенной законодательной базой, со сложностью и дорогостоящей реставрационных мероприятий, с потенциальными конфликтами, неизбежно возникающими в процессе преобразования территории, а также с рядом проблем, которыми обладает непосредственно сама территория. Иными словами, рассматриваемые территории не являются инвестиционно привлекательными и не способны заинтересовать потенциального инвестора, поэтому сохранение таких объектов находится под большой угрозой.

Предполагается, что разрешение противоречий развития территории и урегулирование потенциальных конфликтов в процессе адаптации индустриального наследия сахарных заводов к новой функции, поможет повысить инвестиционную привлекательность рассматриваемых территорий. В связи с этим, *целью исследования является разработка принципов повышения инвестиционной привлекательности индустриального наследия.*

Материалы и методы. Исследование основывается на конфликтологическом подходе и направлено на разрешение имеющихся и потенциальных градостроительных конфликтов согласно разработанной классификации [3]. В исследовании предполагается анализ факторов, влияющих на инвестиционную привлекательность территорий индустриального наследия сахарных заводов.

Необходимо отметить, что на сегодняшний день государственной структуры в сфере сохранения индустриального наследия не существует [4], следовательно, механизм сохранения культурно-исторического недвижимости распространяется только на те объекты индустриального наследия, которые занесены в реестр культурного наследия РФ. По этой причине уникальным зданиям свеклосахарных заводов середины XIX – начала XX вв., в первую очередь, необходимо присвоить статус объектов культурного наследия. В противном случае обязанность по обеспечению сохранения и реставрации таких объектов не несет никто. В связи с этим проблему сохранения индустриального наследия целесообразно рассматривать с точки зрения проблем сохранения культурного наследия.

Как говорилось выше, главной проблемой в области сохранения ОКН является недостаточность финансирования. В последние десятилетия подход к содержанию памятников истории и культуры основывается на многоканальной системе, в основе которой лежит объединение ресурсов государства, регионов, муниципалитетов,

корпоративного и частного секторов, общественных организаций и граждан (потребителей) [5]. Большая часть федерального финансирования, выделенного на ремонтно-реставрационные работы, направлена на сохранение объектов культурно-исторической недвижимости Москвы, Санкт-Петербурга и крупных региональных центров (финансирование ремонтно-реставрационных работ только в Москве и Санкт-Петербурге составило 52,2 % от совокупного объема государственной поддержки сохранения всего культурного наследия Российской Федерации). Причем в структуре финансовых поступлений преобладают средства федерального бюджета: в Москве – 71,7 %, Санкт-Петербурге – 57,4 %, однако обеспечить масштабную реставрацию объектов культурного наследия за счет федерального финансирования невозможно ввиду нехватки бюджетных средств. По экспертным оценкам, недофинансирование на сохранение объектов культурного наследия составляет 2,1 трлн рублей» [6]. Однако, стоит отметить, что ежегодно в России проводятся программы по сохранению и финансированию культурного наследия. Так, например, министерство культуры РФ проводит программу «Развитие культуры», по которой можно подать заявку на финансирование мероприятий по сохранению объектов культурного наследия за счет средств федерального бюджета, в которой могут принимать участие в том числе объекты промышленной архитектуры.

Говоря о региональном уровне, в частности о Белгородской области, в которой, начиная с января 2016 года, за сохранением (а также использованием и популяризацией) ОКН следит управление госохраны объектов культурного наследия, то здесь эксперты также отмечают недостаточность финансирования со стороны государства. И здесь речь идет не только о средствах, направленных на сохранения ОКН, но и до недавнего времени остро стоящей проблеме оплаты труда профессиональных кадров. Что касается финансирования ОКН, то каждый год управление госохраны объектов культурного наследия Белгородской области, религиозные организации и органы местного самоуправления направляют предложения на участие в федеральных целевых программах, направленных на сохранение объектов культурного наследия, которые рассматриваются в Министерстве культуры Российской Федерации. Однако для того, чтобы у исторических сахарных заводов была возможность принимать участие в подобной программе, предложения по их сохранению и адаптации с приспособлением к новой функции должны быть конкурентно способными и эффективными в условиях рыночной

экономики, а также актуальными как на сегодняшний день, так и иметь перспективы в будущем. Возможность сохранения культурного наследия существует и за счет средств федерального бюджета [7]. С этой точки зрения, инвестиционная привлекательность объектов промышленного наследия сахарных заводов важна не только для потенциального инвестора, но и для государства.

Для обеспечения более детального понимания структуры инвестиционной привлекательности для территорий промышленного наследия сахарных заводов проведем анализ факторов, влияющих на решение потенциального инвестора (государственного и частного) по финансированию рассматриваемых объектов.

Анализ факторов, влияющих на инвестиционную привлекательность территорий промышленного наследия сахарных заводов.

1. Ограничения по созданию новой функции. Утрата исторической градообразующей функции предприятия и потеря устойчивости развития является основополагающим фактором того, что привело сахарный завод в неудовлетворительное состояние. В период индустриализации свеклосахарные заводские территории играли значимую градообразующую роль для малых городов и сельских населенных пунктов рассматриваемого экономического района, являлись центрами общественной жизни и промышленного развития. На сегодняшний день историческая функция предприятия оказалась неактуальной из-за низкой рентабельности свеклосахарного производства [8], что повлекло за собой потерю многих рабочих мест.

Отметим, что возможность модернизации исторических сахарных заводов в настоящем исследовании рассматриваться не будет, так как производство сахара из сахарной свеклы теряет актуальность не только в России, но и по всему миру и не является конкурентно способным по отношению к производству тростникового сахара. Во-первых, потому что тростниковый сахар принципиально дешевле свекловичного, во-вторых, такие современные предприятия намного более гибкие по части ассортимента: кроме разных видов сахара (сырец, белый, специальные виды) они могут делать водный и безводный. Причем все эти товары востребованы как на внутренних, так и на внешних рынках. При этом тростниковые заводы способны маневрировать, выпуская ту или иную продукцию в зависимости от рыночной конъюнктуры [9]. Эксперт Института конъюнктуры аграрного рынка (ИКАР) Евгений Иванов считает, что «в России больше не будет построен ни один сахарный завод, новым пред-

приятиям нет и не будет места». Он также отмечает, что в ближайшие годы закроются десятки ныне работающих предприятий, однако «сахара мы можем производить больше, чем сейчас, благодаря гонке модернизаций» [10].

Как отмечалось выше, объекты сахарных заводов середины XIX - начала XX вв. необходимо заносить в реестр культурного наследия народов РФ для того, чтобы обеспечить государственной охраной сохранность зданий в первоначальном виде, произведя реставрационные работы. На основе ФЗ от 25.06.2002 N 73-ФЗ ст. 47.4, собственник должен «обеспечить доступ к объекту культурного наследия» в целях осуществления «реализации права граждан на доступ к культурным ценностям, популяризации объекта культурного наследия, использования его при осуществлении научной, культурно-просветительной, образовательной, туристской, экскурсионной и (или) религиозной деятельности». Таким образом, создаваемая новая функция объектов не должна противоречить настоящему закону. Этот факт имеет ряд ограничений для инвестора, который обязан обеспечить как доступ к ОКН, так и безопасность для посетителей.

Кроме того, культурное наследие в малых городах и сельских населенных пунктах значительно усложняет процесс приспособления объектов для современного использования, так как новая функция не должна противоречить интересам местных жителей, удовлетворять потребности инвесторов, арендаторов и собственников, но при этом способствовать развитию и укреплению населенного пункта и туризма в нем.

Культурное наследие должно отвечать требованиям концепции устойчивого развития: выполнять социальную функцию, заключающуюся в формировании местного менталитета, воспитании патриотических чувств к своей «малой родине» с одной стороны, и с другой - двойственную экономическую функцию, которая включает в себя развитие туристической привлекательности объектов культурного наследия и создание новых рабочих мест. Проблема заключается в поиске баланса между двумя составляющими коммерческой функции, так как сохранение объекта культурного наследия и для передачи его будущим поколениям, и для создания благоприятных туристических условий может препятствовать осуществлению создания наиболее выгодной новой экономической функции.

В современных условиях недостатка бюджетного финансирования гораздо проблематичнее сохранить памятники, имеющие сугубо социально-культурное значение, так как такие объекты не способны раскрыть важный экономиче-

ский потенциал в привлекательной для инвесторов мере. Поэтому важнейшим условием сохранения рассматриваемого индустриального наследия является не только сохранение зданий ОКН, но и создание для памятников экономически выгодной функции, возможно, градообразующей для малого населенного пункта, но не противоречащей важной социальной роли.

2. Местонахождение в малых городах и сельских населенных пунктах. Проблема обусловлена факторами, сдерживающими развитие малого бизнеса в селах: небольшая численность населения, миграция молодежи в крупные города, слабо развитая инфраструктура, низкая занятость и доход местных жителей. Несмотря на то, что рассматриваемые предприятия находятся внутри населённых пунктов на застроенных территориях, имеющих определенную плотность населения и возможность привлечения «рабочих рук», в зависимости от нового функционального наполнения может возникнуть необходимость привлечения профессиональных и квалифицированных в определенных областях кадров из крупных городов и соседних поселений. Кроме того, отметим, что существование культурного наследия индустриального периода подразумевает развитие индустриального туризма. Вследствие чего возникает проблема транспортной доступности.

3. Низкая транспортная доступность. Из г. Белгорода - административного центра Белгородской области (ближайшего крупного города по отношению к сельскому населенному пункту) в с. Новая Таволжанка можно добраться на автобусе с 1-ой или 2-мя пересадками, время такого пути составляет 2 ч. 21 мин., что существенно затрудняет как развитие туризма в сельском населенном пункте, так и привлечение новых трудовых ресурсов. Аналогичная ситуация присутствует в других населенных пунктах, где располагаются сахарные заводы. Транспортная доступность является одним из главных факторов развития территорий индустриального наследия.

4. Проблема права собственности. Эксперты в строительной сфере г. Белгорода, занимающиеся в том числе вопросами развития депрессивных промышленных площадок, обозначают сложность выявления собственника рассматриваемых территории и считают это одним из сдерживающих факторов для инвестора. Дело в том, что предыдущие собственники продавали данные объекты и земельные участки. Потом менялась власть, появлялись иные собственники, которые вступали в наследство, приватизировали или становились владельцами данных предприятий снова перепродавая их. Также неоднократно менялись формы документов, подтверждающих

право собственности, и каждая новая форма требовала новых юридических процедур, новых действий, обращений, заполнения бланков, внесения в реестр и т.д., что способствовало «потере» собственника. Для потенциального инвестора нет гарантии того, что в процессе реабилитации территории собственник неожиданно «не найдется» [11]. Кроме того, объекты индустриального наследия могут принадлежать как государству, так и частному собственнику, а территории заводов часто разделены и принадлежат разным собственникам, что не способствует привлечению потенциального инвестора.

5. Неудовлетворительное состояние территории и объектов индустриального наследия. Здания на рассматриваемых промышленных территориях имеют исторически и социально-культурно значимую архитектуру. Как отмечалось выше, для обеспечения сохранения объектов бывших сахарных заводов середины XIX – начала XX вв. в надлежащем историческом виде, их необходимо заносить в реестр культурного наследия народов РФ, что для потенциального инвестора, целью которого является получение прибыли, является весомым отрицательным моментом, так как согласно Федеральному закону от 25.06.2002 N 73-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации», «требования к сохранению объекта культурного наследия, включенного в реестр, должны предусматривать консервацию, ремонт, реставрацию объекта культурного наследия, приспособление объекта культурного наследия для современного использования либо сочетание указанных мер». Отметим, что процесс реставрации значительно дороже нового строительства, помимо этого существует проблема с профессиональными кадрами в области реставрации объектов культурного наследия. Таким образом, при работе с такими объектами инвестор должен вложить на восстановление зданий гораздо больше, чем при новом строительстве. Помимо этого, инвестору достаточно сложно рассчитывать на быструю окупаемость проекта. Кроме того, необходимо отметить масштаб реставрационных действий. В случае с сахарным заводом в Новой Таволжанке речь идет о масштабной реставрации объектов регионального значения, включающей: главный корпус сахарного завода, площадью 449 кв. м. [12], склады сахарного завода (комплекс 3-х зданий) и комплекс мастерских. Однако, несмотря на депрессивное, частично руинированное состояние объектов, территории имеют энергетический потенциал, так как к ним часто уже подведены газовые, водопроводные и электрические сети, дороги, существуют исторические ж/д

пути. Часть из этих сетей находится в работоспособном состоянии, а для ремонта потребуются гораздо меньшие суммы вложений, чем при новом строительстве.

6. Несовершенство законодательной базы в сфере сохранения культурного наследия. Отношения в области сохранения, использования, популяризации и государственной охраны объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации, согласно действующему законодательству, регулируются нормами Конституции РФ, «Основами законодательства Российской Федерации о культуре» (от 09.10.1992 N 3612–1), Федеральным Законом «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» (от 25.06.2002 N 73-ФЗ), статьями Градостроительного, Земельного, Уголовного, Гражданского кодексов и статьями Кодекса РФ об административных правонарушениях, положениями Федеральных целевых программ, а также рядом отраслевых законов.

На сегодняшний день как в федеральном, так и в региональном законодательстве предусмотрены механизмы привлечения частных инвесторов к сохранению объектов культурного наследия, находящихся в государственной или муниципальной собственности, путём приватизации или предоставления в долгосрочную аренду на льготных условиях. В Белгородской, Воронежской, Курской и Тамбовской областях, в которых находятся рассматриваемые объекты индустриального наследия, действует программа «Аренда за 1 рубль». Однако предлагаемые условия зачастую недостаточно привлекательны для частного бизнеса, а требования, регулирующие проведение ремонтных работ, довольно жёсткие.

Кроме того, выявлены следующие особенности в нормативно-правовой документации, негативно влияющие на инвестиционную привлекательность ОКН:

1. Отсутствие на уровне региона дополнительных налоговых льгот для собственников объектов культурного наследия. В ряде регионов существуют нормы, предусматривающие освобождение собственников от налога на имущество касаясь объектов недвижимости, отнесенных к объектам культурного наследия регионального или местного значения. В Белгородской, Воронежской, Курской и Тамбовской областях имущественное налогообложение осуществляется независимо от наличия у здания статуса объекта культурного наследия (по данным ст. 381 налогового кодекса на 01.10.2020 г.) [13].

2. Налоговые льготы подрядчиков. Сегодня федеральным налоговым законодательством

предусмотрены налоговые льготы для подрядчиков, которые освобождаются от уплаты НДС при выполнении работ по сохранению объектов культурного наследия, проведенных в соответствии с требованиями федерального закона. От уплаты налога на имущество освобождаются собственники, однако эта норма применяется только в отношении объектов культурного наследия *федерального значения*. Что касается объектов *регионального и местного значения*, то для них такой нормы в федеральном законодательстве нет.

3. *«Бюрократические проволочки»*. Весомым препятствием для инвестиционной активности является сложная процедура оформления документов.

4. *Отсутствие нормы компенсации средств*. Федеральным законом от 14.12.2015 N 366-ФЗ «о приостановлении действия абзаца первого пункта 3 статьи 14 Федерального закона «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» в связи с Федеральным законом «О федеральном бюджете на 2016 год», действие нормы компенсации средств, потраченных на сохранение объектов культурного наследия, приостановлено (эта норма закона фактически не действует с января 2011 года).

5. *Отсутствие туристско-рекреационной привлекательности*. В настоящее время туризм является существенным фактором регионального развития. Индустриальный туризм - сравнительно новое, но перспективное направление для РФ, способствующее привлечению инвестиций в малые города и сельские населенные пункты. Однако из-за низкого уровня осведомленности о значении индустриального наследия свеклосахарных заводов как для региона, так и для страны в целом, такие территории не могут быть привлекательными для широкого круга туристов и инвесторов соответственно.

Таким образом, в результате анализа факторов, влияющих на инвестиционную привлекательность промышленного наследия сахарных заводов периода индустриализации выявлено, что инвестор, сталкиваясь с сохранением индустриального наследия сахарных заводов, может иметь дело с чрезвычайно сложной сферой деятельности, где проблемы сохранения культурного наследия являются следствием противоречивых действий государственной политики в области сохранения, использования, популяризации и государственной охраны объектов культурного наследия, публичных интересов в сохранении объектов культурного наследия и частных интересов собственников, арендаторов (инвесторов) в максимально прибыльном использовании

памятников. Также необходимо отдельно выделить проблему территориального местонахождения рассматриваемых объектов, что создает дополнительные трудности при формировании проектных предложений по адаптации сахарных заводов.

По классификации Перьковой М.В. [3] на территориях индустриального наследия сахарных заводов ранее были выявлены участники градостроительной деятельности и имеющиеся градостроительные конфликты (транспортные конфликты, нормативно-правовый конфликт, имущественные, социально-функциональные, землепользовательские) [16].

На основе анализа факторов, влияющих на инвестиционную привлекательность территорий индустриального наследия сахарных заводов, выявления и классификации градостроительных конфликтов и в целях урегулирования выявленных градостроительных конфликтов на рассматриваемых территориях индустриального наследия, а также проведения эффективной политики в области сохранения исторических объектов сахарных заводов сер. XIX – нач. XX вв., предложены следующие принципы повышения инвестиционной привлекательности для рассматриваемых территорий:

Принцип сохранения идентичности. Реализуется путем внесения объектов индустриального наследия сахарных заводов в реестр культурного наследия народов РФ, если рассматриваемые заводские объекты имеют признаки ОКН. Для иных объектов индустриального наследия сахарных заводов принцип сохранения идентичности заключается в сохранении целостности исторически сложившихся условий населенного пункта и архитектурно-пространственной структуры предприятия.

Принцип популяризации. Способствует развитию туристического потенциала. Реализуется путем распространения информации в СМИ; формирования и распространения «легенды об объекте»; формирования туристического бренда и организации экскурсионного маршрута. Туризм рассматривается как катализатор региональной экономики, позволяющий задействовать не только весь комплекс рекреационных ресурсов, но и наиболее эффективным образом использовать совокупный производственный и социально-культурный потенциал территории при сохранении экологического и культурного разнообразия [14]. Инструментом развития туризма выступает формирование туристических брендов, задачей которых является позиционирование и продвижение города, местности, региона или страны. Примером брендов могут служить такие туристические маршруты, как «Золотое кольцо

России», «Замки Луары», «Ожерелье Санкт-Петербурга», памятники культуры и искусства и т.д. Туристический бренд территории формирует устойчивое географическое представление о ней, привлекающее туристов, что способствует повышению уровня экономической эффективности объектов.

Принцип повышения транспортной доступности. Реализуется путем создания прямых маршрутов к территориям индустриального наследия сахарных заводов, как на личном, так и на общественном транспорте.

Принцип государственно-частного партнерства предполагает снижение с инвесторов бюджетной нагрузки, проявляется в реализации такого действенного инструмента, как льготное налогообложение. Льготное налогообложение заключается в предоставлении налоговых кредитов, освобождении от налога на имущество, системе «замораживания» налога на имущество, фиксации неизменного налога, несмотря на повышение стоимости исторического объекта в результате осуществления ремонтно-восстановительных работ. Бюджетный принцип также может осуществляться путем введения налоговых льгот, освобождающих подрядчиков от уплаты НДС при выполнении работ по сохранению объектов культурного наследия, восстановления нормы компенсации средств, потраченных на сохранение объектов культурного наследия п.1., ст.14, ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации».

Принцип экономического разделения аренды. Предполагает разработку нормативно-правового механизма защиты от невыявленного собственника арендатора (инвестора) при передаче ему в распоряжение объектов индустриального наследия бывшего сахарного завода.

Принцип функциональной эффективности. Принцип предполагает трансформацию нефункционирующего предприятия в эффективный социально-экономический и культурно-исторический объект. Экономическую эффективность адаптации исторических объектов следует понимать как «сопоставление полезных результатов с затратами, совершенными для достижения этих результатов» [16], поэтому актуальная функция должна быть оправдана в сложившихся условиях и ориентирована на экономическую и социальную сторону сохранения индустриального наследия. Реализуется путем поиска компромиссов между участниками сохранения и использования объектов индустриального наследия сахарных заводов и непосредственно самой территорией индустриального наследия с социальной и экономической функциями, которые она

должна выполнять. Кроме того, функции не должны противоречить друг другу.

Выводы.

1. Проведен анализ факторов, влияющих на инвестиционную привлекательность территорий индустриального наследия сахарных заводов.

2. Выявлены особенности в нормативно-правовой документации, негативно влияющие на инвестиционную привлекательность ОКН.

3. Предложены следующие принципы повышения инвестиционной привлекательности для рассматриваемых территорий свеклосахарных заводов как потенциальных градообразующих объектов малого населенного пункта и объектов туристско-рекреационной инфраструктуры: принцип сохранения идентичности, принцип популяризации, принцип повышения транспортной доступности, принцип государственно-частного партнерства, принцип экономического разделения аренды, принцип функциональной эффективности.

Предполагается, что применение разработанных принципов для территорий индустриального наследия сахарных заводов повысит их уровень привлекательности для инвестора (государственного/частного). Весомым аргументом в принятии положительного решения по финансированию сохранения исторического наследия является эффективное и обоснованное проектное предложение по приспособлению к актуальной функции таких объектов как для инвестора, так и для государства. С этой точки зрения при разработке проектного предложения по адаптации индустриального наследия сахарных заводов основополагающим будет принцип функциональной эффективности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Цветкова Ю.П., Перькова М.В., Колесникова Л.И. Адаптация объектов промышленного наследия свеклосахарных заводов середины XIX-начала XX в.в. // Актуальные проблемы градостроительства, архитектуры и архитектурных конструкций. Дизайн архитектурной среды: сборник докладов науч.-технич. конф. молодых ученых БГТУ им В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. С. 624–630.

2. Запарий В.В. Индустриальное наследие (к вопросу о понимании данной концепции в России и за рубежом) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hist.msu.ru/Labs/Ecohist/OB13/zaparij.pdf> (дата обращения: 14.09.2020).

3. Перькова М.В. Градостроительное развитие Белгородской региональной системы расселения и ее элементов // Архитектура и строительство России, 2016. Вып. 4. С. 12–17.

4. Запарий В.В. Индустриальное наследие (к вопросу о понимании данной концепции в России и за рубежом) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hist.msu.ru/Labs/Ecohist/OB13/zaparij.pdf> (дата обращения: 20.10.2020).

5. Рубинштейн А.Я. Актуальные проблемы экономики культурного наследия / Под ред. А.Я. Рубинштейна. М.: Государственный институт искусствознания, 2016. 108 с.

6. Сохранение объектов культурного наследия в России // ТАСС [Электронный ресурс]. URL: <https://tass.ru/kultura/6503032> (дата обращения: 17.02.2021).

7. Кто и как сохраняет объекты культурного наследия в Белгородской области // ИА «Бел.Ру» [Электронный ресурс]. URL: <https://bel.ru/article/general/30-04-2019/kto-i-kak-sohranyaet-ob-ekty-kulturnogo-naslediya-v-belgorodskoy-oblasti> (дата обращения: 19.01.2021).

8. В России закрылись несколько сахарных заводов // РИА Новости [Электронный ресурс]. URL: <https://ria.ru/20200225/1565186793.html> (дата обращения: 21.12.2020).

9. Есть ли будущее у свеклосахарной отрасли // АГРО Инвестор [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/column/ivanov/31273-est-li-budushchee-u-sveklosakharnoy-otrasli/> (дата обращения: 26.08.2020).

10. Россия: Новых сахарных заводов не будет // АГРО Инвестор [Электронный ресурс]. URL: <http://sugar.ru/node/26395> (дата обращения: 26.08.2020).

11. Разруха в головах, или к вопросу о депрессивных площадках // ИА «Бел.Ру» [Электронный ресурс]. URL:

<https://bel.ru/comment/pavel-sapozhnikov/31-03-2018/razruha-v-golovah-ili-k-voprosu-o-depressivnyh-ploschadkah> (дата обращения: 21.02.2021).

12. Главный корпус сахарного завода // Официальный сайт Управления государственной охраны объектов культурного наследия Белгородской области [Электронный ресурс]. URL: <http://okn31.ru/arenda-za-1-rubl/glavnyj-korus-saharnogo-zavoda/> (дата обращения: 11.03.2020).

13. Льготы по налогу на имущество организаций на 2020 год // СПС Контур.норматив [Электронный ресурс]. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=41&documentId=249978#h4261> (дата обращения: 22.09.2020).

14. Туризм: Википедия. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%83%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%BC> (дата обращения: 21.02.2021).

15. Федоров В.В., Федорова Н.Н., Сухарев Ю.В. Реконструкция зданий, сооружений и городской застройки / Под. ред. В.В. Федорова. М.: ИНФРА-М, 2012. 224 с.

16. Цветкова Ю.П., Перькова М.В. Выявление градостроительных конфликтов на территории индустриального наследия сахарных заводов // В сборнике: НЕДЕЛЯ НАУКИ ИСИ. Сборник материалов Всероссийской конференции. Печатается по решению Совета по издательской деятельности Ученого совета Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, 2023. С. 153–156.

Информация об авторах

Цветкова Юлия Павловна, аспирант кафедры архитектуры и градостроительства. E-mail: tsvetkova_juliya@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Перькова Маргарита Викторовна, доктор архитектуры, доцент, советник РААСН, директор Высшей школы дизайна и архитектуры. E-mail: perkova.margo@mail.ru. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. Россия, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29.

Поступила 27.07.2023 г.

© Цветкова Ю.П., Перькова М.В., 2023

^{1,*}Tsvetkova Yu.P., ²Perkova M.V.¹Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov²St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great

*E-mail: tsvetkova_jyliya@mail.ru

PRINCIPLES OF INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF TERRITORIES OF INDUSTRIAL HERITAGE OF SUGAR FACTORIES MIDDLE XIX – EARLY XX CENTURIES

Abstract. Industrial heritage objects reflect the history of the nation, the peculiarities of its thinking, and also have great potential in the context of the sustainable development of small towns and villages in which they are located. Sugar factories of the Central Black Earth region are historically city-forming enterprises. However, at the moment, industrial territories that do not perform a city-forming function, on the one hand, and an acquired socio-cultural function as a significant cultural heritage, on the other hand, have degraded and are partially in a ruined state. The study considers the factors affecting the investment attractiveness of industrial heritage objects of sugar factories: restrictions on the creation of a new function, location in small towns and rural settlements, low transport accessibility, the problem of property rights, the unsatisfactory state of the territory and objects of industrial heritage, imperfection of the legislative base in the field of cultural heritage preservation, lack of tourist and recreational attractiveness. The features in the legal documentation that negatively affect the investment attractiveness of the object of cultural heritage are revealed. The principles of investment attractiveness based on the resolution of urban conflicts are proposed, which are recommended when adapting the industrial heritage of sugar factories of XIX – early XX centuries. It is assumed that the application of the developed principles for the territories of the industrial heritage of sugar factories will increase their level of attractiveness for the investor (public/private).

Keywords: small settlements, industrial heritage, adaptation, sugar factory, investment attractiveness.

REFERENCES

1. Tsvetkova Yu.P., Per'kova M.V., Kolesnikova L.I. Adaptation of objects of industrial heritage of beet sugar factories of the middle of the XIX-beginning of the XX century [Adaptatsiya ob"ektov promyshlennogo naslediya sveklosaharnykh zavodov serediny XIX-nachala XX V.V.]. Belgorod: BGTU, 2019. Pp. 624–630.
2. Zaparij V.V. Industrial heritage (to the question of understanding this concept in Russia and abroad [Industrial'noe nasledie (k voprosu o ponimanii dannoj koncepcii v Rossii i za rubezhom)]. URL: <http://www.hist.msu.ru/Labs/Ecohist/OB13/zaparij.pdf> (date of the application: 14.09.2020). (rus)
3. Per'kova M.V. Urban development of the Belgorod regional settlement system and its elements [Gradostroitel'noe razvitie Belgorodskoj regional'noj sistemy rasseleniya i ee elementov]. Arhitektura i stroitel'stvo Rossii. 2016. No. 4. Pp.12–17. (rus)
4. Industrial heritage (on the issue of understanding this concept in Russia and abroad) [Zaparij V.V. Industrial'noe nasledie (k voprosu o ponimanii dannoj koncepcii v Rossii i za rubezhom)]. URL: <http://www.hist.msu.ru/Labs/Ecohist/OB13/zaparij.pdf> (date of the application: 20.10.2020). (rus)
5. Rubinshtejn A.YA. Actual problems of the economy of cultural heritage [Aktual'nye problemy ekonomiki kul'turnogo naslediya]. M.: Gosudarstvennyj Institut Iskusstvoznaniya, 2016. 108 p. (rus)
6. Preservation of cultural heritage sites in Russia [Sohranenie ob"ektov kul'turnogo naslediya v Rossii]. TASS. URL: <https://tass.ru/kultura/6503032> (date of the application: 17.02.2021). (rus)
7. Who and how preserves cultural heritage objects in the Belgorod region [Kto i kak sohranyaet ob"ekty kul'turnogo naslediya v Belgorodskoj oblasti]. IA «Bel.Ru». URL: <https://bel.ru/article/general/30-04-2019/kto-i-kak-sohranyaet-ob-ekty-kulturnogo-naslediya-v-belgorodskoj-oblasti> (date of the application: 19.01.2021). (rus)
8. Several sugar factories closed in Russia [V Rossii zakrylis' neskol'ko saharnykh zavodov]. RIA Novosti. URL: <https://ria.ru/20200225/1565186793.html> (date of the application: 21.12.2020). (rus)
9. Does the beet sugar industry have a future [Est' li budushchee u sveklosaharnoj otrasli]. AGRO Investor. URL: <https://www.agroinvestor.ru/column/ivanov/31273-est-li-budushchee-u-sveklosaharnoy-otrasli/> (date of the application: 26.08.2020). (rus)
10. Russia: There will be no new sugar factories [Rossiya: Novykh saharnykh zavodov ne budet]. AGRO Investor. URL: <http://sugar.ru/node/26395> (date of the application: 26.08.2020). (rus)
11. Chaos in heads, or to the question of depressive sites [Razruha v golovah, ili k voprosu o depressivnykh ploshchadkakh]. IA «Bel.Ru». URL: <https://bel.ru/comment/pavel-sapozhnikov/31-03->

2018/razruha-v-golovah-ili-k-voprosu-o-depressivnyh-ploschadkah (date of the application: 21.02.2021). (rus)

12. The main building of the sugar factory [Glavnyj korpus sahnogo zavoda. Oficial'nyj sayt Upravleniya gosudar-stvennoj ohrany ob"ektov kul'turnogo naslediya Belgorodskoj oblasti]. URL: <http://okn31.ru/arenda-za-1-rubl/glavnyj-korus-saharnogo-zavoda/> (date of the application: 11.03.2020). (rus)

13. Incentives for corporate property tax for 2020 [L'goty po nalogu na imushchestvo organizacij na 2020]. SPS Kon-tur.normativ. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=41&documentId=249978#h4261> (date of the application: 22.09.2020). (rus)

14. Turizm: Vikipediya. Tourism: Free encyclopedia [Svobodnaya enciklopediya]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%83%D1%80%D0%B>

8%D0%B7%D0%BC (date of the application: 21.02.2021). (rus)

15. Fedorov V.V., Fedorova N.N., Suharev Yu.V. Reconstruction of buildings, structures and urban development [Rekonstrukciya zdaniy, sooruzhenij i gorodskoj zastrojki]. Pod. red. V.V. Fedorova. M.: INFRA-M, 2012. 224 p. (rus)

16. Tsvetkova Yu.P., Perkova M.V. Identification of urban conflicts on the territory of the industrial heritage of sugar factories [Vyyavlenie gradostroitelnykh konfliktov na territorii industrialnogo naslediya sakharnykh zavodov]. In the collection: WEEK OF SCIENCE ISI. Collection of materials of the All-Russian Conference. Published by decision of the Council for Publishing Activities of the Academic Council of the St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great., 2023. Pp. 153–156. (rus)

Information about the authors

Tsvetkova, Yuliya P. Graduate student. E-mail: tsvetkova_jyliya@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, Kostukova st., 46.

Perkova, Margarita V. Doctor of Architecture, Professor. E-mail: perkova.margo@mail.ru. Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. Russia, 195251, St. Petersburg, st. Politehnicheskaya, 29.

Received 27.07.2023

Для цитирования:

Цветкова Ю.П., Перькова М.В. Принципы инвестиционной привлекательности территорий индустриального наследия сахарных заводов середины XIX – начала XX вв. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 9. С. 83–92. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-83-92

For citation:

Tsvetkova Yu.P., Perkova M.V. Principles of investment attractiveness of territories of industrial heritage of sugar factories middle XIX – early XX centuries. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 9. Pp. 83–92. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-83-92

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-93-102

Сутакова Э.М., Гаврильев Д.З., Местников А.Е.Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова***E-mail: em.sutakova@s-vfu.ru*

ИССЛЕДОВАНИЕ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ ДРЕВНЕЙ КЕРАМИКИ И ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Аннотация. В работе рассматриваются результаты химико-минералогического анализа разновременной керамики и месторождений глинистого сырья Центральной Якутии. Были исследованы 7 керамических фрагментов, а также выполнен химико-минералогический анализ трёх месторождений глинистого сырья Республики Саха (Якутия). Глинистое сырьё Якутии имеет различный химико-минералогический состав, в зависимости от месторождения сырья. Изученное глинистое сырьё можно использовать для воссоздания древней технологии керамики. Также есть перспектива для использования в керамической промышленности. Для более детального изучения исследовали кангаласское глинистое сырьё, данное сырьё характеризуется высоким содержанием каолинита, и его можно в дальнейшем применять для создания высокотемпературной керамики. В результате проведенных исследований образцов керамических фрагментов удалось выяснить микроструктуру, химический и минералогический состав и температурный режим обжига керамических фрагментов. По химическому и минералогическому составу образцы керамики имеют общность. Проведенные исследования позволили получить подробную информацию изготовления керамических фрагментов разных эпох. Эти результаты могут быть использованы для более глубокого понимания древней технологии изготовления керамики и позволят шире раскрыть общие и частные вопросы исторического развития гончарного ремесла разных районов Якутии.

Ключевые слова: керамика, месторождения глинистого сырья, глинистое сырьё, рентгенофазовый анализ, термический анализ, химико-минералогический состав.

Введение. Изучение археологических керамических фрагментов позволяет получить сведения о многих аспектах развития цивилизации, в том числе о семейно-брачных отношениях, этнокультурных контактах, идеологических представлениях и уровне технического развития древних сообществ [1–4]. Привлечение современных физико-химических методов анализа увеличивает наши возможности в изучении археологических образцов древней керамики. Например, использование электронной микроскопии позволяет нам исследовать структуру и морфологию материала, а также выявить следы обработки и использование. Химический анализ позволяет определить состав материала и выявить наличие добавок или примесей, которые могут указывать на специфические технологии производства. Это важно для понимания исторических контекстов и составления более точных реконструкций прошлого [5–6]. Однако комплексных работ по междисциплинарному изучению гончарства, охватывающих широкий круг вопросов, решаемых с помощью привлечения современных методов исследования материалов, всё ещё недостаточно.

Исследователи-этнографы конца XIX–XX в. (Маак, Серошевский, Подгорбунский) описывали места и методы добычи глинистого сырья якутами, гончары выбирали источник глиняного

материала исходя из доступности и качества материала [7]. Глинистое сырьё распространено по всей территории Якутии, но оно различается минеральным и химическим составом в зависимости от географического расположения запасов и глубины раскопок, что отражается на качестве керамических изделий [8–10]. В статье приведены результаты химико-минералогического анализа трех глинистых месторождений – Санниковское, Кангаласское и Намцырское, которые скорее всего служили материальным источником для гончаров центральной Якутии [11–12].

Методология. Исследования микроскопии фрагментов древней керамики проводили в Арктическом инновационном центре Северо-Восточного федерального университета, на растровом электронном микроскопе. Электронный микроскоп JSM-7800F LV «JEOL» (Япония) и JSM-6480LV «JEOL» с дополнительной спектральной приставкой INCAx-sight производства фирмы OXFORDINSTRUMENTS (Великобритания). Методика подготовки образца для растровой электронной микроскопии позволяет выявить внутреннее надмолекулярное строение образца посредством изготовления низкотемпературного хрупкого скола. Снимки представлены в разрешении 1000х.

Для исследования минералогического состава использовался метод рентгенофазового

анализа на дифрактометре D2 PHASER, съемка образцов проводилась на $\text{CuK}\alpha$ излучении, при напряжении трубки 30 кВ и силе тока 10 мА, интервал съемки $4,5\text{--}65^\circ$ ($2\theta^\circ$), для диагностики минералов использовали базу данных PDF-2 (Институт геологии алмаза и благородных металлов. Сибирского отделения Российской академии наук), препараты готовились из порошковых проб. Также проводились съемки образцов насыщенных этиленгликолем или глицерином для идентификации разбухающих минералов (сметитов и смешаннослойных минералов), прокаленных при температуре 350°C в течении часа для разделения каолинита в присутствии хлорита и идентификации смешаннослойных разбухающих минералов.

Водопоглощение (табл. 2) было выполнено на базе Белгородского государственного университета им. Шухова. Применялись методы, описанные в ГОСТ 473.3-81. Результаты исследования показали, что водопоглощение (от 6,4 до 9,1 %) древней керамики может значительно варьироваться в зависимости от ее состава, структуры и обработки. Образцы с более плотной структурой и низким содержанием пористых материалов имеют более низкое водопоглощение (образец №), что указывает на их более высокую устойчивость к воздействию влаги. В то же время, образцы с более высокой пористостью и более открытой структурой показали более высокое водопоглощение (Образцы №), что может указывать на их более низкую устойчивость к воздействию влаги.

Термический анализ был выполнен на дифференциальном сканирующем калориметрическом оборудовании Netzsch STA 449 F1 Jupiter в

Центре высоких технологий (г. Белгород, БГТУ им. Шухова).

Термический анализ проводился на образце с размером частиц менее 0,074 мм. Образец сушился примерно один час при температуре 60°C с помощью устройства Netzsch STA 449 F1 Jupiter.

Условие проведения опыта: образец массой 200 мг засыпается в платиновый тигель и прогревается при температуре 30°C до 1200°C в атмосфере Аргона, скорость прогрева — $25^\circ\text{C}/10$ мин с эталонным образцом Al_2O_3 .

Полученные данные обрабатываются с помощью программы LINSEIS/TA-WIN.

Основная часть. Структура фрагментов керамических образцов были исследованы растровым электронным микроскопом. В результате исследования была обнаружена неоднородная структура керамических фрагментов. Наблюдаются пустоты, что объясняет содержание в глиняном тесте частиц растительности, возможно шерсти. По внешнему виду обломков можно судить об обжиге в присутствии кислорода, образцы имеют красноватый оттенок, а глины содержащие меньшее количество оксидов железа — приобретают при обжиге более светлые оттенки. Большинство образцов (4 из 7) имеют светлый оттенок, что указывает на меньшее количество оксидов железа в тесте формовочной массы.

На снимках электронного сканирующего микроскопа заметны границы зерен отошителя и присутствие песка. Визуальный анализ микро-структуры формовочной массы указывает на низкотемпературный обжиг глины. Поскольку обжиг глины при высоких температурах ($1000\text{--}1200^\circ\text{C}$) приводит к спеканию глины и минеральной примеси.

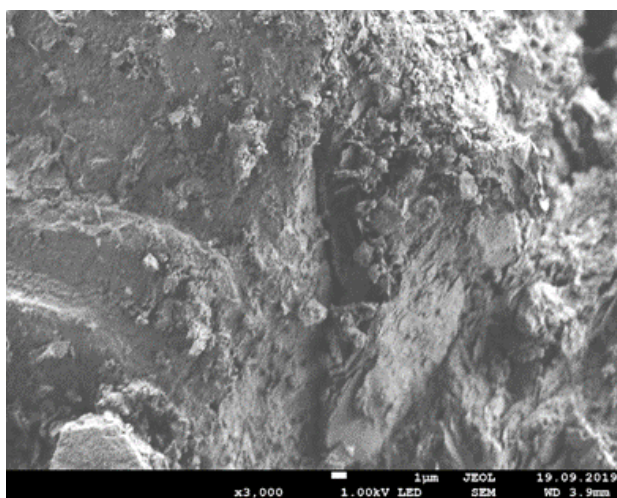


Рис. 1. Образец 1. Кетеме, Хангаласский район. 2005 г.

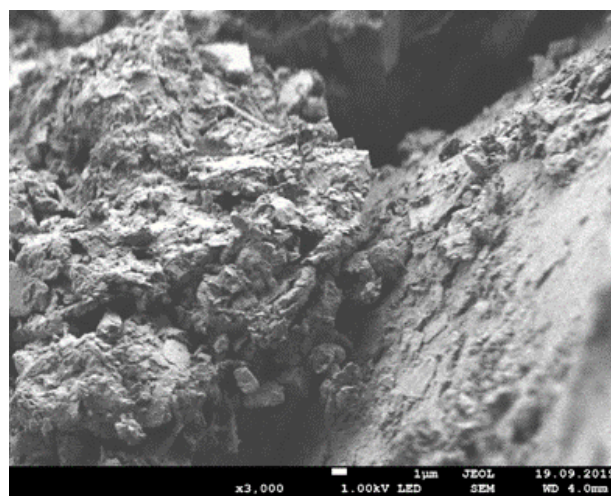


Рис. 2. Образец 2. Уганья, Усть-Алданский район. 2003 г.

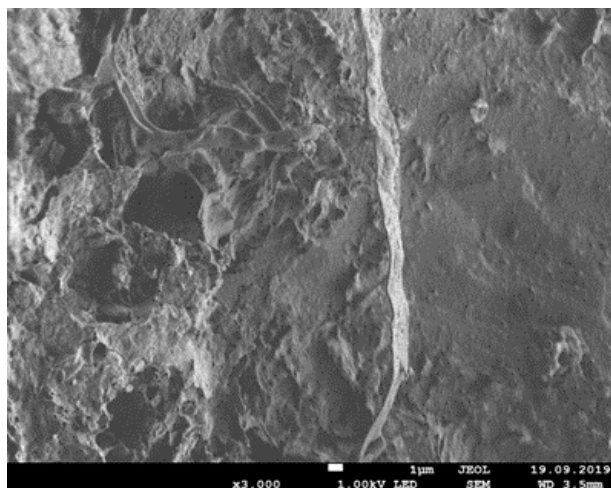


Рис. 3. Образец 3. Айыы-Тайбыт, ГО «г. Якутск». 2016 г.

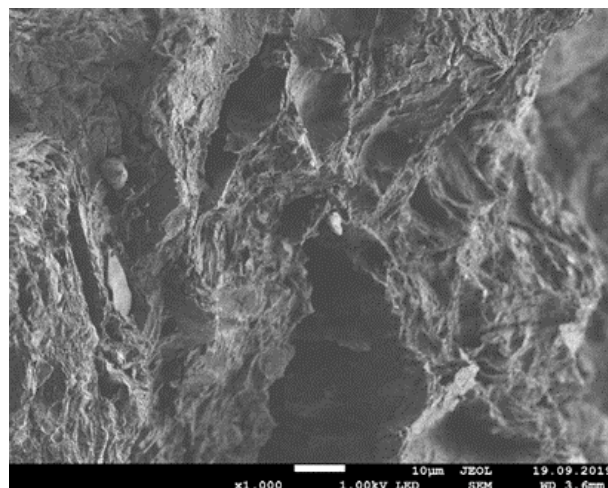


Рис. 4. Образец 4. Уганья, Усть-Алданский район. 1978 г.

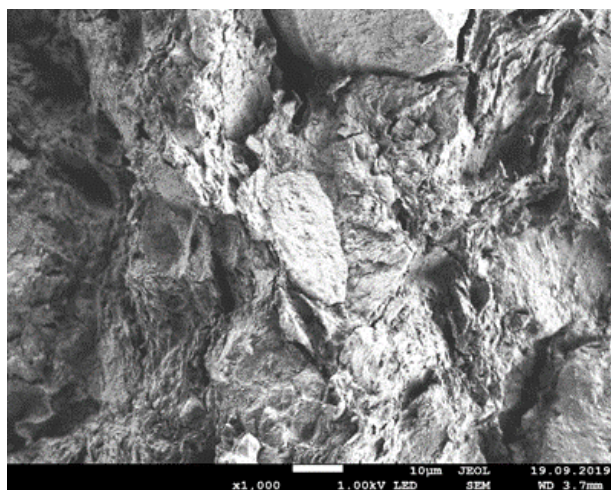


Рис. 5. Образец 5. Кытанах маллата, Чурапчинский район. 1980 г.

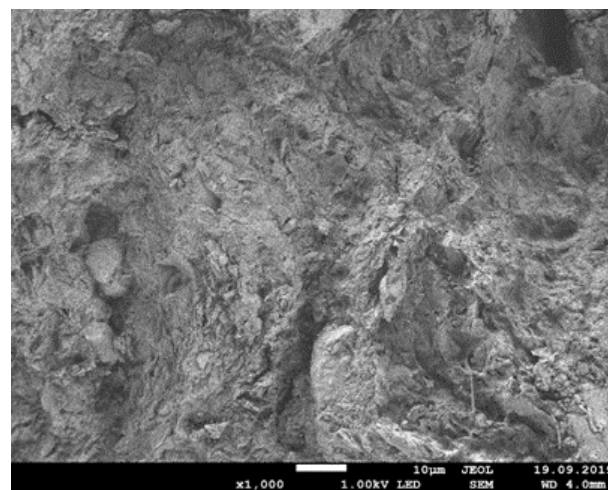


Рис. 6. Образец 6. Сырдык, Амгинский район. 1979 г.

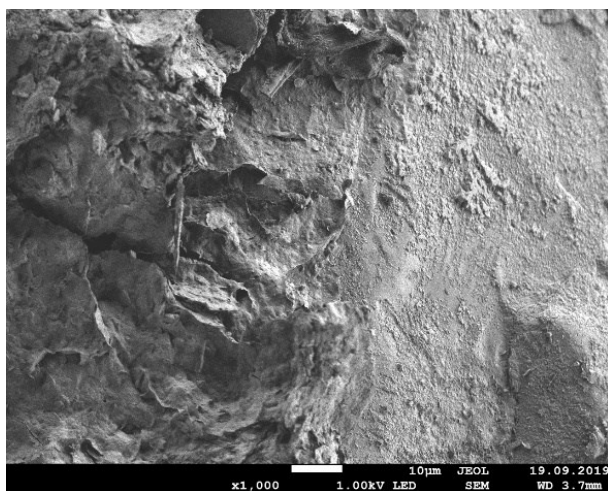


Рис. 7. Образец 7. Лонху, Мегино-Кангаласский район. 1979 г.

Результаты рентгенофазового анализа образцов. Все исследованные образцы фрагментов керамики имеют однородность по минералогической структуре, что обусловлено единством географии раскопок.

По результатам анализа установлено, что в составе керамики в основном преобладает содержание калиевых полевых шпатов (Ортоклаз, микроклин), а также встречаются в следовых количествах альбит, мусковит, кальцит (табл. 1).

Наличие минералов кальцит и мусковит – сгорающих при температуре 700–950 °С, является признаком, указывающим на низкую температуру обжига. Образование керамического черепка – прочной, неразрушающейся в воде массы, начинается на этапе подогрева, условием

низкотемпературного режима считается 350–400 °С, к высокотемпературным относится 1000–1200 °С.

Результаты анализа приведены в рисунках 8–14, там же указаны списки минералов, обнаруженных в исследуемом образце.

Таблица 1

Результаты рентгенофазового анализа

№	Наименование фрагмента керамики	Идентифицированные минералы
1	Кетеме, Хангаласский район. 2005 г.	Кварц, мусковит, кальцит, альбит, ортоклаз
2	Уганья, Усть-Алданский район. 2003 г	Кварц, ортоклаз, кальцит, мусковит
3	Айыы Тайбыт, г. Якутск. 2016 г	Кварц, альбит, микроклин, мусковит
4	Уганья, Усть-Алданский район. 1978 г.	Кварц, альбит, ортоклаз
5	Кытанах маллата, Чурапчинский район. 1980 г.	Кварц, ортоклаз, мусковит
6	Сырдык, Амгинский район. 1979 г.	Кварц, анатаз, микроклин
7	Лонху, Мегино-Кангаласский район. 1979 г.	Кварц, микроклин, альбит

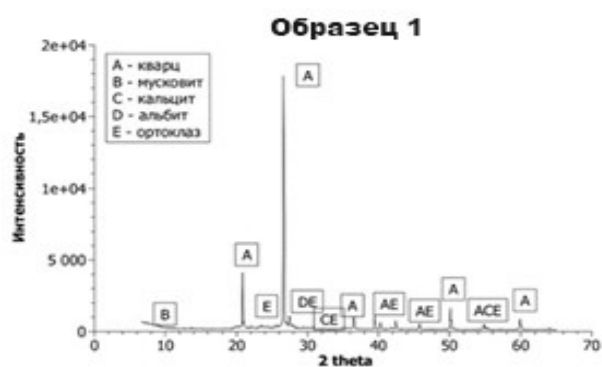


Рис. 8. Образец 1. Кетеме, Хангаласский район. 2005 г.

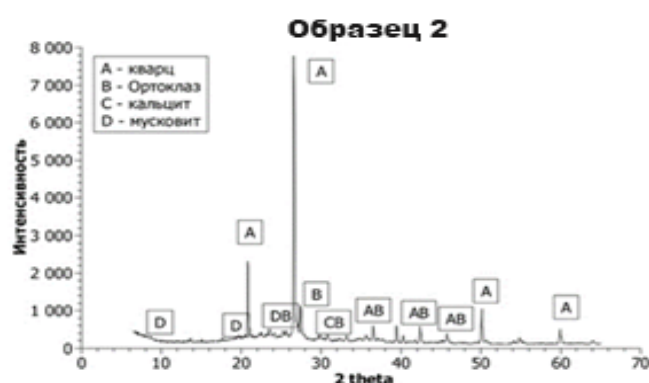


Рис. 9. Образец 2. Уганья, Усть-Алданский район. 2003 г.

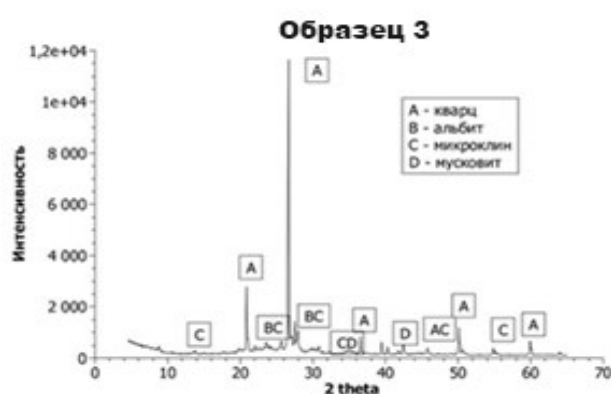


Рис. 10. Образец 3. Айыы Тайбыт, г. Якутск. 2016 г

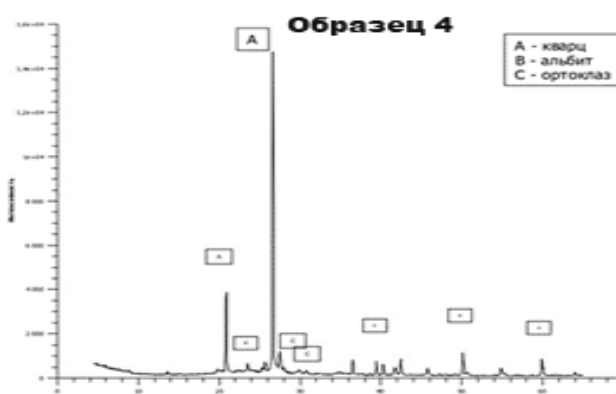


Рис. 11. Образец 4. Уганья, Усть-Алданский район. 1978 г.

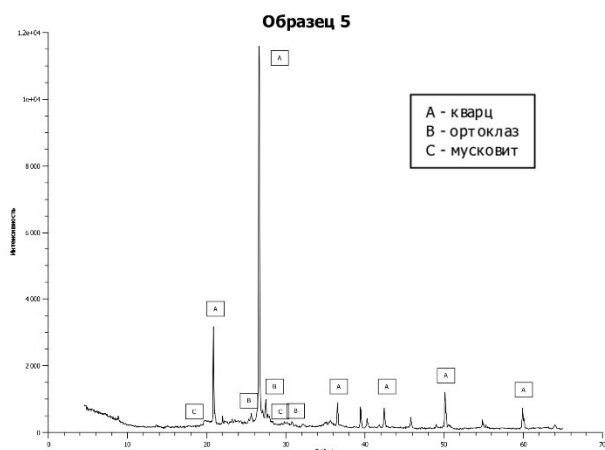


Рис. 12. Образец 5. Кытанах маллата, Чурапчинский район. 1980 г.

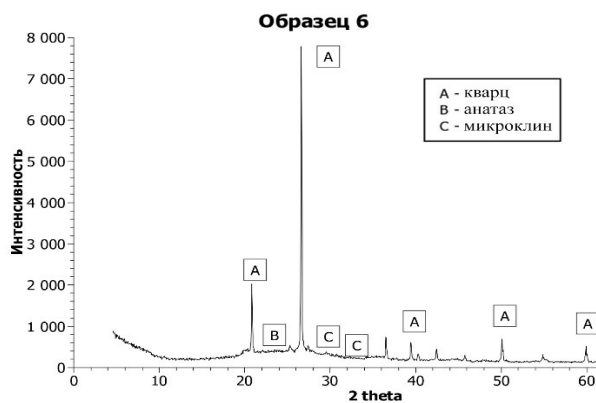


Рис. 13. Образец 6. Сырдык, Амгинский район. 1979 г.

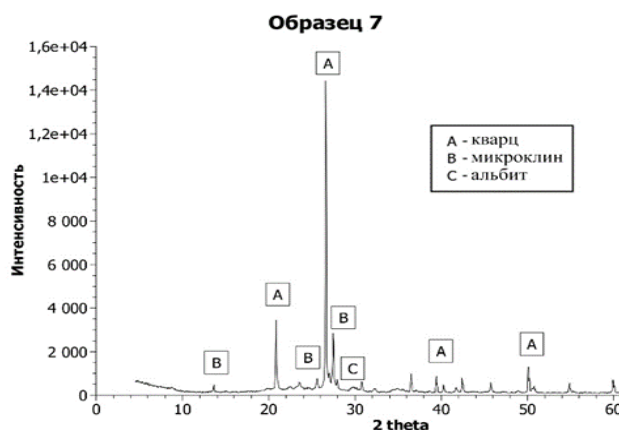


Рис. 14. Образец 7. Лонху, Мегино-Кангаласский район. 1979 г.

Трудно судить о длительности обжига сосудов, они варьируются от 1 до 12 ч в разных культурных традициях. Согласно экспериментальному опыту моделирования неолитической керамики Якутии, проведенной археологом Воробьевым С.А. в 1990-х годах, длительность обжига неолитических сосудов не превышала 2–3 ч. Горшки, обжигаемые в два раза продолжитель-

нее, не отличались по качественным характеристикам от первых. Так как метод обжига древней якутской керамики не сильно отличался от неолитической, по крайней мере в летний период, когда горшки обжигали во дворе на костре, а в зимний период на шестке у камелька, можно предположить, что по продолжительности обжиг занимал столько же времени [13].

Исследование водопоглощения:

Таблица 2

Степень водопоглощения археологической керамики, %

№	Название фрагмента керамики	m ₁	m ₂	V, %
1	Кетеме, Хангаласский район. 2005 г.	7,8	8,1	3,71
2	Уганья, Усть-Алданский район. 2003 г.	3,3	3,6	8,31
3	Айыы Тайбыт, ГО «г. Якутск». 2016 г.	17,7	19,1	7,32
4	Уганья, Усть-Алданский район. 1978 г.	35,9	38,2	6,02
5	Кытанах маллата, Чурапчинский район. 1980 г.	16,8	18,2	7,69
6	Сырдык, Амгинский район. 1979 г.	34,6	37,2	6,98
7	Лонху, Мегино-Кангаласский район. 1979 г.	10,2	11,1	8,11

m₁ – масса сухого образца

m₂ – масса образца насыщенного водой

V – степень водопоглощения

Исследование глинистого сырья

По результатам рентгенофазового анализа образцов были подобраны следующие месторождения глин: Санниковское, Кангаласское и

Намцырское. Эти месторождения больше подходят по минералогическому составу и по географии найденных керамических фрагментов. Исследования провели на минералогию и химический состав глин (табл. 3).

Таблица 3

Химический состав сырьевых компонентов, мас. %

Компонент	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂
Кангаласская глина	0,33	0,49	34,38	60,28	0,07	0,78	0,69	0,95	1,49
Намцырская глина	0,95	0,55	22,38	63,57	0,04	2,49	0,54	1,71	0,81
Санниковская глина	2,11	2,14	14,23	61,44	0,13	2,63	4,28	14,39	0,73

Минералогический состав глин исследовали в Институте горного дела севера СО РАН на дифрактометре D8 Discover с системой GADDS (General Area Detector Diffraction System). Рентгенометрическая диагностика минеральных кристаллических фаз проведена с использованием базы дифракционных данных ICDD PDF-2 программы идентификации, поставленные с прибором и поисковой системы Crystallographica Search-Match (Oxford Cryosystems).

Санниковское месторождение – глинистое сырье по своему составу относится к легкоплавким глинам, что делает его подходящим для обжига. По своему минеральному составу содержит следующие минералы: кварц, микроклин, альбит, мусковит, вермикулит и кронстедит. Выявленные минералы относятся к слоистым гидросиликатам. Исследование месторождения показали его принадлежность к группе умеренно пластичного, грубодисперсного, полукислого глинистого сырья с высоким содержанием пылеватых частиц, красящих оксидов и растворимых солей. В связи с этим месторождение глин можно использовать при производстве строительной керамики.

Кангаласское месторождение – характеризуется содержанием (%) Al₂O₃ в количестве 34,38 – относится к основным глинам, по содержанию красящих оксидов Fe₂O₃ – 0,954, TiO₂ – 1,49 % – относится к глинам с низким содержанием. В зависимости от содержания водорастворимых солей глинистое сырье можно отнести к группе с низким содержанием.

Основные минералы представлены каолинитом – Al₄ [Si₄O₁₀] (OH)₈·nH₂O (69,8 %), кварцем SiO₂ (19,7 %), а также по данным рентгенофазового анализа отмечается присутствие галлуазита – Al₂Si₂O₅(OH)₄ (10,5 %) глинистый минерал подкласса слоистых силикатов, по составу близок каолиниту.

Намцырское месторождение – расположено в окрестностях города Якутска. Имеет сложный полиминеральный состав, обнаружены минералы подгруппы кварца (кварц 56,5 %), калий-натриевых полевых шпатов (альбит – 11,5 %, ортоклаз –

12,6 %), каолинит (4 %), а также обнаружены гидрослюдастые минералы – 4,9 %. Исследуемый образец по тугоплавкости относится к легкоплавким глинам полиминерального состава, по содержанию Al₂O₃ относится к полукислым глинам, в зависимости от содержания красящих оксидов относится к группе среднего содержания Fe₂O₃ и TiO₂, и характеризуется средним содержанием водорастворимых солей, что является возможным для использования глин данного месторождения для изготовления керамических изделий.

Химический анализ содержания оксидов проводили методом силикатного анализа на базе Института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН.

Результаты термического анализа

Для исследования фазовых превращений при обжиге глинистого сырья была выбрана глина Кангаласского месторождения, согласно его химического состава в ней больше всего содержится оксид алюминия, что свидетельствует о большом количестве глинистых минералов.

На термической диаграмме проявляются эффекты, связанные с разложением минералов глинистых пород (рис. 15).

При температуре 520,5 °C наблюдается эндотермический эффект каолинита, который связан с его кристаллизацией и сопровождается дегидратацией каолинита. Экзотермический эффект наблюдается при температуре 997,9 °C что характеризует процесс формирования кристаллических фаз.

Исследователи отмечают, что процесс кристаллизации каолинита происходит в диапазоне температур от 500–560 °. При этом, каолинит с низкой степенью кристалличности чаще встречается на месторождениях осадочного каолина с меньше выраженным эндотермическим эффектом. Кроме того, экзотермический эффект, наблюдаемый при температуре 997,9 °C, свидетельствует о процессе формирования кристаллических фаз [14–15].

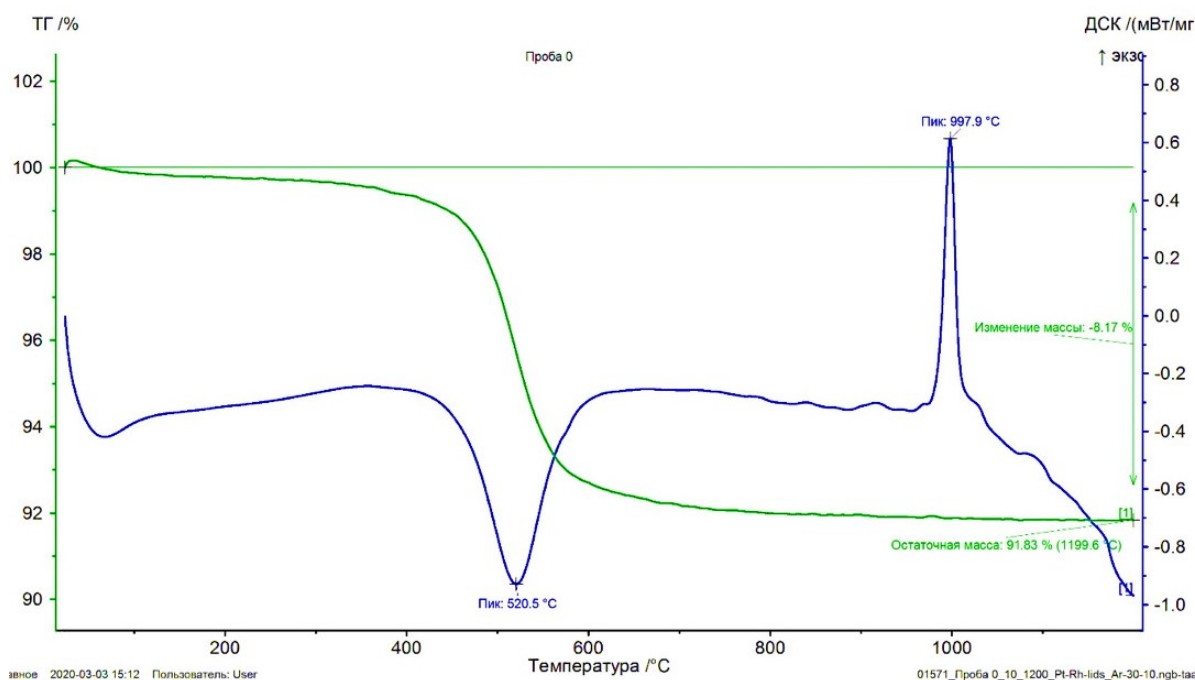


Рис. 15. Термическая диаграмма

Выводы. По результатам рентгеноспектрального и рентгенофазового анализов удалось выяснить структуру, состав и температурный режим фрагментов керамики, в частности было определено, что все исследуемые образцы, имеют высокое содержание оксида кремния, что еще раз иллюстрирует известный в археологии и этнографии прием гончарных мастеров, добавлявших песок в качестве отошающей добавки. Большинство изделий несмотря на хронологическую разницу, имеют схожий вид обжига, выраженный в преимущественно светлой цветовой гамме образцов. Кроме того, осмотр микроструктуры с помощью метода растровой электронной микроскопии и рентгенофазового анализа показал, что обжиг происходил при температурах от 850 до 950 °C. Изучение уровня водопоглощения исследованных образцов показало различную степень водонепроницаемости, что вполне объяснимо разными температурными режимами.

Исследование месторождений глинистого сырья выявили химический и минералогический состав местных глин и определили их сходство с изученными образцами, что согласуется с этнографическими данными, указывающими на то что, гончары, как правило, использовали местное сырье, добываемое в непосредственной близости от места обитания.

Применение современных методов анализа на более обширном археологическом материале позволяет дополнить полученные выводы, и в дальнейшем поможет шире раскрыть общие и частные вопросы исторического развития гончарного ремесла разных районов Якутии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Муртазина С.А. Технология развития керамических изделий и материалов // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 16. С. 169–172.
2. Гоголев А.И. Археологические памятники Якутии позднего средневековья (XIV–XVIII вв.). Иркутск: Издательство Иркутского университета. 1990. 192 с.
3. История Якутии: в 3 т. Под общ. ред. А.Н. Алексеева. ответственные редакторы тома: Р. И. Бравина, Е. Н. Романова. Новосибирск: Наука. 2020. Т. 1. 536 с.
4. Прыткова Н.Ф. Глиняная посуда якутов. Сборник Музея антропологии и этнографии. М.: 1955. Т. XVI. С. 147–164.
5. Ionescu C., Hoeck V., Ghergari L. Electron microprobe analysis of ancient ceramics: A case study from Romania // Applied clay science. 2011. № 53. С. 466–475. DOI: 10.1016/j.clay.2010.09.009
6. Поплевко Г.Н. Комплексные экспериментально-трассологические и этнографические исследования керамики: Технология и обжиг // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7. № 3. С. 165–171.
7. Глушков И.Г. Керамика как исторический источник. Новосибирск: Издательство Института археологии и этнографии СО РАН, 1996. 336 с.
8. Местников А.Е. Глинистое сырье Якутии для производства керамзита // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 3. С. 30–34. DOI: 10.17513/snt.39069.

9. Ушницкая Н.Н., Местников А.Е. Физико-химический анализ глинистого сырья Якутии // Успехи современного естествознания. 2022. № 10. С. 125–129. DOI: 10.17513/use.37919.

10. Егорова А.Д., Колесов М.В., Михайлов Д.А. Строительная керамика из сырья Якутии, модифицированная стеклобоем // Фундаментальные основы строительного материаловедения: сб. докладов Междун. онлайн-конгресса (г. Белгород, 06-11 октября 2017 г.). Белгород: изд-во БГТУ. 2017. С. 975–980.

11. Sutakova E, Mestnikov A. Glaze coatings based on kangalassy field clay raw material and waste glass // Zhanstvena mizel. Ljubljana, Slovenia: Global Science Center LP, 2018. № 25. С. 54–56.

12. Трепалина Ю.Н., Кириллова Н.К. Керамический кирпич из сырья Якутии с добавлением тонкомолотого стеклобоя // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 4. С. 138–141. DOI: 10.34031/article_5cb1e65d798f87.83499465.

13. Мочанов Ю.А., Федосеева С.А. Очерки дописьменной истории Якутии. Эпоха камня: в 2 томах. Якутск: Издательство "Дани Алмас". 2013. Т. 2. 489 с.

14. Нгуен Нгок Нам, Лай Тхи Биск Тхуи, Фам Динь Ан. Оценка эффективности методов рентгеноструктурного анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии при анализе глинистых минералов // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2019. Т. 42. № 2. С. 221–229. DOI: 10.21285/2541-9455-2019-42-2-221-229.

15. Fernandez-Ruiz R., Garcia-Heras Study of archaeological ceramics by total reflection X-ray fluorescence spectrometry: Semi-quantitative approach // Spectrochimica Acta. Part B: Atomic Spectroscopy. 2007. Vol. 62. Pp. 1123–1129. DOI: 10.1016/j.sab.2007.06.015.

Информация об авторах

Сутакова Эльза Михайловна, старший преподаватель института естественных наук. E-mail: em.sutakova@s-vfu.ru. Северо-восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова. Россия, 377000, Якутск, ул. Белинского, д. 52.

Гаврильев Дмитрий Захарович, заведующий отделом этнографии Музея археологии и этнографии. E-mail: dima.gavriliev@mail.ru. Северо-восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова. Россия, 377000, Якутск, ул. Белинского, д. 52.

Местников Алексей Егорович, заведующий кафедрой "производство строительных материалов, изделий и конструкций". E-mail: mestnikovaе@mail.ru. Северо-восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова. Россия, 377000, Якутск, ул. Белинского, д. 52.

Поступила 07.08.2023 г.

© Сутакова Э.М., Гаврильев Д.З., Местников А.Е., 2023

***Sutakova E.M., Gavriliev D.Z., Mestnikov A.E.**

North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov

*E-mail: em.sutakova@s-vfu.ru

STUDY OF ARCHAEOLOGICAL SPECIMENS OF ANCIENT CERAMICS AND CLAY RAW MATERIALS FROM THE DEPOSITS OF CENTRAL YAKUTIA

Abstract. The paper considers the results of chemical and mineralogical analysis of ceramics of different times and deposits of clay raw materials of Central Yakutia. 7 ceramic fragments were examined, and a chemical and mineralogical analysis of three deposits of clay raw materials of the Republic of Sakha (Yakutia) was performed. The clay raw materials of Yakutia have a different chemical and mineralogical composition, depending on the deposit of raw materials. The studied clay raw materials can be used to recreate the ancient technology of ceramics. There is also a prospect for use in the ceramic industry. For a more detailed study, Kangalas clay raw materials were studied, this raw material is characterized by a high content of kaolinite, and it can be further used to create high-temperature ceramics. As a result of the conducted studies of samples of ceramic fragments, it was possible to find out the microstructure, chemical and mineralogical composition and temperature regime of firing of ceramic fragments. The ceramic samples have a common chemical and mineralogical composition. The conducted research allowed us to obtain detailed information on the manufacture of ceramic fragments from different eras. These results can be used for a deeper understanding of the

ancient technology of ceramics production and will allow a broader disclosure of general and particular issues of the historical development of pottery in different regions of Yakutia.

Keywords: ceramics, deposits of clay raw materials, clay raw materials, X-ray phase analysis, thermal analysis, chemical and mineralogical composition

REFERENCES

1. Murtazina S.A. Technology of development of ceramic products and materials [Tekhnologiya razvitiya keramicheskikh izdelij i materialov]. Vestnik Kazanskogo Tekhnologicheskogo Universiteta. 2015. Vol. 18. No. 16. Pp. 169–172. (rus)

2. Gogolev A.I. Archaeological monuments of Yakutia in the late Middle Ages (XIV–XVIII centuries) [Arheologicheskie pamyatniki Yakutii pozdnego srednevekov'ya (XIV–XVIII vv.)]. Irkutsk: Izdatel'stvo Irkutskogo universiteta. 1990. 192 p. (rus)

3. History of Yakutia: in 3 volumes [Istoriya Yakutii: v 3 t.]. Under the general editorship of A.N. Alekseev. executive editors of the volume: R. I. Bravina, E. N. Romanova. Novosibirsk: Science. 2020. Vol. 1. 536 p. (rus)

4. Prytkova N.F. Pottery of the Yakuts [Glinyanaya posuda yakutov]. Sbornik Muzeya antropologii i etnografii. M.: 1955. T. XVI. Pp. 147–164. (rus)

5. Ionescu C., Hoeck V., Ghergari L. Electron microprobe analysis of ancient ceramics: A case study from Romania. Applied clay science. 2011. No. 53. Pp. 466–475. DOI: 10.1016/j.clay.2010.09.009.

6. Poplevko G.N. Complex experimental-ethnological and ethnographic studies of ceramics: Technology and firing [Kompleksnye eksperimental'no-etrnologicheskie i etnograficheskie issledovaniya keramiki: Tekhnologiya i obzhig]. Samarskij nauchnyj Vestnik. 2018. Vol. 7. No. 3. Pp. 165–171. (rus)

7. Glushkov I.G. Ceramics as a historical source [Keramika kak istoricheskij istochnik]. Novosibirsk: Izdatel'stvo Instituta arheologii i etnografii SO RAN, 1996. 336 p. (rus)

8. Mestnikov A.E. Clay raw materials of Yakutia for the production of expanded clay [Glinistoe syr'e Yakutii dlya proizvodstva keramzita]. Modern High Technologies. 2022. No. 3. Pp. 30–34. DOI: 10.17513/snt.39069.

9. Ushnitskaya N.N., Mestnikov A.E. Physical and chemical analysis of clay raw materials of Yakutia [Fiziko-himicheskij analiz glinistogo syr'ya Yakutii]. Advances in Current Natural Sciences. 2022.

No. 10. Pp. 125–129. DOI: 10.17513/use.37919.

10. Egorova A.D., Kolesov M.V., Mikhailov D.A. Building ceramics from the raw materials of Yakutia, modified with cullet [Stroitel'naya keramika iz syr'ya Yakutii, modifitsirovannaya stekloboem]. Fundamental foundations of building materials science: Fundamental'nye osnovy stroitel'nogo materialovedeniya: sb. dokladov Mezhdun. onlajn-kongressa (Belgorod, October 06–11, 2017). Belgorod: Izdatel'stvo BGU. 2017. Pp. 975–980. (rus)

11. Sutakova E., Mestnikov A. Glaze coatings based on kangalassy field clay raw material and waste glass. Zhanstvena mizel. Ljubljana, Slovenia: Global Science Center LP, 2018. No. 25. Pp. 54–56.

12. Trepalina Y.N., Kirillova N.K. Ceramic brick from the raw materials of Yakutia with the addition of finely ground cullet [Keramicheskij kirpich iz syr'ya Yakutii s dobavleniem tonkomolotogo stekloboya]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 4. Pp. 138–141. DOI: 10.34031/article_5cb1e65d798f87.83499465.

13. Mochanov Y.A., Fedoseeva S.A. Essays on the preliterate history of Yakutia. The Age of Stone: in 2 volumes [Ocherki dopis'mennoj istorii YAKUTII. Epoha kamnya: v 2 tomah]. Yakutsk: Izdatel'stvo "Dani Almas". 2013. Vol. 2. 489 p. (rus)

14. Nguyen Ngoc Nam, Lai Thi Bisk Thuy, Pham Dinh An. Evaluation of the effectiveness of methods of X-ray diffraction analysis and differential scanning calorimetry in the analysis of clay minerals. Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences RANS. Geology, Exploration and Development of Mineral Deposits. 2019. Vol. 42. No. 2. Pp. 221–229. DOI: 10.21285/2541-9455-2019-42-2-221-229.

15. Fernandez-Ruiz R., Garcia-Heras. Study of archaeological ceramics by total reflection X-ray fluorescence spectrometry: Semi-quantitative approach. Spectrochimica Acta. Part B: Atomic Spectroscopy. 2007. Vol. 62. Pp. 1123–1129. DOI: 10.1016/j.sab.2007.06.015.

Information about the authors

Sutakova, Elza M. Senior Lecturer at the Institute of Natural Sciences. E-mail: em.sutakova@s-vfu.ru. Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov». Russia, 377000, Yakutsk, st. Belinsky, d. 52.

Gavriliev, Dmitry Z. Head of the Ethnography Department of the Museum of Archeology and Ethnography. E-mail: dima.gavriliev@mail.ru. Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov». Russia, 377000, Yakutsk, st. Belinsky, d. 52.

Mestnikov, Aleksey E. Head of the department "production of building materials, products and structures". E-mail: mestnikovae@mail.ru. Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov». Russia, 377000, Yakutsk, st. Belinsky, d. 52.

Received 07.08.2023

Для цитирования:

Сутакова Э.М., Гаврильев Д.З., Местников А.Е. Исследование археологических образцов древней керамики и глинистого сырья месторождений центральной Якутии // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 9. С. 93–102. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-93-102

For citation:

Sutakova E.M., Gavriliev D.Z., Mestnikov A.E. Study of archaeological specimens of ancient ceramics and clay raw materials from the deposits of central Yakutia. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 9. Pp. 93–102. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-93-102

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-103-112

^{1,*}Ханзаров А.С., ¹Ханин С.И., ¹Воронов В.П., ²Мордовская О.С., ¹Чалов В.А.¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова²Белгородский государственный национальный исследовательский университет

*E-mail: hanzarov@bk.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАГРУЗКИ МАТЕРИАЛА В КАМЕРЕ ПОМОЛА ШАРОВОЙ БАРАБАННОЙ МЕЛЬНИЦЫ

Аннотация. Показано преимущественное применение шаровых барабанных мельниц на промышленных предприятиях для реализации процесса измельчения различных материалов, являющегося одним из наиболее энергозатратных основных технологических процессов. В качестве одного из параметров, позволяющих повысить эффективность процесса измельчения, отмечено рациональное количественное соотношение мелющих тел и размалываемого материала. Для расчета коэффициента загрузки материала в камере помола показана целесообразность разработки математического описания, позволяющего определить изменение площади промежутков между мелющими телами в сечении, перпендикулярном продольной оси корпуса, при изменении частоты его вращения. Получено математическое описание, позволяющее определить площадь шароматериальной загрузки в сечении камеры помола при статическом состоянии корпуса и при различной частоте его вращения. С использованием полученного математического описания выполнены исследования изменения площади, занимаемой шароматериальной загрузкой в поперечном сечении камеры помола, при переходе корпуса из статического состояния в рабочее. Определены закономерности ее изменения для мельницы промышленного типоразмера. При различных значениях коэффициента заполнения мелющих тел установлено, что переход состояния корпуса из статического к рабочему приводит к увеличению площади поперечного сечения шароматериальной загрузки на величину, близкую к 17 %. Предложено выражение для определения коэффициента загрузки материала в камере помола, соответствующего его рабочей относительной частоте вращения.

Ключевые слова: камера помола, поперечное сечение корпуса мельницы, материал, мелющие тела, коэффициент загрузки.

Введение. Измельчение является одним из основных технологических процессов при производстве многих материалов и изделий [1–4]. Оно относится к наиболее энергоёмким основным технологическим процессам. Доля затрачиваемой на реализацию этого процесса электроэнергии может достигать до 60 % от всей затрачиваемой в производственном процессе электроэнергии [2]. Для грубого и тонкого помола материалов используются шаровые барабанные, вертикальные валковые, молотковые мельницы, пресс-валковые измельчители. При выборе типа измельчителя учитывают характеристики исходного материала, требования к качественным характеристикам продукта измельчения, удельные показатели энергопотребления и ряд других. Наиболее широкое распространение получили шаровые барабанные мельницы (ШБМ) [5–8]. Это объясняется их большой производительностью, универсальностью, надёжностью, простой конструкции, возможностью автоматизации, высокой степенью адаптации к исходной крупности материала. К основному недостатку относится повышенный удельный расход электроэнергии [9–12].

Эффективность процесса измельчения характеризуется величиной удельного расхода электроэнергии, который зависит от многих параметров: относительной частоты вращения корпуса мельницы; физико-механических свойств измельчаемого материала, его крупности в исходном и измельченном состояниях; характеристик мелющих тел (МТ); конструкций бронефутеровки, внутримельничных устройств; аспирационного режима; количества помольных камер и соотношения их диаметра и длин; коэффициента загрузки МТ и их соотношения с количеством размалываемого материала, а также ряда других [13–15]. Известно, что производительность приближается к максимальному значению при достижении некоторого рационального количественного соотношения измельчаемого материала и мелющих тел в корпусе мельницы [7, 8]. Уменьшенное, по отношению к рациональному, количество загружаемого в камеру помола материала приведет к увеличению удельных расходов электроэнергии, материала бронефутеровки, внутримельничных устройств и МТ. Нерационально увеличенное количество загружаемого материала вызовет «загрубление» продукта помола и снизит его качество, а возможно, приведет

к перезаполнению камеры помола материалом, необходимости прекращения его подачи и продолжительному введению процесса помола в устойчивое состояние. Поэтому в производственных условиях мельницы работают на пониженной производительности, что является одной из причин, приводящей к низкой энергоэффективности процесса измельчения в шаровых мельницах.

Существуют различные подходы к определению количества подаваемого в камеру помола материала, которые можно разделить на прямые и косвенные. Прямые методы являются периодическими и реализуются только при неработающей мельнице. Поэтому на ряде крупных отечественных промышленных предприятий, эксплуатирующих ШБМ больших типоразмеров, применяются устройства, основанные на косвенных методах измерения загруженности камеры мельницы материалом (анализаторы амплитуды и частоты шумовых и вибрационных колебаний). В качестве их недостатков отмечают нестабильность работы в условиях изменения характеристик подаваемого на измельчение материала и состояния внутримельничной среды [16].

В работе [17] рекомендуется поддерживать величину отношения массы МТ к массе измельчаемого клинкера не меньшей 15. В основу рекомендаций положен практический опыт, который может быть применен только в условиях, идентичных рассматриваемым или близких к ним. Другие авторы рассматривают объемное соотношение МТ и материала в условиях их статического состояния при не вращающемся корпусе и рекомендуют высоту расположения слоя материала над поверхностью МТ составляющей $(5-10) \cdot 10^{-3}$ м [18]. Эти рекомендации основываются на практическом опыте эксплуатации мельниц и в работе не подтверждаются статистическими данными и их анализом. Авторы не учитывают увеличение промежутков между МТ при увеличении частоты вращения корпуса. Увеличение рассматриваемых промежутков, причем достаточно значительное, хорошо заметно на фотографиях экспериментальной мельницы с прозрачным днищем в работе [19]. Эксплуатация мельницы с указанным в работе [18] соотношением МТ и материала приведет к значительному увеличению промежутков между МТ, их неполному заполнению материалом и снижению производительности мельницы и, как следствие, увеличению удельного расхода электроэнергии.

В работе [20] авторы рассматривают математическое описание распределения шароматериальной загрузки в сечении, перпендикулярном продольной оси вращающегося корпуса. При

этом делается допущение о ее движении по круговым траекториям в виде плотного слоя. Принятое допущение не позволяет использовать это математическое описание для определения площади пустот, соответствующей рассматриваемой частоте вращения корпуса мельницы, и установления объемного количества материала для их заполнения.

В этой связи для расчета коэффициента загрузки материала в камеру помола появляется целесообразность разработки математического описания, позволяющего определить изменение площади промежутков между МТ в сечении, перпендикулярном продольной оси корпуса, при изменении частоты его вращения.

Материалы и методы. Рассмотрим различные состояния корпуса мельницы (рис. 1–3). Для математического описания состояния загрузки в камере мельницы введем следующие допущения:

1. Материал и МТ в форме шаров равномерно распределены по всей длине камеры помола.

2. При установившейся частоте вращения корпуса ($\Omega = \text{const}$) движение МТ происходит по слоям (n), которые имеют различную частоту вращения (ω_n).

3. В отсутствии вращения ($\Omega = 0$) контур загрузки в сечении, перпендикулярном продольной оси корпуса, представляет собой эллипс с полуосями a_0 и b_0 . При вращении корпуса с частотой вращения меньшей критической ($0 < \Omega < \Omega_{кр}$) шаровая загрузка каждого n -го слоя осуществляет движение относительно системы координат x/Oy_1 по эллиптическим траекториям с полуосями a_n и b_n .

4. В камере помола не рассматривается процесс взаимодействия МТ и материала с днищем корпуса мельницы и межкамерной перегородкой.

5. Материал заполняет все пустоты между МТ, за исключением внутреннего промежутка между поднимающимися по эллиптическим траекториям МТ и падающими.

Рассмотрим состояние, при котором вращение корпуса мельницы отсутствует ($\Omega = 0$). На рисунке 1 приведена схема поперечного сечения корпуса мельницы в статическом состоянии. Коэффициент загрузки φ камеры помола можно выразить отношением площади $S_{сез}$, занимаемой МТ и материалом в поперечном сечении камеры помола при статическом состоянии корпуса, к площади ее поперечного сечения:

$$\varphi = \frac{S_{сез}}{\pi \cdot R^2}, \quad (1)$$

где R – внутренний радиус камеры помола.

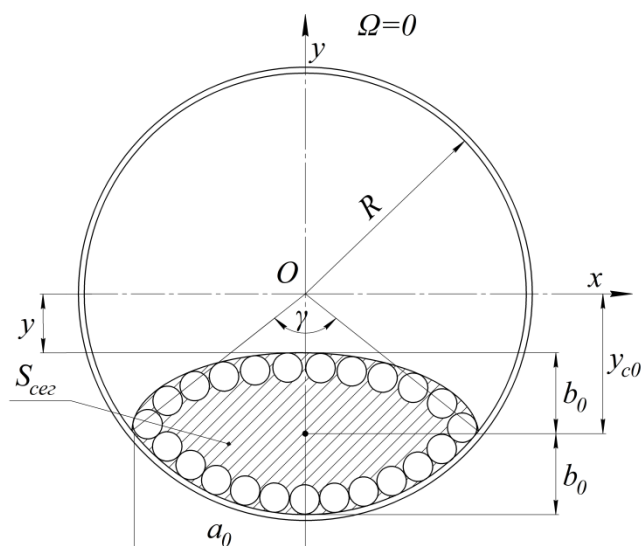


Рис. 1. Расчетная схема расположения шароматериальной загрузки в камере помола при не вращающемся корпусе ($\Omega = 0$)

Введем безразмерную величину $y_0 = y_{c0} / R$, где y_{c0} – расстояние от оси вращения корпуса до центра масс шароматериальной загрузки при различных скоростях его вращения. Тогда площадь

$$S_{ceg} = R^2 (\arccos(2y_0 - 1) - 2 \cdot (2y_0 - 1) \sqrt{y_0 - y_0^2}). \quad (2)$$

На основании (1) можно записать:

$$\pi\varphi = \arccos(2y_0 - 1) - 2 \cdot (2y_0 - 1) \sqrt{y_0 - y_0^2}. \quad (3)$$

Рассмотрим выражение (3) как уравнение относительно $y_0 = f(\varphi)$. Нахождение корней численным методом показало, что данная зависимость

шароматериальной загрузки в сечении камеры помола при не вращающемся корпусе можно выразить в следующем виде:

очень близка к линейной и её можно задать следующим аналитическим выражением:

$$y_0(\varphi) = 0,92953 - 0,86063 \cdot \varphi. \quad (4)$$

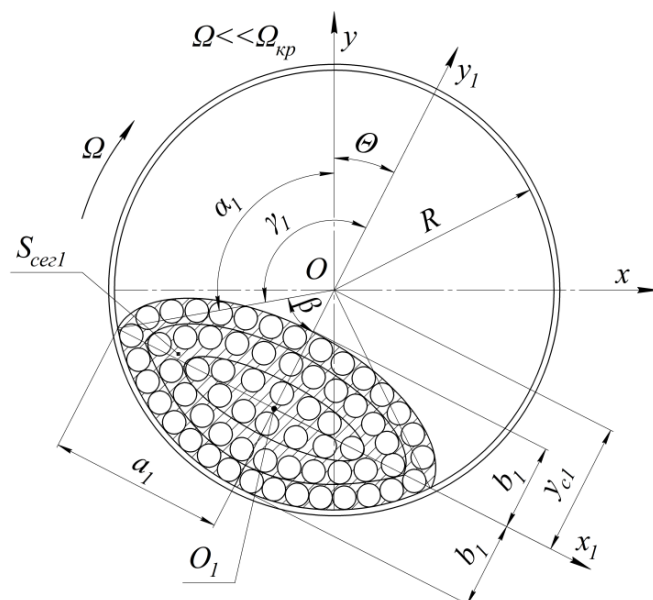


Рис. 2. Расчетная схема расположения загрузки при малой частоте вращения корпуса ($\Omega \ll \Omega_{кр}$)

При вращении корпуса мельницы изменяются положение центра масс загрузки O_1 и расстояние y_{c1} от его оси O до центра масс загрузки. Изменения зависят от коэффициента загрузки φ . При этом линия, соединяющая данный центр

масс O_1 с осью вращения, отклоняется от вертикальной оси y на угол Θ по направлению вращения корпуса мельницы.

Введем следующее обозначение в виде безразмерной величины:

$$y_2 = \frac{y_{c1}}{R}. \quad (5)$$

Согласно расчетной схеме (рис. 2) находим, что величины полуосей эллиптической траектории движения наружного слоя шароматериальной загрузки равны:

$$a_1 = R \cdot \sqrt{1 - y_2^2}. \quad (6)$$

$$b_1 = R \cdot (1 - y_2). \quad (7)$$

На основании (6) и (7) площадь шароматериальной загрузки в сечении камеры помола в виде эллипса с полуосями a_1 и b_1 будет определяться следующим соотношением:

$$S_{сез1} = \pi \cdot R^2 \cdot (1 - y_2) \cdot \sqrt{1 - y_2^2}. \quad (8)$$

На основании (1) найдем коэффициент шароматериальной загрузки для текущего случая:

$$\varphi = (1 - y_2) \cdot \sqrt{1 - y_2^2}. \quad (9)$$

Решение уравнения (9) относительно $y_2(\varphi)$ получено на основе численного решения и представляет собой следующую линейную зависимость:

$$y_2(\varphi) = 0,919 - 0,953 \cdot \varphi. \quad (10)$$

Таким образом, полученное соотношение (10) определяет изменение положения центра тяжести шароматериальной загрузки при вращении корпуса с фиксированным значением угловой частоты, причём гораздо меньшем, чем критическое ($\Omega \ll \Omega_{кр}$).

В центральной части шароматериальной загрузки находится малоподвижное ядро [9]. При увеличении частоты вращения корпуса площадь малоподвижного ядра в поперечном сечении расширяется. Причём при её увеличении до определенной величины (переход шароматериальной загрузки в водопадный режим движения) образуется промежуток (зона) между поднимающейся по эллиптическим траекториям шароматериальной загрузкой и падающей. Обозначим данную зону как поперечное сечение газового канала площадью S_0 , расширяющегося при увеличении частоты вращения корпуса. Расширение этой зоны приводит к расширению площади поперечного сечения шароматериальной загрузки S_l , включающего сечение газового канала площадью S_0 , ограниченного контуром внешнего слоя шароматериальной загрузки (рис. 3).

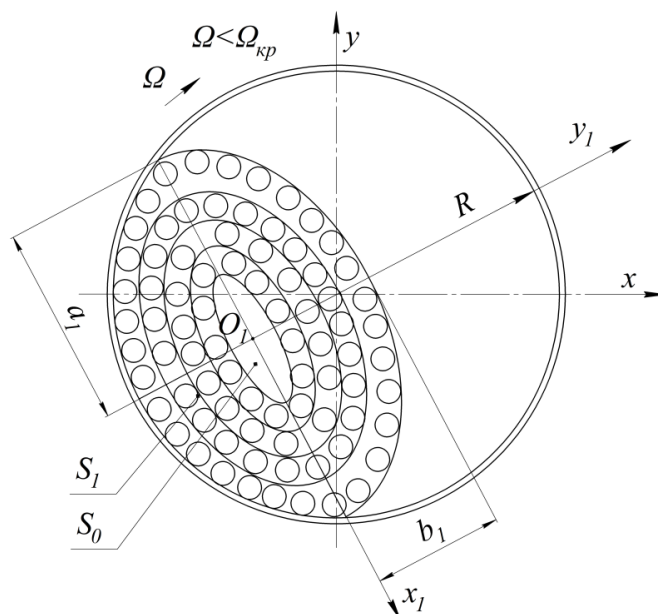


Рис. 3. Расчетная схема расположения шароматериальной загрузки при водопадном режиме движения

С ростом частоты вращения корпуса до $\Omega_{кр}$ в линейном приближении изменяются параметры эллиптических траекторий слоёв согласно соотношениям:

$$a_n = a_1 - d(n - 1); \quad (11)$$

$$b_n = b_1 - d(n - 1), \quad (12)$$

где $n=1 \dots N$ – номер соответствующего слоя, d – средневзвешенный диаметр МТ. На основании (7) число слоёв можно определить как:

$$N = \frac{b_1}{d} = \frac{R}{d} (1 - y_2). \quad (13)$$

Аналитические зависимости размеров полуосей эллипса внешнего слоя от частоты вращения корпуса имеют вид:

$$a_1(\psi) = R \left(\sqrt{1 - y_2^2} \cdot (1 - \psi) + \psi \right); \quad (14)$$

$$b_1(\psi) = R \cdot ((1 - y_0) \cdot (1 - \psi) + \psi). \quad (15)$$

В выражениях (14), (15) ψ – коэффициент относительной частоты вращения корпуса, определяемый выражением:

$$\psi = \Omega / \Omega_k, \quad (16)$$

где Ω_k – критическая частота вращения корпуса, при которой шароматериальная загрузка прижимается к корпусу мельницы (режим центрифугирования).

$$S_1(\psi) = \pi \cdot a_1 \cdot b_1 = \pi \cdot R^2 \cdot \left(\sqrt{1 - y_2^2} \cdot (1 - \psi) + \psi \right) \cdot \left((1 - y_0) \cdot (1 - \psi) + \psi \right). \quad (17)$$

Площадь расширяющейся внутренней зоны (сечения газового канала) при различной частоте

вращения можно описать следующим выражением:

$$S_0(\psi) = \pi \cdot R^2 \cdot \left[\left(\sqrt{1 - y_2^2} + y_0 - 1 + \frac{d}{R} \right) \cdot \left(y_0 - y_2 + \frac{d}{R} \right) \cdot (1 - \psi) + (1 - \varphi) \cdot \psi \right]. \quad (18)$$

Площадь шароматериальной загрузки, за вычетом площади газового канала, в сечении камеры помола загрузкой при различной частоте

вращения можно описать следующим выражением:

$$S(\psi) = S_1(\psi) - S_0(\psi) = \pi \cdot R^2 \cdot \left[\left(\sqrt{1 - y_2^2} \cdot (1 - \psi) + \psi \right) \cdot \left((1 - y_0) \cdot (1 - \psi) + \psi \right) - \left(\left(\sqrt{1 - y_2^2} + y_0 - 1 + \frac{d}{R} \right) \cdot \left(y_0 - y_2 + \frac{d}{R} \right) \cdot (1 - \psi) + (1 - \varphi) \cdot \psi \right) \right]. \quad (19)$$

Основная часть. Графические зависимости, построенные с использованием выражений (17, 19) для камеры грубого помола ШБМ типоразмера $D \times L = 2 \times 10,5$ м при конструктивных ($R = 0,95$

м; $S_{\text{вн.бар}} = 2,84 \text{ м}^2$) и технологических ($\Omega_{\text{кр}} = 3,21 \text{ с}^{-1}$; $\psi = 0-0,8$; $\varphi = 0,2-0,5$; $d = 7 \times 10^{-2}$ м) параметрах мельницы, приведены на рисунке 4 и рисунке 5.

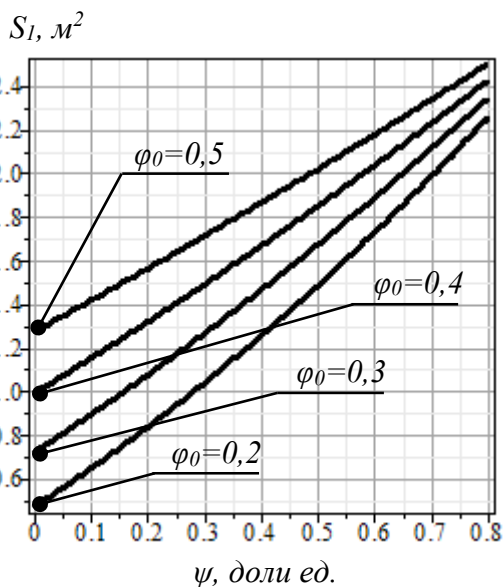


Рис. 4. Графические зависимости изменения S_l от коэффициента относительной частоты вращения корпуса ψ для различных начальных значений коэффициента загрузки φ_0

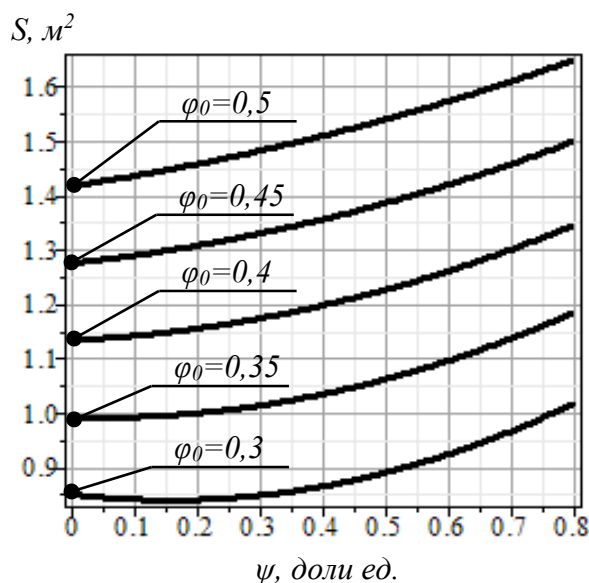


Рис. 5. Графические зависимости изменения S от коэффициента относительной частоты вращения корпуса ψ для различных начальных значений коэффициента загрузки φ_0

Анализ приведенных на рисунке 4 зависимостей показывает, что функция $S_1(\psi)$ на рассматриваемом интервале значений аргумента носит близкий к линейному, возрастающий характер поведения. При статических состояниях корпуса для различных $\varphi_0 = 0,2; 0,3$ и $0,4$ площади S_1 , занимаемые шароматериальной загрузкой и газовым каналом в поперечном сечении корпуса, соответственно составляют $0,568 \text{ м}^2$; $0,851 \text{ м}^2$ и $1,134 \text{ м}^2$. При увеличении коэффициента относительной частоты вращения корпуса до рабочего значения $\psi = \psi_p = 0,76\psi_{кр}$ величины площади S_1 , включающей и площадь сечения газового канала, соответственно увеличиваются до значений $2,145 \text{ м}^2$; $2,25 \text{ м}^2$ и $2,345 \text{ м}^2$.

На рисунке 5 приведены графические зависимости изменения $S(\psi)$, построенные с использованием выражения (19) для ШБМ типоразмера $D \times L = 2 \times 10,5 \text{ м}$ при указанных конструктивных, технологических параметрах и различных начальных значениях коэффициента загрузки φ_0 . Характер поведения функции нелинейный, возрастающий. Площади S , занимаемые только шароматериальной загрузкой, без учета площади сечения газового канала, в поперечном сечении корпуса при его статических состояниях, для значений коэффициента заполнения $\varphi_0 = 0,3; 0,35$ и $0,4$ соответственно составляют $0,85 \text{ м}^2$, $0,99 \text{ м}^2$ и $1,13 \text{ м}^2$. При увеличении коэффициента относительной частоты вращения корпуса до рабочего значения $\psi = \psi_p = 0,76\psi_{кр}$ площади поперечного сечения шароматериальной загрузки S возрастают соответственно до значений $0,99 \text{ м}^2$, $1,16 \text{ м}^2$ и $1,33 \text{ м}^2$. Переход состояния корпуса из статического (при $\psi = 0$ и начальных $\varphi_0 = 0,3; 0,35$ и $0,4$) к рабочему ($\psi = \psi_p = 0,76\psi_{кр}$) приводит к увеличению площади поперечного сечения шароматериальной загрузки из состояния $S_{сез}$ до состояния S - соответственно на 17% ; $17,3 \%$ и $16,94 \%$. Это свидетельствует и о соответственном увеличении значений рабочих коэффициентов загрузки $\varphi = \varphi_p$ при $\psi = \psi_p = 0,76\psi_{кр}$. Указанное увеличение S и φ_p характеризует соответственное увеличение промежутков между рядом расположенными мелющими телами в шароматериальной загрузке. Для организации рационального процесса измельчения они должны быть заполнены материалом. Неполное заполнение измельчаемым материалом этих промежутков приведет к увеличению взаимодействий между МТ, их повышенному удельному износу, снижению эффективности процесса помола материала. Увеличение коэффициента загрузки материала в камере помола, в результате перехода состояния корпуса из статического к рабочему, произойдет в $S/S_{сез}$ раз. Тогда коэффи-

циент загрузки материала в камере помола, соответствующий рабочей относительной частоте вращения $\psi = \psi_p$, можно описать выражением:

$$\varphi_{м.р} = \varphi_0 \cdot (1 - \mu) \cdot S / S_{сез}; \quad (20)$$

где μ – коэффициент разрыхления мелющих тел [2].

Выводы.

1. Показано преимущественное применение ШБМ на промышленных предприятиях для реализации процесса измельчения различных материалов, являющегося одним из наиболее энергозатратных основных технологических процессов. В качестве одного из параметров, позволяющих повысить эффективность процесса измельчения, отмечено рациональное количественное соотношение МТ и размалываемого материала. В результате анализа существующих подходов к определению количества подаваемого в корпус мельницы материала показана целесообразность разработки математического описания, позволяющего определить изменение площади промежутков между МТ в сечении, перпендикулярном продольной оси корпуса при изменении частоты его вращения.

2. Получено математическое описание, позволяющие определить площадь $S_{сез}$ шароматериальной загрузки в сечении камеры помола при не вращающемся корпусе и площадь S шароматериальной загрузки, за вычетом площади газового канала, в сечении камеры помола при различной частоте вращения корпуса.

3. С использованием полученного математического описания выполнены исследования изменения в поперечном сечении камеры помола площади S_1 , занимаемой шароматериальной загрузкой и газовым каналом, а также площади S шароматериальной загрузки, за вычетом площади газового канала, при переходе корпуса из статического состояния в рабочее. Определены закономерности их изменения. Для ШБМ типоразмера $D \times L = 2 \times 10,5 \text{ м}$ при различных значениях коэффициента заполнения мелющих тел φ_0 установлено, что переход состояния корпуса из статического (при $\psi = 0$) к рабочему ($\psi = \psi_p = 0,76\psi_{кр}$) приводит к увеличению площади поперечного сечения шароматериальной загрузки на величину, близкую к 17% . Предложено выражение для определения коэффициента загрузки материала в камере помола, соответствующего его относительной частоте вращения $\psi = \psi_p$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сиваченко Л.А. Пружинные технологические аппараты: монография. Могилев: Белорусско-Российский университет. 2022. 478 с.

2. Богданов В.С. Процессы в производстве строительных материалов. Старый Оскол: ТНТ. 2019. 435 с.
3. Юдин К.А., Романенко В.С. Расчет мощности привода горизонтальной валковой мельницы с внутренним сепаратором // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. № 12. С. 389–394. DOI: 10.24412/2071-6168-2021-12-390-395.
4. Анциферов С.И., Сычев Е.А., Карачевцева А.А., Обернихин А.А. Усовершенствованная конструкция струйной противоточной мельницы для горнорудной промышленности // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2022. № 12-2. С. 17–33. DOI: 10.25018/0236-1493-2022-122-0-17.
5. Вердиян М.А., Богданов В.С., Тынников И.М. Расчеты критерия конкурентоспособности цементных заводов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №4. С. 119–123.
6. Khanin S.I., Zybin R.V., Ryabukhin V.V. Mordovskaja O.S., Khanzarov A.S. Stress State of Internal Classifying Modules in a Pipe Ball Mill Prior to Maintenance // Russ. Engin. Res. 2022. Vol. 42, Pp. 517–519. DOI: 10.3103/S1068798X22050148.
7. Latyshev S.S., Voronov V.V., Bogdanov V.S., Fadin Y.M., Bazhanova O.I., Maslovskaya A.N. Mathematical modeling of loads movement in lifter of intramill recirculation device inside tubular mill // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Pp. 022046. DOI: 10.1088/1757-899X/327/2/022046.
8. Богданов В.С., Анциферов С.И., Сычев Е.А., Богданов Н.Э. Расчет предельного коэффициента загрузки шаровой барабанной мельницы с поперечно-продольным движением мелющих тел // СТИН. 2022. №12. С. 25–28.
9. Богданов В.С. Теоретические основы расчета усовершенствованных конструкций шаровых барабанных мельниц: монография // Старый Оскол: ТНТ. 2023. 360 с.
10. Khanin S.I., Solodovnikov D.N., Lebach A.V. Determining the loads acting onto a cylindrical classifier of a globe mill // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 560. No. 1. Pp. 012066. DOI: 10.1088/1757-899X/560/1/012066.
11. Bogdanov V.S., Fadin Y.M., Lozovaya S.Y., Latyshev S.S., Bogdanov N.E., Vasilenko O.S. Ball mill power calculation with inclined partition // International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. Vol. 8. No 3. Pp. 19031–19041.
12. Bogdanov V.S., Dontsova Yu.A., Bogdanov N.E., Fadin Yu.M., Vöth S. Mechanics of crushing medium in ball mills with longitudinal-transverse motion of grinding bodies // ZKG International. 2019. No 6. Pp. 38–44.
13. Богданов В.С., Анциферов С.И., Богданов Д.В., Бажанова О.И., Сычев Е.А. Моделирование аспирационных режимов шаровых барабанных мельниц // Цемент и его применение. 2022. №4. С. 48–51.
14. Богданов В.С., Анциферов С.И., Богданов Д.В., Сычев Е.А. Влияние поперечного профиля футеровки шаровых барабанных мельниц на режим и энергетические параметры работы загрузки // Цемент и его применение. 2022. №2. С. 40–43.
15. Fadin Y.M., Latyshev S.S., Khakhalev P.A., Khakhaleva T.A. Study of the strength characteristics of the support frame of horizontal roller mill IN NX CAE Digital Technologies in Construction Engineering // Lecture Notes in Civil Engineering. 2022. Pp. 191–199. DOI: 10.1007/978-3-030-81289-8.
16. Дамбра-Очир, И.Д., Кимьяев И.Т., Улитенко К.Я. Принципы построения АСУ ТП измельчения на базе виброакустического анализатора загрузки мельницы ВАЗМ-1 // Цветные металлы. 2003. №10. С. 104–111.
17. Duda W.H. Cement data book. Wiesbaden, Berlin: Bauverlag. Wiesbaden, 1985. 464 p.
18. Рекомендации по методам технологической наладки, испытанию помольных агрегатов в цементной промышленности. Всесоюзное государственное специализированное бюро по проведению пуско-наладочных и проектно-конструкторских работ в цементной промышленности. Л.: ОРГПРОЕКТЦЕМЕНТ. 1990. 155 с.
19. Науменко Ю.В. Основи теорії режимів роботи барабаних млинів: монографія // Рівне.: СПД Зелент О. І. 2009. 282 с.
20. Шувалов С.И., Михеев П.Г. Распределение мелющих шаров и размалываемого материала в поперечном сечении вращающегося барабана мельницы // Вестник ИГЭУ. 2009. №2. 2009. С. 26–32.

Информация об авторах

Ханзаров Алексей Станиславович, старший преподаватель кафедры электроэнергетики и автоматики. E-mail: hanzarov@bk.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Ханин Сергей Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры механического оборудования. E-mail: sergiykhaniin@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Воронов Виталий Павлович, кандидат физико-математических наук, профессор кафедры механического оборудования. E-mail: v.p.voronov2018@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Мордовская Ольга Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных технологий. E-mail: unique.ox@gmail.com. Белгородский государственный национальный исследовательский университет. Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85.

Чалов Владимир Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры механического оборудования. E-mail: chalov-v@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 02.08.2023 г.

© Ханзаров А.С., Ханин С.И., Воронов В.П., Мордовская О.С., Чалов В.А., 2023

^{1,*}Khanzarov A.S., ¹Khanin S.I., ¹Voronov V.P., ²Mordovskaya O.S., ¹Chalov V.A.

¹Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

²National Research University "Belgorod State University"

*E-mail: hanzarov@bk.ru

DETERMINATION OF MATERIAL LOADING COEFFICIENT IN THE GRINDING CHAMBER OF A BALL DRUM MILL

Abstract. The predominant application of ball drum mills in industrial enterprises for the comminution process of various materials, which is one of the most energy-intensive basic technological processes, is demonstrated in this scientific article. As one of the parameters that can enhance the efficiency of the comminution process, the rational quantitative ratio of grinding bodies to the material being ground is noted. To calculate the material loading coefficient in the grinding chamber, the feasibility of developing a mathematical description is shown. This allows to determine the change in the area of gaps between grinding bodies in a cross-sectional plane perpendicular to the longitudinal axis of the mill's body, as the rotational frequency changes. A mathematical description is obtained to determine the area of the ball-material load in the cross-sectional plane of the grinding chamber during the static state of the mill's body and at different rotational frequencies. Using this mathematical description, research on the change in the area occupied by the ball-material load in the transverse section of the grinding chamber during the transition of the mill's body from the static state to the operating state is conducted. Regularities of its changes for an industrial-sized mill are determined. At different values of the filling coefficient of grinding bodies, it is established that the transition of the mill's body from static to operating state leads to an increase in the area of the transverse section of the ball-material load by an amount close to 17 %. An expression is proposed to determine the material loading coefficient in the grinding chamber corresponding to its operating rotational frequency.

Keywords: grinding chamber, cross-sectional area of the mill corpus, material, grinding bodies, loading coefficient.

REFERENCES

1. Sivachenko L.A. Spring technological devices [Pruzhinnye tekhnologicheskie apparaty]: monograph. Mogilev: Belarusian-Russian University. 2022. 478 p.
2. Bogdanov V.S. Processes in the production of building materials [Processy v proizvodstve stroitel'nyh materialov]. Staryj Oskol: TNT. 2019. 435 p. (rus)
3. Yudin K.A., Romanenko V. S. Calculation of the drive power of a horizontal roller mill with an internal separator [Raschet moshchnosti privoda gorizonta'noj valkovej mel'nicy s vnutrennim separatorom]. News of the Tula State University. Technical science. 2021. No. 12. Pp. 389–394. DOI: 10.24412/2071-6168-2021-12-390-395. (rus)
4. Antsiferov S.I., Sychev E.A., Karachevtseva A.A., Obernikhin A.A. Advanced design of the countercurrent jet mill for the mining industry [Usovershenstvovannaya konstrukciya strujnoj protivotochnoj mel'nicy dlya gornorudnoj promyshlennosti]. Mining information and analytical bulletin. 2022. No. 12–2. Pp. 17–33. DOI: 10.25018/0236-1493-2022-122-0-17. (rus)
5. Verdiyana, M.A., Bogdanov V.S., Tynnikov I.M. Calculations of the criterion of competitiveness of cement plants [Raschety kriteriya konkurentosposobnosti cementnyh zavodov]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2018. No. 4. Pp. 119–123. (rus)
6. Khanin S.I., Zybin R.V., Ryabukhin V.V. Mordovskaja O.S., Khanzarov A.S. Stress State of Internal Classifying Modules in a Pipe Ball Mill Prior to Maintenance. Russ. Engin. Res. 2022.

Vol. 42, Pp. 517–519.
DOI: 10.3103/S1068798X22050148.

7. Latyshev S.S., Voronov V.V., Bogdanov V.S., Fadin Y.M., Bazhanova O.I., Maslovskaya A.N. Mathematical modeling of loads movement in lifter of intramill recirculation device inside tubular mill. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Pp. 022046.
DOI: 10.1088/1757-899X/327/2/022046.

8. Bogdanov V.S., Antsiferov S.I., Sychev E.A., Bogdanov N.E. Calculation of the limiting load factor of a ball drum mill with a transverse-longitudinal movement of grinding bodies [Raschet predel'nogo koefficienta zagruzki sharovoy barabannoy mel'nicy s poperechno-prodol'nym dvizheniem melyushchih tel]. STIN. 2022. No. 12. Pp. 25–28. (rus)

9. Bogdanov V.S. Theoretical foundations for calculating improved designs of ball drum mills [Teoreticheskie osnovy rascheta usovershenstvovannykh konstrukcij sharovykh barabannykh mel'nic]: monograph. Staryj Oskol: TNT. 2023. 360 p. (rus)

10. Khanin S.I., Solodovnikov D.N., Lebak A.V. Determining the loads acting onto a cylindrical classifier of a globe mill. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 560. No. 1. 012066. DOI: 10.1088/1757-899X/560/1/012066.

11. Bogdanov V.S., Fadin Y.M., Lozovaya S.Y., Latyshev S.S., Bogdanov N.E., Vasilenko O.S. Ball mill power calculation with inclined partition. International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. Vol. 8. No 3. Pp. 19031–19041.

12. Bogdanov V.S., Dontsova Yu.A., Bogdanov N.E., Fadin Yu.M., Vöth S. Mechanics of crushing medium in ball mills with longitudinal-transverse motion of grinding bodies. ZKG International. 2019. No 6. Pp. 38–44.

13. Bogdanov V.S., Anciferov S.I., Bogdanov D.V., Bazhanova O.I., Sychev E.A. Simulation of aspiration modes of ball drum mills [Modelirovanie aspiracionnykh rezhimov sharovykh barabannykh mel'nic]. Cement and its application. No. 4. Pp. 48–51. (rus)

14. Bogdanov V.S., Anciferov S.I., Bogdanov D.V., Sychev E.A. Influence of the cross profile of the lining of ball drum mills on the mode and energy parameters of the load [Vliyanie poperechnogo profilya futerovki sharovykh barabannykh mel'nic na rezhim i energeticheskie parametry raboty zagruzki]. Cement and its application. 2022. No. 2. Pp.40–43. (rus)

15. Fadin Y.M., Latyshev S.S., Khakhalev P.A., Khakhaleva T.A. Study of the strength characteristics of the support frame of horizontal roller mill IN NX CAE Digital Technologies in Construction Engineering. Lecture Notes in Civil Engineering. 2022. Pp. 191–199. DOI: 10.1007/978-3-030-81289-8.

16. Dambra-Ochir, I.D., Kimyaev I.T., Ulitenko K.Ya. Principles of construction of automatic process control system for grinding based on vibroacoustic analyzer of mill loading VAZM-1 [Principy postroeniya ASU TP izmel'cheniya na baze vibroakkusticheskogo analizatora zagruzki mel'nicy VAZM-1]. Non-ferrous metals. 2003. No. 10. Pp. 104–111. (rus)

17. Duda W.H. Cement data book / Wiesbaden, Berlin: Bauverlag. Wiesbaden, 1985. 464 p.

18. Recommendations on the methods of technological adjustment, testing of grinding units in the cement industry [Rekomendacii po metodam tekhnologicheskoy naladki, ispytaniyu pomol'nykh agregatov v cementnoj promyshlennosti]. All-Union State Specialized Bureau for Commissioning and Design Works in the Cement Industry. L.: ORGPROEKTSEMENT, 1990. 155 p. (rus)

19. Naumenko Yu.V. Fundamentals of the theory of modes in robotic drumming: monograph. Rivne : SPD Zelent O. I., 2009. 282 p.

20. Shuvalov S.I., Mikheyev P.G., Distribution of balls and crushed material in cross-section of mill rotating drum [Raspredelenie melyushchih sharov i razmalyvaemogo materiala v poperechnom sechenii vrashchayushchegosya barabana mel'nicy]. Vestnik IGEU. 2009. No. 2. 2009. Pp. 26–32. (rus)

Information about the authors

Khanzarov, Aleksey S. Senior lecturer. E-mail: hanzarov@bk.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Khanin, Sergei I. DSc, Professor. E-mail: sergiykhanin@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Voronov, Vitaly P. Ph.D., Professor. E-mail: v.p.voronov2018@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Mordovskaya, Olga S. PhD, Associate Professor of the Department of Applied Informatics and Information Technologies. E-mail: unique.ox@gmail.com. Belgorod State National Research University. Russia, 308015, Belgorod, st. Victory, 85.

Chalov, Vladimir A. Postgraduate student. E-mail: nikolaykikin@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 02.08.2023

Для цитирования:

Ханзаров А.С., Ханин С.И., Воронов В.П., Мордовская О.С., Чалов В.А. Определение коэффициента загрузки материала в камере помола шаровой барабанной мельницы // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 9. С. 103–112. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-103-112

For citation:

Khanzarov A.S., Khanin S.I., Voronov V.P., Mordovskaya O.S., Chalov V.A. Determination of material loading coefficient in the grinding chamber of a ball drum mill. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 9. Pp. 103–112. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-103-112