

Научно-теоретический журнал
ВЕСТНИК

БГТУ им. В.Г. Шухова

ISSN 2071-7318

8

2021

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

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

№ 8, 2021 год

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

Vol. 8. 2021

Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова

научно-теоретический журнал

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

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

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

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

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

Наименование органа, зарегистрировавшего издание:	Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций Регистрационный номер и дата принятия решения о регистрации: ПИ № ФС77-80909 от 21 апреля 2021 г.
Учредитель/Издатель:	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» (БГТУ им. В.Г. Шухова) Россия, 308012, Белгородская обл., г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46
Адрес редакции:	Россия, 308012, Белгородская обл., г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46, БГТУ им. В.Г. Шухова, оф. 724/4 Гк
Адрес типографии:	Россия, 308012, Белгородская обл., г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46, Издательский центр БГТУ им. В.Г. Шухова
Тел:	+7 (4722) 30-99-77
E-mail:	VESTNIK@intbel.ru
Официальный сайт журнала:	https://bulletinbstu.editorum.ru
Подписка и распространение	Журнал распространяется бесплатно в открытом доступе и по подписке. Подписной индекс в Объединенном каталоге «Пресса России» – 44446. (+12) Online подписка: http://www.akc.ru/itm/2558104627/ Цена свободная.
Подписан в печать	12.08.2021
Выход в свет	30.08.2021

Формат 60×84/8. Усл. печ. л. 11,63. Уч.-изд. л. 12,5. Тираж 40 экз. Заказ № 82

Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov

scientific and theoretical journal

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

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

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

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

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

Founder / Publisher:	Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov” (BSTU named after V.G. Shukhov) 46 Kostyukova street, Belgorod, 308012, Russian Federation
Editorial office address:	46 Kostyukova street, Belgorod, 308012, Russian Federation BSTU named after V.G. Shukhov, of. 724/4
Printing house address:	46 Kostyukova street, Belgorod, 308012, Russian Federation Publishing Center, BSTU named after V.G. Shukhov
Tel:	+7 (4722) 30-99-77
E-mail:	VESTNIK@intbel.ru
Official website of the journal	https://bulletinbstu.editorum.ru
Подписка и распространение	Subscription index in the united catalogue of "Press of Russia" – 44446. Online subscription: http://www.akc.ru/itm/2558104627/
Signed for printing:	28.04.2021

Главный редактор

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

Заместитель главного редактора

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

Члены редакционной коллегии

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ильницкая 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).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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).

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

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

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

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

CHIEF EDITOR

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

DEPUTY OF CHIEF EDITOR

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

MEMBER OF EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Наволокина С.Н., Ядыкина В.В., Гридчин А.М.

ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНЫЙ АСФАЛЬТОБЕТОН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
БИТУМА, МОДИФИЦИРОВАННОГО СЭВИЛЕНОМ 8

Загороднюк Л.Х., Рыжих В.Д., Махортов Д.С., Синебок Д.А.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ
ГРАНУЛИРОВАННЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ НА РАЗНЫХ
ВЯЖУЩИХ КОМПОЗИЦИЯХ (ЧАСТЬ 2) 17

Рамазанов Р.С., Суслов Д.Ю., Кущев Л.А., Семенов А.С., Уваров В.А.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ПОДОГРЕВА ГАЗОВОЗДУШНОЙ
СМЕСИ В КОРПУСЕ ГОРЕЛКИ С ТЕПЛОВЫМ РАССЕКATEЛЕМ 26

Зиятдинов Т.З.

МЕГАЛОПОЛИСЫ: ПРИЧИНЫ, МАСШТАБЫ, ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПРОБЛЕМЫ
РАЗВИТИЯ 35

Пекшин Д.Р.

ТРАНСФОРМАЦИЯ СТРУКТУРЫ РАССЕЛЕНИЯ МАКРОРЕГИОНА
«МОСКВА – САНКТ-ПЕТЕРБУРГ» (НА ПРИМЕРЕ НОВГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ) 45

Бредихина А.В.

РЕНОВАЦИЯ ИСТОРИЧЕСКИХ ЛАВОК И МАГАЗИНОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА 56

Банцера О.Л., Касимова А.Р.

АРХИТЕКТУРНЫЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТИПОЛОГИЧЕСКОЙ
СТРУКТУРЫ ЭТНОКУЛЬТУРНЫХ ТУРИСТСКИХ КЛАСТЕРОВ 67

Низамиева Э.Р.

ПОДГОТОВКА РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ К ПРИМЕНЕНИЮ «ЗЕЛЕННЫХ»
СТАНДАРТОВ 77

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Лавров Р.В., Рассеко Д.С.

МОДИФИКАЦИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО СЫРЬЕВОГО МАТЕРИАЛА
НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИДА НАТРИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТЕКЛА 86

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Тимофеев С.П., Гаврилов Д.В., Хургасенко В.А., Воронкова М.Н.

НОВАЯ МОДЕЛЬ СТАНКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ
КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ – ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ 94

CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE	
Navolokina S.N., Yadykina V.V., Gridchin A.M. CRUSHED-MASTIC ASPHALT CONCRETE WITH THE USE OF BITUMEN MODIFIED BY SEVILEN	8
	17
	26
Ziyatdinov T.Z. MEGAREGIONS: CAUSES, SCOPE, CHARACTERISTICS AND CHALLENGES OF DEVELOPMENT	35
	45
Bredikhina A.V. RENOVATION OF HISTORICAL SHOPS AND STORES IN ST. PETERSBURG	56
Bantserova O.L., Kasimova A.R. ARCHITECTURAL ASPECTS OF FORMATION OF THE TYPOLOGICAL STRUCTURE OF ETHNOCULTURAL TOURISM CLUSTERS	67
Nizamieva E.R. TRAINING RUSSIAN SPECIALISTS TO APPLY GREEN STANDARDS	77
CHEMICAL TECHNOLOGY	
	86
MACHINE BUILDING AND ENGINEERING SCIENCE	
	94

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

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

Наволокина С.Н., Ядыкина В.В., Гридчин А.М.Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова***E-mail: navsvetlana685@rambler.ru*

ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНЫЙ АСФАЛЬТОБЕТОН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИТУМА, МОДИФИЦИРОВАННОГО СЭВИЛЕНОМ

Аннотация. В настоящее время из-за интенсивного движения автотранспорта прочностные характеристики асфальтобетона снижаются, возникают шелушения на поверхности дорожного покрытия. Для устройства верхних слоев покрытия на дорогах с высокой интенсивностью движения транспорта специально разработан щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА). Улучшения физико-механических характеристик асфальтобетона и повышения устойчивости к климатическим воздействиям можно добиться, используя полимерасфальтобетон на модифицированном вяжущем. В статье рассмотрены основные аспекты повышения качества щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА) за счет использования вяжущего, модифицированного севиленом (СЭВА). Исследовано влияние битума, содержащего севилен с 22 и 29 % винилацетатных групп (ВА), на свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона. Анализ результатов показал, что применение модифицированных вяжущих положительно сказывается на всем комплексе физико-механических показателей полимерасфальтобетона. Установлено повышение прочности образцов при 20 и 50 °С, снижение этого показателя при 0 °С. Улучшаются также показатели водо- и теплоустойчивости, сдвигоустойчивости и трещиностойкости, что должно позитивно отразиться на долговечности дорожного покрытия. Установлены рациональные концентрации добавок полимера и количества винилацетатных групп в его составе. Оценено сцепление вяжущего с минеральной частью асфальтобетонной смеси. Рассмотрен показатель чувствительности к перепадам температур асфальтобетонных образцов в связи с тем, что асфальтобетон является материалом, реагирующим на температурные колебания внешней среды. Анализ результатов проведенных испытаний показал, что применение модифицированных вяжущих положительно сказывается на всем комплексе физико-механических показателей полимерасфальтобетона.

Ключевые слова: щебеночно-мастичный асфальтобетон, севилен, битум, модифицированный битум, физико-механические характеристики.

Введение. Основной причиной разрушения асфальтобетонного покрытия на современных автодорогах является увеличение транспортных нагрузок на покрытие. В результате повышения осевой нагрузки на дорожном полотне наблюдаются явления колейности, волн и сетки трещин, превращающиеся в выбоины [1]. Из-за постоянного климатического воздействия (замораживания зимой и оттаивания летом) снижаются прочностные характеристики асфальтобетона, возникают шелушения на поверхности дорожного покрытия. Для устройства верхних слоев покрытия на дорогах с высокой интенсивностью движения транспорта специально разработан щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА). Данный материал представляет самостоятельную разновидность асфальтобетона, обеспечивающую, в отличие от других типов смесей, одновременно водонепроницаемость, сдвигоустойчивость и шероховатость устраиваемого верхнего слоя покрытия, а также высокий коэффициент сцепления с колесом автомобиля, высокое сопротивление постоянной деформации, наивысшую долговечность, низкий уровень шума.

Асфальтобетон как термопластичный материал обладает сложным комплексом физико-механических и реологических свойств, в наиболее значительной степени зависящих от свойств применяемого вяжущего [2, 3].

Улучшения физико-механических характеристик асфальтобетона и повышения устойчивости к климатическим воздействиям можно добиться, используя полимерасфальтобетон на модифицированном вяжущем [1–3].

Из работ российских и зарубежных авторов [4–14] широко известно положительное влияние сэвилена на свойства битума и асфальтобетона. Однако до настоящего времени не установлено оптимальное содержание ни сэвилена, ни количества винилацетатных групп в нем. Известно [15], что соединения этилена с винилацетатом обеспечивают более низкую вязкость модифицированных битумов при технологических температурах укладки и уплотнения асфальтобетонных смесей по сравнению с добавкой СБС. Это позволяет уменьшить возможную термическую сегрегацию асфальтобетона и улучшить качество уплотнения

дорожного покрытия. Данное явление достигается за счет наличия в этиленвинилацетате полярных молекул, активно взаимодействующих с компонентами битума (асфальтенами, парафиновыми и ароматическими соединениями) и минеральными материалами в асфальтобетоне.

Материалы и методы. С целью изучения влияния сэвилена на свойства асфальтобетонных смесей были приготовлены щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси на основе модифицированных севиленом битумов. В качестве исходного битума при приготовлении модифицированных вяжущих был использован БНД 70/100 Московского НПЗ.

В исследованиях использованы составы ПБВ с сэвиленом, содержащим 22 и 29 % винилацетата, так как состав с 22 % оказал наилучшее влияние на свойства вяжущего [16], а состав с 29 % незначительно уступает ему по показателям. Содержание сэвилена в вяжущем составляло 3, 5, 7 и 10 %.

Были проведены испытания щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей на показатель водонасыщения, прочностные характеристики и коэффициент водостойкости по ГОСТ 12801-98. Водонасыщение асфальтобетонных образцов было определено с помощью вакуумной установки в течение заданного времени. Прочностные показатели асфальтобетонных смесей, сдвигоустойчивость и трещиностойкость определялись путем термостатирования их в течение 1 ч в воде при заданной температуре, а затем испытания на прессе ДТС-06-50/100.

Основная часть. В работе было изучено изменение физико-механических свойств щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей при введении сэвилена в битум. Анализ результатов проведенных испытаний показал, что применение модифицированных вяжущих положительно сказывается на всем комплексе физико-механических показателей полимерасфальтобетона (рис. 1).

Асфальтобетоны на полимерно-битумном вяжущем с добавкой обладают в сравнении с асфальтобетоном на немодифицированном битуме более высокими показателями прочности при сжатии при 20 и 50 °С и более низкими прочностями при 0 °С.

Причем лучшие показатели достигнуты у образцов с 22 % винилацетата. Так прочность при 20 °С у образцов ЦМА с 22 % винилацетата в сэвилене достигает максимума у составов с 5 и 7 % добавки, увеличившись на 11,1 и 8,9 %. Прочность при 50 °С максимально возросла у составов с 5 и 7 % сэвилена – на 42,8 и 35,7 %, соответственно. Прочности образцов с 29 % винилацетата оказались незначительно ниже прочностных

характеристик образцов с 22 % винилацетата. Прочность при 0 °С у данных составов снизилась на 11,8 и 13,7, соответственно. Максимального снижения на 16,7 % данный показатель достиг при 10 % сэвилена с 29 % винилацетата. Улучшение прочностных характеристик свидетельствует о положительном влиянии модификатора, способного придавать вяжущему в асфальтобетоне устойчивость в области низких и высоких температур.

Из рисунка 1 видно, что водонасыщение образцов асфальтобетона на модифицированном битуме значительно снижается при увеличении концентрации сэвилена, следовательно, этот композит содержит большее количество закрытых пор, что в дальнейшем будет способствовать более высокой морозостойкости дорожного покрытия. Причем, водонасыщение образцов при использовании сэвилена, содержащего 22 % винилацетата, снижается более интенсивно. При концентрациях 3,5 и 7 % уменьшение показателя составляет 14,6; 18,7 и 20,2 %.

Коэффициент водостойкости ЦМА при модификации вяжущего значительно повышается по сравнению с асфальтобетоном на исходном битуме, что свидетельствует о высокой устойчивости пленок вяжущего на поверхности минерального материала в составе асфальтобетона к отслаиванию при воздействии агрессивной среды и препятствует проникновению воды в поры материала. Установлено, что у образцов с 29 % винилацетата коэффициент водостойкости ниже, чем у образцов с 22 % винилацетата. Данное явление свидетельствует о более сильном сцеплении вяжущего, содержащего сэвилена с 22 % винилацетата, с минеральной частью. При введении 3 % сэвилена показатель возрастает на 11,4 и 6,3 % при 22 и 29 % винилацетата, при 5 % – 13,9 и 8,9 %, при 7 % – на 16,5 и 12,6 %, соответственно. Увеличение водостойкости в условиях Центрально-черноземного региона имеет большое значение, так как в осенне-зимний и весенний периоды наблюдаются многократные колебания положительных и отрицательных температур при интенсивном выпадении осадков. Увеличение коэффициента водостойкости и предела прочности при сжатии полимерасфальтобетонных смесей может указывать на то, что покрытие или ремонтируемый участок из этого материала может обладать большей долговечностью.

Известно, что определяющее влияние на водостойкость асфальтобетона оказывает сцепление вяжущего с поверхностью каменных материалов. В работах [17, 18] установлено, что использование сэвилена улучшает адгезионные свой-

ства битума. Помимо этого, авторы [19] отмечают, что с увеличением содержания винилацетата в севилене, он приобретает хорошую адгезию ко многим материалам, легко совмещается с различными полимерами, каучуками, твердыми

парафинами, пластификаторами; уменьшается также разрушающее напряжение при растяжении, увеличивается относительное удлинение при разрыве.

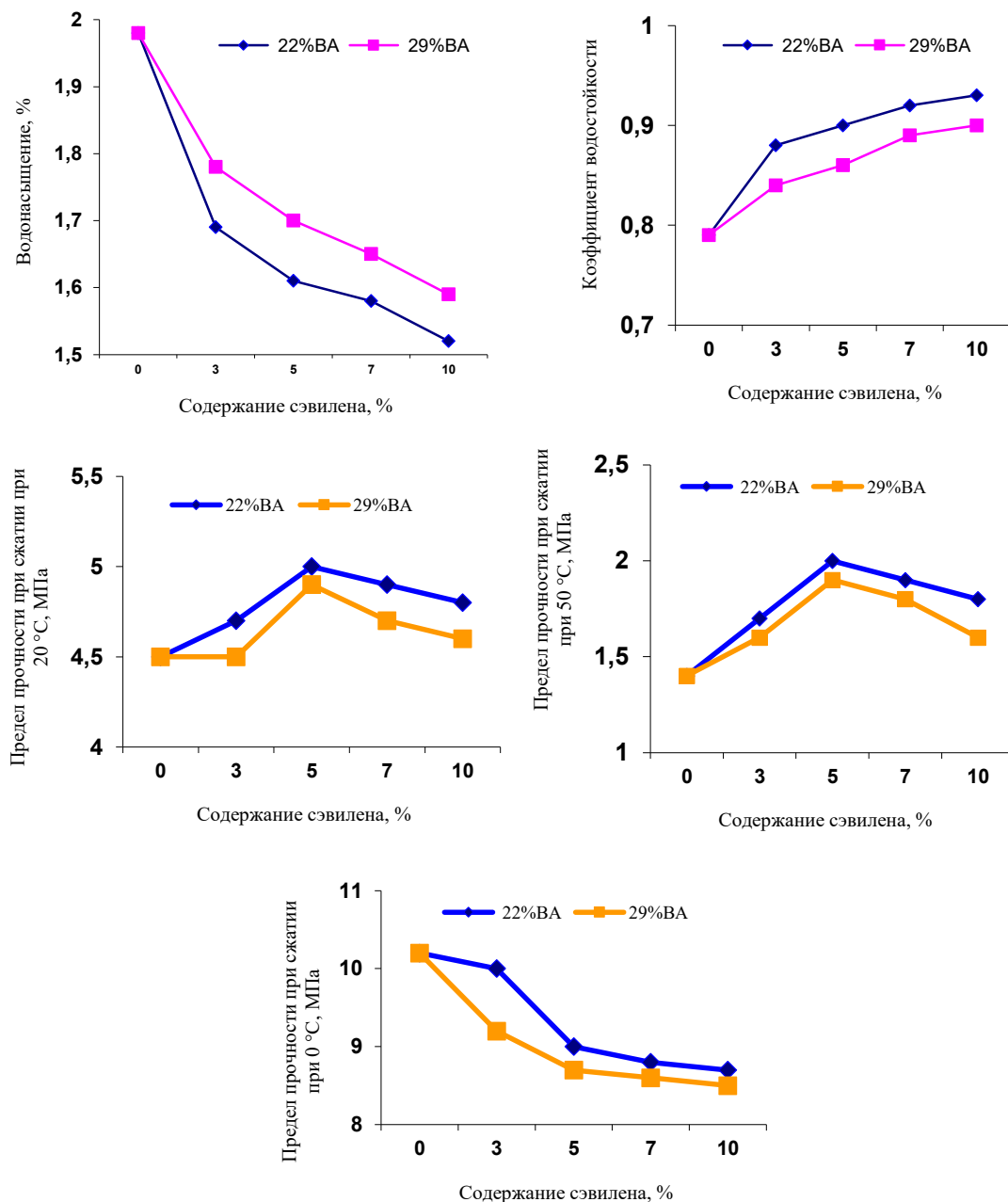


Рис. 1. Влияние стирена на: а) водонасыщение; б) водостойкость; в) прочность при сжатии при 20 °С; г) прочность при сжатии при 50 °С; д) прочность при сжатии при 0 °С

Известно, что большую роль в образовании адгезионных связей на различных поверхностях раздела оказывают межмолекулярные кислотно-основные взаимодействия [20–22]. В том числе известна роль этих взаимодействий в строительном материаловедении при образовании адгезионных связей между вяжущими и заполнителями (наполнителями) [23].

В работе [20] установлено, что поверхность СЭВА имеет преимущественно основной характер, поскольку в состав полимера входит карбоксильная группа, обладающая основными свойствами вследствие большей электроотрицательности атома кислорода по сравнению с углеродом. Это должно положительно отразиться на взаимодействии органического вяжущего, модифицированного севиленом, с заполнителями из

кислых пород в отличие от традиционного ПБВ на СБС.

Сцепление вяжущего с минеральной частью оценивали визуально по величине поверхности гранитного щебня, сохранившей пленку вяжущего после кипячения в воде в течение 30 минут

(рис. 2). Для эксперимента использовался битум без добавки, ПБВ-60 промышленного производства и битум, модифицированный 5 и 7 % севилена с количеством винилацетатных групп 14, 22 и 29 %.



Рис. 2. Влияние севилена с различным содержанием винилацетата на адгезию битума к гранитному щебню

Можно отметить, что на зернах щебня с немодифицированным битумом и промышленным полимерно-битумным вяжущим пленка битума отслоилась, нарушена сплошность покрытия материала вяжущим, тогда как севилена оказал положительное влияние на сцепление. Учитывая, что смесь считается выдержавшей испытание, если после кипячения не менее 3/4 поверхности остается покрытой пленкой вяжущего, можно констатировать, что образцы битума и полимерно-битумного вяжущего не выдержали испытание. Образцы с севиленом показали значительное увеличение сцепления, что является основной причиной повышения таких характеристик ШМА, как прочность при 20 и 50 °С, водостойкость. Визуально образцы щебня, обработанного вяжущим с содержанием различных концентраций севилена и винилацетата в его составе, мало

отличаются. Но на физико-механические характеристики асфальтобетона влияет не только сцепление битума с минеральными материалами, но и свойства вяжущего.

Так, прочность ЦМА при 20 и 50 °С на битуме, модифицированном севиленом, содержащим 22 % ВА, выше, чем содержащим 29 %, в то время как большее положительное влияние на прочность при 0 °С оказал полимер с 29 % винилацетатных групп. Это можно объяснить изменением строения макромолекул СЭВА при увеличении количества винилацетатных групп в его составе и связанным с этим снижением вязкости и повышением эластичности вяжущего [19].

Асфальтобетон является материалом, реагирующим на температурные колебания внешней среды. Это связано с тем, что битум, входящий в

его состав подвержен температурным изменениям и окислению, что обусловлено природой асфальтенов, мальтенов и углеводов, входящих в его состав [24]. В связи с этим актуальным является рассмотрение показателя чувствительности к перепадам температур. Коэффициент теплостойкости определялся как отношение прочности асфальтобетона на сжатие при 50 °С к этому же показателю при 20 °С. Следует отметить, что лучшие результаты получены при 22 %-

ном содержании винилацетатных групп. Данный показатель увеличился на 29,0 % для полимерасфальтобетона с 5 % сэвилена. Чувствительность к перепадам температур определялась как отношение прочности на сжатие при 50 °С к данному показателю при 0 °С. Для составов, содержащих 22 % СЭВА, исследуемый показатель увеличился почти вдвое, что позволяет прогнозировать повышенную тепло- и трещиностойкость таких полимерасфальтобетонов.

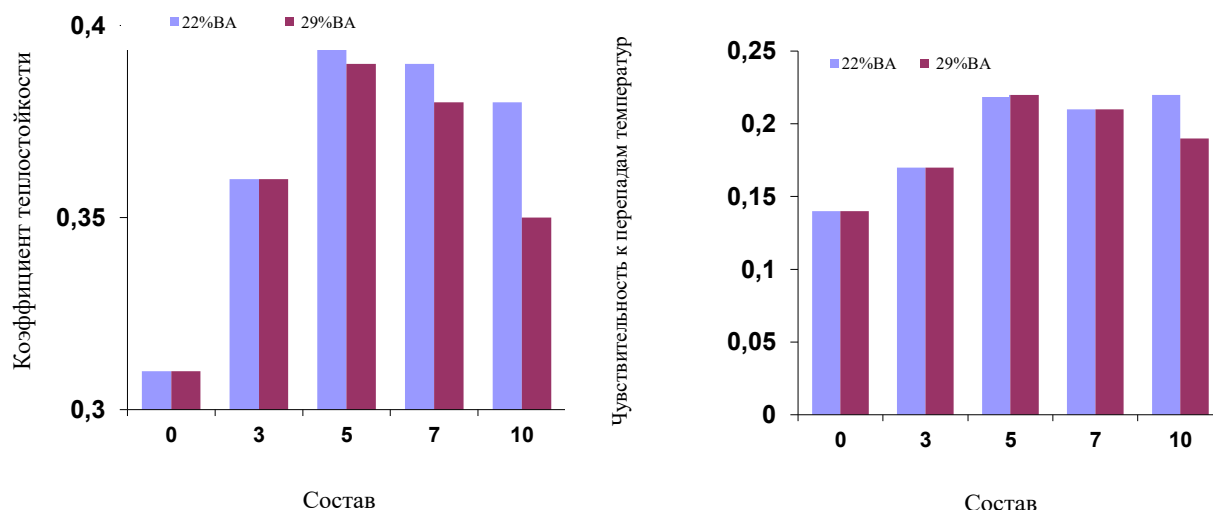


Рис. 3. Влияние модификаторов на:

а) коэффициент теплостойкости; б) чувствительность к перепадам температур

Сдвигуустойчивость и трещиностойкость во многом определяют долговечность асфальтобетонного покрытия. Пропорционально повышению сдвигуустойчивости происходит увеличение

коэффициента теплостойкости и чувствительности к перепадам температур.

У полимермодифицированных образцов асфальтобетона значительно повышается сдвигуустойчивость и трещиностойкость (табл. 1).

Таблица 1

Влияние модификаторов на сдвигуустойчивость и трещиностойкость

Наименование показателей	Требования по ГОСТ 9128-2013 к III/IV ДКЗ	Содержание сэвилена, %									
		0	22					29			
		Содержание винилацетата, %									
		0	3	5	7	10	3	5	7	10	
Сдвигоустойчивость: -коэффициент внутрен- него трения - сцепление при сдвиге при 50 °С, МПа	Не менее 0,81/0,83	0,90	0,94	0,95	0,96	0,97	0,92	0,94	0,94	0,95	
	Не менее 0,30/0,31	0,38	0,46	0,50	0,44	0,43	0,40	0,43	0,42	0,41	
Трещиностойкость – предел прочности на растяжение при расколе при 0 °С, МПа	2,8–6,0/3,2–6,5	3,0	3,4	3,6	3,6	3,7	3,3	3,4	3,4	3,3	

При введении 5 % добавки с 22 % винилацетата в битум показатель сцепления асфальтобетона при сдвиге повысился на 31,6 %, а трещиностойкость – на 5,6 %. При 3 и 5 % добавки наблюдается рост показателя сдвигуустойчивости, а затем происходит его плавное снижение. Коэффициент

внутреннего трения у образцов с 29 % винилацетата немного ниже, чем у образцов с 22 % добавки. Модифицированный битум, имея большую температуру размягчения, способствует повышению стойкости вяжущего в составе асфальтобетона к перепаду температур. Повышение

трещиностойкости и снижение предела прочности при сжатии при 0 °С свидетельствует об устойчивости асфальтобетонного покрытия перепадам температур, а также уменьшению вероятности образования трещин на дорожном покрытии.

Выводы.

1. Установлено значительное повышение прочности образцов ЦМА при 20 и 50 °С, а также водо- и теплостойкости, что связано с увеличением адсорбционной способности модифицированного битума по отношению к минеральным материалам из кислых пород. Это обусловлено наличием в составе полимера карбонильной группы, обладающей основными свойствами. Показано, что наибольшее положительное влияние на указанные характеристики оказывает севилен, содержащий 22 % винилацетата.

2. Введение добавки снижает прочность ЦМА при 0 °С, особенно при содержании 29 % винилацетата в составе полимера. Это объясняется снижением вязкости и повышением эластичности вяжущего при увеличении количества винилацетатных групп в его составе, что связано с изменением строения макромолекул СЭВА.

3. Показано, что у образцов асфальтобетона на полимермодифицированных битумах значительно повышается сдвигоустойчивость и трещиностойкость, что должно положительно отразиться на долговечности ЦМА.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Калгин Ю.И. Экономическая целесообразность применения модифицированных битумов при устройстве верхних слоев асфальтобетонных покрытий // Дороги России XXI века. 2002. № 3. С. 69–71.
2. Калгин Ю.И. Дорожные битумо-минеральные материалы на основе модифицированных битумов. Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та. 2006. 272 с.
3. Строкин А. С. Повышение сдвигоустойчивости дорожных покрытий путем применения асфальтобетона каркасной структуры на основе модифицированных битумов // Строительство и архитектура. 2008. №2. С.134–139.
4. Бусел А.В. Добавки этилен-винил-ацетата для модифицирования дорожных битумов // Наука и техника в дорожной отрасли. 1999. №2. С. 12–14.
5. Sengoz B, Topal A, Isikyakar G. Morphology and image analysis of polymer modified bitumens // Construction and Building Materials. 2009. № 23(5). 1986–1992.
6. Yuliestyan A., Cuadri A.A., Garcia-Morales M., Partal P. Influence of polymer melting point and Melt Flow Index on the performance of ethylene-vinyl-acetate modified bitumen for reduced-temperature application // Materials and Design. 2016. № 96. Pp. 180–188.
7. Ming Liang, Shisong Ren, Weiyu Fan, Xue Xin, Jingtao Shi, Hui Luo. Rheological property and stability of polymer modified asphalt: effect of various vinyl-acetate structures in EVA copolymers // Construction and Building Materials. 2017. № 137. Pp. 367–380.
8. Ya Liu, Jing Zhang, Ru Chen, Jun Cai, Zhonghua Xi, hongfeng Xie. Ethylene vinyl acetate copolymer modified epoxy asphalt binders: phase separation evolution and mechanical properties // Construction and Building Materials. 2017. № 137. Pp. 55–65.
9. Bhupendra Singh, Praveen Kumar. Effect of polymer modification on the ageing properties of asphalt binders: chemical and morphological investigation // Construction and Building Materials. 2019. № 205. Pp. 633–641.
10. Gordon D. Airey. Rheological evaluation of ethylene vinyl acetate polymer modified bitumens // Construction and Building Materials. 2002. № 16. Pp. 473–487.
11. Burak Sendoz, Giray Isikyakar. Evaluation of the properties and microstructure of SBS and EVA polymer modified bitumen // Construction and Building Materials. 2008. № 22. Pp. 1897–1905.
12. Петров С.М. Модификаторы полифункционального действия для получения окисленных дорожных битумов с улучшенными свойствами: автореф. дис. канд. техн. наук. Казань. 2009. 20 с.
13. Галимов Л.Р., Кочнев А.М., Архиреев В.П., Галибеев С.С. Изучение модификации поливинилхлорида винилацетатными полимерами // Вестник Казанского технологического университета. 2009. №1. С. 36–40.
14. Опанасенко О.Н. Регулирование межфазных взаимодействий в нефтяных дисперсиях поверхностно-активными веществами и полимерами: автореф. дис. д-р хим. наук. Минск. 2017. 48 с.
15. Галдина В.Д. Модифицированные битумы: учеб. пособие. Омск: СибАДИ, 2009. 228 с.
16. Yadykina V.V., Navolokina S.N., Gridchin A.M. The dependence of the modified bitumen properties on the amount of vinyl acetate in the sevilene composition // Materials Science Forum. 2019. Pp. 175–180.
17. Вольфсон С.И., Хакимуллин Ю.Н., Закирова Л.Ю., Хусаинов А.Д., Вольфсон И.С., Макаров Д.Б., Ходин В.Г. Модификация битумов, как способ повышения их эксплуатационных свойств // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Том 19. №17. С. 29–33.

18. Петров С.М., Кемалов Р.А. Возможности использования низкоокисленных битумов в производстве изоляционных лаковых материалов // В сборнике 11-й Международной конференции «Синтез, исследование свойств, модификация и переработка высокомолекулярных соединений». Казань. 2005. 91 с.

19. Темникова. Н.Е., Русанова С.Н., Стоянов О.В., Чалых А.Е., Герасимов В.К., Хасбиуллин Р.Р. Термохимические исследования этиленовых сополимеров // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. №5. С. 109–113.

20. Старостина И.А., Стоянов О.В. Кислотно-основные взаимодействия и адгезия в металл-полимерных системах: монография. КГТУ. Казань. 2010. 195 с.

21. Старостина И.А., Стоянов О.В., Гарипов Р.М., Загидуллин А.И., Кустовский В.Я., Кольцов Н.И., Кузьмин М.В., Трофимов Д.М., Петров В.Г. Связь приведенного параметра кислотности

с адгезионными свойствами эпоксидных покрытий // Лакокрасочные материалы и их применение. 2007. №5. С. 32–37.

22. Хузаханов Р.М., Старостина И.А., Стоянов О.В., Русанова С.Н. Характер взаимодействия на границе раздела «сополимер этилена с винилацетатом-металл» // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Том 16. № 11. С. 191–194.

23. Ядыкина В.В. Повышение качества асфальто- и цементобетона из техногенного сырья с учетом состояния его поверхности: дис. доктора техн. наук. Белгород, 2004. 455 с.

24. Шеина Т.В., Самохина А.А. Взаимосвязь фракционного состава, надмолекулярной структуры и эксплуатационных показателей дорожных битумов. Ч. II // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. № 3 (20). С. 108–114.

Информация об авторах

Наволокина Светлана Николаевна, аспирант кафедры автомобильных и железных дорог. E-mail: navsvetlana685@rambler.ru. Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова. Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Ядыкина Валентина Васильевна, доктор технических наук, профессор кафедры автомобильных и железных дорог. E-mail: vvya@intbel.ru. Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова. Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Гридчин Анатолий Митрофанович, доктор технических наук, профессор кафедры автомобильных и железных дорог. E-mail: agd@intbel.ru. Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова. Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Поступила 29.04.2021 г.

© Наволокина С.Н., Ядыкина В.В., Гридчин А.М., 2021

***Navolokina S.N., Yadykina V.V., Gridchin A.M.**
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
**E-mail: navsvetlana685@rambler.ru*

CRAWLER-MASTIC ASPHALT CONCRETE WITH THE USE OF BITUMEN MODIFIED BY SEVILEEN

Abstract Heavy traffic reduces the strength characteristics of asphalt concrete, causes peeling on the pavement. Crushed stone-mastic asphalt concrete is designed for the device of the upper layers of the coating on roads with high traffic intensity. The use of polymerasfalt concrete on a modified binder can lead to an improvement in the physical and mechanical characteristics of asphalt concrete and increase its resistance to climatic influences. The main aspects of improving the quality of crushed stone-mastic asphalt concrete (SMA) due to the use of a binder modified with sevilen (SEVA) are discussed. The effect of bitumen containing sevilen with 22 and 29 % vinyl acetate groups on the properties of crushed stone-mastic asphalt concrete has been investigated. Analysis of the results shows that the use of modified binders has a positive effect on the entire complex of physical and mechanical parameters of polymer asphalt concrete. An increase in the strength of the samples at 20 and 50 °C, a decrease in this indicator at 0 °C is established. The indicators of water and heat resistance, shear resistance and crack resistance are also improved, which should have a positive effect on the durability of the road surface. Rational concentrations of polymer additives and the amount of vinyl acetate groups in its composition have been established. The adhesion of the binder to the mineral part of the asphalt concrete mixture is estimated. The index of sensitivity to temperature differences of asphalt concrete samples is considered due to the fact that asphalt concrete is a material that reacts to temperature fluctuations

in the external environment. The analysis of the results of the tests carried out demonstrates that the use of modified binders has a positive effect on the entire complex of physical and mechanical parameters of polymer asphalt concrete.

Keywords: *crushed stone-mastic asphalt concrete, sevilen, bitumen, modified bitumen, physical and mechanical characteristics.*

REFERENCES

1. Kalgin Yu.I. Economic feasibility of using modified bitumen in the construction of the upper layers of asphalt concrete pavements [Ekonomicheskaya celesoobraznost' primeneniya modifitsirovannyh bitumov pri ustrojstve verhnih sloev asfal'tobetonnyh pokrytij]. Roads of Russia XXI century. 2002. No. 3. Pp. 69–71. (rus)
2. Kalgin Yu.I. Road bitumen-mineral materials based on modified bitumen. Voronezh: Voronezh State Publishing House un-ty. 2006. 272 p.
3. Strokin A.S. Increasing the shear stability of road surfaces by using asphalt concrete of the frame structure based on modified bitumen [Povyshenie sdvigoustojchivosti dorozhnyh pokrytij putem primeneniya asfal'tobetona karkasnoj struktury na osnove modifitsirovannyh bitumov]. Building and architecture. 2008. No. 2. Pp. 134–139. (rus)
4. Busel A.V. Additives of ethylene-vinyl-acetate for modifying road bitumen [Dobavki etilen-vinil-acetata dlya modifitsirovaniya dorozhnyh bitumov]. Science and technology in the road industry. 1999. No. 2. Pp. 12–14. (rus)
5. Sengoz B., Topal A., Isikyakar G. Morphology and image analysis of polymer modified bitumens. Constr Build Mater. 2009. No. 23(5). 1986–1992.
6. Yuliestyan A., Cuadri A.A., Garcia-Morales M., Partal P. Influence of polymer melting point and Melt Flow Index on the performance of ethylene-vinyl-acetate modified bitumen for reduced-temperature application. Materials and Design. 2016. No. 96. Pp. 180–188.
7. Ming Liang, Shisong Ren, Weiyu Fan, Xue Xin, Jingtao Shi, Hui Luo. Rheological property and stability of polymer modified asphalt: effect of various vinyl-acetate structures in EVA copolymers. Construction and Building Materials. 2017. No. 137. Pp. 367–380.
8. Ya Liu, Jing Zhang, Ru Chen, Jun Cai, Zhonghua Xi, Hongfeng Xie. Ethylene vinyl acetate copolymer modified epoxy asphalt binders: phase separation evolution and mechanical properties. Construction and Building Materials. 2017. No. 137. Pp. 55–65.
9. Bhupendra Singh, Praveen Kumar. Effect of polymer modification on the ageing properties of asphalt binders: chemical and morphological investigation. Construction and Building Materials. 2019. No. 205. Pp. 633–641.
10. Gordon D.A. Rheological evaluation of ethylene vinyl acetate polymer modified bitumens. Construction and Building Materials. 2002. No. 16. Pp. 473–487.
11. Burak S., Giray I. Evaluation of the properties and microstructure of SBS and EVA polymer modified bitumen. Construction and Building Materials. 2008. No. 22. Pp. 1897–1905.
12. Petrov S.M. Polyfunctional modifiers for obtaining oxidized road bitumen with improved properties [Modifikatory polifunkcional'nogo dejstviya dlya polucheniya oksislennyh dorozhnyh bitumov s uluchshennymi svojstvami]: author. dis. Cand. tech. sciences. Kazan. 2009. 20 p. (rus)
13. Galimov L.R., Kochnev A.M., Arkhireev V.P., Galibeev S.S. Study of modification of polyvinylchloride by vinyl acetate polymers [Izuchenie modifikacii polivinilhlorda vinilacetatnymi polimerami]. Bulletin of Kazan Technological University. 2009. No. 1. Pp. 36–40. (rus)
14. Opanasenko O.N. Regulation of interphase interactions in oil dispersions by surfactants and polymers [Regulirovanie mezhfaznyh vzaimodejstvij v neftyanyh dispersiyah poverhnostno-aktivnymi veshchestvami i polimerami]: author. dis. Dr. chem. sciences. Minsk. 2017. 48 p. (rus)
15. Galdina V.D. Modified bitumens [Modifitsirovannye bitумы]: textbook. allowance. Omsk: SibADI, 2009. 228 p. (rus)
16. Yadykina V.V., Navolokina S.N., Gridchin A.M. The dependence of the modified bitumen properties on the amount of vinyl acetate in the sevilen composition. Materials Science Forum. 2019. Pp. 175–180.
17. Wolfson S.I., Khakimullin Yu.N., Zakirova L.Yu., Khusainov A.D., Volfson I.S., Makarov D.B., Khodin V.G. Modification of bitumen as a way of increasing their operational properties [Modifikaciya bitumov, kak sposob povysheniya ih ekspluatacionnyh svojstv]. Bulletin of Kazan Technological University. 2016. Vol. 19. No. 17. Pp. 29–33. (rus)
18. Petrov S.M., Kemalov R.A. Possibilities of using low-oxidized bitumen in the production of insulating lacquer materials [Vozmozhnosti ispol'zovaniya nizkookislennyh bitumov v proizvodstve izolyacionnyh lakovyh materialov]. In the collection of the 11th International conference "Synthesis, study of properties, modification and processing of high-molecular compounds". Kazan. 2005. 91 p. (rus)

19. Temnikova N.E., Rusanova S.N., Stoyanov O.V., Chalykh A.E., Gerasimov V.K., Khasbiullin R.R. Thermochemical studies of ethylene copolymers [Termohimicheskie issledovaniya etilenovykh sopolimerov]. Bulletin of Kazan Technological University. 2013. Vol. 16. No. 5. Pp.109–113. (rus)

20. Starostina I.A., Stoyanov O.V. Acid-basic interactions and adhesion in metal-polymer systems [Kislotno-osnovnye vzaimodejstviya i adgeziya v metall-polimernykh sistemah]: monograph. KSTU. Kazan. 2010. 195 p. (rus)

21. Starostina I.A., Stoyanov O.V., Garipov R.M., Zagidullin A.I., Kustovsky V.Ya., Koltsov N.I., Kuzmin M.V., Trofimov D.M., Petrov V.G. Relationship between the reduced acidity parameter and the adhesive properties of epoxy coatings [Svyaz' privedennogo parametra kislotnosti s adgezionnymi svojstvami epoksidnykh pokrytij]. Lakokrasochnye materialy i ikh primenenie. 2007. No. 5. Pp. 32–37. (rus)

22. Khuzakhanov R.M., Starostina I.A., Stoyanov O.V., Rusanova S.N. The nature of the interaction at the interface "copolymer of ethylene with vinyl acetate-metal" [Harakter vzaimodejstviya na granice razdela «sopolimer etilena s vinilacetatom-metall»]. Bulletin of Kazan Technological University. 2013. Vol. 16. No. 11. Pp. 191–194. (rus)

23. Yadykina V.V. Improving the quality of asphalt and cement concrete from technogenic raw materials taking into account the state of its surface [Povyshenie kachestva asfal'to- i cementobetona iz tekhnogennogo syr'ya s uchetom sostoyaniya ego poverhnosti]: dis. doctor tech. sciences. Belgorod, 2004. 455 p. (rus)

24. Sheina T.V., Samokhina A.A. Interrelation of fractional composition, supramolecular structure and performance indicators of road bitumen. Part II [Vzaimosvyaz' frakcionnogo sostava, nadmolekulyarnoj struktury i ekspluatacionnykh pokazatelej dorozhnykh bitumov. CH. II]. Bulletin of SGASU. Urban planning and architecture. 2015. No. 3 (20). Pp. 108–114. (rus)

Information about the authors

Navolokina, Svetlana N. Postgraduate student. E-mail: navsvetlana685@rambler.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Yadykina, Valentina V. DSc, Professor. E-mail: vvya@intbel.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Gridchin, Anatoly M. DSc, Professor. E-mail: agd@intbel.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 29.04.2021

Для цитирования:

Наволокина С.Н., Ядыкина В.В., Гридчин А.М. Щебеночно-мастичный асфальтобетон с использованием битума, модифицированного сэвиленом // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 8. С. 8–16. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-8-16

For citation:

Navolokina S.N., Yadykina V.V., Gridchin A.M. Crawler-mastic asphalt concrete with the use of bitumen modified by sevilleen. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 8. Pp. 8–16. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-8-16

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-17-25

Загороднюк Л.Х., *Рыжих В.Д., Махортов Д.С., Синев Д.А.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*E-mail: ryzhikh.vlad@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ ГРАНУЛИРОВАННЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ НА РАЗНЫХ ВЯЖУЩИХ КОМПОЗИЦИЯХ (ЧАСТЬ 2)

Аннотация. Настоящая статья является продолжением предыдущей статьи и включает анализ формирования структуры гранулированных заполнителей при гидратации вяжущей композиции ВК-2 (ПЦ 500-Д0-Н + 20 % кварцевого песка), приготовленной в вихревой струйной мельнице. Выявлены особенности дисперсности кварцевого минерального наполнителя (фракций $\leq 0,16$; $\leq 0,315$; $\leq 0,63$ мм) и основные закономерности влияния на структурообразование при гидратации вяжущих компонентов, отличающихся различным составом и дисперсностью частиц. В работе проведен анализ физико-механических испытаний образцов с наилучшими прочностными характеристиками, изучены особенности их микроструктур. В исследовании микроструктур образцов выявлены закономерности, заключающиеся в формировании кристаллических фаз разной плотности. Замечено, что введение 20 % минерального тонкодисперсного наполнителя в ПЦ 500-Д0-Н, в виде кварцевого песка, обеспечивает формирование плотных субмикроструктурных гидратных фаз при использовании фракции наполнителя $\leq 0,63$ мм, что способствует повышению прочности образцов более чем на 20 %; кроме того, отмечается, что минеральный наполнитель выполняет роль центров кристаллизации, связывая отдельные зерна заполнителей и уплотняя общую структуру композита. Установлено более плотное зарастание порового пространства композита мелкими кристаллическими новообразованиями гидросиликата кальция.

Ключевые слова: гранулированные заполнители, вяжущие композиции, микроструктура, гидратация, грануляция.

Введение. Современные тенденции развития строительного кластера активно актуализируют идеи использования отходов промышленности и некондиционных материалов при производстве. Сегодня перед научным сообществом стоит задача расширения и внедрения новых технологий в области безотходного производства.

Оптимизация и эффективный ввод местного сырья в производство строительных материалов поможет увеличить экономию финансовых и трудовых средств, а также улучшит экологическую обстановку окружающей среды. Необходимо отметить, что данные проблемы носят глобальный характер и являются частью опасных природно-климатических изменений.

В настоящее время существует комплекс научных разработок [1–6] по совершенствованию и переопределению направлений в сфере безотходного производства, ведутся работы в сфере создания композиционных вяжущих на основе отходов производств [7–9]. Считается, что одной из областей применения безотходного производства является строительная отрасль, так как производство строительных материалов с применением отходного сырья может в значительной степени раскрыть свой потенциал и использоваться в будущем на постоянной основе.

Строительная отрасль испытывает определенные трудности в связи с отсутствием мелких заполнителей, отвечающих требованиям ГОСТ, хотя имеются значительные объемы природных

высокодисперсных кварцевых песков, которые нельзя использовать в строительстве.

Актуальной проблемой сегодня является недостаток того или иного сырья на площадках производств строительных материалов. Примечательно, что именно отсутствие стандартного общеприменяемого сырья (крупного и мелкого заполнителя) создает огромные проблемы для производства [9, 10]. Добыча крупных и мелких заполнителей не всегда может быть экономически и экологически обоснована, поэтому так важно вводить в практику производства новейшие научно-практические разработки.

Материалы и методы. Используемые материалы – портландцемент (ПЦ 500-Д0-Н), кварцевый песок (КП) фракций $\leq 0,16$; $\leq 0,315$; $\leq 0,63$ мм; вода (В) ГОСТ 23732-2011.

Формование ГЗ производилось на основе вяжущей композиции №2 (ВК-2). ВК-2 получена путем совместного помола ПЦ=80 % и КП=20 % в вихревой струйной мельнице ВСМ-01 [11, 12].

Грануляция (экструзионное формование) ГЗ производилась на автоматической шнековой установке Mystery MGM-3000 с мощностью 3000 Вт. В ходе исследования получены 3 вида наиболее прочных гранулированных заполнителей (ГЗ) на основе ВК-2 и КП (фр. $\leq 0,16$; $\leq 0,315$; $\leq 0,63$ мм). Набравшие прочность в течение 28 суток в воздушно-влажных условиях ГЗ заформованы с цементным тестом (в пропорциях по массе ГЗ:ПЦ:В = 1:1:0,5) [11, 12] в образцы-кубы 3×3×3

см. Подробная методология экструзионного формования ГЗ и проведения физико-механических испытаний на сжатие образцов приведена в научно-исследовательских работах [11, 12].

Микроскопические снимки сколов образцов-кубов $3 \times 3 \times 3$ см, предварительно разрушенные на гидравлическом прессе ПГМ-50МГ4, выполнены на электронном микроскопе высокого разрешения Tescan Mira 3 LMU.

Основная часть. Исследования выполнены с целью изучения изменения микроструктуры при добавлении ВК-2 в разных пропорциях. Проведенные испытания образцов на сжатие выявили образцы с наибольшей прочностью (табл. 1).

Таблица 1

Наиболее перспективные составы гранулированных заполнителей и их прочностные характеристики

№ п/п	Шифр образцов с ГЗ	Прочность при сжатии, МПа	
		Средняя	Максимальная
1	Гранулированные заполнители с ВК-2 (рекомендуемые)		
1.1	0,16+15 % ВК-2	22,97	23,32
1.2	0,315+10 % ВК-2	19,1	19,5
1.3	0,63+10 % ВК-2	34,38	34,94
2	Гранулированные заполнители с ВК-2 (нерекомендуемые)		
2.1	0,16+5 % ВК-2	12,2	13,3
2.2	0,16+10 % ВК-2	18,1	19,5
2.3	0,315+5 % ВК-2	14,7	16,5
2.4	0,315+15 % ВК-2	18,9	19,1
2.5	0,63+5 % ВК-2	22,5	23,7
2.6	0,63+15 % ВК-2	28,2	29,1

Разносторонность процессов гидратации затрудняет систематизацию результатов прочностных испытаний только с физической точки зрения. Для полного систематического анализа необходимо изучение микроструктуры гранулированных заполнителей и областей контактных слоев ГЗ с цементным тестом.

Изучая мезоструктуру контактного слоя ГЗ 0,16+15 % ВК-2 с цементным камнем, отмечается структурная пористость с размерами пор от 0,08 до 0,5 мм. Такие факторы, как водоцементное отношение вяжущей композиции, дисперсность кварцевого песка и процент добавления ВК-2 в ГЗ определяют порообразование и их величину. Высокая удельная поверхность частиц кварцевого песка ($\leq 0,16$ мм) понижает степень проникновения цементного теста в структуру ГЗ при замесе композитного раствора, при этом, ослабляя структурную связанность и понижая физико-механические характеристики системы. Микроструктурный анализ контактного слоя свидетельствует о высокой степени гидратации цементного теста с образованием кристаллов пластинчатой, призматической и чешуйчатой формы (рис. 1, в). Общий структурный вид – смешанный, характеризующийся наличием блочно-ритмических образований (блоков-агрегатов) и содержанием зернистой структуры [12, 13]. В области контактного слоя образца с шифром 0,16+15 % ВК-2 наблюдаются прорастания параллельно ориентированных и сросшихся гекса-

гональных пластинчатых кристаллов гидроалюминатов и гидроалюмоферритов кальция. Отмечается обрастание частиц кварцевого песка и поверхностей пор мелкокристаллическими образованиями в виде бахромы и параллельно ориентированными чешуйчатыми поликристаллами гидросиликатов кальция. На поверхности скола наблюдается формирование разноориентированных призматических кристаллов гидрооксида кальция с малыми игольчатыми кристаллообразованиями алюминийсодержащих минералов. Следует отметить, что компонентный состав ГЗ с шифром 0,16+15 % ВК-2 показал одну из наибольших прочностей в данном виде композиционного заполнителя. Микроструктура контактного слоя образца шифра 0,16+15 % ВК-2 свидетельствует о плотном компактном расположении частиц заполнителя и вяжущего компонента.

ГЗ с шифром 0,16+15 % ВК-2 в зоне скола имеют пористую структуру, с размерами пор 0,05–0,1 мм (рис. 2). Отчетливо просматривается формирование зернистой структуры на рис. 2, б. Микроструктура характеризуется как смешанная, состоящая из отдельных блоков-агрегатов и скелетной структуры кристаллических образований гидросиликатов кальция. Смешанная структура имеет различную морфологию [14–17]. На микроснимке (рис. 2, в) наблюдается активное формирование пластинчатых (чешуйчатых) поликристаллов на поверхности частиц заполнителя и в межчастичном пространстве. Отчетливо просматривается срастание отдельных чешуек с

образованием кристаллоагрегатов сложной формы. Концентрическое расположение кристаллических образований гидросиликатов кальция в отдельных блоках-агрегатах наглядно показывает частичную ритмичность микроструктуры в ГЗ, образованной от ВК-2 с шаровидно-эллипсоидной формой частиц [14]. В отдельных областях обнаружено формирование гидратационных центров, образованных путем обрастания дисперс-

ных кварцевых песчинок кристаллической массой. Примечательно, что в поровом пространстве (рис. 2, в) наблюдается активное зарастание игольчатыми кристаллами гидросульфата алюмината кальция, которые связывают блоки-агрегаты в единую структурную систему. Анализ изученных структур дает полные основания, что с возрастом скелетная структура композита будет уплотняться, за счет кристаллизации новообразований по всему объему композита и в порах.

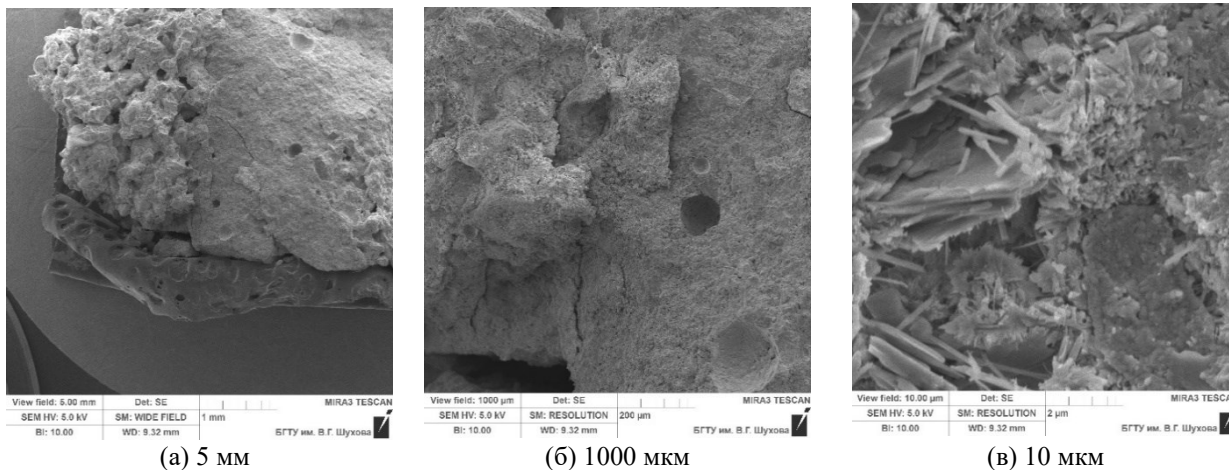


Рис. 1. Микроструктура контактного слоя гранулированных заполнителей 0,16+15 % ВК-2

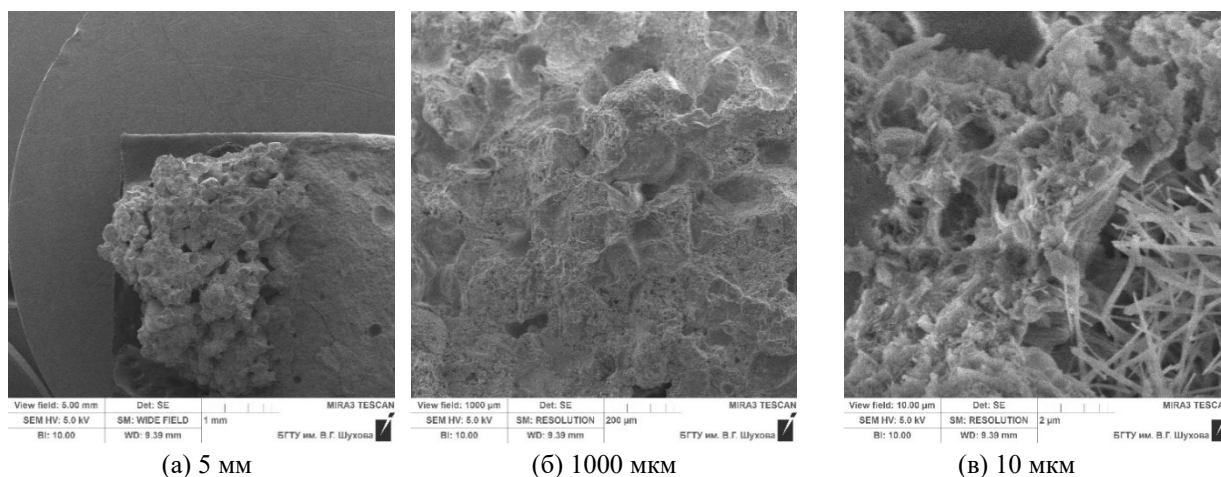


Рис. 2. Микроструктура поверхности скоагулированных заполнителей 0,16+15 % ВК-2

Микроструктура контактного слоя образца шифра 0,315+10 % ВК-2 (рис. 3, а) представляет собой плотную зернистую структуру с включениями небольшого количества пор размерами от 0,01 до 0,07 мм. Глубина контактного слоя достигает величины до 1 мм, что свидетельствует о высокой степени интеграции ГЗ в компонентном составе с цементным тестом. Структура контактного слоя – агрегатно-ритмическая, с обрастанием частиц заполнителя призматическими и чешуйчатыми поликристаллами гидросиликатов кальция, а также образованиями гексогональных пластинчатых кристаллов портландита и гидроалюминатов кальция. По всей поверхности скола контактной зоны (рис. 3, в) наблюдаются плотные наслоения кристаллических образований, а

также прорастание кристаллической фазы в трещины и поровое пространство. Необходимо отметить, что полного зарастания трещин и пор не наблюдается. Поры и трещины четко просматриваются даже в образцах полугодовой давности. Ориентация и размерность кристаллических структур ограничиваются размерами блока. Большое количество кристаллических образований имеет форму шестиугольных призм с зазубринами, свидетельствующими о их слоистом строении [18]. Параллельная слоистость на одних участках снимка (рис. 3, в) выявляется очень четко, на других – менее четко, на третьих – не устанавливается совсем.

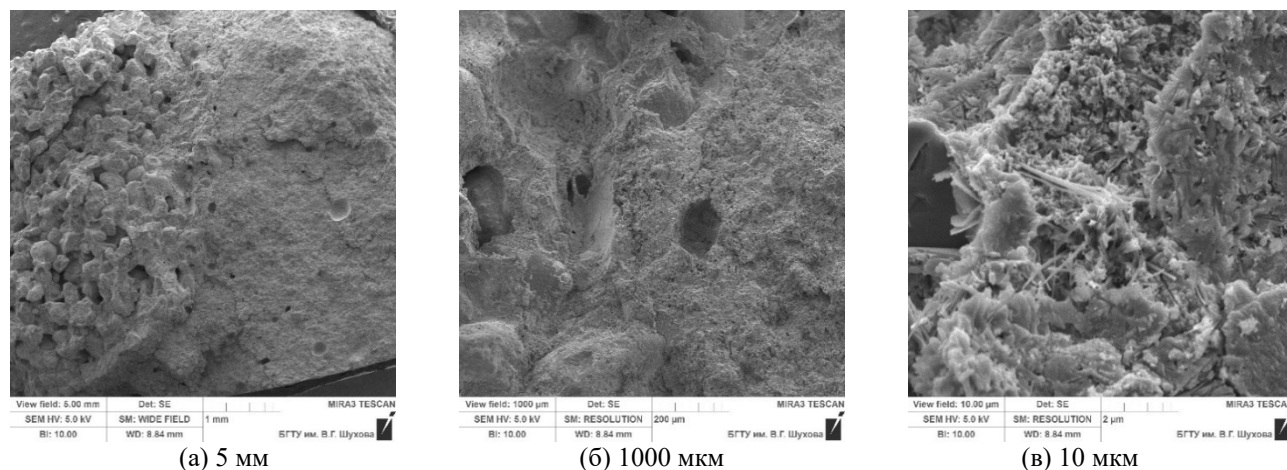


Рис. 3. Микроструктура контактного слоя гранулированных заполнителей 0,315+10 % ВК-2

Изучая микроструктуру ГЗ с шифром 0,315+10 % ВК-2 (рис. 4), следует отметить пористую структуру с размерами пор от 0,01 до 0,2 мм. На поверхности скола ГЗ наблюдается активное обрастание частиц кварцевого песка чешуйчатыми поликристаллами гидросиликатов кальция. Кристаллические образования состоят из отдельных блоков-агрегатов. Структура – агрегатно- или блочно-ритмическая. Ориентация роста кристаллов на одних областях снимка параллельно слоистой, на других разноориентированная. Разные участки поверхности скола ГЗ с шифром 0,315+10 % ВК-2 имеют разную морфо-

логию: на одних участках структура представлена параллельно сросшимися кристаллическими пакетами волокон гидросиликатов кальция [11, 12], на других разноориентированными призматическим кристаллами эттрингита или гидроксида кальция, на третьих небольшим количеством гексагональных пластинчатых кристаллов алюмосодержащих минералов. Необходимо отметить, что четко просматриваются субмикроструктурные формирования в виде бахромы [16], наблюдается ряд отдельных мелких блоков-агрегатов кристаллической фазы, вероятнее всего образованных путем обрастания частиц наполнителя вяжущей композицией.

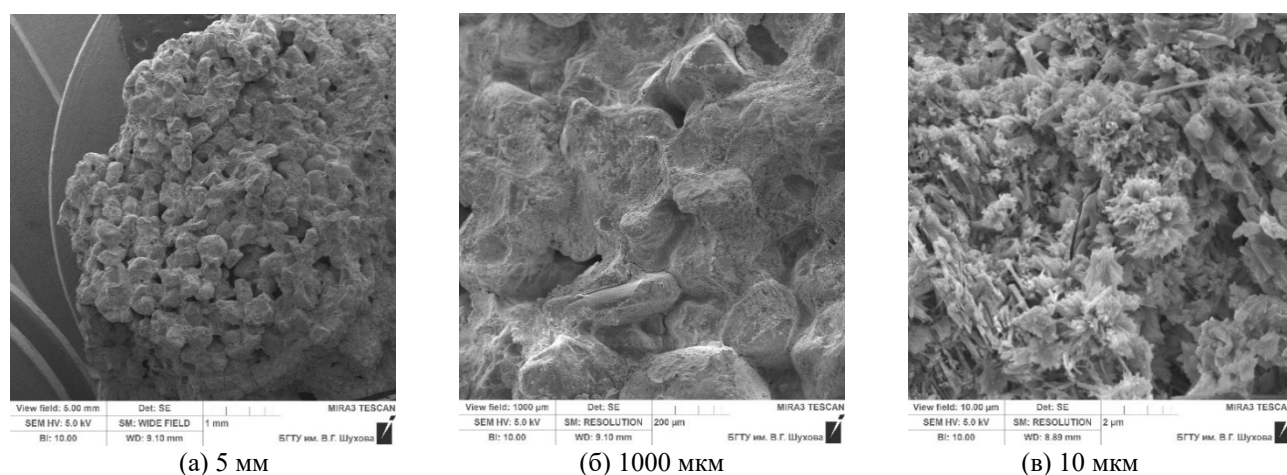


Рис. 4. Микроструктура поверхности скола гранулированных заполнителей 0,315+10 % ВК-2

Структура контактного слоя ГЗ с шифром 0,63+10 % ВК-2 (рис. 5) представлена компактным расположением частиц заполнителя и цементного теста. Благодаря высокой открытой пористости ГЗ (размеры пор от 0,01 до 0,5 мм) достигается достаточно большая степень интеграции цементного теста в структуру ГЗ с фракцией кварцевого песка $\leq 0,63$ мм, вследствие чего обра-

зуется плотная структура контактного слоя. Разрабатываемые ГЗ должны иметь шероховатую поверхность для увеличения адгезии для вяжущего и создания прочных цементных растворов. Наличие развитой шероховатой поверхности ГЗ, включающих фракцию песка $\leq 0,315$ мм и ВК-2, имеющую в своем составе портландцемент и молотый кварцевый песок создают прочный компо-

зит за счет сродства структур и прорастания кристаллов гидросиликатов в общем объеме раствора или бетона. Поверхность скола контактного слоя ГЗ и цементного теста наглядно показывает формирование кристаллической фазы вокруг частицы заполнителя. Отчетливо видно формирование пластинчатой формы кристаллов гидроалюминатов кальция с одновременным прорастанием чешуйчатых кристаллических новообразований гидросиликатов кальция (рис. 5, в) [15]. Структурный вид – блочно-ритмический

с формированием разноориентированных блоков-агрегатов различной формы. Следует отметить, что плотность формирования кристаллов у поверхностей частиц заполнителя значительно выше, чем в общем объеме, что объясняется периодическим изменением концентрации раствора из-за различной диффузии воды к исходным зернам цемента через слой новообразований [17]. Изучение зоны контактного слоя свидетельствует об активном зарастании микропор и уплотнении структуры кристаллическими образованиями.

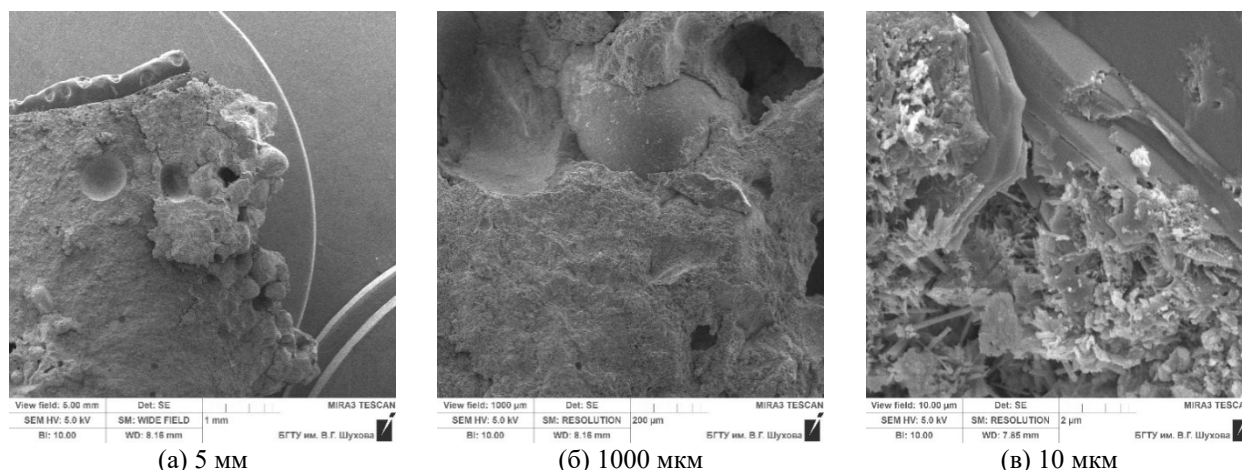


Рис. 5. Микроструктура контактного слоя гранулированных заполнителей 0,63+10 % ВК-2

На микрофотографиях (рис. 6) поверхности скола ГЗ с шифром 0,63+10 % ВК-2 отчетливо видно формирование кристаллических образований в межчастичном пространстве ГЗ. Общий структурный вид ГЗ шифра 0,63+15 % ВК-2 – агрегатно- или блочно-ритмический, с формированием блоков-агрегатов различной морфологии. По морфологическим признакам кристаллические образования в ГЗ подразделяются на несколько видов: первый – пластинчатые (чешуйчатые) поликристаллы гидросиликатов кальция [18], формирующиеся на поверхности частиц кварцевого песка; второй – блочно-агрегатные образования с формированием гескогональных пластинчатых кристаллов гидроалюминатов кальция, чешуйчатых поликристаллов гидросиликатов кальция, призматических игольчатых кристаллов этtringита [15], а также (возможно) местами образование больших призматических кристаллов гидрооксида кальция. Микроструктура ГЗ характеризуется, как пористая, с активным прорастанием игольчатых кристаллов этtringита в межагрегатно-блочном пространстве. Формирование кристаллической структуры определяется разной направленностью. Параллельная слоистость кристаллов не выявлена. Следует отметить, что наибольшей прочностью при сжатии обладает образец с ГЗ шифра

0,63+10 % ВК-2, что свидетельствует об эффективности использования кварцевого песка фракции $\leq 0,63$ мм, при использовании которого формируются оптимальные структурные системы и поровые пространства.

Изучая микроструктуру разных ГЗ с вяжущей композицией ВК-2 и в различных контактных слоях, следует отметить, что механизм гидратации во всех видах образцов одинаков. Отличие стоит только в скорости гидратации силикатов кальция, зависящей от тонкости помола и концентрации минералов клинкера в тех или иных зонах объема. Во всех случаях первоначально образуется алюмоферритная структура, на фоне которой развивается силикатная.

Изучение микроструктуры поверхностей сколов образцов с ГЗ показало, что все образцы имеют разную структуру (смешанную, блочно-ритмическую и зернистую). Разные участки поверхностей сколов образуют визуальное представление о бесформенной массе, но при детальном рассмотрении выявляется их структурность. Выявлено, что все частицы заполнителя во всех видах образцов покрыты субмикроструктурными образованиями в виде бахромы. Такие образования свидетельствуют о наличии дополнительных субмикроструктурных гидратных фазах, уплотняющих структуру образцов.

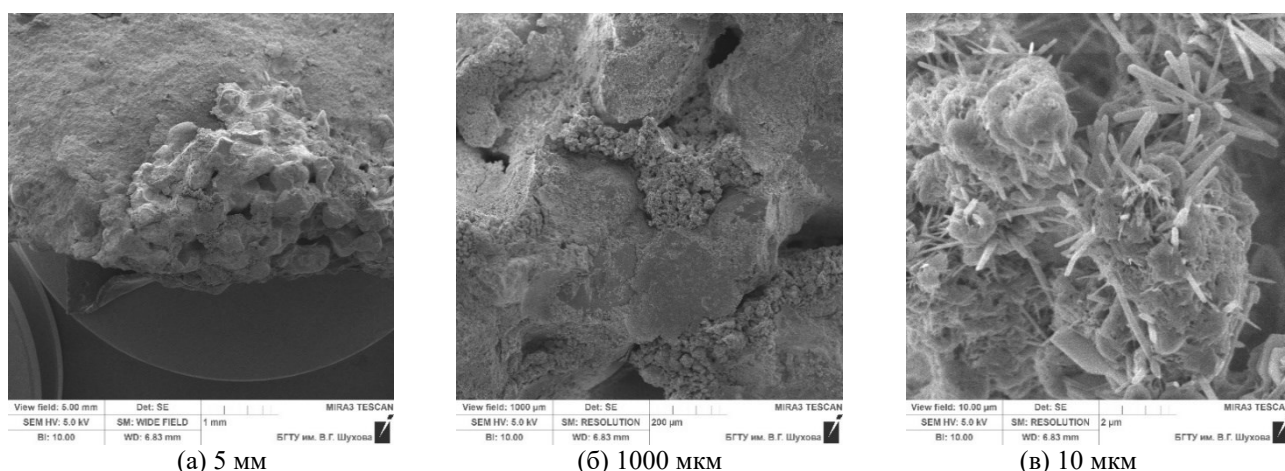


Рис. 6. Микроструктура поверхности сколагранулированных заполнителей 0,63+10 % ВК-2

В ходе исследования выявлены наиболее перспективные ГЗ с шифром 0,63+10 % ВК-2. Таким образом, использование гранулированных заполнителей на основе кварцевых песков фракций $\leq 0,16$ мм и $\leq 0,315$ мм, с целью достижения наибольших прочностных показателей композиционных растворов, является неэффективным.

Выводы.

1. Структурообразование различных ГЗ, приготовленных на вяжущих композициях ВК-2 с содержанием ПЩ=80 % и КП=20 % в объеме и кварцевыми песками разной дисперсности имеют свои отличительные особенности. Гранулированные заполнители на основе песков фракции $\leq 0,63$ мм и ВК-2 (в количестве 10 %) обладают высокой прочностью (34,38 МПа) и характеризуются плотной структурой с зарастанием порового пространства композита.

2. Установлено, что наиболее плотной структурой прорастания кристаллической фазы обладают ГЗ с шифрами 0,315+10 % ВК-2 и 0,63+10 % ВК-2. Необходимо отметить, что за счет высокой пористости и увеличенной адгезионной способности ГЗ с шифром 0,63+10 % ВК-2 в композиции с цементным тестом образуют плотную структуру композита, при которой прочность образцов увеличивается на 20 % и более от прочности образцов с использованием КП фракции $\leq 0,315$ мм.

3. Установлено, что микроструктуры поверхностей сколов всех образцов имеют плотную структуру. Выявлено, что все частицы заполнителя во всех видах образцов покрыты субмикроструктурными образованиями в виде бахромы, что свидетельствует о наличии дополнительных гидратных фаз, уплотняющих структуру образцов, что в конечном счете подтверждается результатами физико-механических испытаний.

Источник финансирования. РФФИ научно-исследовательского проекта № 18-29-24113 с использованием оборудования Центра

высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Aljasimee D.H., Dhaheer M.S.A. Fresh and hardened properties of self-compacting concrete incorporating PVA-treated recycled aggregate // Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 671. 012103.
2. Cabrera-Covarrubias F., Gomez-Soberon J.M., Almaral-Sanchez J.L., Arredondo-Rea S.P., Gomez-Soberon M.C., Corral-Higuera R. An Experimental Study of Mortars with Recycled Ceramic Aggregates: Deduction and Prediction of the Stress-Strain // Materials. 2016. Vol. 9, № 12. 1029.
3. Palovčík J., Opravil T., Novotný R., Másilko J. Application of brick grind dust in systems based on Portland cement // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2018. Vol. 379. 012002.
4. Shapovalov N.A., Shchekina A. Yu., Gorodov A.I. Modified binders on the basis of flotation tailings // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2018. Vol. 327. 032050.
5. Tchamdjou W.H.J., Grigoletto S., Michel F., Courard L., Abidi M.L., Cherradi T. An investigation on the use of coarse volcanic scoria as sand in Portland cement mortar // Case Studies in Construction Materials. 2017. Vol. 7. Pp. 191–206.
6. Thomas C., Cimentada A.I., Cantero B., Saez del Bosque I.F., Polanco J.A. Industrial Low-Clinker Precast Elements Using Recycled Aggregates // Applied Sciences. 2020. Vol. 10, № 19. 6655.
7. Загороднюк Л.Х., Сумской Д.А., Чепенко А.С. Особенности процессов гидратации высокодисперсных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 12. С.105–113.
8. Yüksel I., Genç A. Properties of Concrete Containing Nonground Ash and Slag As Fine Aggregate // ACI Materials Journal. 2007. Vol. 37. P. 8.
9. Miller S.A. The role of cement service-life on the efficient use of resources // Environ. Res. Lett. 2020. Vol. 15, № 2. 024004.

10. Courard L., Rondeux M., Zhao Z., Michel F. Use of Recycled Fine Aggregates from C&DW for Unbound Road Sub-Base // *Materials*. 2020. Vol. 13, № 13. 2994.

11. Zagorodnyuk L.H., Ryzhikh V.D., Makhortov D.S., Sumskey D.A. Method of Extrusion Granulation of Aggregates for the Preparation of Filling Mixtures // *Innovations and Technologies in Construction*. Cham: Springer International Publishing. 2021. Vol. 151. Pp. 22–28.

12. Lesovik V., Zagorodnyuk L., Ryzhikh V., Lesovik R., Fediuk R., Vatin N., Karelina M. Granular Aggregates Based on Finely Dispersed Sub-standard Raw Materials // *Crystals*. 2021. Vol. 11, № 4. 369.

13. Feng Y. Hydration and strength development in blended cement with ultrafine granulated copper slag // *PLoS ONE* ed. Pimraksa K. 2019. Vol. 14, № 4. e0215677.

14. Wu J., Wang L., Meng L. Analysis of mineral composition and microstructure of gravel aggregate based on XRD and SEM // *Road Materials and Pavement Design*. 2017. Vol. 18, № 3. Pp. 139–148.

15. An J., Kim S.S., Nam B.H., A. Durham S. Effect of Aggregate Mineralogy and Concrete Microstructure on Thermal Expansion and Strength Properties of Concrete // *Applied Sciences*. 2017. Vol. 7, № 12. 1307.

16. Zitouni K., Djerbi A., Mebrouki A. Study on the Microstructure of the New Paste of Recycled Aggregate Self-Compacting Concrete // *Materials*. 2020. Vol. 13, № 9. 2114.

17. Rao M., Wei J., Gao Z., Zhou W., Li Q., Liu S. Study on Strength and Microstructure of Cement-Based Materials Containing Combination Mineral Admixtures // *Advances in Materials Science and Engineering*. 2016. Vol. 2016. Pp. 1–10.

18. Hodul J., Žižková N., Borg R.P. The Influence of Crystalline Admixtures on the Properties and Microstructure of Mortar Containing By-Products // *Buildings*. 2020. Vol. 10, № 9. 146.

Информация об авторах

Загороднюк Лилия Хасановна, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: LHZ47@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Рыжих Владислав Дмитриевич, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: ryzhikh.vlad@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Махортов Денис Сергеевич, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: mahortov1995@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Синебок Дарья Александровна, магистрант кафедры безопасности жизнедеятельности. E-mail: rd_work00@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 12.04.2021 г.

© Загороднюк Л.Х., Рыжих В.Д., Махортов Д.С., Синебок Д.А., 2021

Zagorodnyuk L.Kh., *Ryzhikh V.D., Makhortov D.S., Sinebok D.A.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

**E-mail: ryzhikh.vlad@mail.ru*

SPECIFIC FEATURES OF THE FORMATION OF THE MICROSTRUCTURE OF GRANULAR AGGREGATES ON DIFFERENT BINDING COMPOSITIONS (PART 2)

Abstract. This article is a continuation of the previous article and includes analysis of the formation of the structure of granular aggregates during the hydration of the binder composition BC-2 (PC 500-D0-N + 20% quartz sand), prepared in a jet-type airflow mill. The study revealed the features of the dispersion of the quartz mineral filler (fractions ≤ 0.16 ; ≤ 0.315 ; ≤ 0.63 mm) and the main patterns of influence on structure formation at hydration of binders, differing in the composition and dispersion of particles. The paper analyzes physical and mechanical tests of the samples with the best strength characteristics and studies the features of their microstructures. The study of the microstructures of the samples revealed regularities, consisting in the formation of crystalline phases of different densities. It was noted that the introduction of 20 % mineral finely

dispersed filler into PC 500-D0-N, in the form of quartz sand, ensures the formation of dense sub-microcrystalline hydrate phases when using a filler fraction ≤ 0.63 mm, which contributes to an increase in the additional strength of the samples by more than 20 %; it has been found that the mineral filler plays the role of crystallization centers, binding individual grains of fillers and sealing general structure of the composite. More compact healing of the pore space has been established for the composite with small crystalline new formations of hydrated calcium silicate.

Key words: *granulated fillers, binding compositions, microstructure, hydration, extrusion.*

REFERENCES

1. Aljasimee D.H., Dhaheer M.S.A. Fresh and hardened properties of self-compacting concrete incorporating PVA-treated recycled aggregate. *Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 671. 012103.
2. Cabrera-Covarrubias F., Gomez-Soberon J.M., Almaral-Sanchez J.L., Arredondo-Rea S.P., Gomez-Soberon M.C., Corral-Higuera R. An Experimental Study of Mortars with Recycled Ceramic Aggregates: Deduction and Prediction of the Stress-Strain. *Materials*. 2016. Vol. 9, No. 12. 1029.
3. Palovčík J., Opravil T., Novotný R., Másilko J. Application of brick grind dust in systems based on Portland cement. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2018. Vol. 379. 012002.
4. Shapovalov N.A., Shchekina A. Yu., Gorodov A.I. Modified binders on the basis of flotation tailings. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2018. Vol. 327. P. 032050.
5. Tchamdjou W.H.J., Grigoletto S., Michel F., Courard L., Abidi M.L., Cherradi T. An investigation on the use of coarse volcanic scoria as sand in Portland cement mortar. *Case Studies in Construction Materials*. 2017. Vol. 7. Pp. 191–206.
6. Thomas C., Cimentada A.I., Cantero B., Saez del Bosque I.F., Polanco J.A. Industrial Low-Clinker Precast Elements Using Recycled Aggregates. *Applied Sciences*. 2020. Vol. 10, № 19. 6655.
7. Zagorodnyuk L.H., Sumskoy D.A., Chepenko A.S. Features of the processes of hydration of highly dispersed binders [Osobennosti processov gidratatsii vysokodispersnyh vyazhushchih]. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2018. No. 12. Pp. 105–113. (rus)
8. Yüksel I., Genç A. Properties of Concrete Containing Nonground Ash and Slag As Fine Aggregate. *ACI Materials Journal*. 2007. Vol. 37. P. 8.
9. Miller S.A. The role of cement service-life on the efficient use of resources. *Environ. Res. Lett.* 2020. Vol. 15, No. 2. P. 024004.
10. Courard L., Rondeux M., Zhao Z., Michel F. Use of Recycled Fine Aggregates from C&DW for Unbound Road Sub-Base. *Materials*. 2020. Vol. 13, No. 13. 2994.
11. Zagorodnyuk L.H., Ryzhikh V.D., Makhortov D.S., Sumskoy D.A. Method of Extrusion Granulation of Aggregates for the Preparation of Filling Mixtures. *Innovations and Technologies in Construction*. Cham: Springer International Publishing. 2021. Vol. 151. Pp. 22–28.
12. Lesovik V., Zagorodnyuk L., Ryzhikh V., Lesovik R., Fediuk R., Vatin N., Karelina M. Granular Aggregates Based on Finely Dispersed Sub-standard Raw Materials. *Crystals*. 2021. Vol. 11, No. 4. 369.
13. Feng Y. Hydration and strength development in blended cement with ultrafine granulated copper slag. *PLoS ONE* ed. Pimraksa K. 2019. Vol. 14, No. 4. e0215677.
14. Wu J., Wang L., Meng L. Analysis of mineral composition and microstructure of gravel aggregate based on XRD and SEM. *Road Materials and Pavement Design*. 2017. Vol. 18, No. 3. Pp. 139–148.
15. An J., Kim S.S., Nam B.H., A. Durham S. Effect of Aggregate Mineralogy and Concrete Microstructure on Thermal Expansion and Strength Properties of Concrete. *Applied Sciences*. 2017. Vol. 7, No. 12. 1307.
16. Zitouni K., Djerbi A., Mebrouki A. Study on the Microstructure of the New Paste of Recycled Aggregate Self-Compacting Concrete. *Materials*. 2020. Vol. 13, No. 9. 2114.
17. Rao M., Wei J., Gao Z., Zhou W., Li Q., Liu S. Study on Strength and Microstructure of Cement-Based Materials Containing Combination Mineral Admixtures. *Advances in Materials Science and Engineering*. 2016. Vol. 2016. Pp. 1–10.
18. Hodul J., Žižková N., Borg R.P. The Influence of Crystalline Admixtures on the Properties and Microstructure of Mortar Containing By-Products. *Buildings*. 2020. Vol. 10, No. 9. 146.

Information about the authors

Zagorodnyuk, Liliya Kh. DSc, Professor. E-mail: LHZ47@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Ryzhikh, Vladislav D. Postgraduate student. E-mail: ryzhikh.vlad@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Makhortov, Denis S. Postgraduate student. E-mail: mahortov1995@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Sinebok, Darya A. Master student. E-mail: rd_work00@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 12.04.2021

Для цитирования:

Загороднюк Л.Х., Рыжих В.Д., Махортов Д.С., Синебок Д.А. Особенности формирования микроструктуры гранулированных заполнителей на разных вяжущих композициях (Часть 2) // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 8. С. 17–25. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-17-25

For citation:

Zagorodnyuk L.Kh., Ryzhikh V.D., Makhortov D.S., Sinebok D.A. Specific features of the formation of the microstructure of granular aggregates on different binding compositions (Part 2). Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 8. Pp. 17–25. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-17-25

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-26-34

***Рамазанов Р.С., Сулов Д.Ю., Куцев Л.А., Семиненко А.С., Уваров В.А.**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*E-mail: boss.rafshan@mail.ru

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ПОДОГРЕВА ГАЗОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В КОРПУСЕ ГОРЕЛКИ С ТЕПЛОВЫМ РАССЕКATEЛЕМ

Аннотация. Рассмотрены основные тепловые процессы, происходящие при эксплуатации газогорелочного устройства бытового назначения. Одной из важных функций, выполняемых газогорелочным устройством, является подготовка топлива для последующего сжигания. Эффективность и качество протекания процесса горения напрямую зависит от значения температуры газозвоздушной смеси. Так как повышение температуры смеси способствует интенсификации процесса горения, при проектировании газогорелочных устройств полезным является определение температуры газозвоздушной смеси внутри корпуса горелки. Предложено решение, позволяющее повысить эффективность газогорелочного устройства за счёт интенсификации предварительного подогрева от теплового рассекателя к газозвоздушной смеси внутри корпуса газовой горелки. Установлено, что размещение теплового рассекателя в центральной части с внутренней стороны крышки позволяет уменьшить область застойной зоны при движении потока газозвоздушной смеси, а коническая форма теплового рассекателя оказывает минимальное сопротивление движению потока газозвоздушной смеси внутри газовой горелки, кроме того, боковая поверхность теплового рассекателя дополнительно увеличивает площадь теплообмена. Получено выражение для расчёта средней температуры газозвоздушной смеси на выходе из огневых отверстий газовой горелки.

Ключевые слова: предварительный подогрев, газозвоздушная смесь, тепловой рассекатель, теплообмен, горение, газовая горелка.

Введение. Улучшение уровня жизни и благосостояния населения соответственно требует развития инфраструктуры мест проживания, развития региональной энергетики и промышленности, что, как следствие, приводит к росту потребления основных энергоносителей включая природный газ.

В России в 2019 году добыча природного и попутного нефтяного газа составила 738,4 млрд м³, что на 1,7 % больше уровня 2018 года и является рекордным показателем за весь период российской газодобычи [1].

В структуре использования природного газа в России на конец 2019 года с долей 60,2 % и объёмом потребления 289 млрд м³ лидирует коммунальный и промышленный сектор, а уровень газификации достиг 70,1 % [2].

Одним из основных устройств промышленных и бытовых газоиспользующих приборов является газогорелочное устройство. Оно предназначено для преобразования химической энергии процесса горения горючего газа в тепловую, при этом должно происходить полное сжигание газа и обеспечиваться требования заданного технологического процесса [3–7].

В связи с этим перед специалистами по газоснабжению ставятся новые сложные задачи, связанные с разработкой новых и развитием, и реконструкцией существующих систем, повышением их надёжности, более экономичным использованием газа и минимальным негативным воздействием на экологию.

Исследованиям процессов горения и разработке эффективных газогорелочных устройств посвящено множество работ отечественных и зарубежных учёных. Примером может служить работа авторов Jugjai S. и Rungsimuntuchart N. [8], в которой проведено исследование эффективности применения рециркуляции тепла в работе газовой горелки с использованием технологии пористой среды. В работе [9] автором Aroonjarattham P. исследовано влияние ряда геометрических конструктивных параметров (угол поворота и количество отверстий) на тепловой КПД. В работе [10] авторы Khan M. и Saxena A. исследовали влияние материала конфорки газовой плиты на её эффективность. В работе [11] коллективом авторов Dahiya D., Singh L.R., Bhatia P. выполнено исследование производительности стандартной газовой горелки с различными пористыми средами, используемой в газовой бытовой плите.

Горелочное устройство для сжигания газообразного топлива выполняет следующие функции: придаёт необходимые направления и скорости потоков газа и воздуха, тем самым происходит подготовка компонентов для последующего смешивания; обеспечивает смешивание газового топлива с воздухом, иногда подогревает образовавшуюся смесь до температуры воспламенения – тем самым происходит подготовка образовавшейся смеси для последующего сжигания; обеспечивает стабилизацию горения, создаёт условия для горения смеси без отрыва и проскока пламени; обеспечивает минимальное содержание

токсичных газов в составе продуктов сгорания [12].

Следовательно, актуальным является разработка методов повышения эффективности газогорелочных устройств, получение выражений для расчёта средней температуры газо-воздушной смеси внутри газовой горелки с математическим описанием происходящих тепловых процессов.

Материалы и методы. Для теоретического описания процесса нагрева газовой смеси

в корпусе горелки, оснащенной тепловым рассекателем, использовались уравнения аэродинамики струй, а также уравнения теплообмена, основанные на законах тепловых процессов Ньютона-Рихмана и Стефана-Больцмана.

Основная часть. Рассмотрим процесс движения потока газовой смеси внутри корпуса горелки, оказывающий существенное влияние на распределение тепла.

В общем случае схема движения потока газа внутри корпуса горелки аналогична схеме движения ударной газовой струи [13–15] (рис. 1).

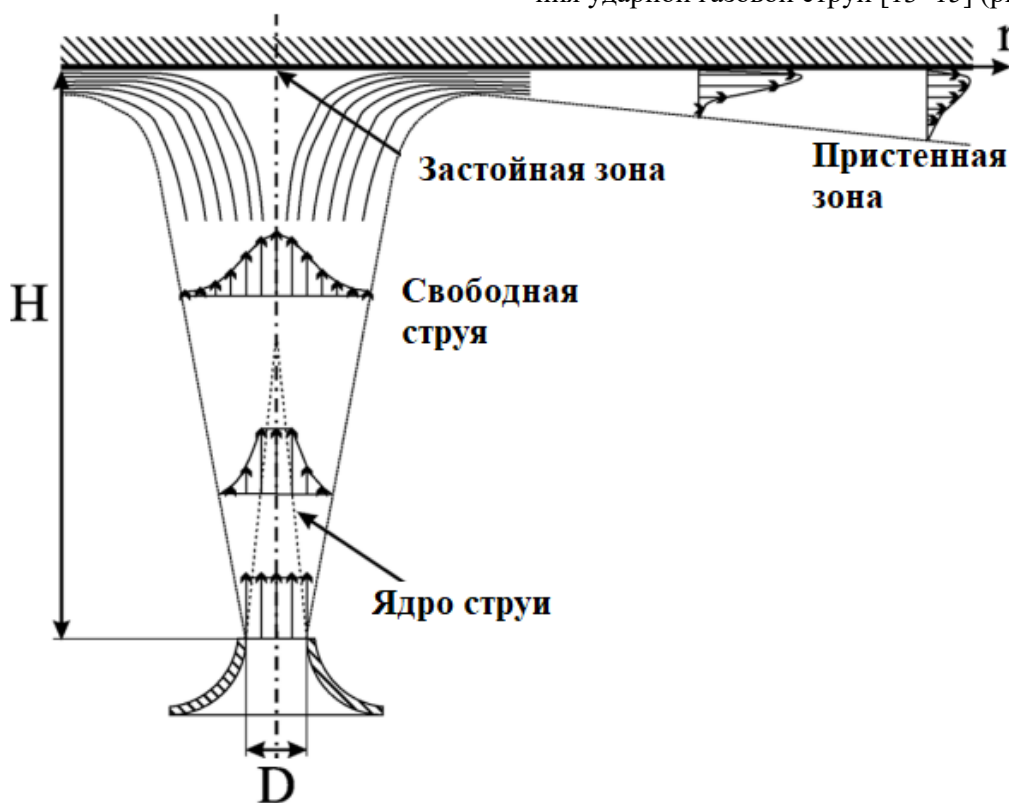


Рис. 1. Схема ударной газовой струи

Поток газа, истекающий из сопла газовой горелки, ударяется под прямым углом о плоскую внутреннюю поверхность крышки, удалённую на расстоянии H , в результате чего образуется застойная зона (некоторая область завихрений потока), которая препятствует дальнейшему свободному течению струи (рис. 2). Данная область характеризуется меньшей интенсивностью теплообмена и в расчётах передачи тепла от пластины набегающему поперечному потоку газа поверхность пластины занятая застойной зоной исключается – тем самым уменьшается полезная поверхность теплообмена и соответственно эффективность теплообмена. Например, в работе [16] в расчёте передачи тепла область застойной зоны принималась равной области ограниченной диаметром выходной части трубки Вентури, и таким образом полезная площадь соответствовала

кольцевой части, где внешний диаметр равен диаметру крышки горелки, а внутренний – диаметр трубки Вентури.

Нами предложено решение, позволяющее интенсифицировать передачу тепла в корпусе газовой горелки от нагретой за счёт контакта с пламенем крышки к потоку газа при помощи теплового рассекателя конической формы, установленного в центре с внутренней стороны крышки (рис. 3). Размещение теплового рассекателя в центре с внутренней стороны крышки позволяет минимизировать или полностью исключить образование застойной зоны. Коническая форма рассекателя обеспечивает меньшее сопротивление встречному движению потока, а также за счёт собственной боковой поверхности позволяет увеличить полезную площадь поверхности теплообмена.

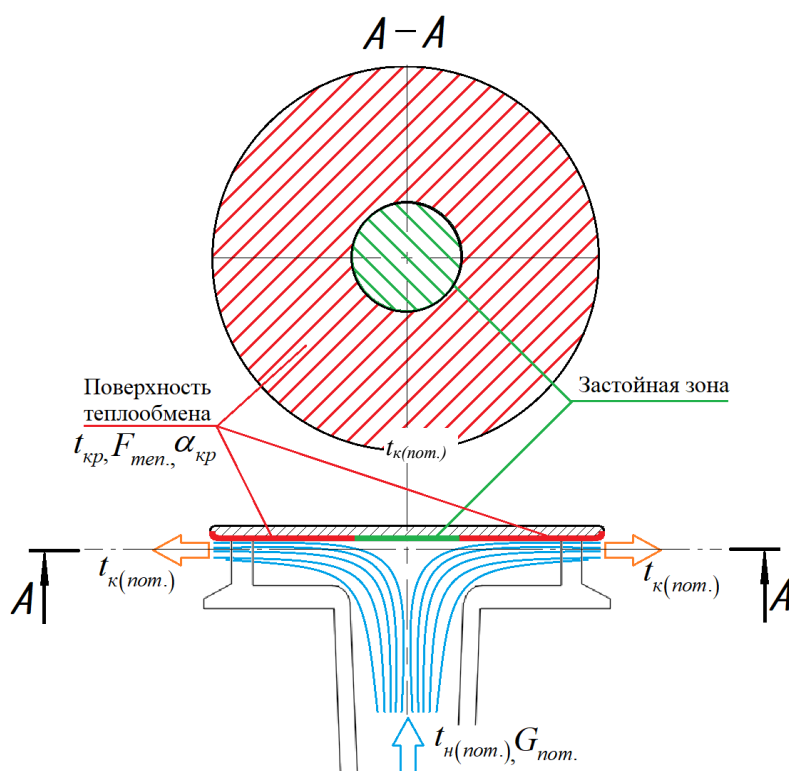


Рис. 2. Движение газовой смеси под крышкой типовой газовой горелки, не оснащённой тепловым рассекаем

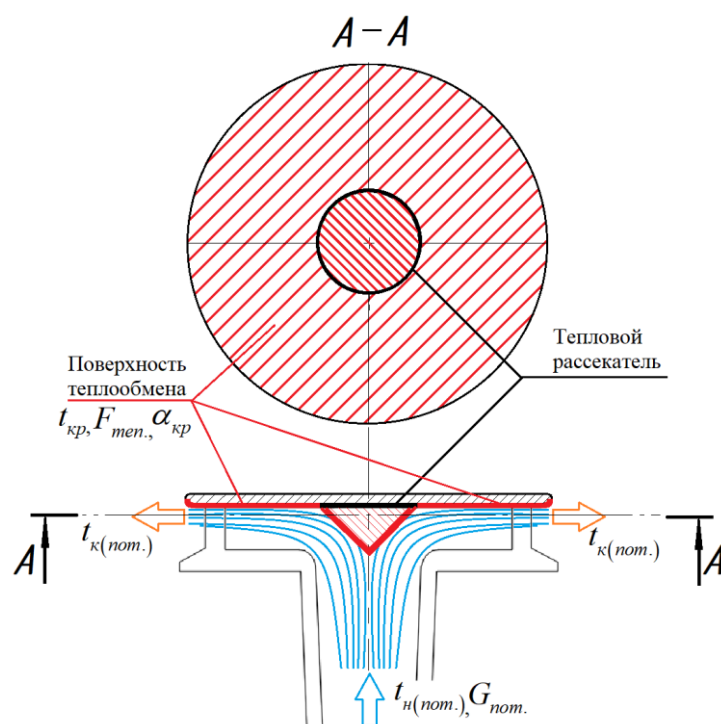


Рис. 3. Движение газовой смеси под крышкой разработанной газовой горелки, оснащённой тепловым рассекаем

Разработана конструкция горелки газовой плиты повышенной эффективности. Основными конструктивными элементами предлагаемой газовой горелки являются: корпус, газовое сопло,

смеситель, выходные отверстия для газовой смеси, крышка с устройством предварительного нагрева и регулятор первичного воздуха [17–18] (рис. 4).

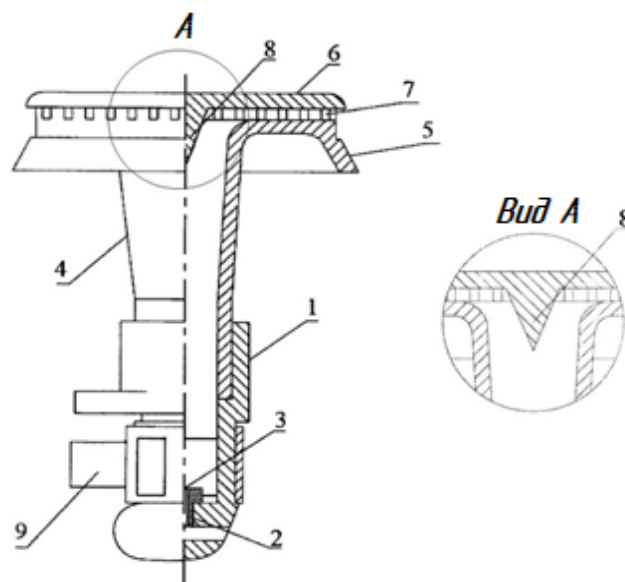


Рис. 4. Оригинальная газовая горелка с предварительным подогревом газозвушной смеси:

- 1 – корпус; 2 – газовое сопло; 3 – аксиальное выходное отверстие; 4 – смеситель;
 5 – выходной торец смесителя; 6 – крышка; 7 – огневые отверстия;
 8 – тепловой рассекаатель; 9 – регулятор подачи первичного воздуха

Для описания работы газогорелочного устройства составим уравнения теплового баланса, схема распределения основных составляющих теплопотерь газогорелочного устройства представлена на рис. 5:

$$Q_{\Sigma} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \quad (1)$$

где Q_{Σ} – теплота выделяемая при сгорании газообразного топлива; Q_1 – потери тепла, вызванные

радиационным теплообменом между объёмом сгоревшего газа и окружающей средой; Q_2 – общее количество тепла, поглощённое испытательным сосудом; Q_3 – потери тепла с уходящими продуктами сгорания газового топлива, после теплообмена с боковой поверхностью испытательного сосуда; Q_4 – общее количество тепла, поглощённое корпусом газогорелочного устройства.

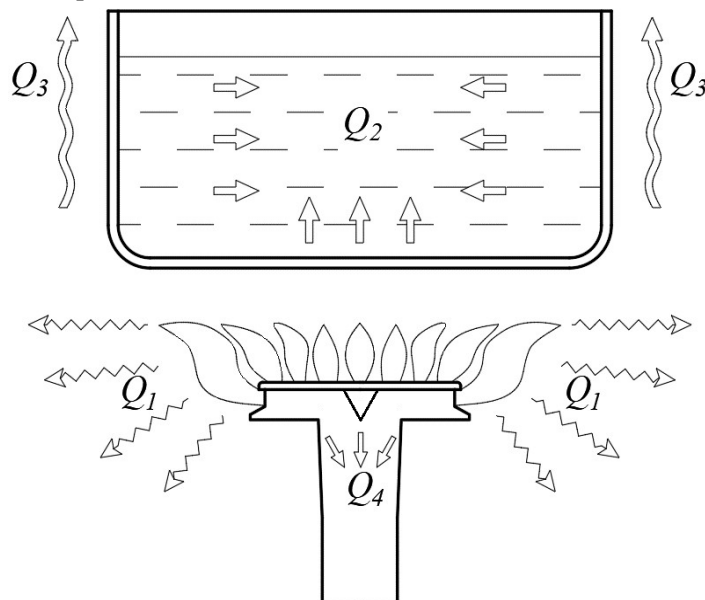


Рис. 5. Схема распределения тепловых потерь теплового баланса газогорелочного устройства

Общее количество тепла, выделяемое при сгорании газообразного топлива, рассчитывается:

$$Q_{\Sigma} = G_{\text{газ}} \cdot Q_n \quad (2)$$

где $G_{\text{газ}}$ – массовый расход топлива, кг/с, Q_n – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг.

Потери тепла, вызванные радиационным теплообменом между объёмом сгоревшего газа и окружающей средой, выражаются согласно закону Стефана-Больцмана по формуле [19–22]:

$$Q_1 = \varepsilon \cdot \sigma (t_{\text{нл}}^4 - t_{\text{ср}}^4) \cdot F_{\text{нл}}, \quad (3)$$

где ε – коэффициент излучения (степень черноты), σ – постоянная Стефана-Больцмана ($\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴), $t_{пл.}$, $t_{ср.}$ – температура пламени и окружающей среды, °С, $F_{пл.}$ – площадь поверхности пламени, м².

$$Q_2 = (c_{p(вод.)} \cdot m_{вод.} + c_{p(сосуд.)} \cdot m_{сосуд.}) \cdot (t_{к(вод.)} - t_{н(вод.)}), \quad (4)$$

где $c_{p(вод.)}$, $c_{p(сосуд.)}$ – массовая изобарная теплоёмкость воды и материала испытательного сосуда (алюминий), кДж/(кг·°С), $m_{вод.}$, $m_{сосуд.}$ – масса воды и самого испытательного сосуда, кг, $t_{н(вод.)}$, $t_{к(вод.)}$ – начальная и конечная температура воды в испытательном сосуда, °С.

Потери тепла с уходящими дымовыми газами, после теплообмена с боковой поверхностью испытательного сосуда:

$$Q_3 = G_{д.газ} \cdot c_{p(д.газ)} (t_{д.газ} - t_{ср.}), \quad (5)$$

где $G_{д.газ}$ – массовый расход дымовых газов, кг/с, $c_{p(д.газ)}$ – массовая изобарная теплоёмкость дымовых газов, кДж/(кг·°С), $t_{д.газ}$, $t_{ср.}$ – температура дымовых газов после теплообмена с боковой поверхностью и температура окружающей среды, °С.

Тепло поглощённое корпусом газогорелочного устройства:

$$Q_4 = c_{p(г.устр.)} \cdot m_{г.устр.} (t_{к(г.устр.)} - t_{н(г.устр.)}) \quad (6)$$

где $c_{p(г.устр.)}$ – массовая изобарная теплоёмкость материала газогорелочного устройства, кДж/(кг·°С), $m_{г.устр.}$ – масса газогорелочного устройства, кг, $t_{н(г.устр.)}$, $t_{к(г.устр.)}$ – начальная и конечная температура газогорелочного устройства, °С.

$$КПД_{(г.устр.)} = Q_2 / Q_{\Sigma} \quad (7)$$

Таким образом, КПД газогорелочного устройства представляет собой отношение полезно затраченного тепла (поглощённого испытательным сосудом) к общему количеству тепла выделяемого при сгорании газообразного топлива.

Подготовка газового топлива для сжигания является одной из важных функций, которые выполняет газовая горелка. При этом для разработчиков газогорелочных устройств полезным является возможность определения конечной температуры газовой смеси внутри корпуса горелки, так как повышение температуры полученной смеси позволяет интенсифицировать процесс горения. Так как горение — это химическая реакция окисления газообразного топлива кислородом, который содержится в воздухе, эта особенность процесса объясняется, например, правилом Вант-Гоффа, которое гласит, что при нагревании

Процессы теплообмена между поверхностями твёрдых тел и газообразной средой представим выражениями, основанными на законе Ньютона-Рихмана [23–24].

Общее количество тепла, поглощённое испытательным сосудом, определяется:

скорость большинства химических реакций увеличивается [25–27].

Процесс работы газогорелочного устройства сопровождается поглощением корпусом газогорелочного устройства некоторой части тепла, выделяемого при сгорании газа. Потери тепла такого рода неизбежны для горелок атмосферного типа. Вместе с тем, нагретые поверхности газовой горелки передают тепло протекающей в корпусе газовой смеси, тем самым обеспечивается её предварительный подогрев.

Рассмотрим процессы передачи тепла при установившемся режиме работы, происходящие в корпусе газовой горелки.

При установившемся режиме работы, когда температура крышки горелки достигла постоянного значения $t_{кр}$ и уже не меняется с течением времени, количество тепла, поглощённое потоком газовой смеси при изменении температуры потока от $t_{н(ном.)}$ до температуры $t_{к(ном.)}$ будет выражаться:

$$Q_{ном} = G_{ном.} \cdot c_{p(ном.)} \cdot (t_{к(ном.)} - t_{н(ном.)}), \quad (8)$$

где $G_{ном.}$ – массовый расход газовой смеси, кг/с, $c_{p(ном.)}$ – массовая изобарная теплоёмкость газовой смеси, кДж/(кг·°С), $t_{н(ном.)}$, $t_{к(ном.)}$ – соответственно начальная температура и температура газовой смеси на выходе из огневых отверстий, °С.

При этом, в результате конвективной теплопередачи от крышки горелки с температурой $t_{кр}$ к потоку газа с начальной температурой $t_{н(ном.)}$ передаётся количество тепла, определяемое по формуле:

$$Q_{кр} = F_{мен} \cdot \alpha_{кр} \cdot \Delta t_{ном}, \quad (9)$$

где $F_{мен.}$ – площадь внутренней поверхности крышки, участвующей в теплообмене с потоком газовой смеси, м², $\alpha_{кр}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности крышки, участвующей в теплообмене с потоком газовой смеси, Вт/(м²·К), $\Delta t_{ном}$ – среднелогарифмическая разность температур между внутренней поверхностью крышки $F_{мен.}$ и потоком газовой смеси, °С.

Среднелогарифмическая разность температур:

$$\Delta t_{nom} = \frac{(t_{кр} - t_{n(nom.)}) - (t_{кр} - t_{к(nom.)})}{\ln \frac{(t_{кр} - t_{n(nom.)})}{(t_{кр} - t_{к(nom.)})}}. \quad (10)$$

Таким образом, задавшись условием равенства, количество тепла, отдаваемого нагретой крышкой потоку газозвоздушной смеси и количества тепла, поглощённого потоком газозвоздушной смеси ($Q_{кр} = Q_{nom}$) получаем следующее выражение:

$$\ln \frac{(t_{кр} - t_{n(nom.)})}{(t_{кр} - t_{к(nom.)})} = \frac{F_{мен.} \cdot \alpha_{кр}}{G_{nom.} \cdot c_{p(nom.)}}. \quad (11)$$

Прологарифмировав правую часть выражения и выполнив соответствующие сокращения, получим уравнение для определения конечной температуры газового потока (температуры на выходе из огневых отверстий газовой горелки):

$$t_{к(nom.)} = t_{кр} - (t_{кр} - t_{n(nom.)}) \cdot \exp \left(- \frac{F_{мен.} \cdot \alpha_{кр}}{G_{nom.} \cdot c_{p(nom.)}} \right). \quad (12)$$

Данное уравнение позволяет определить конечную температуру газового потока ($t_{к(nom.)}$) после контакта с участвующей в теплообмене внутренней поверхностью крышки ($F_{мен.}$), с температурой ($t_{кр}$). С учётом конструкции горелки с тепловым рассекателем полезная площадь теплообмена состоит из площади боковой поверхности конуса и кольцевой поверхности крышки.

Выводы.

4. Разработана конструкция газовой горелки повышенной эффективности, оснащенная тепловым рассекателем конической формы, установленным в центре с внутренней стороны крышки. Установка теплового рассекателя позволяет производить предварительный подогрев газозвоздушной смеси в корпусе горелки.

5. Составлен тепловой баланс горелки, оснащенной тепловым рассекателем, учитывающий тепло, поглощённое корпусом газогорелочного устройства с тепловым рассекателем. Тепловой баланс позволяет определить КПД горелки разработанной конструкции.

6. Получено выражение для определения конечной температуры газозвоздушного потока после теплообмена с крышкой газовой горелки, оснащенной тепловым рассекателем.

7. Установлено, что место размещения теплового рассекателя в центре с внутренней стороны крышки позволяет минимизировать или полностью исключить образование застойной зоны. Коническая форма рассекателя обеспечивает меньшее сопротивление встречному движению потока, а также за счёт собственной боковой поверхности позволяет увеличить полезную площадь поверхности теплообмена.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Статистический сборник. ТЭК России – 2019. Выпуск – июнь 2020 : сайт. Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. URL: <https://www.ac.gov.ru/publications/topics/topic/13700> (дата обращения 18.05.2021)
2. Годовой отчет ПАО «Газпром» за 2019 год.: сайт. ПАО «Газпром». URL: <https://www.gazprom.ru/investors/disclosure/report/s/2019/> (дата обращения 18.05.2021)
3. Bantu A.A., Nuwagaba G., Kizza S., Turinayo Y.K. Design of an Improved Cooking Stove Using High Density Heated Rocks and Heat Retaining Techniques // Journal of Renewable Energy. 2018. Pp. 1–9 DOI.org/10.1155/2018/9620103
4. Decker T.J. Modeling tool for household biogas burner flame port design, A TJ Decker -CSU Theses and Dissertations // Colorado State University. Fort Collins, Colorado, 2017. 95 p.
5. Turns S.R. An Introduction to Combustion: Concepts and Applications, 3rd Edition // WBC McGraw-Hill. New York, 2012. 754 p.
6. Le Corre O. and Loubar K. Natural Gas: Physical Properties and Combustion Features // Engineering & Technology, Physical Sciences. 2010. Pp. 39–70
7. Hull S. et al Guidebook to Gas Interchangeability and Gas Quality // Published by BP in association with the IGU. Brussels, 2011. 156 p.
8. Jugjai S., Rungsimuntuchart N. High efficiency heat-recirculating domestic gas burners // Experimental Thermal and Fluid Science. 2002. Том. 26. №. 5. Pp. 581–592 DOI:10.1016/S0894-1777(02)00164-4
9. Aroonjarattham P. The Parametric Studied of High Pressure Gas Burner Affect Thermal Efficiency // Engineering journal 2016. Том. 20. № 3. Pp. 33–48 DOI:10.4186/ej.2016.20.3.33
10. Khan M. and Saxena A. Performance Of LPG Cooking Stove Using Different Design Of Burner Heads // International Journal of Engineering Research & Technology. 2013. Том. 2. № 7. Pp. 656–659/
11. Dahiya D., Singh L.R. and Bhatia P. Improvement of the Domestic LPG Cooking Stoves // A Review Indian Journal of Science and Technology. 2016. Том. 9. № S1. Pp. 1–8 DOI: 10.17485/ijst/2016/v9iS1/105856
12. Huda Z. Metallurgy for Physicists and Engineers. Fundamentals, Applications, and Calculations // Engineering & Technology, Physical Sciences. London, 2020. 360 p.
13. Yang Y.T. and Tsai S.Y. Numerical study of transient conjugate heat transfer of a turbulent

impinging jet International // Journal of heat and mass transfer. 2007. Том. 50. № 5–6. Pp. 799–807 DOI.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2006.08.022

14. Xin Liu, Gabour L.A., Lienhard V.J.H. Stagnation-Point Heat Transfer During Impingement of Laminar Liquid Jets: Analysis Including Surface Tension // Journal of Heat Transfer. 1993. Том. 115. Pp. 99–105 DOI:10.1115/1.2910677

15. Nakoryakov V.E., Pokusaev B.G., Troyan E.N. Impingement of an axisymmetric liquid jet on a barrier // Int. J. Heat Mass Transfer. 1978. Том. 21. № 9. Pp. 1175–1184 DOI.org/10.1016/0017-9310(78)90136-9

16. Тененев В.А., Губерт А.В., Михайлов Ю.О., Корепанов М.А. Исследование процессов в газовых горелках для бытовых плит // Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН «Химическая физика и мезоскопия» Ижевск. 2010. Том: 12. № 1. С. 45–53

17. Suslov D.Y., Ramazanov R.S., Temnikov D.O., Lobanov I.V. 2019 Development and research of low pressure injection burner for biogas combustion. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 2019 (Belgorod: Institute of Physics Publishing) Том. 552. Pp. 012031 DOI.org/10.1088/1757-899X/552/1/012031

18. Суслов Д.Ю., Рамазанов Р.С. Моделирование сжигания биогаза в инжекционной горелке с тепловым рассекателем // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова. 2020 № 4. С. 40–47 DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-4-40-47

19. Yunus A. Heat transfer. A Practical Approach. Second Edition // WBC McGraw-Hill. New York, 1998. 1006 p.

20. John H., Lienhard I.V., John H., Lienhard V. A heat transfer textbook, 5th edition // Phlogiston Press. Cambridge, 2019. 784 p.

21. Kelleher M.D. et al Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics // Elsevier. Amsterdam, 1993. 1864 p.

22. Viskanta R. Heat Transfer to Impinging Isothermal Gas and Flame Jets // Experimental Thermal and Fluid Science. 1993. Vol. 6. № 2. Pp. 111–134. DOI.org/10.1016/0894-1777(93)90022-B

23. Kuznetsov V.A., Trubaev P.A. Convective heat transfer in the near-wall turbulent gas stratum // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 2019 (Belgorod: Institute of Physics Publishing). Том. 552. Pp. 012005 DOI:10.1088/1757-899X/552/1/012005

24. Geers L.F.G., Tummers M.J., Bueninck T.J. and Hanjalic K. Heat transfer correlation for hexagonal and in-line arrays of impinging jets // International journal of heat and mass transfer. 2008. Том. 51. № 21–22. Pp. 5389–5399 DOI.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2008.01.035

25. Gardiner W.C.Jr. (Ed.) Gas-Phase Combustion Chemistry 2nd Edition // Springer. Dordrecht, 1999. 539 p.

26. Raju K.S.N. Fluid mechanics, heat transfer, and mass transfer // Chemical engineering practice. John Wiley & Sons Limited. New York, 2011. 750 p.

27. Penumadu P.S., Rao A.G. Numerical investigations of heat transfer and pressure drop characteristics in multiple jet impingement system // Applied Thermal Engineering. 2017. Vol. 110. Pp. 1511–1524. DOI:10.1016/j.applthermaleng.2016.09.057

Информация об авторах

Рамазанов Рафшан Салманович, ассистент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. E-mail: boss.rafshan@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Суслов Денис Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. E-mail: suslov1687@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Куцев Леонид Анатольевич, доктор технических наук, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Семиненко Артём Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. E-mail: seminenko.as@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Уваров Валерий Анатольевич, доктор технических наук, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 15.05.2021 г.

© Рамазанов Р.С., Суслов Д.Ю., Кущев Л.А., Семиненко А.С., Уваров В.А., 2021

***Ramazanov R.S., Suslov D.Y., Kushchev L.A., Seminenko A.S., Uvarov V.A.**

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

**E-mail: boss.rafshan@mail.ru*

THEORETICAL DESCRIPTION OF THE PROCESS OF HEATING THE GAS-AIR MIXTURE IN THE BODY OF THE BURNER WITH A THERMAL DIVIDER

Abstract. The main thermal processes occurring during the operation of a gas burner device for household use are considered. One of the important functions performed by the gas burner device is the preparation of fuel for subsequent combustion. The efficiency and quality of the combustion process directly depends on the temperature of the gas-air mixture. Since an increase in the temperature of the mixture contributes to the intensification of the combustion process, when designing gas burner devices, it is useful to determine the temperature of the gas-air mixture inside the burner body. We have proposed a solution that makes it possible to increase the efficiency of the gas burner device by intensifying the preheating from the thermal divider to the gas-air mixture inside the body of the gas burner. It has been established that the placement of the thermal divider in the central part on the inner side of the cover allows one to reduce the stagnant zone area when the flow of the gas-air mixture moves, and the conical shape of the thermal divider provides minimal resistance to the movement of the gas-air mixture flow inside the gas burner, in addition, the side surface of the thermal divider additionally increases the area heat transfer. An expression is obtained for calculating the average temperature of the gas-air mixture at the outlet from the firing holes of the gas burner.

Keywords: preheating, gas-air mixture, thermal divider, heat exchange, combustion, gas burner.

REFERENCES

1. Statistical compilation. FEK of Russia – 2019. Analytical center under the government of the Russian Federation [Statisticheskij sbornik. TEK Rossii – 2019. Analiticheskij centr pri Pravitel'stve Rossijskoj Federacii]. URL: <https://www.ac.gov.ru/publications/topics/topic/13700> (date of treatment: 18.05.2021) (rus)
2. Gazprom public joint stock company annual report for 2019 [Godovoj otchet PAO «Gazprom» za 2019 g.]. URL: <https://www.gazprom.ru/investors/disclosure/reports/2019/> (date of treatment: 18.05.2021) (rus)
3. Bantu A.A., Nuwagaba G., Kizza S., Turinayo Y.K. Design of an Improved Cooking Stove Using High Density Heated Rocks and Heat Retaining Techniques. Journal of Renewable Energy. 2018. Pp. 1–9. DOI.org/10.1155/2018/9620103
4. Decker T.J. Modeling tool for household biogas burner flame port design, A TJ Decker-CSU Theses and Dissertations. Colorado State University. Fort Collins, Colorado, 2017. 95 p.
5. Turns S.R. An Introduction to Combustion: Concepts and Applications, 3rd Edition. WBC McGraw-Hill. New York, 2012. 754 p.
6. Le Corre O., Loubar K. Natural Gas: Physical Properties and Combustion Features. Engineering & Technology, Physical Sciences. 2010. Pp. 39–70
7. Hull S. et al Guidebook to Gas Interchangeability and Gas Quality. Published by BP in association with the IGU. Brussels. 2011. 156 p.
8. Jugjai S., Rungsimuntuchart N. High efficiency heat-recirculating domestic gas burners Experimental Thermal and Fluid Science. 2002. Vol. 26. No. 5. Pp. 581–592 DOI:10.1016/S0894-1777(02)00164-4
9. Aroonjarattham P. The Parametric Studied of High Pressure Gas Burner Affect Thermal Efficiency Engineering journal. 2016. Vol. 20. No. 3. Pp. 33–48 DOI:10.4186/ej.2016.20.3.33
10. Khan M., Saxena A. Performance Of LPG Cooking Stove Using Different Design Of Burner Heads International Journal of Engineering Research & Technology. 2013. Vol. 2. No. 7. Pp. 656–659.
11. Dahiya D., Singh L.R., Bhatia P. Improvement of the Domestic LPG Cooking Stoves: A Review. Indian Journal of Science and Technology. 2016. Vol. 9. No. S1. Pp. 1–8 DOI: 10.17485/ijst/2016/v9iS1/105856
12. Huda Z. Metallurgy for Physicists and Engineers. Fundamentals, Applications, and Calculations. Engineering & Technology, Physical Sciences. London, 2020. 360 p.
13. Yang Y.T., Tsai S.Y. Numerical study of transient conjugate heat transfer of a turbulent impinging jet. International journal of heat and mass transfer. 2007. Vol. 50. No. 5-6. Pp. 799–807 DOI.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2006.08.022
14. Xin Liu, Gabour L.A., Lienhard V.J.H. Stagnation-Point Heat Transfer During Impingement of Laminar Liquid Jets. Analysis Including Surface Tension J. Heat Transfer. 1993. Vol. 115. Pp. 99–105 DOI:10.1115/1.2910677
15. Nakoryakov V.E., Pokusaev B.G., Troyan

E.N. Impingement of an axisymmetric liquid jet on a barrier Int. J. Heat Mass Transfer. 1978. Vol. 21. No. 9. Pp. 1175–1184 DOI.org/10.1016/0017-9310(78)90136-9

16. Tenenev V.A., Gubert A.V., Mihajlov Yu.O., Korepanov M.A. Research of processes in gas burners for household stoves [Issledovanie processov v gazovyh gorelках dlya bytovyh plit] Udmurtskij federal'nyj issledovatel'skij centr UrO RAN «Himicheskaya fizika i mezoskopiya» Izhevsk. 2010. Vol. 12. No. 1. Pp. 45–53 (rus)

17. Suslov D.Y., Ramazanov R.S., Temnikov D.O., Lobanov I.V. Development and research of low pressure injection burner for biogas combustion. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 2019 (Belgorod: Institute of Physics Publishing) Vol. 552. Pp. 012031 DOI.org/10.1088/1757-899x/552/1/012031

18. Suslov D.Y., Ramazanov R.S. Simulation of biogas combustion in an injection burner with a heat divider [Modelirovanie szhiganiya biogaza v inzhekcionnoj gorelke s teplovym rassekatelem] Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 4. Pp. 40–47 (rus) DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-4-40-47

19. Yunus A. Heat transfer. A Practical Approach. Second Edition. WBC McGraw-Hill. New York, 1998. 1006 p.

20. John H., Lienhard I.V., John H., Lienhard V. A heat transfer textbook, 5th edition. Phlogiston Press. Cambridge, 2019. 784 p.

21. Kelleher M.D. et al Experimental Heat

Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics. Elsevier. Amsterdam, 1993. 1864 p.

22. Viskanta R. Heat Transfer to Impinging Isothermal Gas and Flame Jets. Experimental Thermal and Fluid Science. 1993. Vol. 6. No. 2. Pp. 111–134. DOI.org/10.1016/0894-1777(93)90022-B

23. Kuznetsov V.A., Trubaev P.A. Convective heat transfer in the near-wall turbulent gas stratum IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 2019 (Belgorod: Institute of Physics Publishing). Vol. 552. Pp. 012005. DOI:10.1088/1757-899x/552/1/012005

24. Geers L.F.G., Tummers M.J., Bueninck T.J., Hanjalic K. Heat transfer correlation for hexagonal and in-line arrays of impinging jets International journal of heat and mass transfer. 2008. Vol. 51. No. 21–22. Pp. 5389–5399. DOI.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2008.01.035

25. Gardiner W.C.Jr. (Ed.) Gas-Phase Combustion Chemistry 2nd Edition. Springer. Dordrecht, 1999. 556 p.

26. Raju K.S.N. Fluid mechanics, heat transfer, and mass transfer. Chemical engineering practice. John Wiley & Sons Limited. New York, 2011. 750 p.

27. Penumadu P.S., Rao A.G. Numerical investigations of heat transfer and pressure drop characteristics in multiple jet impingement system. Applied Thermal Engineering. 2017. Vol. 110. Pp. 1511–1524.

DOI:10.1016/j.applthermaleng.2016.09.057

Information about the authors

Ramazanov, Rafshan S. Postgraduate student. E-mail: boss.rafshan@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Suslov, Denis Y. PhD. E-mail: suslov1687@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Kushchev, Leonid A. DSc, Professor. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Semenenko, Artyom S. PhD. E-mail: semenenko.as@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Uvarov, Valerij A. DSc, Professor Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 15.05.2021

Для цитирования:

Рамазанов Р.С., Суслов Д.Ю., Куцев Л.А., Семенов А.С., Уваров В.А. Теоретическое описание процесса подогрева газозоошной смеси в корпусе горелки с тепловым рассекателем // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 8. С. 26–34. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-26-34

For citation:

Ramazanov R.S., Suslov D.Y., Kushchev L.A., Semenenko A.S., Uvarov V.A. Theoretical description of the process of heating the gas-air mixture in the body of the burner with a thermal divider. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 8. Pp. 26–34. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-26-34

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-35-44

Зиятдинов Т.З.

Московский архитектурный институт (государственная академия)

E-mail: tz1459@yandex.ru

МЕГАЛОПОЛИСЫ: ПРИЧИНЫ, МАСШТАБЫ, ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ

Аннотация. Мегалополис рассматривается как слияние ряда агломераций, каждая из которых обладает синергетическими эффектами. Мегарегион является более сложной системой относительно входящих в его состав агломераций и обладает суммой их синергий и новыми эмерджентными качествами. Приведена терминология, используемая в отечественной и зарубежной литературе для обозначения мегарегионов. Определена экзистенциальная причина и выделены экономические и социальные факторы и синергетические эффекты функционирования мегаагломераций. Графически и в табличной форме отражены этапы структурно-планировочного формирования мегалополисов. Отмечена корреляция между наращиванием потенциалов мегалополисов и развитием транспортной инфраструктуры их территорий. Выявлены структурно-планировочные характеристики и градостроительные тенденции развития мегалополисов. Дана характеристика типов планировочной структуры мегалополисов. Показана полицентричность и превалирование линейно-осевого развития архитектурно-планировочной структуры мегалополисов. Отмечена постоянная территориально-пространственная экспансия мегаагломераций. Поставлены современные градостроительные проблемы развития мегалополисов: отсутствие градорегулирования их развития, дефицит профессиональных кадров в области их планирования, отсутствие теории развития мегалополисов, чрезмерные прессинги на экосистемы. Экстраполяция территориального роста объединенных метро-ареалов позволяет прогнозировать их слияние в единую урбанизированную «сеть» планеты. Выделены предпосылки развития новейшего градостроительного тренда XXI века – формирование трансграничных мегарегионов.

Ключевые слова: мегарегион, урбан-ареал, метро-ареал, агломерация, конурбация, трансграничные мегаагломерации, транспортные системы мегалополисов.

Введение. В новейшей истории человечества наблюдается перманентно возрастающая экспансия уникального градостроительного феномена: мегалополисов, каждый из которых представляет собой территориальное сращивание ряда городских агломераций в урбанизированные ареалы с размерами в длину и ширину от нескольких сотен до нескольких тысяч километров. Наряду с термином «мегалополис» в отечественной градостроительной литературе используются синонимичные понятия «сверхагломерация» [1, 2], «мегарегион», «надагломерационные территориально-пространственные системы» [2, 3], «мегаагломерации» [4–6]. За рубежом распространены термины «урбан-ареал» [7], означающий крупный или крупнейший город-ядро агломерации, «метро-ареал» [8] – агломерация, «объединенный метро-ареал» и мегарегион (megaregion) [9, 10] – мегалополис.

На территориях мегалополисов могут проживать десятки и сотни миллионов людей, концентрируются значительные объемы разнообразных ресурсов: материальных, духовно-культурных, научно-образовательных, интеллектуально-когнитивных, финансово-экономических, социально-нравственных, производственно-технологических, промышленно-хозяйственных, инже-

нерно-транспортно-инфраструктурных, художественно-эстетических [2, 3, 11, 12]. Темпы экономического развития мегалополисов имеют опережающий характер сравнительно с внемегалополисными территориями [2, 13]. Мегарегионы как системы являются центрами генерирования многообразных синергетических эффектов во многих областях жизнедеятельности людей [4, 14].

В современный период наиболее значимыми публикациями по рассматриваемой тематике являются труды отечественных ученых: Юсин Г.С. [1], Колясников В.А. [3], Моисеев Ю.М. [4, 5], Мазаев А.Г. [16], Боков А.В. [17] и др.

Зарубежными учеными рассматривалась специфика развития метро-ареалов в странах Западной Европы, Китае и США: Фанг С. (Fang C.) [8], Юй Д. (Yu D.) [8] – КНР; Лойбл В. (Loibl W.) [9], Этминан Г. (Etminan G.) [9], Нойманн Г.-М. (Neumann H.-M.) [9] – Австрия; Хонерманн Х. (Honermann H.) [10], Виттер Р. (Witter R.) [10] – ФРГ, Морли Д. (Morley D.) [12] – США и др.

Значимость мегалополисов в развитии человечества перманентно возрастает. Однако до настоящего времени в работах отечественных и зарубежных градостроителей проблемы развития мегалополисов рассматривались в недостаточной степени и требуют изучения.

Методика исследований включает:

- систематизация результатов научных публикаций ряда зарубежных стран, где развитие наднагломерационных форм организации расселения началось раньше сравнительно с Россией;
- графоаналитическое рассмотрение картографических материалов интернет-сервисов Yandex- и Google-карты на предмет определения тенденций развития мегалополисов и характеристик их территориально-пространственного формирования;
- анализ генеральных планов крупных и крупнейших городов и их агломераций по материалам федеральной государственной информационной системы территориального планирования (ФГИС ТП);
- анализ (сопоставление, группировка и обобщение) результатов научных работ по проблемам развития агломераций и мегарегионов в России, Западной Европе, США, Китае и ряде других стран;
- интервьюирование экспертов (докторов и кандидатов наук в области градостроительства, экономической географии, управления развитием регионов) по вопросам формирования перечня и ранжирования проблем градостроительного планирования крупных городских агломераций.

Цель статьи – показать динамику перерастания крупных и крупнейших городских агломераций в мегалополисы, представляющие собой новейший градостроительный феномен конца XX – XIX веков.

Объектом исследования являются городские агломерации и мегарегионы в развитых странах мира, в основном в США, Западной Европе, Китае.

Задачи исследования в рамках настоящей статьи:

- выявить причины развития метро-ареалов;
- показать динамику трансформации отдельного поселения в агломерации и конурбации и, в ходе дальнейшего развития – в мегарегион;
- отразить масштабность синергии мегалополисов относительно агломераций и конурбаций;
- выявить условия и предпосылки формирования наднагломерационных территориально-пространственных систем;
- определить структурно-планировочные характеристики и тенденции развития мегалополисов;
- показать градостроительные проблемы развития мегаагломераций.

Основная часть. Причины развития мегалополисов. Развитие мегаагломераций вызвано

комплексом причин, среди которых целесообразно выделить главную, фундаментальную причину и ряд частных причин, которые можно разделить на две группы: 1 – экономические, 2 – социальные.

Фундаментально-экзистенциальной причиной зарождения мегаагломераций является развитие производительных сил общества до уровня, когда их функционирование становится эффективным по социально-экономическим параметрам и обеспечивает более высокий сравнительно с внеагломерационными пространствами уровень жизни населения.

Экономические и социальные причины развития мегалополисов тождественны синергетическим эффектам и потенциалам, возникающим в агломерационных системах.

1. Экономические эффекты:

– производственно-экономические: большой рынок труда потенциальных сотрудников и клиентов компаний; широкие рынки сбыта местной продукции; возможность быстро расширить производство; развитые транспортные связи как внутри агломерационной системы, так и с другими системами; высокая предпринимательская активность и конкуренция; высокая производительность труда; привлечение для сотрудничества физических и юридических лиц из других мегалополисов разных государств [15];

– коммунально-бытовые: совершенствование сферы коммунально-бытового обслуживания за счет внедрения передовых технологий и, при необходимости, мобилизации агломерационных сил и средств для решения коммунальных проблем [16].

2. Социальные эффекты:

– социокультурные: наличие условий для широкого круга личного общения; высокая концентрация и разнообразие благоустроенных общественных пространств для проведения культурно-массовых мероприятий; широкий диапазон условий для занятий хобби и развлечениями и др. [4, 17];

– научно-образовательные: генерирование новых знаний и новых технологий; использование потенциалов научно-исследовательских и высших образовательных организаций жителями мегалополиса, включая население пригородных зон;

– спортивно-физкультурные: посещение объектов спортивной инфраструктуры, включая крупные спортивные комплексы, крупных и крупнейших городов-центров агломераций жителями пригородной зоны [18–20];

– медико-оздоровительные: возможность получения высокоуровневого медицинского обслуживания в ядрах агломераций населением пригородных поселков и небольших городов.

От поселения к мегалополису: структурно-планировочное развитие. Структурное развитие мегалополисов во времени от первоначально возникшего поселения до современной наагломерационной системы выявлено в ходе анализа научных трудов, посвященных изучению

процессов агломерирования территорий. Цельное представление сформировано благодаря сведениям, собранным из разных источников. Логика и последовательность формирования агломераций и трансформации их в конурбации и мегалополис показана на рис. 1.

Описание выделенных на рис. 1 шести этапов формирования мегалополиса дано в таблице 1.

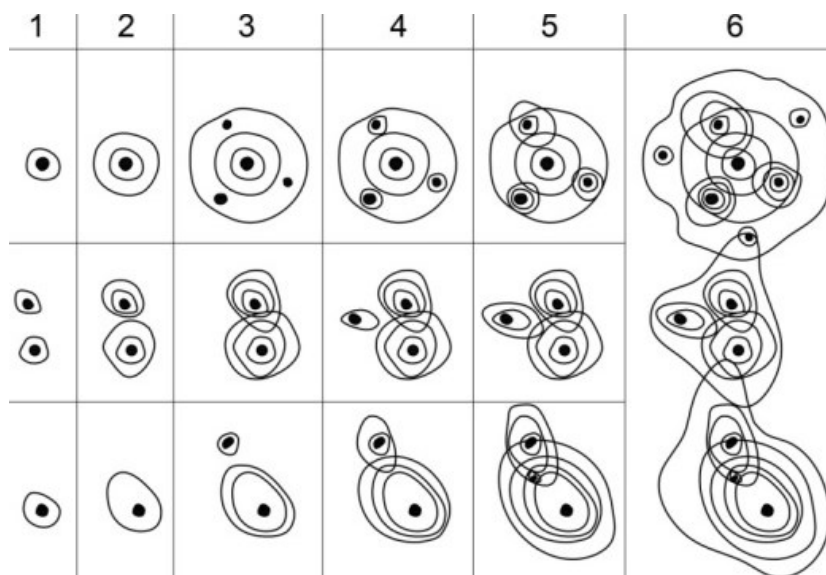


Рис. 1. Этапы развития агломераций. В трех строках рисунка показано формирование трех агломераций, которые трансформируются в конурбации и, разрастаясь территориально, сливаются в высокоурбанизированный ареал мегалополиса

Таблица 1

Последовательность и периоды агломерирования территорий и формирования мегалополисов

Этап	Развитие градостроительных систем	Временной период
1	Возникновение поселения	От рабовладельческого периода до настоящего времени
2	Разрастание города	
3	Начало формирования агломерации: экспансия зоны влияния города и вхождение в нее других поселений	В основном IV–VIII – XX века, продолжается в XXI в.
4	Начало формирования конурбации: появление в зоне влияния агломерации новых ядер и агломераций второго порядка	XX – XXI века
5	Развитая конурбация: в крупной агломерации первого порядка сформированы средние и малые агломерации второго и третьего порядков	Вторая половина XX века – XXI век
6	Образование мегалополиса: срастание и частичное наложение агломераций и конурбаций в урбанизированный ареал – мегалополис	Наиболее интенсивно – в последней четверти XX века и, особенно, в XXI веке

Синергия мегалополисов. Согласно теории систем, с возрастанием уровня сложности системы увеличиваются ее синергетические эффекты. Мегалополис сравнительно с отдельными агломерациями является более сложной системой, обладающей сверхсинергией.

Сверхсинергия мегалополисов образуется за счет концентрации населения и деятельности на территориях нескольких агломерационных ареа-

лов. Подобно тому, как величины градостроительных показателей функционирования агломераций больше сравнительно с внеагломерационными территориями, значение урбо-показателей мегалополисов больше относительно внемегалополисных земель.

Функциональные специализации отдельных агломераций суммируются на территории мега-региона. Численность населения и количество

предприятий кратно возрастают. Жители получают расширенный выбор мест приложения труда, предприятия могут отбирать наиболее квалифицированных специалистов, возрастает уровень конкуренции, растет производительность труда, масштабируется рынок сбыта продукции, интенсифицируются пассажиро- и грузопотоки, повышается средний уровень доходов населения. Сверхсинергия мегалополисов становится фактором, усиливающим иммиграционные потоки.

Трансграничные мегалополисы, интегрирующие агломерации разных государств, вызывают усиление процессов трансграничных обменов и взаимодействий, – и тем самым активизируют развитие глобализации, способствуют перетеканию капиталов из экономически развитых стран в государства с менее развитой экономикой, способствуют увеличению туристских потоков между странами, благоприятствуют взаимообо-

гащению культур народов, формированию общих экономических и социокультурных целей и интересов.

Условия и предпосылки развития мегалополисов. Объединенные метро-ареалы возникают в результате градостроительного освоения обширных территорий нескольких сросшихся агломераций, для развития которых привлекаются значительные финансовые ресурсы на возведение и эксплуатацию объектов капитального строительства, инженерной и транспортной инфраструктур, благоустройство общественных пространств и т.д. Содержание мегалополисов по-прежнему в основном для государств с мощной экономикой. Исходя из этого, одним из факторов образования мегалополисов является *высокий уровень развития экономики страны*. По рис. 2 видно, что наибольшее количество мегалополисов локализовано в двух крупнейших экономиках мира – США и КНР.

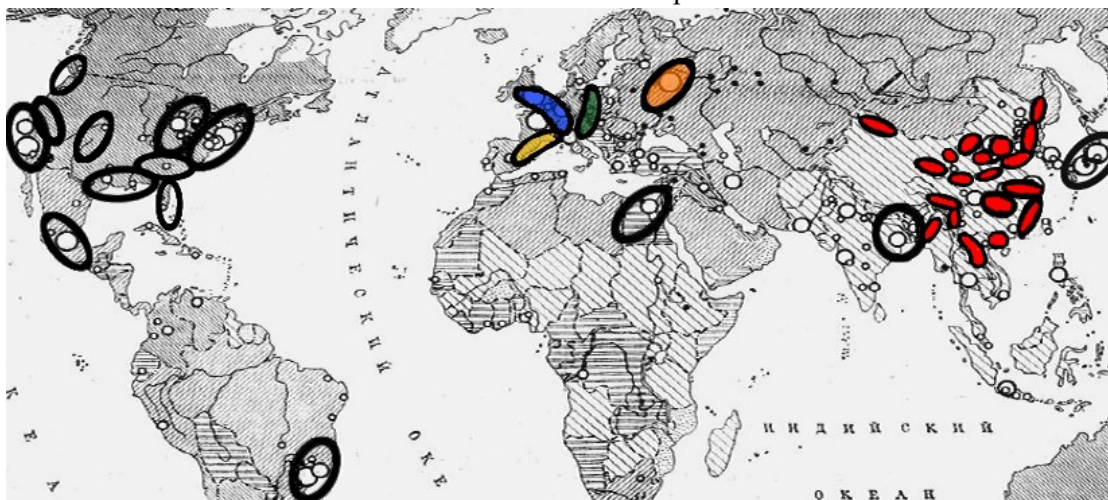


Рис. 2. Наиболее крупные мегалополисы мира. Формирующийся Московский мегалополис – показан оранжевым. Выделены три европейских мегалополиса, называемых по форме охватываемых территорий «бананами»: золотой (golden banana), синий (blue banana), зеленый (green banana). Мегалополисы Китая образовались в основном в XXI веке, на рисунке выделены красным

В США в 70-х годах XX века на побережье вдоль Атлантического океана появился метро-ареал, называемый БосВаш (англ. Bos-Wash) или «Северо-Восточный мегалополис» (англ. Northeast megalopolis), который образовался срастанием агломераций Бостона, Нью-Йорка, Филадельфии, Балтимора, Вашингтона с общим населением 40 млн. человек. Позднее сформировались мегарегионы южнее Великих озер (Приозерный мегалополис объединил агломерации Милуоки, Чикаго, Детройта, Питтсбурга, Кливленда и Буффало), на западе вдоль Тихого океана, на юге страны – на побережье Мексиканского залива и побережье Флориды (рис. 3).

Второе условие формирования мегалополисов – *небольшая территория государства при значительном его народонаселении; малая пло-*

щадь земель, пригодных для освоения, и вследствие этого, – высокая плотность населения и сети населенных пунктов. Подходящим примером может служить Египет, где благоприятные и интенсивно освоенные для проживания земли составляют менее 5 % государственной территории и находятся, главным образом, вдоль Нила, на побережье Красного и Средиземного морей. В устье Нила сформировался мегалополис с 16-миллионным населением Большой Каир, в который вошли агломерации, возглавляемые крупными и крупнейшими городами Каир – Новый Каир – Гиза – Кальюбия – Хелуан – Медина – Ситтат – Октябрь.

Интенсивные темпы развития экономики Китая, его полутора миллиардное население, большая часть которого проживает в восточной

части страны, способствуют быстрому распространению наднагломерационных форм градостроительства. Начиная с конца XX века на во-

стоке страны вдоль крупных рек и побережья Китайского моря образовались 17 мегалополисов разных территориальных размеров и конфигураций (рис. 2).

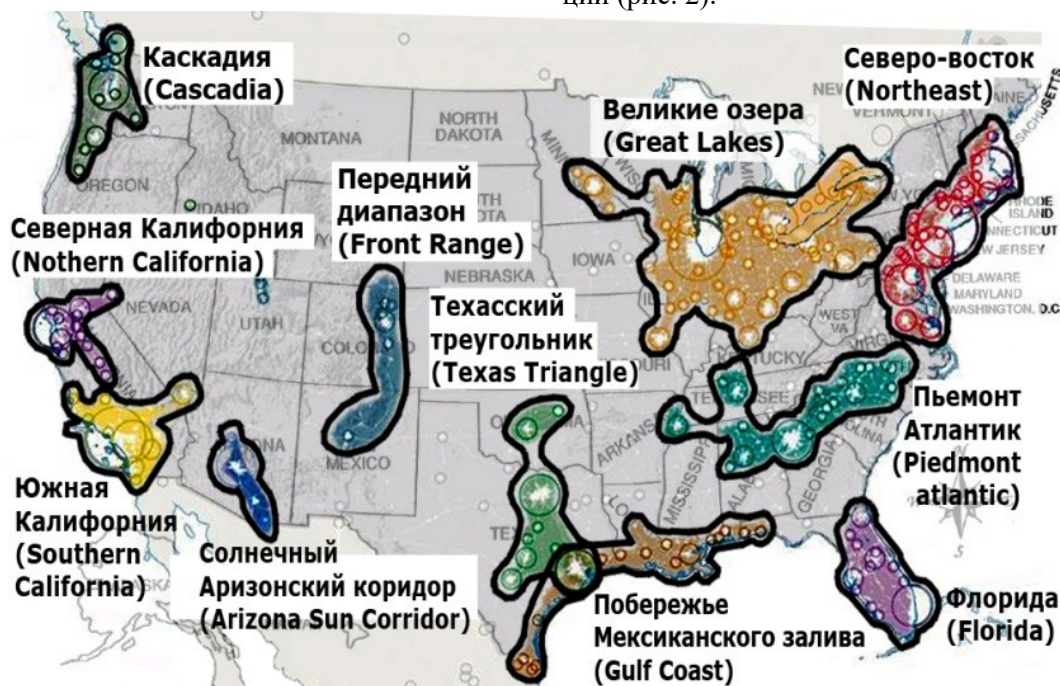


Рис. 3. Мегарегионы США. Доработан автором статьи с использованием источника: Florida in the Future: Competing as a Megaregion [Режим доступа: <https://fr.slideserve.com/dyani/florida-in-the-future-competing-as-a-megaregion>. Дата обращения 22.02.2021]

Третья предпосылка – *высокий уровень развития транспортных систем*, определяемый развитой сетью автомагистралей в границах городов и на межселенных территориях, наличием в среднем у каждой семьи не менее одного легкового автомобиля. Современная высокоразвитая и постоянно модернизируемая транспортная инфраструктура способствует так называемому «сжатию пространства»: повышение степени преодолемости пространств в виде увеличения из года в год средневзвешенной дальности поездки в единицу времени.

Четвертый резон – *благоприятные климатические условия*. Мегалополисы интенсивно развиваются в странах субтропического пояса (рис. 2), где энергозатраты на содержание жизнедеятельности относительно низкие в силу теплого климата. В субтропиках развиваются мегарегионы США, Японии, КНР, страны Средиземноморья и северной Африки. Европейские метро-ареалы получают тепловую энергию Гольфстрима.

Структурно-планировочные характеристики и тенденции развития мегалополисов. В развитии архитектурно-планировочной структуры мегалополисов проявляются следующие тенденции и характеристики.

1. Выделяются 2 типа планировочной структуры мегалополисов:

1.1. *Линейный*. Имеет протяженную форму плана, вытянутую в основном на территориях вдоль автомобильных и железнодорожных магистралей, судоходных рек и морских побережий. Линейная форма может быть продиктована также природными условиями, например, линейная конфигурация территории: Сахалин, Италия и т.д.

1.2. *Равномерно-сетчатый*. По этому типу формируется часть мегаагломераций США и КНР (рис. 2, 3).

2. *Мегалополисы имеют полицентричную структуру*. Центрами являются ядра городских агломераций, входящих в пределы мегарегиона.

3. *Существует взаимосвязь между конфигурацией территории мегалополиса и очертаниями сети скоростных транспортных магистралей*, наличие которых является обязательным для транспортного обеспечения обширных территорий наднагломерационных территориально-пространственных образований. На территориях объединенных метро-ареалов фиксируется наибольшая плотность сети железнодорожных и автомобильных магистралей, а также максимальные интенсивности грузо-пассажирских потоков (рис. 4).

4. Отмечается *постоянное территориальное увеличение мегалополисов*, которое в буду-

щем может ускориться ввиду развития удаленных форм трудовой занятости и внедрения новейших скоростных видов транспорта.

5. Экстраполяция территориального роста объединенных метро-ареалов позволяет прогнозировать их *слияние в единую урбанизированную «сеть» планеты* [18, 21].

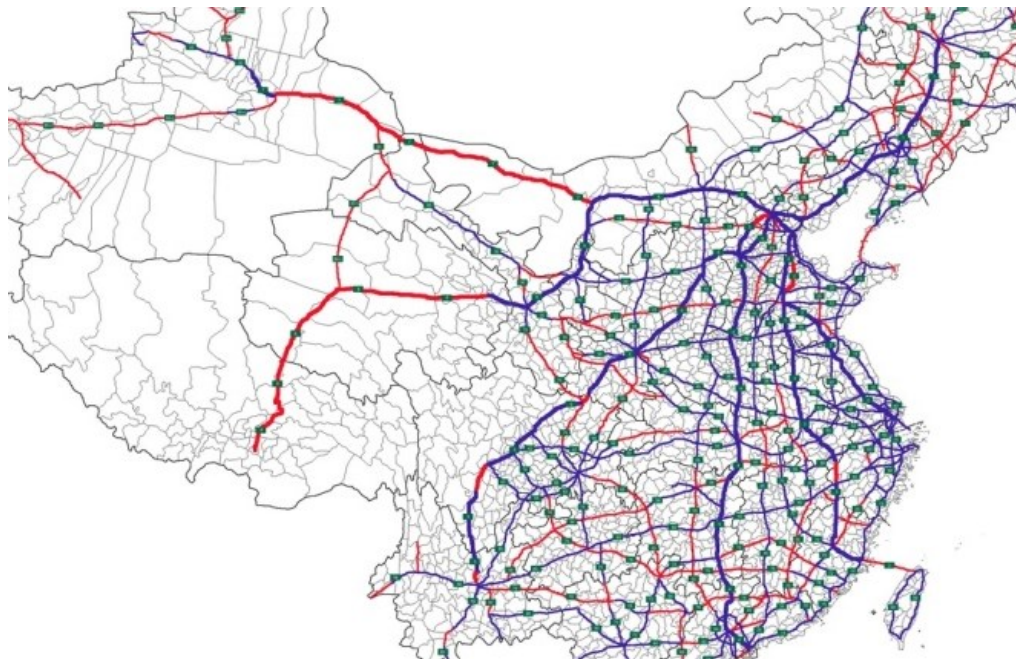


Рис. 4. Трассировка межселенных магистралей КНР. Наибольшая плотность транспортно-магистральной сети фиксируется на территориях расположения мегарегионов, в восточной части страны, по принципу «справа – густо, слева – пусто» [Источник: <https://mykitai.ru/strana/karty/karta-kitaya.html>. Дата обращения 04.03.2021)

Проблемы развития мегалополисов. Величины градостроительных показателей и характеристик мегалополисов permanently возрастают: увеличивается суммарная и средняя численность населения объединенных метро-ареалов, расширяется охватываемая ими территория, растут генерируемые ими социально-экономические потенциалы и синергетические эффекты. Количественный рост урбо-показателей развития мегаагломераций объективно приводит к качественным трансформациям градостроительной ситуации в большинстве стран и регионов мира. В ходе настоящего исследования выявлены следующие градостроительные проблемы развития мегарегионов.

1. *Отсутствие градостроительного планирования мегалополисов*, что приводит к снижению социально-экономической эффективности функционирования мегарегионов и уменьшению их синергетических результатов как действующих территориально-пространственных систем.

2. *Кадровый дефицит специалистов-градостроителей в области планирования структурно-планировочного развития агломераций и мегалополисов*, отсутствие в вузах учебных программ подготовки специалистов по градорегулированию наднагломерационных территориально-расселенческих форм.

3. *Несоответствие административной границы городов-ядер агломераций их реально-*

фактической границе. Территориальный рост градостроительных систем permanently ускоряется, застройка выходит за их административные пределы. Официально-административные границы являются фиксированными и не расширяются вслед за новым строительством. Реальный город, представляющий собой непрерывно застроенную территорию, постоянно расширяется, выходит за административные границы, которые приобретают виртуальный характер.

4. *Постоянный рост антропогенных прессингов на окружающую природную среду*, ухудшение экологических условий проживания жителей крупных урбанизированных территориальных систем. *Одна из наиважнейших проблем – захват территории земли человеком и ее отчуждение от естественно-природной флоры и фауны.* Мегалополисы развиваются в основном в странах со стабильной численностью населения. Темпы роста мегалополисов и агломераций имеют опережающий характер сравнительно с ростом численности населения.

5. *Рост доли финансирования развития транспортных систем в балансе затрат на функционирование градостроительной системы.* Постоянно возрастают объемы ассигнований на организацию трафика, которые отвлекаются от других сфер экономики: медицина, образование, социальное обслуживание, экология.

6. *Необходимость оценки уровня развития мегаагломераций.* Необходимо определить фундаментально-сущностные характеристики наднагломерационных форм территориального развития градостроительных систем. Например, такие как урбанизированность и плотность освоения пространств, доля жителей мегалополиса в суммарной численности населения страны, совокупные и относительные объемы валового продукта мегалополиса и т. д.

7. *Отсутствие статистического учета объединенных метро-ареалов.* Несмотря на авангардность и быстроту экспансии мегалополисов, на сегодняшний день систематизированная информация о них отсутствует, не ведется их статистический учет.

Выводы.

1. Фундаментально-экзистенциальной причиной зарождения мегаагломераций является развитие производительных сил общества до уровня, когда функционирование мегалополисов становится эффективным по социально-экономическим параметрам и обеспечивает более высокий сравнительно с внеагломерационными территориями уровень жизни населения.

Драйверами формирования мегалополисов служат синергетические эффекты, которые усиливаются по мере территориального роста градостроительных систем от отдельного поселения до агломерации и мегарегиона.

Объединенные метро-ареалы формируются в странах, где имеются соответствующие предпосылки: высокий уровень экономического развития государства; доминирование городской урбанизированной среды над сельской; благоприятные для проживания людей природно-климатические условия; развитая транспортная система, обеспечивающая высокую связность территорий и малые средневзвешенные затраты времени на внутригородские, загородные и межселенные поездки.

2. Основными тенденциями экспансии наднагломерационных территориальных систем являются: увеличение численности мегарегионов в мире и в отдельных государствах с высокоразвитой экономикой; рост территориальных размеров мегаагломераций; появление трансграничных мегалополисов, объединяющих агломерации сопредельных стран; возрастание суммарной и средней численности населения мегалополисов; усиление синергетических эффектов функционирования территориально разрастающихся метрополитен-регионов; возрастание значимости сверхагломераций в экономическом развитии государств.

3. Современными проблемами развития мегарегионов являются: стихийность и неуправляемость структурообразования мегаагломераций из-за отсутствия квалифицированных кадров для их градорегулирования; усиливающиеся несоответствия между административными и реальными границами поселений в составе агломераций и мегалополисов; расширение количества и усиление действий глобальных урбо-природно-экологических, транспортно-системных, инженерно-инфраструктурных и других глобальных угроз, вызовов, рисков и императивов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юсин Г.С. Система расселения России – «коллапс», или новая стратегия пространственного развития // Сборник докладов науч.-практ. конф. «Перспективы развития градостроительства в России: территориальное планирование, информационное моделирование и эффективная экономика», 12-13 ноября 2015. Москва: НО-ПРИЗ, 2016. С. 9–28.
2. Зиятдинов Т.З. Методологические предпосылки градостроительного реагирования на глобальные вызовы // Архитектон: известия вузов. 2021. № 1(73). URL: http://archvuz.ru/2021_1/12/
3. Колясников В.А. Развитие понятия «городская агломерация» // Академический вестник УралНИИПроект РААСН. 2015. № 2(25). С. 10–15.
4. Моисеев Ю.М. Управление будущим: контекст градостроительных перспектив // Архитектура и строительство России. 2019. №1. С. 10–17.
5. Моисеев Ю.М. Фантомы деструктуризации системы градостроительного планирования // AMIT. 2019. №4(49). С. 224–234. URL: https://marhi.ru/AMIT/2019/4kvart19/PDF/15_moisseev.pdf
6. Моисеев Ю.М., Зиятдинов Т.З. Неопределенность в пространственном планировании городских агломераций // Наука, образование и экспериментальное проектирование: сборник тезисов МАРХИ. Том 2. Москва, 2021. С. 292–293.
7. World Urbanization Prospects. The 2018 Revision // United Nations, Department of Economic and Social Affairs/Population Division. ST/ESA/SER.A/420. New York, 2019. 126 p.
8. Fang C., Yu D. Urban agglomeration: An evolving concept of an emerging phenomenon // Landscape and Urban Planning. 2017. № 162. Pp. 126–136. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2017.02.014
9. Loibl W., Etminan G., Gebetsroither-Geringer E., Neumann H-M. Characteristics of Urban Agglomerations in Different Continents: History, Pat-

terns, Dynamics, Drivers and Trends // Urban Agglomeration. 2018. Pp. 29–63. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.73524>

10. Honermann H., Witter R., Scherrer I. Gestaltung von Mobilität in Agglomerationen. Initialstudie – Schnittstellen im Übergangsbereich nationaler, regionaler und lokaler Netze in Agglomerationen // Bundesamt für Raumentwicklung (ARE). April 2020. 39 p.

11. Jing Li J., Xing J. Why Is Collaborative Agglomeration of Innovation so Important for Improving Regional Innovation Capabilities? A Perspective Based on Collaborative Agglomeration of Industry-University-Research Institution // Hindavi. Complexity. № 2020. Pp. 1–21. DOI: 10.1155/2020/7049606

12. Morley D., Rao A., Ross C., Peña J. Multi-MPO Planning: Prospects and Practices // PAS Memo. May/June 2020. URL: <https://www.planning.org/pas/memo/2020/may/>

13. The World's Cities in 2016: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division // World Urbanization Prospects: The 2016 Revision. 2017. 29 p. URL: https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/the_worlds_cities_in_2016_data_booklet.pdf

14. Моисеев Ю.М. Урбанистические видения будущего архитектуры и архитектура будущего // Архитектура и строительство России. 2019. № 2. С. 7–8.

15. Моисеев Ю.М., Зиятдинов Т.З. Тематика «реального города» в задачах градостроительного анализа // Наука, образование и экспериментальное проектирование: сборник тезисов МАРХИ. Том 1. Москва, 2021. 234 с.

16. Мазаев А.Г. Дорожная карта развития Екатеринбургской агломерации // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2019. № 4 (43). С. 26–30.

17. Боков А.В. О стратегии пространственного развития // АМТ. 2018. № 4(45). С. 13–37.

18. Ren W. Inter-City Passenger Transport in Larger Urban Agglomeration Area: Emissions and Health Impacts // Journal of Cleaner Production. 2016. № 114. Pp. 412–419.

19. Niu F., Wang F., Chen M. Modelling Urban Spatial Impacts of Land-Use // Transport Policies. J. Geogr. Sci. 2019. №29(2). Pp. 197–212.

20. Klein N.J., Smart M.J. Life events, poverty, and car ownership in the United States: A mobility biography approach. 2019. № 12(1). Pp. 28–39.

21. Demographia World Urban Areas (Built Up Urban Areas or World Agglomerations) // 17th Annual Edition. May 2021. 102 p.

Информация об авторах

Зиятдинов Тимур Зафурович, аспирант. E-mail: tz1459@yandex.ru. Московский архитектурный институт (государственная академия). Россия, 107031, Москва, улица Рождественка, дом 11/4, корпус 1, стр. 4.

Поступила 10.06.2021 г.

© Зиятдинов Т.З., 2021

Ziyatdinov T.Z.

Moscow Institute of Architecture (State Academy)

E-mail: tz1459@yandex.ru

MEGAREGIONS: CAUSES, SCOPE, CHARACTERISTICS AND CHALLENGES OF DEVELOPMENT

Abstract. Megalopolis is considered as a merger of a number of agglomerations, which have synergistic effect. The megaregion is a more complex system relative to its constituent agglomerations and has the sum of their synergies and new emergent qualities. The domestic and foreign terminology used for the designation of megaregions is given. The existential cause is determined, the economic, social factors and synergistic effects of the functioning of mega-agglomerations are identified. The stages of the structural and planning formation of megalopolises are reflected graphically and in tabular form. The correlation between the capacity building of megalopolises and the development of the transport infrastructure of their territories is noted. The structural and planning characteristics and urban development trends of megalopolises are revealed. The characteristics of the types of planning structure of megalopolises are given. Polycentricity and prevalence of linear-axial development of the architectural and planning structure of megalopolises are shown. The constant territorial and spatial expansion of mega agglomerations is noted. The modern urban planning problems of megalopolises' development are set: the lack of urban regulation of their development, the lack of professional personnel in the field of their planning, the lack of a theory of megalopolises' development, excessive pressure on ecosystems. Extrapolation of the territorial growth of the combined metro areas allows to predict their merger into a single urbanized "network" of the planet. The prerequisites for the development of the latest urban

development trend of the XXI century – the formation of crossborder megaregions are highlighted.

Keywords: *megaregion, urban-area, metro-area, agglomeration, conurbation, crossborder mega-agglomerations, transport systems of megalopolises.*

REFERENCES

1. Yusin G.S. The settlement system of Russia – "collapse", or a new strategy of spatial development [Sistema rasseleniya Rossii – «kollaps», ili novaya strategiya prostranstvennogo razvitiya]. Collection of reports of the Scientific and Practical Conference "Prospects for the development of urban Planning in Russia: territorial planning, information modeling and Effective economy", November 12-13, 2015. Moscow: NOPRIZ, 2016. Pp. 9–28. (rus)
2. Ziyatdinov T.Z. Methodological prerequisites for urban planning response to global challenges [Metodologicheskie predposylki gradostroitel'nogo reagirovaniya na global'nye vyzovy]. Architecton: Proceedings of Higher Education. 2021. No. 1(73). URL: [http://archvuz.ru/2021_1/12/_\(rus\)](http://archvuz.ru/2021_1/12/_(rus))
3. Kolyasnikov V.A. Development of the concept of "urban agglomeration" [Razvitie ponyatiya «gorodskaya aglomeraciya»]. Academic Bulletin of UralNIIproekt RAASN. 2015. No. 2(25). Pp. 10–15.
4. Moiseev Yu.M. Managing the future: the context of urban development prospects [Upravlenie budushchim: kontekst gradostroitel'nyh perspektiv]. Architecture and Construction of Russia. 2019. No. 1. Pp. 10–17. (rus)
5. Moiseev Yu.M. Phantoms of deconstructurization of the urban planning system [Fantomy destrukтуриzatsii sistemy gradostroitel'nogo planirovaniya]. AMIT. 2019. No. 4(49). Pp. 224–234. URL: https://marhi.ru/AMIT/2019/4kvart19/PDF/15_moiseev.pdf (rus)
6. Moiseev Yu.M., Ziyatdinov T.Z. Uncertainty in spatial planning of urban agglomerations [Neopredelennost' v prostranstvennom planirovanii gorodskih aglomeracij]. Science, Education, and Experimental Design: a collection of MARHI theses. Volume 2. Moscow, 2021. Pp. 292–293. (rus)
7. World Urbanization Prospects. The 2018 Revision. United Nations, Department of Economic and Social Affairs/Population Division. ST/ESA/SER.A/420. New York, 2019. 126 P.
8. Fang C., Yu D. Urban agglomeration: An evolving concept of an emerging phenomenon. Landscape and Urban Planning. 2017. Vol. 162. Pp. 126–136. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.02.014>
9. Loibl W., Ertman G., Gebetsroither-Geringer E., Neumann H-M. Characteristics of Urban Agglomerations in Different Continents: History, Patterns, Dynamics, Drivers and Trends. In book: Urban Agglomeration. March 2018. Pp. 29–63. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.73524>
10. Honermann H., Witter R., Scherrer I. Gestaltung von Mobilität in Agglomerationen. Initialstudie – Schnittstellen im Übergangsbereich nationaler, regionaler und lokaler Netze in Agglomerationen. Bundesamt für Raumentwicklung (ARE). April 2020. 39 p.
22. Jing Li J., Xing J. Why Is Collaborative Agglomeration of Innovation so Important for Improving Regional Innovation Capabilities? A Perspective Based on Collaborative Agglomeration of Industry-University-Research Institution. Hindavi. Complexity. № 2020. Pp. 1–21. DOI: 10.1155/2020/7049606
11. Morley D., Rao A., Ross C., Peña J. Multi-MPO Planning: Prospects and Practices. PAS Memo – May/June 2020. URL: <https://www.planning.org/pas/memo/2020/may/>
12. The World's Cities in 2016: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Urbanization Prospects: The 2016 Revision. 2017. 29 p. URL: https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/the_worlds_cities_in_2016_data_booklet.pdf
13. Moiseev Yu.M. Urbanistic visions of the future of architecture and architecture of the future [Urbanisticheskie videniya budushchego arhitektury i arhitektura budushchego]. Architecture and Construction of Russia. 2019. No. 2. Pp. 7–8. (rus)
14. Moiseev Yu.M., Ziyatdinov T.Z. The theme of the "real city" in the problems of urban planning analysis [Tematika «real'nogo goroda» v zadachah gradostroitel'nogo analiza]. Science, Education, and Experimental Design: a collection of MARHI theses. Volume 1. Moscow, 2021. 234 p. (rus)
15. Mazaev A.G. Road map for the development of the Yekaterinburg agglomeration [Dorozhnaya karta razvitiya Ekaterinburgskoj aglomeracii]. Academic Bulletin of UralNIIproekt RAASN. 2019. No. 4 (43). Pp. 26–30. (rus)
16. Bokov A.V. On the strategy of spatial development [O strategii prostranstvennogo razvitiya]. AMIT. 2018. No. 4(45). Pp. 13–37. (rus)
17. Ren W. Inter-City Passenger Transport in Larger Urban Agglomeration Area: Emissions and Health Impacts. Journal of Cleaner Production. 2016. Vol. 114. Pp. 412–419.
18. Niu F., Wang F., Chen M. Modelling Urban Spatial Impacts of Land-Use. Transport Policies. J. Geogr. Sci. 2019. 29(2). Pp. 197–212.

19. Klein N.J., Smart M.J. Life events, poverty, and car ownership in the United States: A mobility biography approach. 2019. Vol 12, No 1. Pp. 28–39.

20. Demographia World Urban Areas (Built Up Urban Areas or World Agglomerations). 17th Annual Edition: May 2021. 102 p.

Information about the authors

Ziyatdinov, Timur Z. Postgraduate student. E-mail: tz1459@yandex.ru. Moscow Institute of Architecture (State Academy). Russia, 107031, Moscow, Rozhdestvenka st.11.

Received 10.06.2021

Для цитирования:

Зиятдинов Т.З. Мегалополисы: причины, масштабы, характеристики и проблемы развития // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 8. С. 35–44. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-35-44

For citation:

Ziyatdinov T.Z. Megaregions: causes, scope, characteristics and challenges of development. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 8. Pp. 35–44. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-35-44

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-45-55

Пекишин Д.Р.

Московский архитектурный институт (государственная академия)

E-mail: d.pekshin@markhi.ru

ТРАНСФОРМАЦИЯ СТРУКТУРЫ РАССЕЛЕНИЯ МАКРОРЕГИОНА «МОСКВА-САНКТ-ПЕТЕРБУРГ» (НА ПРИМЕРЕ НОВГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ)

Аннотация. Статья посвящена анализу процесса трансформации пространственной структуры российского межстоличья в контексте глобальных процессов эволюции расселения. Обосновано возникновение феномена межагломерационных территорий, а также предложен способ определения межагломерационных территорий путём построения изохрон транспортной доступности населённых пунктов. Обозначены основные проблемы и тенденции развития демографически убывающих территорий в зоне межагломерационного влияния. Рассмотрены основные исторические этапы и факторы реструктуризации системы расселения макрорегиона «Москва-Санкт-Петербург» в XVII–XXI вв. Произведена оценка доступности социальной инфраструктуры на основе данных о транспортной доступности населённых пунктов. Выполнен анализ пространственной поляризации расселения Новгородской области путём визуализации базы данных, включающей данные о численности населения и географические координаты населённых пунктов России. Проведено сопоставление исторических фрагментов структуры расселения и их современное состояние на основе исторических карт и данных о переписи населения. Рассмотрен вопрос необходимости сохранения инфраструктуры убывающих территорий в контексте цикличности процессов урбанизации и в связи с современными вызовами и угрозами функционирования крупнейших городов. Обозначены конкурентные преимущества и факторы развития межагломерационных территорий.

Ключевые слова: агломерация, система расселения, межагломерационные территории, изохрона, территориальное планирование, пространственное развитие.

Введение. Пространственная организация общества проходит разные этапы своего развития: от дисперсных форм, характерных для сельскохозяйственного уклада, до компактных высокоурбанизированных агломерационных образований, характерных для индустриального и постиндустриального этапов развития. Смена технологических укладов в этом процессе является основной движущей силой.

Сегодня в России порядка 75 % людей проживают в городских населённых пунктах. Сто лет назад урбанизация в России составляла около 20 % [1]. Таким образом, фактически за один век произошла инверсия уровня урбанизации. В России, как и во многих развивающихся странах мира, процесс урбанизации развивается сегодня по агломерационному сценарию. В структуре расселения увеличивается роль крупнейших городов и формируемых ими агломераций. Условия крупного города позволяют более продуктивно организовывать экономическую деятельность за счёт т.н. агломерационного эффекта, обусловленного экономией на издержках и фактором масштаба [2]. С другой стороны, усиление крупнейших городов часто происходит за счёт миграции из деревень, сёл, а в последние десятилетия и за счёт малых и средних городов, ввиду истощения человеческих ресурсов сельской местности. Этот процесс не уникален для России, а происходит во множестве стран [3].

Необходимость развития крупнейших городов отражена во многих российских документах стратегического развития, а также обусловлена глобализацией, стимулирующей конкуренцию между крупнейшими городами за людские ресурсы [4]. Обратной, теневой стороной такого процесса гиперконцентрации населения зачастую является опустынивание территорий т.н. внутренней периферии [5]. Некогда освоенные территории являются донорами трудовых ресурсов для агломераций. При этом в связи с демографическим сжатием и утратой экономической базы существования периферийных территорий увеличивается поляризация между крупнейшими городами и сельской местностью [6] в уровне экономического развития, доступа населения к социальным услугам и элементам базовой инженерной инфраструктуры, что, в свою очередь, ещё больше стимулирует процесс оттока населения с периферийных территорий.

Столь резкое изменение системы расселения и формирование крупнейших агломераций привели к возникновению феномена межагломерационных территорий. Такими территориями являются некогда освоенные регионы, которые оказались расположены между крупнейшими городами, но в то же время не попали в поле воздействия формируемых ими агломераций. Данные территории по этой причине испытывают негативное влияние агломераций, ускоренно де-

популируют ввиду высокой смертности и высокого оттока населения. Этот факт в значительной степени отражает их градостроительное и территориальное развитие.

Наиболее близким понятием к термину «мегагломерационные территории» в области экономической географии и территориального планирования является понятие «внутренняя периферия» или «интрапериферия» [7]. Исследованию процессов функционирования внутренних периферийных территорий посвящено значительное количество исследований таких авторов, как Т.Г. Нефёдова, А.И. Трейвиш, Б.Б. Родман. В зарубежных источниках встречается аналогичное понятие «hinterland», или «внутренний район», «глубинка». Мегагломерационные территории отличаются от исторически малоосвоенных районов рядом особенностей, таких, как: наличие памятников архитектуры, сохранившиеся фрагменты инфраструктуры и сеть населённых пунктов.

Процесс эволюции систем расселения объективен и обусловлен рядом факторов [8]. В связи с индустриализацией, изменением технологий и способов ведения экономической деятельности глобальное развитие расселения происходит в русле концентрации людских ресурсов в ограниченном количестве городов – центров роста. В то же время, исторический опыт разных

стран показывает, что рассматриваемый процесс не бывает однонаправленным (рис. 1). Стадиальное-циклическое развитие расселения также отражено в ряде исследований таких авторов, как Дж. Джиббс, Кюммель Т., Грицай О.В., Иоффе Г.В., Трейвиш А.И. [9]. Различные исторические события, будь то войны, эпидемии, изменения природных условий, могут являться мощными факторами деконцентрации расселения. Таким образом, в области развития систем расселения сегодня существует парадокс: с одной стороны, существующая форма концентрированного агломерационного развития обеспечивает значительные преимущества экономического характера, но в то же время несёт в себе и значительные риски общественной безопасности, социальные и экологические издержки [10].

Зарубежная практика также говорит об актуальности поддержания периферийных территорий. Так, современная региональная политика и принципы территориального планирования в Европейском союзе имеют ориентацию на выравнивание развития, сглаживание экономических диспропорций и преодоление регионального неравенства, предоставление максимально возможных единых условий социального обеспечения. Всё это согласуется с целями устойчивого развития.

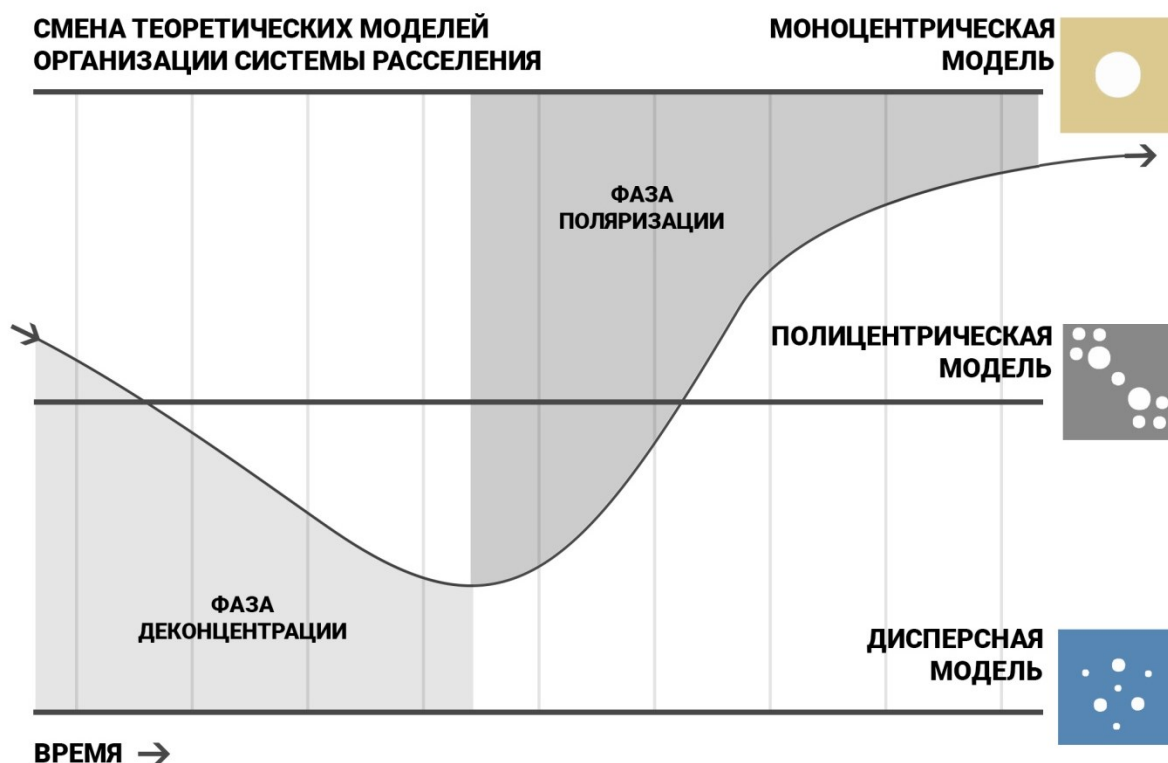


Рис. 1. Смена теоретических моделей организации системы расселения.

Развитие системы расселения меагломерационных территорий находится сегодня в состоянии противоречия. Экономические условия, глобализация и установки системы стратегического планирования на усиление роли крупнейших городов являются мощными факторами дальнейшего сжатия расселения периферийных территорий и ограничения их развития. С другой стороны, исторический опыт и мировая практика территориального планирования в соответствии с целями устойчивого развития показывают актуальность сохранения структуры и поддержания функционирования территорий вне поля воздействия крупнейших городов.

Наиболее ярко феномен межагломерационных территорий в России выражен в пространстве межстоличья – макрорегионе «Москва-Санкт-Петербург». Первые признаки замедления экономического развития, негативных тенденций оттока населения и реструктуризации системы расселения здесь начали проявляться ещё в конце XIX века, что отмечено в исследованиях Б.Б. Родомана [11].

Таким образом, объектом настоящего исследования являются межагломерационные территории российского межстоличья, рассмотренные на примере Новгородской области. Цель работы

— выявить закономерности и принципы пространственного развития и изменения градостроительной структуры мегагломерационных территорий.

Основными задачами исследования, обусловленными поставленной целью, являются: 1) определение подходов к выявлению межагломерационных территорий; 2) анализ исторического процесса трансформации системы расселения российского межстоличья; 3) анализ факторов, современных тенденций и сценариев пространственного развития межагломерационных территорий.

Методика исследования. Способ определения межагломерационных территорий. Выявление межагломерационного ареала макрорегиона «Москва-Санкт-Петербург» в ходе исследования было проведено с помощью построения и взаимоналожения изохрон транспортной доступности Москвы и Санкт-Петербурга. Изохрона показывает область доступности за определённое время из выбранной точки. Была выбрана 8-ми часовая зона автомобильной транспортной доступности – среднее время, требующееся для перемещения из одного города в другой, а также время стандартного рабочего дня.

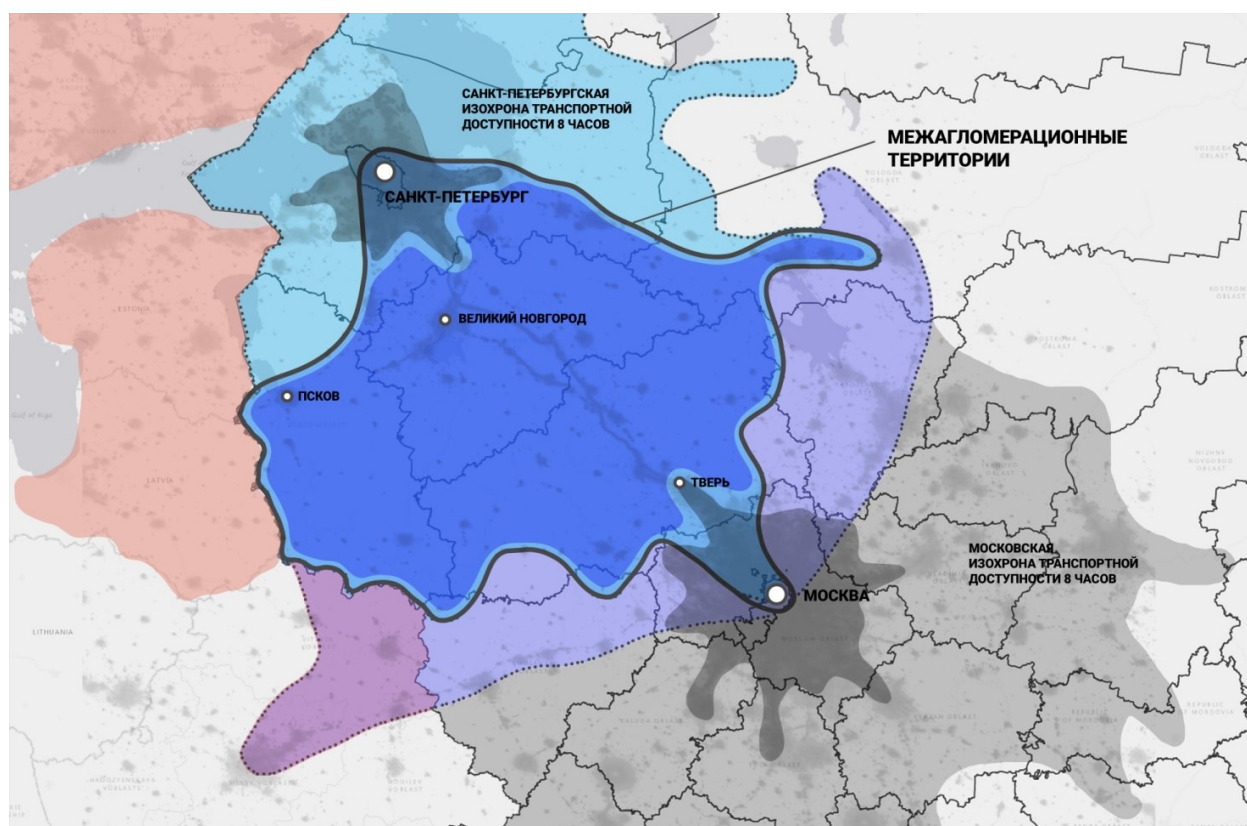


Рис. 2. Определение границ макрорегиона «Москва-Санкт-Петербург» по изохронам транспортной доступности

Основные исторические этапы и факторы реструктуризации системы расселения макрорегиона «Москва-Санкт-Петербург». Историческое развитие структуры расселения макрорегиона «Москва-Санкт-Петербург» во многом проходило в русле общероссийских процессов, но, тем не менее, имело свои региональные особенности и факторы влияния. Можно выделить ряд характерных периодов и событий, определивших современное пространственное развитие российского межстоличья.

- Пространственное развитие до XVIII века было обусловлено наличием важных торговых путей и необходимостью фортификации на приграничных территориях для защиты государственных границ.

- Возникновение Санкт-Петербурга в начале XVIII века стало отправной точкой формирования феномена межагломерационных территорий. С одной стороны, новый центр стал причиной упадка многих более старых городских центров, с другой стороны обслуживание сухопутного и водного пути из Москвы в Санкт-Петербург привело к развитию целого ряда поселений и транспортных систем.

- Период второй половина – конца XVIII века связан с реформами Екатерины II. Наиболее ярким событием этого времени в области градостроительства и территориального планирования стала программа перепланировки исторических городов, связанная с деятельностью комиссии о каменном строении Санкт-Петербурга и Москвы, называемой также комиссией И.И. Бецкого.

- Возникновение Николаевской железной дороги и обслуживающих её поселений в середине XIX века, с одной стороны, привело к появлению целого ряда пристанционных городов и посёлков, с другой стороны, послужило причиной упадка целой сети населённых пунктов, специализирующихся на обслуживании сухопутного маршрута между Москвой и Санкт-Петербургом;

- Отмена крепостного права в 1861 г. послужила ускорению темпов урбанизации, что было связано с индустриализацией, развитием транспорта, внедрением машинного труда в сельскохозяйственной деятельности. Развитие получают малые и средние города, которые становятся сервисными центрами обслуживания сельскохозяйственных территорий.

- Великая Отечественная война 1941–1945 гг. привела к уничтожению значительного количества сельских населённых пунктов, а также разрушению городов, попавших в зону боевых действий. Значительная часть городов практически полностью потеряли своё население. В

области градостроительства известны программы послевоенного восстановления и реконструкции разрушенных исторических городов – Новгорода, Пскова.

- Послевоенная индустриализация и программа упразднения «неперспективных» малых сельских поселений стала причиной нового этапа резкой урбанизации. В этот период активно развивается программа массового жилищного строительства 1960–1980-х гг., обусловленная потребностью восстановления жилищного сектора после войны, а также переезд в города сельского населения.

- Переход к рыночной экономике в начале 90-х годов, ликвидация множества промышленных предприятий и особенности миграционных потоков, обусловленных распадом СССР, явились причиной краткого периода дезурбанизации.

- Современная фаза территориального развития с начала XXI века связана с ростом крупнейших агломераций и региональных столиц и ускоренным сокращением численности малых городов и сельских населённых пунктов.

Одним из ключевых, исторически значимых регионов в системе российского межстоличья является Новгородская область. Новгородские земли, связанные до XVII–XVIII века тесными экономическими связями со странами Европы, уступили свою роль основанному в начале XVIII века Петербургу, и тем самым потеряли своё геополитическое значение. Сегодня Новгородская область представляет собой классический пример внутренней периферии. В виду этого на основе региона произведён анализ трансформации структуры расселения.

Проблемы развития периферийных территорий. Поляризация расселения Новгородской области. Как уже было сказано ранее, одной из основных проблем, определяющих территориальное и градостроительное развитие межагломерационных территорий является устойчивое сокращение населения как сельской местности, так и абсолютного большинства малых и средних городов на территории межагломерационных регионов.

Причиной этого процесса является утрата экономической базы существования периферийных территорий, не обладающих явными конкурентными преимуществами [12]. Так, на территории Новгородской области по данным Росстата в списке населённых пунктов, полностью утративших население, находится 879 деревень и сёл. Вместе с деревнями с количеством населения в 1–10 человек список составляет 2467 наименований из общего количества населённых пунктов в 3717.

Обширные территории, находящиеся в области адекватной транспортной доступности столиц, столетиями обеспечивали эти крупнейшие города продовольствием, ремесленными, а позднее и промышленными товарами, обслуживали транспортные магистрали [13]. В связи с интенсификацией сельского хозяйства, развитием транспортных систем и технологий, а также открытием рынка страны и глобализацией потребность в этой сети населённых пунктов отпала, что

обусловило ликвидацию большинства сельских поселений в межстоличной зоне.

Сравнение количества утраченных и малонаселённых сельских населённых пунктов (рис. 3) с современным распределением населения на территории Новгородской области (рис. 4) позволяет оценить масштаб реструктуризации системы расселения. Визуализация базы данных населённых пунктов Росстата выполнена на основе данных переписи населения 2010 года.

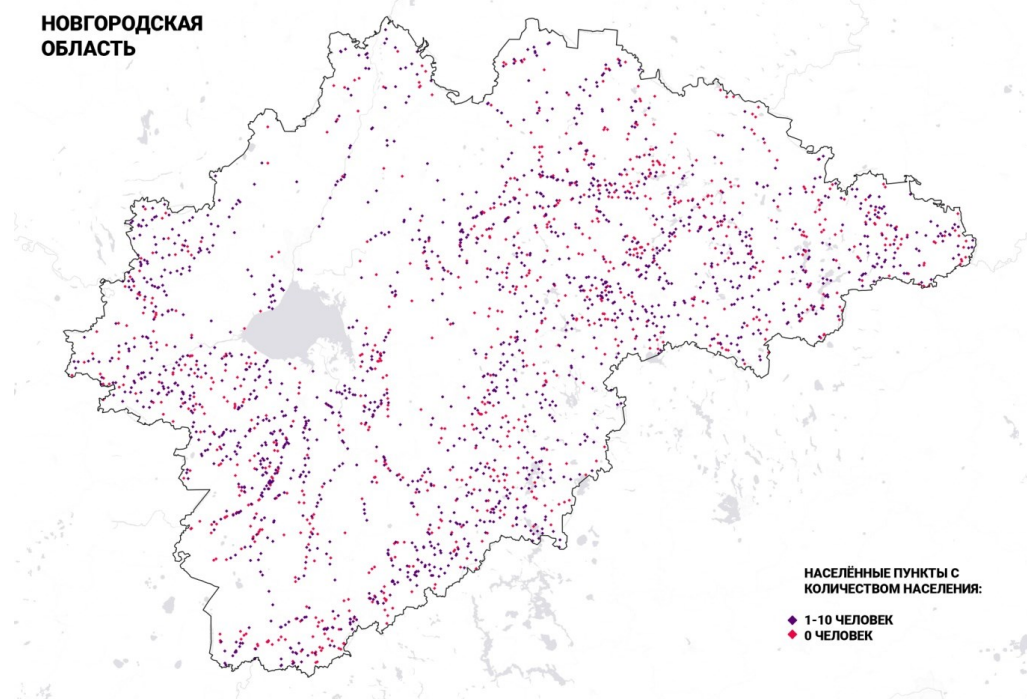


Рис. 3. Населённые пункты Новгородской области с населением 0–10 человек.
По данным базы данных на основе переписи населения 2010 года

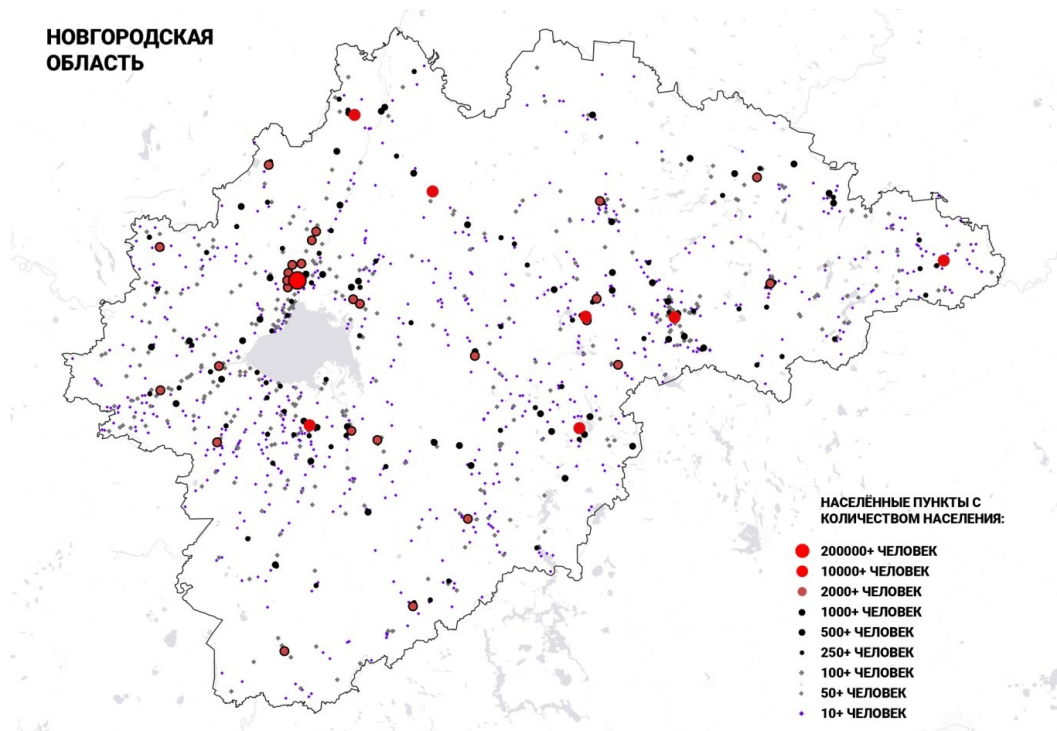


Рис. 4. Современная структура расселения Новгородской области. По данным базы данных на основе переписи населения 2010 года

Трансформация структуры расселения сельскохозяйственных периферийных территорий.

Рассмотрим трансформацию структуры расселения некогда освоенных территорий на примере окрестностей одного из городов на юге Новгородской области. Для сравнения с современным положением была выбрана топографическая карта Новгородской губернии 1879 г. (карта Шуберта) (рис. 5). По результатам исследования были получены следующие данные:

- сравнение современного положения с ситуацией 1879 года показало утрату 70–80 % населённых пунктов в выбранных рамках исследования;
- утрата населённых пунктов повела за собой и трансформацию дорожной структуры. Исторически более сетевая и распределённая, сегодня структура сократилась до основных направлений, связывающих города и крупные населённые пункты;

• исследование показало расхождение данных с базой данных Росстата об утраченных населённых пунктах. Фактическое количество утраченных деревень, сёл и хуторов оказалось на 65–75 % больше;

• значительное количество утраченных населённых пунктов расположено вдоль водных путей, в то время как сохранившиеся расположены на основных автомобильных путях (рис. 6). Это говорит о снижении роли водного транспорта в обслуживании населения и изменении способов пространственной организации расселения;

• в 1879 г. город Холм, являвшийся центром обслуживания сельской территории, насчитывал около 5300 чел. населения. Сегодня население г. Холма составляет 3359 чел. Это говорит о том, что в ходе процессов урбанизации и поляризации расселения город не смог экономически трансформироваться, поэтому продолжает терять население.

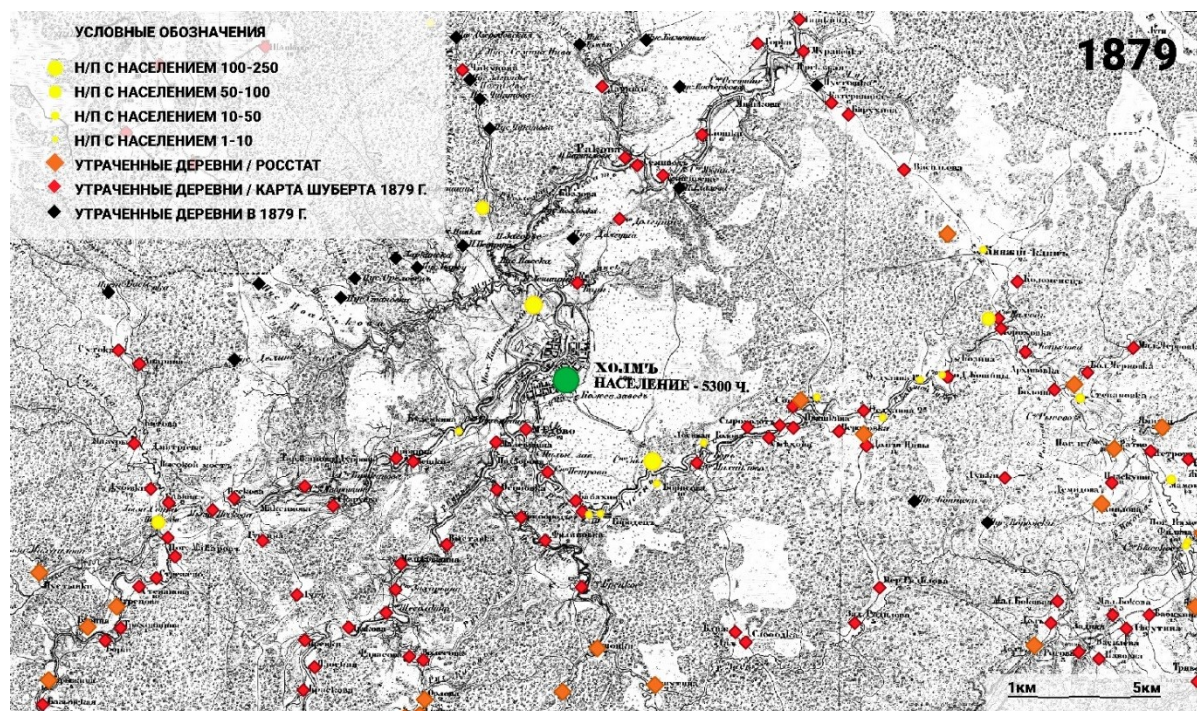


Рис. 5. Структура расселения на примере окрестностей г. Холма, Новгородская область. Карта Шуберта 1879 г.

Факторы, тенденции и сценарии развития меагломерационных территорий. Ряд факторов и тенденций определяет дальнейшее развитие меагломерационных территорий. Факторами, сдерживающими развитие, являются: устойчивая депопуляция, ликвидация социальной инфраструктуры, отсутствие либо низкое качество инженерно-технической инфраструктуры, а также отсутствие экономической базы существования территорий. С другой стороны, цифровизация, развитие искусственного интеллекта и алгоритмов, цифровое замещение рабочих мест,

развитие способов удалённой работы могут привести к уменьшению рабочих мест в агломерациях. Наряду с эпидемиологическими и военнополитическими угрозами всё это в перспективе может привести к развороту тенденции к концентрации населения в крупнейших городах.

По подсчётам, выполненным на основе построения изохрон транспортной доступности, на территории Новгородской области вне зоны получасового доступа от базовых объектов социальной инфраструктуры проживает от 35000 до 60000 человек или 6–10 % населения области.

Фактически это говорит о невыполнении п.1 статьи 4.2 Федерального закона от 28.12.2013 N 442-ФЗ (ред. от 13.07.2020) «Об основах социального

обслуживания граждан в Российской Федерации».

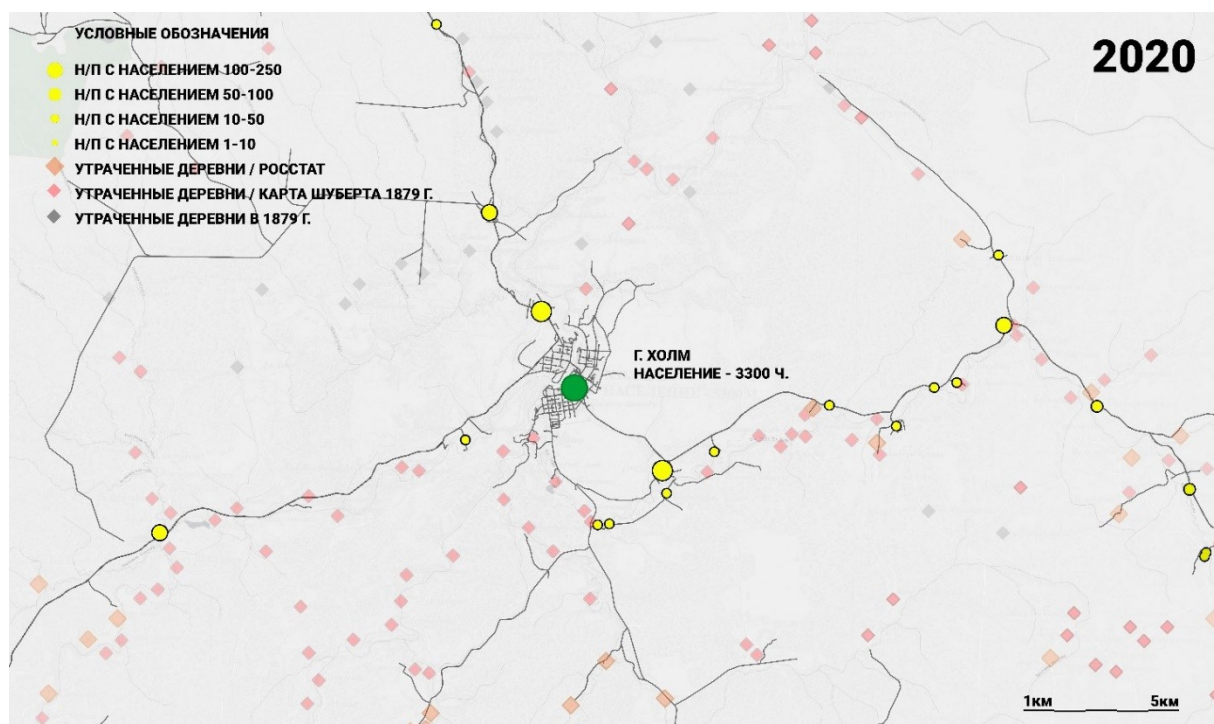


Рис. 6. Трансформация расселения за 140 лет на примере окрестностей г. Холма, Новгородская область. Современная ситуация

Проблемой периферийных территорий также является несоответствие планов развития городов современной социально-экономической ситуации. Так, по данным исследования Гунько М.С., Еременко Ю.А., Батуновой Е.Ю. [14], проведённому на основе анализа генеральных планов ряда городов – большинство из них имеют в своей стратегии развития ориентацию на увеличение пространственной структуры даже в условиях сокращающегося населения. Следовательно, проблема демографического сжатия территорий и городов периферийной зоны не до конца осознана в теории и практике территориального и градостроительного планирования [15].

Таким образом, ключевыми проблемами, связанными сегодня с развитием периферийных территорий межагломерационных ареалов, являются: поиск путей оптимизации структуры расселения в условиях сокращения населения, обеспечение проживающих здесь людей необходимым уровнем социальной инфраструктуры, сохранение культурного ландшафта и памятников архитектуры, а также поддержание инфраструктурной сети в целях общественной безопасности и перспективы повторной колонизации староосвоенных районов [16]. На рисунке 7 показаны сложившиеся «ареалы доступности», основанные на сети населённых пунктов с объектами инфраструктуры. Сегодня ареал доступности имеет

тенденцию к сокращению. В связи с этим, стратегия территориального планирования периферийных территорий должна быть направлена на преодоление разрыва в уровне доступа к социальным услугам [17].

Инерционным сценарием пространственной организации периферийных территорий является агломерирование и сжатие освоенного пространства вокруг крупнейших населённых пунктов.

Заключение. В ходе эволюции расселения происходит постоянная смена формы пространственной организации общества, при этом, как правило, в исторической перспективе этот процесс не имеет одного вектора, а происходит циклично. В ходе исторического процесса фазы кластеризации, сжатия расселения сменялись фазами деконцентрации, распределения населения. История знает немало примеров, когда смена экономико-географического положения, природные факторы, эпидемии, войны являлись причинами опустения городов во множестве стран мира [18]. Это позволяет сделать предположение о том, что современная фаза глобальной концентрации и агломерирования расселения имеет свои пределы [19]. Пандемия 2020-2021 года затронула все сферы общества и показала риски большого скопления людей, при этом наибольший экономический и эпидемиологический ущерб понесли крупнейшие города.

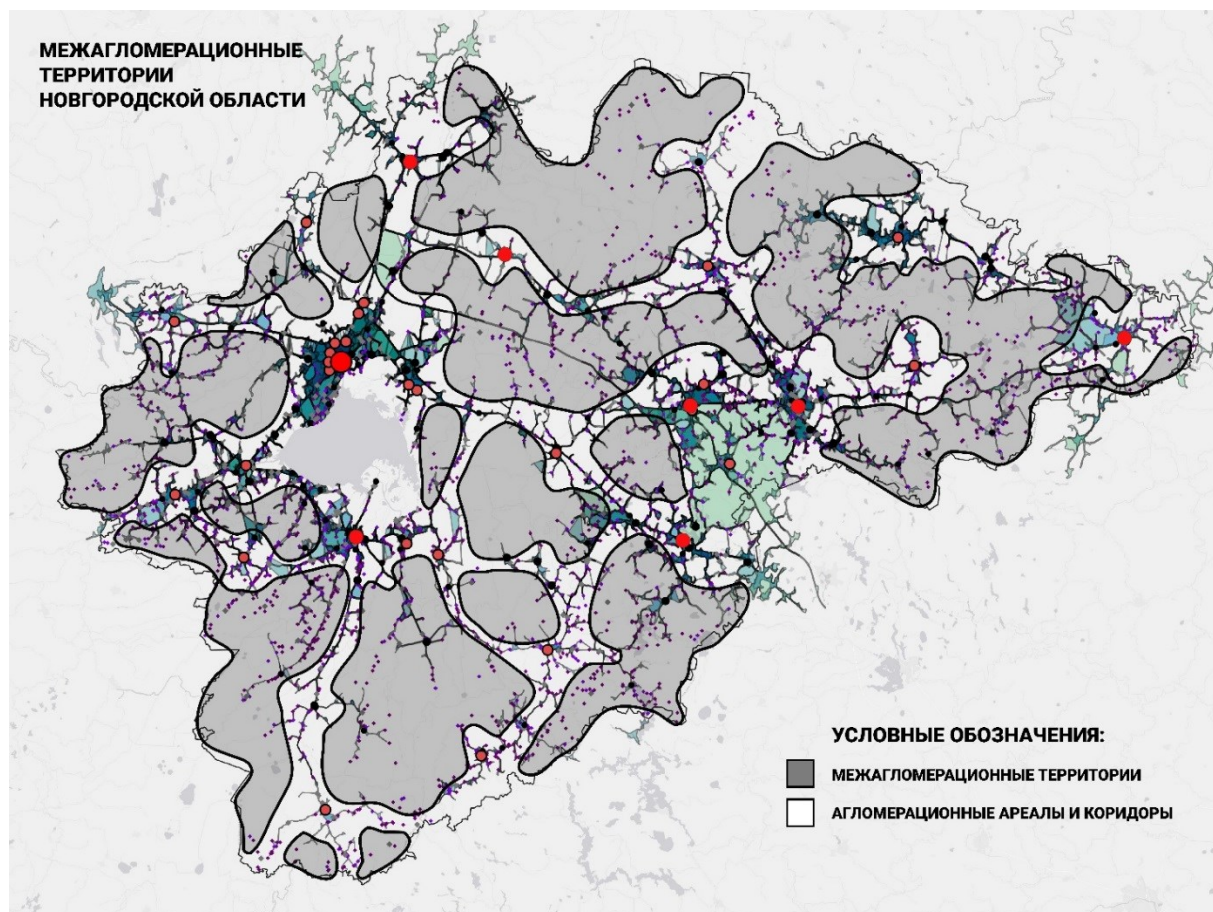


Рис. 7. Межагломерационные территории Новгородской области на основе изохрон транспортной доступности населённых пунктов с объектами социальной инфраструктуры.

Рассмотренные процессы являются естественными, происходят в длительном временном горизонте, включающем смену нескольких поколений, и поэтому на них крайне сложно влиять напрямую административными и управленческими решениями. Тем не менее, возможность изменения формы пространственной организации расселения делает актуальным изучение и прогнозирование данных процессов, а также ставит перед системой стратегического планирования задачу разработки стратегий пространственного развития периферийных территорий для сохранения базовых элементов инфраструктуры в условиях тренда гиперконцентрации населения в крупнейших городах [20].

Наиболее перспективными с точки зрения повторного освоения являются межагломерационные территории – исторически освоенные территории между крупнейшими урбанизированными районами. Частично сохранившаяся инфраструктура, относительное экологическое благополучие, наличие транспортных коридоров, близость крупнейших рынков сбыта, а также наличие памятников архитектуры и культурного ландшафта: всё это делает межагломерационные ареалы важным резервным территориальным ре-

сурсом, необходимым для обеспечения государственной безопасности и устойчивого развития в интересах общества.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лаппо Г.М., Урбанизация в России // Экология урбанизированных территорий. 2006. № 1. С. 6–12
2. Зубаревич Н.В. Развитие российского пространства: барьеры и возможности региональной политики // Мир новой экономики, 2017. 11(2). С. 46–57.
3. Dzenovska D., Emptiness: Capitalism Without People in the Latvian Countryside // American Ethnologist. 2020. 47. № 1. С. 10–26
4. Флорида Р. Новый кризис городов: Джентрификация, дорогая недвижимость, растущее неравенство и что нам с этим делать. М.: Издательская группа «Точка», 2018. 342 с.
5. Нефедова Т.Г. Российская периферия как социально-экономический феномен // Региональные исследования. 2008. № 5. С. 14–31
6. Есаулов Г.В., Лежава И.Г., Любовный В.Я., Юсин Г.С., Ломакина Д.Ю., Градостроительная доктрина Российской Федерации. Российская акад. архитектуры и строит. наук., Эконинформ. 2014. 30 с.

7. Каганский В. Л. Внутренняя периферия – новая растущая зона культурного ландшафта России // Изв. РАН. сер. геогр. 2012. №. 6. С. 23–34
8. Шубенков М.В., Хомяков Д.А. Городские агломерации: мысли о настоящем и будущем» // Академия. 2015. № 3. С. 86–91.
9. Грицай О. В., Иоффе Г. В., Трейвиш А. И. Центр и периферия в региональном развитии. М.: Наука. 1991. 167 с.
10. Любовный В. Я. Курс на «сжатие пространства» – угроза целостности и безопасности России. Развитие городов в условиях глобализации. Екатеринбург, изд-во Урал. гос. экон. уни-верситета, 2012. С. 24–46.
11. Родоман Б. Б., Российская внутренняя периферия // Наука. Инновации. Технологии. № 4. 2014. С. 139–147.
12. Артоболевский С.С. Аналитическая записка «Перспективы развития территорий, прилегающих к транспортным коридорам Москвы и Санкт-Петербурга» // Санкт-Петербург: Проект «Развитие городских агломераций в зоне транспортного коридора Москва – Санкт-Петербург». 2005. 14 с.
13. Тонкой И.В. Динамика параметров доступности в пространственной организации объектов и систем расселения России будущего // Социология города. 2019. №.4. С. 5–13
14. Гунько М. С., Еременко Ю. А., Батунова Е. Ю., Стратегии планирования в условиях городского сжатия в России: исследование малых и средних городов // Мир России: Социология, этнология. 2020. Т. 29. № 3. С. 121–141.
15. Katharine L Bradbury, Anthony Downs, and Kenneth A. Small. Urban Decline and the Future of American Cities. Brookings Institution, Washington, DC, 1982. 309 с.
16. Гаевская З.А. Сельское расселение нечерноземья в 2026 году: катастрофа или возрождение? // Architecture and Modern Information Technologies. 2018. №2(43). с. 332–348
17. Владимиров В.В. Управление градостроительством и территориальным развитием. М.: РААСН. 2000. 89 с.
18. Leo van den Berg, Roy Drewett, Leo H. Klaassen Urban Europe: A Study of Growth and Decline // Pergamon, Oxford, 1982. 184 с.
19. Шубенков М.В. Симбиотическое развитие урбанизированных и природных территорий // Architecture and Modern Information Technologies. 2019. №.4 (49). С. 215–223.
20. Полян П.М. Территориальные структуры – урбанизация – расселение. Теоретические подходы и методы изучения. М.: Новый хронограф, 2014. 784 с.

Информация об авторах

Пекшин Дмитрий Романович, магистр архитектуры, аспирант кафедры «Градостроительство». E-mail: d.pekshin@markhi.ru. Московский архитектурный институт (государственная академия). Россия, 107031, Москва, ул. Рождественка, д. 11/4, корп. 1, стр. 4.

Поступила 13.04.2021 г.

© Пекшин Д.Р., 2021

Pekshin D.R.

Moscow Architectural Institute (State Academy)

*E-mail: d.pekshin@markhi.ru

TRANSFORMATION OF THE SETTLEMENT STRUCTURE OF THE «MOSCOW-SAINT-PETERSBURG» MACROREGION. CASE STUDY OF NOVGOROD REGION

Abstract. The article is devoted to the process of transformation of the spatial structure of the analytical Russian inbetween-capital space in the context of global settlement. The emergence of the phenomenon of inbetween-agglomeration territories is substantiated, and a method for determining inbetween-agglomeration territories through the paths of isochronous transport accessibility of settlements is proposed. The main problems and trends in the development of demographically decreasing territories in the zone of inbetween-agglomeration influence are outlined. The main historical stages and factors of the restructuring of the settlement system of the macro-region "Moscow-St. Petersburg" in the XVII-XXI centuries are considered. The assessment of social assistance based on data on the transport accessibility of settlements has been carried out. The analysis of the spatial area of settlement of the Novgorod region of the geographic visualization of the database, which includes data on the population and the geographical coordinates of the settlements of Russia, has been carried out. The comparison of historical fragments of the settlement structure and their current state is carried out on the basis of historical maps and data on the population census. The issue of preserving sustainable spaces in the context of urbanization processes and in connection with modern challenges and threats to the functioning of the city is considered. Competitive advantages and factors of development of

inbetween-agglomeration territories are indicated. The main scenarios of the development of the settlement system of the inbetween-capital region are considered on the example of the Novgorod region.

Keywords: *agglomeration, settlement system, inbetween-agglomeration territories, isochron, territorial planning, spatial development.*

REFERENCES

1. Lappo G.M., Urbanization in Russia [Urbanizatsiya v Rossii]. Ekologiya urbanizirovannyh territorij. 2006. No. 1. Pp. 6–12. (rus)
2. Zubarevich N.V. Development of the Russian space: barriers and opportunities for regional policy [Razvitie Rossijskogo prostranstva: bar'ery i vozmozhnosti regional'noj politiki]. Mir novoj ekonomiki, 2017. 11(2). Pp. 46–57. (rus)
3. Dzenovska D., Emptiness: Capitalism Without People in the Latvian Countryside. American Ethnologist. 2020. Vol. 47. No. 1. Pp. 10–26.
4. Florida R. New urban crisis: gentrification, expensive real estate, growing inequality and what we should do about it [Novyj krizis gorodov: Dzhentrifikatsiya, dorogaya nedvizhimost', rastushchee neravenstvo i chto nam s etim delat']. Izdatel'skaya gruppa «Tochka», 2018. 342 p. (rus)
5. Nefedova T.G. Russian periphery as a socio-economic phenomenon [Rossijskaya periferiya kak social'no-ekonomicheskij fenomen]. Regional'nye issledovaniya. 2008. No. 5. Pp. 14–31. (rus)
6. Esaulov G.V., Lezhava I.G., Lyubovnyj V.Ya., Yusin G.S., Lomakina D.Yu. Urban planning doctrine of the Russian Federation [Gradostroitel'naya doktrina Rossijskoj Federacii]. Rossijskaya akad. arhitektury i stroit. nauk. Ekon-inform. 2014. 30 p. (rus)
7. Kaganskij V. L. Inner periphery - a new growing zone of the cultural landscape of Russia [Vnutrennyaya periferiya – novaya rastushchaya zona kul'turnogo landshafta Rossii]. Izv. RAN., ser. geogr. 2012. No. 6. Pp. 23–34. (rus)
8. Shubenkov M.V., Homyakov D.A. Urban Agglomerations: Thoughts about the Present and Future [Gorodskie aglomeracii: mysli o nastoyaschem i budushchem]. Academia. 2015. No. 3. Pp. 86–91. (rus)
9. Gricaj O.V., Ioffe G.V., Trejvish A.I. Center and periphery in regional development [Centr i periferiya v regional'nom razvitii]. Nauka, 1991. 167 p. (rus)
10. Lyubovnyj V. Ya. Course towards "space compression" – a threat to the integrity and security of Russia. Urban development in the context of globalization [Kurs na «szhatie prostranstva» – ugroza celostnosti i bezopasnosti Rossii. Razvitie gorodov v usloviyah globalizacii]. Izd-vo Ural. gos. ekon. universiteta, 2012. Pp. 24–46. (rus)
11. Rodoman B. B., Russian internal periphery [Rossijskaya vnutrennyaya periferiya]. Nauka. Innovacii. Tekhnologii. 2014. No. 4. Pp. 139–147. (rus)
12. Artobolevskij S.S. Analytical note "Prospects for the development of territories adjacent to the transport corridors of Moscow and St. Petersburg" [Analiticheskaya zapiska «Perspektivy razvitiya territorij, privileguyushchih k transportnym koridoram Moskvy i Sankt-Peterburga»]. Sankt-Peterburg: Proekt «Razvitie gorodskih aglomeracij v zone transportnogo koridora Moskva – Sankt-Peterburg» 2005. 14 p. (rus)
13. Tonkoj I.V. Dynamics of accessibility parameters in the spatial organization of objects and settlement systems in Russia of the future [Dinamika parametrov dostupnosti vprostranstvennoj organizacii ob'ektov i sistem rasseleniya Rossii budushchego]. Sociologiya goroda. 2019. No.4. Pp. 5–13. (rus)
14. Gun'ko M. S., Eremenko Yu. A., Batunova E. Yu., Planning Strategies in the Context of Urban Shrinkage in Russia: Evidence from Small and Medium-sized Cities [Strategii planirovaniya v usloviyah gorodskogo szhatiya v Rossii: issledovanie malyh i srednih gorodov]. Mir Rossii: Sociologiya, etnologiya. 2020. Vol. 29. No. 3. Pp. 121–141. (rus)
15. Katharine L Bradbury, Anthony Downs, and Kenneth A. Small. Urban Decline and the Future of American Cities. Brookings Institution, Washington, DC, 1982. 309 p.
16. Gaevskaya Z.A. Rural Settlement of Non-Black Earth Region in 2026: Disaster or Revival? [Sel'skoe rasselenie nechernozem'ya v 2026 godu: katastrofa ili vozrozhdenie?]. Architecture and Modern Information Technologies. 2018. No. 2 (43). Pp. 332–348. (rus)
17. Vladimirov V.V. Management of urban planning and territorial development [Upravlenie gradostroitel'stvom i territorial'nym razvitiem]. RAASN, 2000. 89 p. (rus)
18. Leo van den Berg, Roy Drewett, Leo H. Klaassen Urban Europe: A Study of Growth and Decline. Pergamon, Oxford, 1982. 184 p.
19. Shubenkov M.V. Symbiotic development of urbanized and natural territories [Simbioticheskoe razvitie urbanizirovannyh i prirodnyh territorij]. Architecture and Modern Information Technologies. 2019. No. 4 (49). Pp. 215–223. (rus)
20. Polyan P.M. Territorial structures – urbanization – resettlement. Theoretical approaches and methods of study [Territorial'nye struktury – urbanizatsiya – rasselenie. Teoreticheskie podhody i metody izucheniya]. Novyj hronograf, 2014. 784 p. (rus)

Information about the authors

Pekshin, Dmitriy R. Postgraduate student. E-mail: d.pekshin@markhi.ru. Moscow Architectural Institute (State Academy). Russia, 107031, Moscow, Rozhdestvenka str., h. 11/4, korp. 1, p. 4.

Received 13.04.2021

Для цитирования:

Пекшин Д.Р. Трансформация структуры расселения макрорегиона «Москва – Санкт-Петербург» (на примере Новгородской области) // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 8. С. 45–55. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-45-55

For citation:

Pekshin D.R. Transformation of the settlement structure of the «Moscow-Saint-Petersburg» macroregion. Case study of Novgorod region. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 8. Pp. 45–55. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-45-55

РЕНОВАЦИЯ ИСТОРИЧЕСКИХ ЛАВОК И МАГАЗИНОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Аннотация. Рассмотрены виды исторических магазинов Санкт-Петербурга. Определены прототипы первых небольших магазинов. Исследованы основные периоды их развития и указаны отличия от других сходных типов торговых зданий (универмагов и рынков). Классификация исторических магазинов разработана по нескольким направлениям: специализация (продуктовые, магазины обуви, одежды и т.д.), объемно-планировочная организация (отдельные здания, витрины, единицы блокированных зданий) и стилевые направления (эkleктика, модерн, неоклассицизм). На основании разработанных классификаций рассмотрены варианты современного приспособления и использования. Выявлены основные проблемы современного существования магазинов и способы их решения. Рассмотрен и проанализирован отечественный и зарубежный опыт приспособления. Приведены примеры наиболее интересных и разнообразных решений по современному использованию исторических магазинов. Сделаны выводы об актуальности использования рассматриваемых зданий и помещений. Разработаны основные подходы к реновации магазинов, с учетом объекта сохранения (интерьер магазина, его специализация, фасад, характер оформления витрин, их различные комбинации, комплексное формирование облика торговой улицы). Даны рекомендации по подбору современной функции в зависимости от типа объекта. Доказана историко-культурная ценность исторических магазинов разных типов и необходимость их сохранения.

Ключевые слова: магазин, лавка, торговля, реновация, архитектура, историческое наследие.

Введение. С точки зрения градостроительства и архитектуры магазины являются важными единицами, формирующими облик города [1]. Они несут в себе как архитектурную, так и историческую ценность. Особенно подвержены утрате интерьеры небольших магазинов, большинство которых возможно восстановить лишь благодаря архивным фотографиям. Другим важным аспектом является воссоздание дизайна оформления витрин и вывесок, так как с одной стороны это создает единообразную среду, а с другой формирует тот самый облик исторического города с его уникальным «духом места» [2, 3]. С точки зрения истории, сохраняя и воссоздавая крупные магазины и мелкие лавки, мы таким образом гарантируем историческую преемственность [4]. Кроме того, расположение рассматриваемых зданий в структуре города коммерчески выгодное, что делает их привлекательными объектами для современного использования [5].

Объектом исследования в работе являются исторические магазины и лавки Санкт-Петербурга. Предмет исследования – методы реновации исторических магазинов разных видов для их современного использования и сохранения.

Целью работы является поиск баланса между сохранением наиболее ценных характеристик объектов и их эффективного коммерческого использования.

Для достижения цели необходимо решить ряд следующих задач:

- выявление и классификация исторических магазинов разных типов;

- изучение истории формирования магазинов;
- выявление основных проблем современного существования объектов;
- подбор различных методов их приспособления.

При изучении магазинов разными исследователями большее внимание уделяется их истории и стилевым характеристикам. Вопрос о реновации и современном использовании остается малоосвоенным.

Материалы и методы. В ходе проведения исследования были изучены архивные, библиографические и иконографические материалы, связанные с изучаемыми объектами, по возможности проведено знакомство с объектами в натуре. После сбора исходных данных была проведена их систематизация и анализ. Анализу подвергались разные аспекты объектов: их история, расположение, современное состояние и использование.

История. Магазином называют предприятие розничной торговли, размещенное в стационарном здании, оборудованном для продаж товаров и оказания услуг. Может занимать как здание целиком, так и его часть, преимущественно первые этажи. Площадь магазина, как правило, включает в себя торговый зал, подсобные, административно-бытовые помещения и склад. Первоначально слово было заимствовано европейскими языками из арабского, где *maḥzān* означало «склад» [6]. В русском языке слово «магазин» появилось в начале XVIII века — в указаниях Петра

Г о подготовке «Устава морского», а затем и в самом «Уставе» – и обозначало хранилище амуниции, оружия или продовольствия [7].

Временем появления магазинов в России можно считать период, в котором окончательно закрепилось понятие магазина как торгового объекта. Этот период относится ко второй половине XVIII в. [8]. С 1797 г. было разрешено иметь лавки и магазины при жилых домах [9]. Изначально словом «магазин» обозначались места, где можно было приобрести предметы роскоши, в остальных случаях торговые точки именовались более привычным словом «лавка». В XIX веке слово «магазин» окончательно изменило свою смысловую нагрузку, вытеснив слово «лавка» [10].

Большой вклад в исследование дореволюционных магазинов в России внесли кандидат архитектуры А.В. Суровенков и доктор архитектуры С.М. Шумилкин.

В Средние века торговля велась снаружи в небольших лавках через окошко васисдас, где устраивался временный прилавок. Окна эти закрывались створками или решетками. В Европе с XVIII в., с удешевлением цен на стекло, в моду входят застекленные витрины, и торговля перемещается внутрь здания [11]. Еще в конце XVIII в. стекло стали применять голландцы, а потом мода постепенно распространилась в других странах. Витрины состояли из небольших стекол, соединенных переплетами [12]. В 1840-х гг. технология производства стекла была усовершенствована, что позволило изготавливать листы размером до 1×2 метра, одними из первых новую технологию применили магазины Лондона – Асприс и Бенсон [12].

В Российской империи в середине XIX в. так же активно развиваются магазины на первых этажах. Новые строились с уже заложенными торговыми помещениями на первых этажах. Не смотря на широкое распространение магазинов с витринами, многие небольшие магазины продолжали вести торговлю через васисдас.

Помимо небольших магазинчиков, со второй половины XIX в. стали появляться здания торговых компаний, в которых помимо магазина располагались конторские помещения и правления и иногда производство. Это в первую очередь касалось представительств крупных зарубежных фирм.

Магазин имеет существенные отличия от универсамов и рынков. Они заключаются в площади, ассортименте товара и способе взаимодействия продавца и покупателя. По сравнению с универсамом, магазин имеет гораздо меньшую торговую площадь и более узкую специализацию товаров. Рынок, с точки зрения архитектуры,

также значительно крупнее магазина. Но поскольку рыночное здание может быть, как залым, так и блокированным, отдельная лавка рынка (торгового ряда) может рассматриваться как отдельный магазин.

Классификация. В процессе проведенных исследований была разработана универсальная классификация исторических магазинов, которая может быть применена при анализе как отечественных, так и зарубежных торговых объектов. Классифицировать магазины можно по нескольким направлениям: специализация, объемно-планировочная организация и их стилевые направления (рис. 1).

По характеру предлагаемых товаров магазины делятся на продовольственные, хозяйственно-бытовые, книжные, обувные, магазины одежды и многие другие. При этом большое значение имеет оформление витрины, которая является «лицом» магазина. Витрина не только встречает гостей и привлекает посетителей, но и дает первичную информацию о магазине, товаре и др. В этом плане особо выделяется гастрономический магазин Елисеевых, оформлению витрин которого всегда уделялось особое внимание [13]. В период его открытия их новаторство состояло в выведении продовольственного магазина на новый уровень, поэтому он стал первым элитным продуктовым в России.

По объемно-планировочной организации магазины можно разделить на три типа: отдельно стоящее здание, полностью принадлежащее фирме, витрины на первых этажах жилых зданий и магазин как единица блокированного здания.

Отдельно можно выделить магазины, имеющие собственное небольшое производство (к примеру, пекарни, кондитерские и, в некоторых случаях, даже небольшие пивоварни).

Магазины на первых этажах с конца XIX в. стали наиболее распространенным видом торговых точек. Строительство большого фирменного магазина было по карману крупным торговым домам, в таких зданиях магазин занимал лишь один-два этажа, все остальное отводилось под склады, конторы, производство и этажи, принадлежавшие правлению. По сути, это было представительство компании в городе, и подобного рода здания фирма не ставила более одного. Небольшие же магазины могли быть организованы на первом этаже почти любого дома и, если ранее для этого требовалась реконструкция фасада, то ближе к концу XIX в. торговые помещения уже закладывались в проектах архитекторами. Лавки в торговых рядах территориально занимали выгодное положение, однако уступали новым магазинам в комфорте (традиционно малые площади

и узкие, вытянутые помещения лавок) и возможностях демонстрации товара с улицы [14].

Говоря о стилевых направлениях магазинов, можно выделить три основных – это эклектика, модерн и неоклассицизм [15]. Классицизм, характерный для зданий торговых рядов и гостиных дворов, в масштабах единичной лавки превращался в эклектику, так как на первых этажах расширялись оконные проемы для устройства витрин [16, 17]. То же касалось и других зданий

в классицизме, первые этажи которых перестраивались под магазины. По-настоящему раскрыть потенциал магазинной торговли помог стиль модерн. Его архитектурный язык, тяготеющий к использованию большого количества стекла и металла, позволяли максимально демонстрировать товар, привлекая в магазин посетителей [18]. Неоклассические формы торговых зданий во многом переняли идейную составляющую модерна, однако упростив, сделав его менее декоративным [13].



Рис. 1. Схема классификации исторических магазинов

Проблемы. В современных реалиях многие исторические магазины частично или полностью утратили свое существование. В одних случаях утерян их уникальный внешний вид и интерьер, в других старинные магазины вытеснены современными торговыми сетями или же на предприятия с иной функцией. В целом можно выделить следующие основные проблемы:

- Полная утрата исторических магазинов. Некоторые исторические магазины пропадают бесследно. Это происходит по многим причинам, в частности из-за того, что оказываются задавлены более крупными и современными магазинами или виной тому разорение предприятия, фирменными магазинами которого они являлись.

- «Грубая» реконструкция (рис. 2 [19]). Связана с изменением размеров оконных и дверных проемов на первом этаже, демонтаже исторических декоративных элементов, замена исторических материалов современными, вследствие

чего здание теряет свое единообразие и гармоничный облик. Часто затрагиваются внутренние площади помещений с целью увеличения площади арендуемого магазина.

- Агрессивная реклама. Проблема практически всех городов в России. Из-за отсутствия регламента по единообразию оформления вывесок и ограничению по их размеру создается резкий диссонанс восприятия торговой улицы. Она «распадается» на куски разных форм, цветов и размеров, мешает фокусировке внимания посетителя. При этом здание, подверженное такому подходу, полностью теряется среди этого многообразия, прячется за огромные вывески и частично утрачивает свое значение в формировании облика исторического города.

- Нерационально подобранная функция исторических магазинов. Как правило, влечет за собой проблемы и последствия, описанные выше.



Рис. 2. Первый этаж доходного дома Николаевых в 1910 г. и в 2020 г.
(а – витрина кондитерского магазина товарищества «Жорж Борман», снимок ателье Буллы, 1910 г., ЦГАКФФД СПб [19]; б – снимок магазина 2020 г., Бредихина А. В.)

Подходы реновации и их примеры. Несмотря на большое количество неудачных примеров современного использования торговых зданий в России и в мире, существует много удачно реализованных подходов к сохранению исторических магазинов. Объектом сохранения

или восстановления может являться интерьер магазина, его специализация, фасад, характер оформления витрин, их различные комбинации, а также комплексное формирование облика целой торговой улицы.

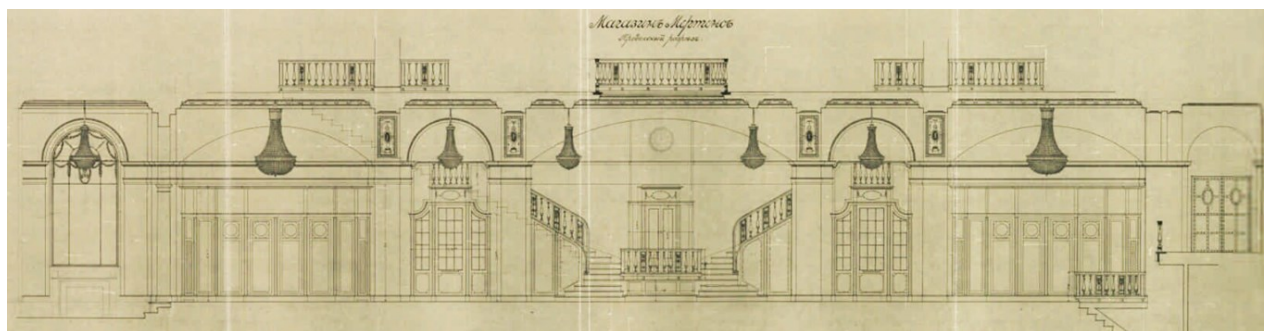


Рис. 3. Интерьер зала дома Мертенса, 1911 г. [20]

В плане сохранения исторических интерьеров стоит выделить такие объекты в Санкт-Петербурге как дом фирмы «Мертенс» (рис. 3) [20], дом компании «Зингер» и дом купцов Елисеевых. В случае с домом Мертенса был реализован подход к совмещению старого и нового. Сейчас в нем размещен флагманский магазин фирмы «ZARA», а также офисы, сдающиеся в аренду. Интерьер первого этажа магазина был максимально сохранен, однако, в соответствии с современными требованиями установлены эскалаторы для посетителей, камеры видеонаблюдения и динамики громкоговорителей. Это же касается ве-

стибуля расположенного здесь же бизнес-центра. В здании работает лифт, установленный со времен основания магазина.

Свое роскошное убранство удалось сохранить и интерьеру магазина купцов Елисеевых. Изначально магазин планировался купцом I гильдии Г.Г. Елисеевым как элитный гастроном. Такой формат продуктового был нехарактерен для России и стал настоящей диковинкой для Санкт-Петербурга. К сотрудникам магазина предъявлялись высокие требования, и перед началом работы каждый из них проходил специальное обучение. В советское время магазин именовался

«Гастроном № 1 «Центральный». На сегодняшний день в зале гастронома продолжает свою работу продуктовый, под маркой «Магазин купцов Елисеевых», сохраняя и поддерживая исторические традиции. Ценность его заключается еще и в том, что магазин является примером наиболее полного сохранения, как внешнего вида, так и интерьера, и специализации, что касается и московского отделения магазина.

Помимо сохранения и воссоздания интерьеров крупных магазинов не менее важным направлением является воссоздание интерьеров небольших магазинчиков на первых этажах, оригинальные интерьеры которых почти не сохранились, но существуют иконографические источники, на основании которых подобное восстановление возможно.

В Харькове сохранен интерьер магазина кондитерских изделий «Ведмедик», ранее принадлежавший Торговому дому «Жорж Борман». В Лондоне с 1855 г. работает магазин товаров для художников «Cornelissen & Son». Это популярное туристическое место привлекает своим уникальным колоритом. В магазине бережно сохранены интерьер, обстановка, включая мебель, и оформление фасада магазина.

Интересным направлением является воссоздание специализации магазина и возрождение в том или ином виде исторических брендов. К примеру, салон часов Буре на Невском проспекте не менял свою специализацию с момента основания. Изменялся размер самого магазина, характер вывесок и интерьер, но специализация, даже в советское время, всегда была связана с часами. Некоторые бренды изменили свои названия, как например, «Эйнем» превратился в «Красный Октябрь», а «Абрикосовъ и сыновья» в «Бабаевский». Другие и вовсе исчезли бесследно, среди них коньяк «Шустов», фортепьяно «Братья Дидерихс», пивоварня «Иван Дурдин» и др. В обоих случаях возможно воссоздание магазина со схожей специализацией, при этом можно, как воссоздавать название, так и использовать новое. В случаях, когда бренд продолжает существовать, воссоздание подобного магазина является особенно ценным, так как это реализует историческую преемственность и позволяет сохранить нематериальные ценности исторического города. Как правило, такие магазины пользуются особой туристической популярностью, что можно увидеть на удачном примере европейских стран. В Париже очень известны такие магазины, как шоколадный бутик «Debauve et Gallais» (с 1817 г.), винный магазин в «Legrand Filles et Fils» (с 1800 г.), магазин зонтов «Antoine» (с 1885 г.); во Флоренции – книжный магазин «Libreria Antiquaria

Gonnelli» (с сер. XIX в.), аптека Santa Maria Novella (с 1612 г. расположена в церкви Санта-Мария-дель-Фьоре); в Лондоне – бакалейная лавка «Berry Bros. & Rudd» (с 1698 г.), шляпный магазин «Lock & Co.» (с 1676 г.).

Воссоздание исторического оформления фасада магазина создает тот самый образ исторического города со своей уникальной идентичностью. В европейских городах сохраняют оформление целых торговых улиц. Это популярные туристические места, куда люди приходят не только за покупками, но и чтобы поближе познакомиться с городом. Подход может заключаться как в исторической стилизации вывесок и витрин, так и в точном восстановлении на основании иконографических источников. Плюсом является в первую очередь сохранение единообразия улицы, решается проблема «агрессивной» рекламы, формируется узнаваемый облик города. Реализацию такого подхода иллюстрирует Рыбинск, где приняли решение о стилизации всех рекламных вывесок в историческом центре. Вывески магазинов стилизованы под вывески дореволюционного периода России. При несоответствии данному требованию вывеска подлежит демонтажу. Подход можно реализовывать локально – это может быть одна или несколько улиц города, или даже небольшой ее фрагмент.

Другой вариант – это установка минималистических вывесок с ограничениями по размерам. Является наиболее распространенным решением, частично реализовано на Невском проспекте Санкт-Петербурга.

Интересное решение фасада предложила студия MVDRV в Амстердаме, проект называется «Хрустальный дом» [21] (рис. 4). Первый этаж здания выложен из прозрачного кирпича, который постепенно переходит в обычную кирпичную кладку. При производстве работ был полностью снесен дом на улице PC Hoofdstraat и возведен новый. Оформление фасада здания выполнено с соблюдением оригинальных исторических форм, благодаря чему он гармонично вписывается в существующую среду, а стеклянный первый этаж выглядит ярким акцентом, привлекающим к себе внимание.

Подобный подход можно использовать при необходимости заполнения лакун исторических улиц, либо при восстановлении утраченных частей зданий. Для магазинов он особенно актуален, так как весь первый этаж практически используется как огромная витрина. В целом подобное решение может быть реализовано не только в стекле, но и в любом другом материале, и не обязательно затрагивать этаж полностью. Смысл будет заключаться в возведении новых

зданий, не противоречащим сложившимся историческим формам с одной стороны, а использование нетипичных материалов будет подчеркивать, что это современная постройка, тем самым реализуя два принципа аналитической реставрации по Е.В. Михайловскому и одно из положений Венецианской хартии 1964 г.:

«4. При проведении реставраций выделяются вновь вносимые в здание конструктивные элементы и декоративные детали, чтобы ясно отличать от них древние, подлинные части.

5. Достройки или пристройки к зданию по соображениям его использования выполняются в стиле современном времени реставрации» [22].

«Статья 12. Элементы, предназначенные для замены недостающих фрагментов, должны гармонично вписываться в целое и вместе с тем так отличаться от подлинных, чтобы реставрация не фальсифицировала историческую и художественную документальность памятника» [23].

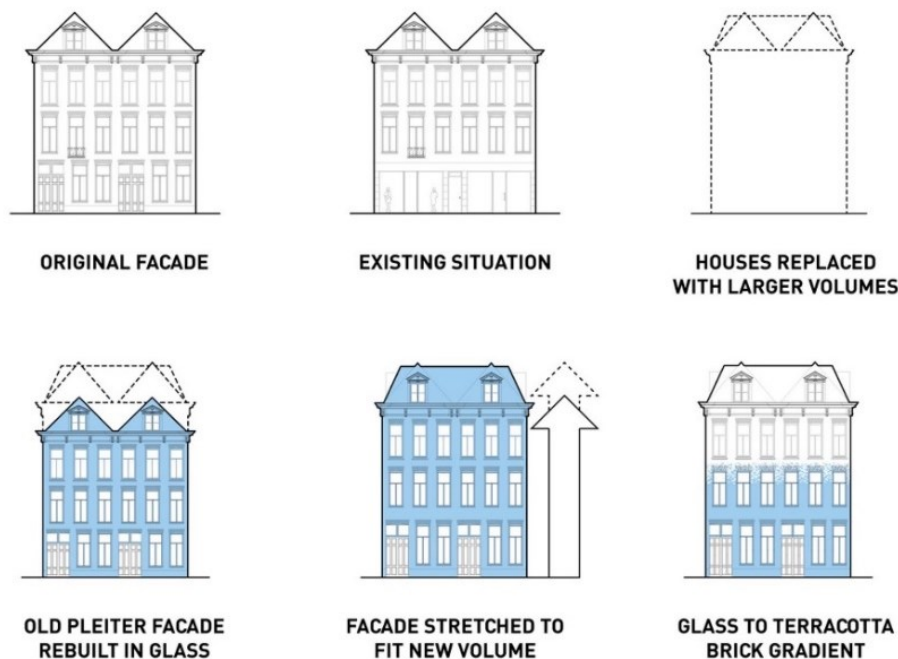


Рис. 4. Схема концепции проекта «Хрустальный дом» [21]

Для отдельно стоящих крупных магазинов наиболее рациональным решением является внедрение новых функций. Чаще это становится офисная функция, либо функция общественного питания. Эти функции являются наиболее распространенными, так как для многих крупных магазинов характерно было расположение контор для служащих, а разнообразные кафе и кофейни – привычные сопутствующие торговле предприятия. В Чайном доме на Мясницкой, в Москве на месте ранее существовавших квартир, функционируют различные медицинские центры. При этом чайный магазин продолжает функционировать с момента своего основания. «Зингер» и «Мертенс» в Петербурге превращены в бизнес-центры, с офисами, сдающимися в аренду различным компаниям, школам и др. Потребность в подобных функциях диктует центральное расположение объектов и функциональная зона города.

Некоторые здания удастся превратить в музеи, как случилось с петербургской аптекой док-

тора Пеля, которая используется как музей фармакологии. Но подобное решение возможно реализовать далеко не всегда, и оно скорее является исключением, нежели правилом.

Помещения на первых этажах часто занимают кафе и рестораны, что так же является востребованными объектами наряду с магазинами.

При приспособлении торговых помещений под современные магазины важно обеспечить их соответствие санитарно-гигиеническим требованиям и требованиям технического оснащения. Это может касаться установок санузлов, эскалаторов/лифтов (для магазинов, расположенных в несколько этажей), камер видеонаблюдения, пожарных сигнализаций, освещения и прочего.

Лавки, входящие в состав торговых рядов, можно рассматривать как отдельную единицу. Как правило, не всегда есть возможность реставрации целого здания, но арендатору важно привести в порядок свой магазин. Реконструкции, проводимые в XIX в. и касающиеся расширения оконных проемов под более современные вит-

рины, сделали эти лавки пригодными для современных требований рекламы. При приспособлении отдельных лавок возможно расширение пространства путем сноса перегородок или, напротив, установки новых облегченных. Главное – сохранять единообразие внешнего оформления и используемых расстекловок, по крайней мере, в рамках одной линии, исключить возможность установки арендатором оконных и дверных за-

полнений, не соответствующих общей стилистике, установки собственных навесов или демонтажу навесов, установленных ранее по историческим аналогам, использования грубо выделяющихся вывесок и покраски фасадов в цвета, не соответствующие колористическому решению здания. Решением может стать разработка паспорта здания, в котором будут прописаны все возможные ограничения с типовыми решениями по оформлению фасада (рис. 5) [24, 25].

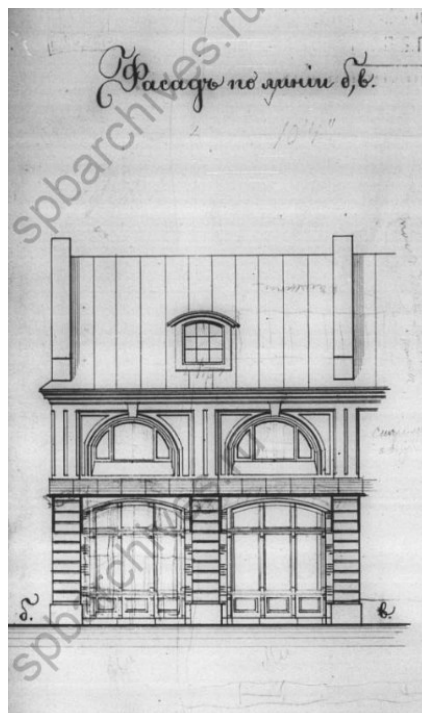


Рис. 5. Примеры оформления фасадов лавок в гостиных дворах в конце XIX в. [24, 25]

Небольшой размер лавок при этом может подойти магазинам с небольшим ограниченным производством. Это могут быть, к примеру, изделия ручной работы, дизайнерские товары с ограниченным тиражом, книжные лавки с узкой специализацией, сувенирная продукция и многое другое. Подобный формат торговли сейчас набирает высокие обороты, так как люди все чаще отказываются от масс-маркета в пользу эксклюзивных вещей, выпущенных малым тиражом. Подобный подход имеет ряд положительных сторон, в частности повышение уровня конкуренции, разнообразие предлагаемых товаров, ориентация на разнообразный круг потребителей и поддержка местного производителя и малых форм торговли.

Выводы. На основании вышесказанного мы видим, что существует много разнообразных подходов к реновации магазинов. Их можно использовать как по отдельности, так и комплексно. Лавки торговых рядов и гостиных дворов могут рассматриваться как отдельные мага-

зины, в таком случае к ним могут быть применены те же подходы, как и к магазинам на первых этажах, но с учетом сохранения единообразия уличных фасадов здания в целом. Всего можно выделить 7 подходов.

1. Полное или частичное сохранение/воссоздание интерьера магазина с учетом современных санитарно-гигиенических требований, требований по пожарной безопасности и современному оснащению. В случае с частичным подходом возможно сохранение интерьеров в отдельных помещениях, на некоторых этажах.

2. Воссоздание специализации магазина или создание магазина со схожей специализацией, воссоздание исторических брендов.

3. Решения по оформлению фасада магазина. Воссоздание исторического оформления фасада магазина либо установка минималистических вывесок с ограничениями по размерам (более распространенный вариант), воссоздание утраченной лепнины, разнообразного декора, уста-

новка окон и витрин с исторической расстекловкой, воссоздание исторических входных дверей и др.

4. Формирование исторической торговой улицы. Заключается в воссоздании исторического оформления вывесок и витрин или их стилизация. Таким образом, может быть решена целая торговая улица, ее фрагмент, либо несколько улиц, расположенных рядом.

5. Подбор новой функции или сохранение исторической. Торговая функция может быть дополнена функциями общественного питания (кафе, рестораны, кофейни и др.). В частных случаях возможно применение музейной функции, она может быть совмещена с исторической торговой функцией.

6. При заполнении лакун или восстановлении утраченных частей здания, возможно возведение их с использованием новых материалов, отличающихся по внешнему виду и фактуре, но вписывающиеся в исторический контекст.

7. Возможна внутренняя перепланировка магазина.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Томановская М.Л. Современный облик исторического города. Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Город в зеркале наук – 2015». Санкт-Петербург, 21-22 мая 2015 г. Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. С. 138–141.
2. Иванов А.В. Сохранить невидимое? Дух места и архитектурная этика (случай Ичери Шехер, Баку) // Вестник Евразии. 2008. № 1. С. 203–241.
3. Степанчук А.В., Гафурова С.В., Латыпова М.С. «Дух места» как импульс ревитализации территории адмиралтейской слободы города Казани [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://archvuz.ru/2020_4/00 (дата обращения: 20.12.2020)
4. Котенко И.А., Каримова М.С. Принцип преемственности при реновации территорий // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Градостроительство. Сборник статей. Под редакцией М.В. Шувалова. Самарский государственный технический университет. Самара, 2018. Самара: Изд-во Самарский государственный технический университет. С. 320–324.
5. Чигрина А.И. Анализ и оценка факторов инвестиционной привлекательности объектов коммерческой недвижимости. Материалы докладов Международной научно-практической конференции «Социально-экономическое развитие организаций и регионов Беларуси: эффективность и инновации». Витебск, 25-26 октября 2017 г. Витебск: Изд-во Витебский государственный технологический университет. С. 324–327.
6. Шапошников А.К. Этимологический словарь современного русского языка. М.: Флинта, 2010. 576 с.
7. Петр I. Устав морской о всём, что касается к доброму управлению в бытность флота на море. СПб., 1720. 306 с.
8. Ноздрина Л. История возникновения и размещения торговых предприятий в России [Электронный ресурс]. URL: https://ruskline.ru/analitika/2009/08/26/istoriya_vozniknoveniya_i_razmeweniya_torgovyh_predpriyatij_v_rossii/ (дата обращения: 20.12.2020)
9. Беспятовых Ю.Н. Петербург Анны Иоанновны в иностранных описаниях. СПб., 1997. 355 с.
10. Sikorová I. Актуальный словарный запас в области названий магазинов и служб. Plzeň: Západočeská Univerzita, 2012. 90 p.
11. Holleran C. Shopping in Ancient Rome: The Retail Trade in the Late Republic and the Principate. Oxford, 2012. 302 p.
12. Coleman P. Shopping Environments: Evolution, Planning and Design. Oxford, 2006. 472 p.
13. Кириков Б.М. Архитектура петербургского модерна. Общественные здания. Кн. первая. СПб.: Коло, 2011. 576 с.
14. Кулишер И.М. История экономического быта Западной Европы: в 2 т. 9-е изд. Т. 1. Челябинск: Социум, 2004. С. 82–83.
15. Даутов, Е.Н. Место и роль коммерческих интерьеров в развитии дизайна российских интерьеров в конце XIX – начале XX века // Вестник науки и образования. 2019. № 2 (56). С. 97–100.
16. Возняк Е.Р. Методика исследования детализации фасадов исторических зданий на основе теории архитектурных форм // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 1. С. 22–26.
17. Семенцов С.В. Градостроительно-композиционные качества застройки Санкт-Петербурга в XVIII – начале XXI вв. // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 9. С. 37–38.
18. Османкина Г.Ю. Значение дизайнерской линии в стиле модерн // Омский научный вестник. 2014. № 4 (131). С. 190–193.
19. Из истории Петербургской торговли в XVIII–XX веках / Архивный комитет Санкт-Петербурга. 2015 г. [Электронный ресурс]. URL: https://spbarchives.ru/web/group/trade_3_3 (дата обращения: 20.12.2020).
20. РГИА. Ф. 1488. Оп. 3. Д. 405. Л. 2.

21. Crystal Houses : [официальный сайт] / MVDRV. 2016. [Электронный ресурс]. URL: <https://oma.eu/projects/il-fondaco-dei-teseschi> (дата обращения: 20.12.2020).

22. Михайловский Е.В. Реставрация памятников архитектуры (развитие теоретических концепций) Москва: Издательство литературы по строительству, 1971. 190 с.

23. Международная Хартия по консервации и реставрации памятников и достопримечательных мест (Венецианская Хартия): принята II

Международным конгрессом архитекторов и технических специалистов по историческим памятникам 31 мая 1964 г. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901756982> (дата обращения: 20.12.2020).

24. ЦГИА. Ф. 515. Оп. 4. Д. 5792. Л. 2.

25. ЦГИА. Ф. 515. Оп. 4. Д. 84А. Л. 5.

Информация об авторах

Бредихина Анастасия Викторовна, аспирант кафедры архитектурного и градостроительного наследия. E-mail: elle0072008@yandex.ru. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д.4.

Поступила 25.03.2021 г.

© Бредихина А.В., 2021

Bredikhina A.V.

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

E-mail: elle0072008@yandex.ru

RENOVATION OF HISTORICAL SHOPS AND STORES IN ST. PETERSBURG

Abstract. *The types of historical shops of St. Petersburg are considered. Prototypes of the first small stores have been identified. The main periods of their development are investigated and the differences from other similar types of commercial buildings (department stores and markets) are indicated. The classification of historical stores has been developed in several directions: specialization (grocery, shoe and clothing stores, etc.), space-planning organization (individual buildings, shop windows, units of blocked buildings) and style directions (eclecticism, modernism, neoclassicism). Based on the developed classifications, options for modern adaptation and use are considered. The main problems of the modern existence of stores and the ways to solve them are identified. Domestic and foreign experience of adaptation is considered and analyzed. Examples of the most interesting and varied solutions for the modern use of historic stores are given. Conclusions are made about the relevance of the use of the buildings and premises under consideration. The main approaches to the renovation of stores have been developed, taking into account the object of conservation (the interior of the store, its specialization, the facade, the nature of the window decoration, their various combinations, the complex formation of the appearance of the shopping street). Recommendations are given on the selection of a modern function depending on the type of object. The historical and cultural value of historical stores of various types and the need for their preservation are proved.*

Keywords: *shop, store, trade, renovation, architecture, cultural heritage objects.*

REFERENCES

1. Tomanovskaya M.L. The modern look of the historic city [Sovremennyy oblik istoricheskogo goroda]. Materials of the IV International scientific-practical conference "City in the mirror of sciences – 2015". St. Petersburg, 21-22, may 2015 St. Petersburg: Publishing St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Pp. 138–141. (rus)

2. Ivanov A.V. Save the invisible? "Genius loci" and architectural ethics (the case of Icheri Sheher, Baku) [Sokhranit' nevidimoye? Dukh mesta i arkhitekturnaya etika (sluchay Icheri Shekher,

Baku)]. Eurasia Bulletin. 2008. No 1. Pp. 203–241. (rus)

3. Stepanchuk A.V., Gafurova S.V., Latypova M.S. "Genius loci" as an impulse to the revitalization of the Addmiralteyskaya sloboda area in the city of Kazan [«Dukh mesta» kak impul's revitalizatsii territorii admiralteyskoy slobody goroda Kazani]. System. the requirements: AdobeAcrobatReader. URL: http://archvuz.ru/2020_4/00 (accessed: 20.12.2020) (rus)

4. Kotenko I.A., Karimova M.S. The principle of continuity in the renovation of territories [Printsip preymstvennosti pri renovatsii territoriy]. Tradition and innovation in construction and architecture. Urban planning. Collection of articles. Samara State

Technical University. Samara, 2018. Samara: Publishing House Samara State Technical University. Pp. 320–324. (rus)

5. Chigrina A.I. Analysis and assessment of factors of investment attractiveness of commercial real estate objects [Analiz i otsenka faktorov investitsionnoy privlekatel'nosti ob'yektov kommercheskoy nedvizhimosti]. Materials of reports of the International scientific-practical conference "Socio-economic development of organizations and regions of Belarus: efficiency and innovation." Vitebsk, 25–26, october 2017 Vitebsk: Publishing Vitebsk State Technological University. Pp. 324–327. (rus)

6. Shaposhnikov A.K. Etymological Dictionary of the Modern Russian Language [Etimologicheskiy slovar' sovremennogo russkogo yazyka]. A.K. Shaposhnikov. Moscow: Flinta, 2010. 576 p. (rus)

7. Peter the First. Charter of the sea about everything that concerns good governance when the fleet was at sea [Ustav morskoy o vsom, chto kasyetsya k dobromu upravleniyu v bytnost' flota na more]. St. Petersburg, 1720. 306 p. (rus)

8. Nozdrina, L. History of the emergence and location of trading enterprises in Russia [Istoriya vozniknoveniya i razmeshcheniya torgovykh predpriyatiy v Rossii][Electronic resource]. URL: http://ruskline.ru/analitika/2009/08/26/istoriya_vozniknoveniya_i_razmeweniya_torgovykh_predpriyatij_v_rossii/ (accessed: 20.12.20). (rus)

9. Bespyatykh Yu.N. Petersburg Anna Ioannovna in foreign descriptions [Peterburg Anny Ioannovny v inostrannykh opisaniyakh]. St. Petersburg, 1997. 355 p. (rus)

10. Sikorová I. Up-to-date vocabulary in the field of store and service names [Aktual'nyy slovar'nyy zasob v oblasti nazvaniy magazinov i sluzhb]. Plzeň: Západočeská Univerzita, 2012. 90 p. (rus)

11. Holleran C. Shopping in Ancient Rome: The Retail Trade in the Late Republic and the Principate. Oxford, 2012. 302 p.

12. Coleman P. Shopping Environments: Evolution, Planning and Design. Oxford, 2006. 472 p.

13. Kirikov B.M. The architecture of St. Petersburg Art Nouveau. Public buildings [Arkhitektura peterburgskogo moderna. Obshchestvennyye zdaniya]. Vol. 1. St. Petersburg: Kolo, 2011. 576 p. (rus)

14. Kulisher I.M. The history of the economic life of Western Europe: in 2 vol. [Istoriya ekonomicheskogo byta Zapadnoy Yevropy: v 2 t.] 9th ed. Vol. 1. Chelyabinsk: Socium, 2004. Pp. 82–83. (rus)

15. Dautov E.N. The place and role of commercial interiors in the development of Russian interior

design in the late 19th - early 20th centuries [Mesto i rol' kommercheskikh inter'yerov v razvitiy dizayna rossiyskikh inter'yerov v kontse XIX – nachale XX veka]. Science and Education Bulletin. 2019. No. 2 (56). Pp. 97–100. (rus)

16. Wozniak E.R. Research methodology the detail of the facades of historic buildings based on the theory of architectural forms [Metodika issledovaniya detalizatsii fasadov istoricheskikh zdaniy na osnove teorii arkhitekturnykh form]. Modern problems of science and education. 2017. No. 1. Pp. 22–26. (rus)

17. Sementsov S.V. Urban planning and compositional qualities of the development of St. Petersburg in the XVIII - early XXI centuries [Gradostroitel'no-kompozitsionnyye kachestva zastroйки Sankt-Peterburga v XVIII – nachale XXI vv.]. Industrial and civil construction. 2007. No. 9. Pp. 37–38. (rus)

18. Osmankina G.Yu. The value of design lines in Art Nouveau style [Znachenie dizaynerskoy linii v stile modern]. Omsk Scientific Bulletin. 2014. No. 4 (131). Pp. 190–193. (rus)

19. From the history of Petersburg trade in the 18th - 20th centuries [Iz istorii Peterburgskoy torgovli v XVIII–XX vekakh] / Archive Committee of St. Petersburg, 2015. [Electronic resource]. URL: https://spbarchives.ru/web/group/trade_3_3 (accessed: 20.12.2020). (rus)

20. Rossiiskii gosudarstvennyi istoricheskiy arkhiv [Russian State Historical Archives], coll. 1488, aids 3, fol. 405, 2 p. (rus)

21. Crystal Houses : [official site] / MVDRV. 2016. [Electronic resource]. URL: <https://oma.eu/projects/il-fondaco-dei-tedeschi> (accessed: 20.12.2020).

22. Mikhailovsky E.V. Restoration of architectural monuments (development of theoretical concepts) [Restavratsiya pamyatnikov arkhitektury (razvitiye teoreticheskikh kontseptsii)]. E. V. Mikhailovsky. Moscow: Publishing house of literature on construction, 1971. 190 p. (rus)

23. International Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites (Venice Charter): IInd International Congress of Architects and Technicians of Historic Monuments, Venice, 1964. [Electronic resource]. System. the requirements: AdobeAcrobatReader. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901756982> (accessed: 20.12.2020).

24. Tsentral'nyy gosudarstvennyy istoricheskiy arkhiv [Central State Historical Archives], coll. 515, aids 4, fol. 5792. 2 p. (rus)

25. Tsentral'nyy gosudarstvennyy istoricheskiy arkhiv [Central State Historical Archives], coll. 515, aids 4, fol. 84A, p. 5. (rus)

Information about the authors

Bredikhina, Anastasia V. Postgraduate student of the department of architectural and urban heritage. E-mail: elle0072008@yandex.ru. St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Russia, 190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya St., 4.

Received 25.03.2021

Для цитирования:

Бредихина А.В. Реновация исторических лавок и магазинов Санкт-Петербурга // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 8. С. 56–67. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-56-66

For citation:

Bredikhina A.V. Renovation of historical shops and stores in St. Petersburg. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 8. Pp. 56–67. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-56-66

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-67-76

Банцера О.Л., *Касимова А.Р.*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет***E-mail: adema-23352@inbox.ru*

АРХИТЕКТУРНЫЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТИПОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЭТНОКУЛЬТУРНЫХ ТУРИСТСКИХ КЛАСТЕРОВ

Аннотация. Принятые правительством Российской Федерации целевые программы развития туризма свидетельствуют об актуальности данной сферы экономики. Одним из развивающихся направлений туризма является этнокультурный туризм, связанный с изучением культуры, быта и традиций многочисленных этносов. В настоящее время недостаточно сформирована научно-теоретическая база проектирования объектов этнокультурного туризма, отсутствует классификация подобных учреждений в системе туристского обслуживания. Целью исследования является разработка универсальной типологической структуры объектов этнокультурного туризма – этнокультурных туристских кластеров (ЭТК). Задача исследования – сформировать классификацию этнокультурных туристских кластеров и на ее основе выявить их типологические характеристики. В результате исследования предложена типологическая классификация этнокультурных туристских кластеров, основанная на ранее разработанной трехступенчатой системе организации этнокультурного туризма для Российско-Казахстанского приграничья. Предложенная типологическая структура базируется на единовременной пропускной способности ЭТК. Варианты туристского обслуживания обуславливают различные формы проживания туристов в кластерной системе этнокультурного туризма: в домах местных жителей в этнических поселениях, а также в гостинице и гостевых домах на территории кластера. Был сделан вывод о том, что предложенная типологическая структура этнокультурных туристских кластеров универсальна в решении задач многовариантности туристского обслуживания на обширных, малоосвоенных территориях со слабо развитой транспортной инфраструктурой и богатым культурным, этническим наследием и схожим по природно-климатическим и социально-экономическим условиям.

Ключевые слова: этнокультурный туристский кластер, Российско-Казахстанское приграничье, трехступенчатая система этнокультурного туризма, единовременная пропускная способность, универсальная типологическая структура.

Введение. В «Стратегии развития туризма в Российской Федерации на период до 2035 года» говорится о сохранении значительного потенциала туризма для ускорения роста и усиления роли туристского сектора в развитии экономики страны и отмечается рост внутреннего туризма. Помимо совершенствования нормативно-правой сферы туризма, системы управления и формирования спроса и конкурентоспособного туристского продукта, согласно данной Стратегии, является также использование комплексного подхода при развитии туризма, обеспечение межкультурной коммуникации, межрегионального и международного взаимодействия, формирование и развитие туристского продукта с учетом природного культурного, этнического разнообразия регионов России и т. д. [1]. Согласно данным Организации экономического сотрудничества и развития, туристская отрасль формирует 3,8 % валового внутреннего продукта страны.

Развитию этнокультурного направления туризма, связанного с изучением культуры, быта и традиций многочисленных этносов способствуют принятые правительством федеральные целевые программы по укреплению единства

русской нации, этнокультурному становлению и сохранению нематериального культурного наследия народов Российской Федерации [2–4]. Потенциалом развития этнокультурного туризма на территории страны является этническое разнообразие, уникальное сочетание восточнославянского, финно-угорского, тюркского и других этносов [5].

Одной из задач Федеральной целевой программы «Развитие внутреннего и внешнего туризма в Российской Федерации (2019–2025 гг.)» является «комплексное развитие туристской и обеспечивающей инфраструктуры туристских кластеров по приоритетным видам туризма» [6]. Как отмечается в данной программе, основным методом развития туристской инфраструктуры является кластерный подход, при котором поддерживаются и реализуются инвестиционные проекты туристско-рекреационных и автотуристских кластеров в различных регионах страны. Вследствие того, что этнокультурный туризм – это направление развивающееся, в настоящее время недостаточно сформирована научно-теоретическая база, не создана типология объектов этнокультурного туризма, не выработаны норма-

тивные требования, предъявляемые к проектированию объемно-планировочной организации подобных учреждений.

Актуальность применения кластерного подхода в туристской отрасли обусловлена созданием благоприятного инвестиционного климата на выбранной территории и формированием сети взаимосвязанных туристских объектов [7]. Таким образом, целью исследования является разработка архитектурных аспектов типологической структуры объектов этнокультурного туризма на базе кластерной концепции. Задача исследования – сформировать классификацию этнокультурных туристских кластеров (ЭТК) и на ее основе выявить их типологические характеристики.

В настоящее время имеется ряд научных исследований таких ученых, как Байрамова Д.М., Лукьянова Л.Г., Поморов Ф.С., Цыбух В.И., занимающихся вопросами организации и создания комплексов туризма [8–10]. Исследователем Байрамовой Д.М. были предложены три типа культурно-туристических комплекса для условий Туркменистана, различные по функционально-планировочной организации и режиму эксплуатации: круглогодичные и сезонные, более 100 чел./сутки, менее 100 чел./сутки, до 25 чел./сутки [8]. Ученым Поморовым Ф.С. было создано предложение по параметрам туристских комплексов восьми типов для условий трансграничного Алтая, где рассматриваются круглогодичные стационарные универсальные, круглогодичные стационарные специализированные, круглогодичные нестационарные универсальные и другие комплексы с различной вместимостью (до 15 мест, 15–50 мест, 50–100 мест, более 100 мест и др.) [9]. Рассмотренные работы отличаются формированием различных типов туристских комплексов для конкретной территории, в то время как в работе Лукьяновой Л.Г. и Цыбух В.И. сформирована более общая классификация рекреационных комплексов исходя из функционального профиля (санаторные комплексы, комплексы отдыха и туристские комплексы), а также по виду учреждения, вместимости, уровню комфорта, капитальности и т. д. Туристские комплексы в данной классификации подразделяются на туристскую базу, туристскую гостиницу, мотель, кемпинг, ротель, флотель, ботель и приют, которые соответственно имеют вместимость от 15 до 1000 мест [10]. В данной классификации не определено место для учреждений различных направлений туризма на основе кластерного подхода, поэтому формирование этнокультурных туристских кластеров представляется актуальным.

Материалы и методы. Основными методами исследования являются анализ отечественного и зарубежного опыта проектирования и

строительства объектов этнокультурного туризма и комплексный анализ состояния кластерных систем.

Основная часть. В настоящее время этнокультурный туризм реализуется в общественных учреждениях, таких как всевозможные виды музеев (музей истории и культуры, музей этнографии и природы, музей-заповедник, музей деревянного зодчества и т. д.), а также родовых общинах, стойбищах, различных центрах, комплексах, кластерах и ансамблях (историко-архитектурных, историко-этнографических, культурно-этнографических, архитектурно-ландшафтных и т. д.), этнопарках и этнодеревнях. Анализ отечественных и зарубежных аналогов подобных учреждений показал, что данные объекты характеризуются моделированной или музеефицируемой историко-культурной средой, которая находится в отрыве от носителей этнической культуры [11]. Поэтому кластерный подход позволяет сформировать новые типы туристских учреждений в местах проживания и обитания этносов. Такими учреждениями могут быть этнокультурные туристские кластеры.

Ранее были определены места проживания и обитания народов – этнические поселения и сформирована карта данных населенных пунктов на территории Российско-Казахстанского приграничья, характеризующегося уникальным сохранившимся культурно-историческим наследием этносов [12]. Данный регион обладает огромным рекреационным потенциалом и в тоже время имеет недостаточно развитую индустрию гостеприимства и транспортную инфраструктуру. Характерными особенностями Российско-Казахстанского приграничья являются сложные природно-климатические условия, огромные малоосвоенные, незаселенные пространства между этническими поселениями со слабо развитой транспортной инфраструктурой, а также их разрозненность [13]. Таким образом, для создания комфортного туристского обслуживания на данной территории необходимо формирование системы взаимосвязи этнокультурных туристских кластеров. Автором была предложена трехступенчатая система этнокультурного туризма для условий Российско-Казахстанского приграничья [13].

Система состоит из трех ступеней, где каждой из которых соответствует определенный вид этнокультурного туристского кластера. Первая ступень системы предполагает размещение базовых этнокультурных туристских кластеров в местах наибольшего скопления объектов туристского интереса в крупных и больших селах, а также малых городах, имеющих хорошую транспортную доступность. Базовые этнокультурные

туристские кластеры предполагают первый этап знакомства с культурой этноса, в большей степени посредством осмотра смоделированных экспозиций на территории учреждения. Для второй ступени системы характерны промежуточные этнокультурные туристские кластеры, максимально приближенные к этническим поселениям. В промежуточных этнокультурных туристских кластерах происходит второй этап погружения в культуру этноса, позволяющий более подробно ознакомиться с народом, изучить его быт, строение традиционных зданий и поселений, а также принять участие в общесельских национальных праздниках местных жителей. Конечные этнокультурные туристские кластеры представляют собой отдаленные труднодоступные этнические поселения с объектами материального и нематериального культурного наследия, а также частные фермерские хозяйства, достижение которых осуществляется посредством мобильных туристских блоков. На данном этапе происходит полное погружение в культуру этноса путем участия в семейных ритуалах и праздниках в непосредственных местах обитания носителей этнической культуры, вовлечения в традиционную хозяйственно-бытовую деятельность народа [13].

На основании исследования этнокультурного туристского обслуживания определены функционально-технологические процессы, характерные для этнокультурного туристского кластера. Они реализуются в следующих зонах: средовой, обслуживающей, въездной, локального проживания туристов в гостевых домах на базе домов местных жителей в этнических поселениях.

Средовая зона связана с организацией знакомства туристов с объектами материальной и нематериальной культуры этносов и участия в различных этнических событиях. В состав средовой зоны входят следующие основные помещения, блоки помещений и открытые пространства застройки территории: музейно-выставочное пространство под открытым небом, музейно-выставочное пространство в здании, помещения и открытые пространства для занятий народным творчеством, мастерские для занятий ремеслом, помещения и открытые пространства для проведения обрядов, ритуалов и праздников, помещения ресторана национальной кухни, торговые помещения при ремесленных мастерских, помещения и открытые пространства для содержания традиционных сельскохозяйственных животных [14]. Обслуживающая зона реализует туристские услуги общественного питания, информационного, экскурсионного, административного, торгового и гостиничного обслуживания. Данная

функциональная зона содержит следующие компоненты застройки территории: этнокультурный центр, гостиницу и гостевые дома [14]. Во въездной зоне осуществляется контроль за проходом туристов и проездом транспортных средств на территорию этнокультурного туристского кластера. Во въездной зоне располагаются объекты въездной зоны и парк мобильных туристских блоков. В зоне локального проживания туристов в гостевых домах на базе домов местных жителей в этническом поселении осуществляется участие рекреантов в хозяйственно-бытовой деятельности этноса, домашних обрядах и ритуалах, обмен народными традициями и процесс обучения приготовления национальных блюд.

При разработке классификационной структуры учитывалось множество вариантов и сценариев обслуживания в этнокультурных туристских кластерах [15]. Основные функциональные процессы связаны с экскурсионно-информационными, транспортными, административными, торговыми и гостиничными услугами, а также процессами обслуживания в компонентах застройки средовой зоны кластера. Предложены варианты, ориентированные на частичное обслуживание туристов с проживанием в домах местных жителей на территории этнического поселения. Предусмотрены также варианты без проживания на территории кластера или в этнических поселениях и полный вариант туристского обслуживания.

С учетом международных документов, нормативно-правовых актов и стандартов, принятых Всемирной туристской организацией в различные годы, такие как «Концепция устойчивого развития туризма» и Глобальный этический кодекс, требуется регулирование численности и потока туристов в местах проживания и обитания носителей этнической культуры [16, 17]. Туристская отрасль влияет на экологическое состояние региона путешествия, поэтому необходимо снижение ее отрицательного воздействия на окружающую среду, экологию и культурное наследие. Поэтому авторами были определены три значения единовременной пропускной способности этнокультурных туристских кластеров равных 50, 100 и 150 чел. с учетом значений допустимой рекреационной нагрузки на природный комплекс [18].

Рассмотрев трехступенчатую систему организации этнокультурного туризма для условий Российско-Казахстанского приграничья, многовариантную схему туристского обслуживания, компоненты функциональных зон и их состав, а также учитывая принятые значения единовременной пропускной способности кластеров, ав-

торами предлагается универсальная типологическая структура этнокультурных туристских кластеров. Научная новизна исследования заключается в том, что впервые разработана универсальная типологическая структура этнокультурных туристских кластеров. Универсальность данной структуры достигается возможностью применения типов ЭТК для территорий, схожих по природно-климатическим, ландшафтным, социально-экономическим и культурно-историческим условиям Российско-Казахстанского приграничья.

Для удобства обозначения типов этнокультурных туристских кластеров применяются аб-

бревиатуры. Буквы «Б» и «П» в начале аббревиатуры обозначают базовый и промежуточный этнокультурные туристские кластеры соответственно. Цифры «150», «100», и «50» в середине аббревиатуры указывают на одновременную пропускную способность кластеров. Буквы «А», «Б», «В», «Г», «Д» и «Е» в конце аббревиатуры определяют тип этнокультурного туристского кластера, как одного из вариантов в многовариантной схеме туристского обслуживания. В результате исследования предлагаются следующие типы этнокультурных туристских кластеров:

- этнокультурный туристский кластер полного типа туристского обслуживания (рис. 1);

Тип туристского обслуживания	Вид ЭТК	Ед. проп. способ. ЭТК	Тип проживания	Функциональные зоны			Тип ЭКЦ	Кол-во МТБ	Предлагаемый тип ЭТК		
				% от общей территории	Компоненты	S _{общ.} , м ²					
	Б	150	Г ГО ЭП		60 65%	ЭД	300	1	1-4	 Б150А Базовый этнокультурный туристский кластер полного типа туристского обслуживания ед.проп.способ, 150 чел.	
						К	592				
						РМ	244				
						ТРМ	36				
						ТПО	1322-3437				
					5,10 %	ЭКЦ	692-776				
						Г	1102				
						ГО	375				
					10 15 %	ОВЗ	118				
						МТБ	174				
					-	ЖД	-				
	Б	100	Г ЭП		60 65%	ЭД	200	2	1-4	 Б100А Базовый этнокультурный туристский кластер полного типа туристского обслуживания ед.проп.способ, 100 чел.	
						ТПО	1295-3396				
						ЭКЦ	538-832				
						Г	772				
					10 15 %	ОВЗ	96				
						МТБ	218				
					-	ЖД	-				
	П	100	Г ЭП		50 55%	ТПО	1295-1820	3	4-8	 П100А Промежуточный этнокультурный туристский кластер полного типа туристского обслуживания ед.проп.способ, 100 чел.	
						ЭКЦ	608-808				
						Г	772				
					10 20 %	ОВЗ	96				
						МТБ	218				
					-	ЖД	-				
Условные обозначения											
Б	Базовый этнокультурный туристский кластер	ЭД	Музейно-выставочное пространство под открытым небом	ТРМ	Торговые доминанты при ремесленных мастерских	ЭКЦ	Этнокультурный центр	МТБ	Центр мобильных туристских базов		Средняя зона
		М	Музейно-выставочное пространство в здании	Р	Целевые рестораны национальной кухни	Г	Гостиница	ЖД	Жилищно-этническое поселение		Зона обслуживания
П	Промежуточный этнокультурный туристский кластер	К	Помещения и открытые пространства для занятий народн. творч.	З	Помещения и открытые пространства для занятий традицион. ремеслами, промыслами	ГО	Гостевые дома	ЭП	Размещение и этническое поселение		Рабочая зона
		РМ	Мастерские для занятий ремеслом	ТПО	Территория размещения объектов и организации	ОВЗ	Объекты выездной зоны				Зона рекреации и развлечения

Рис. 1. Этнокультурный туристский кластер полного типа туристского обслуживания

- этнокультурный туристский кластер частичного типа туристского обслуживания (с проживанием туристов в домах местных жителей в этническом поселении и на территории кластера в гостинице или гостевых домах) (рис. 2);

- этнокультурный туристский кластер частичного типа туристского обслуживания (с размещением туристов на территории кластера в гостевых домах и гостинице или без предоставления услуг ночлега) (рис. 3);

- этнокультурный туристский кластер частичного типа туристского обслуживания (без проживания туристов на территории кластера или вблизи его) (рис. 4);

- этнокультурный туристский кластер частичного типа туристского обслуживания (с расположением туристов в домах местных жителей в этническом поселении) (рис. 5);

- этнокультурный туристский кластер частичного типа туристского обслуживания (обслуживание туристов на территории кластера с проживанием в гостинице) (рис. 5).

Въездная зона имеет постоянный набор компонентов застройки различных типов кластеров, в отличие от средовой и обслуживающей функциональных зон, состав которых определяется в зависимости от типа кластера и его единовременной пропускной способности. Удельный вес функциональных зон для этнокультурных туристских кластеров в среднем составляет для средовой 50–65 % для зоны обслуживания 5–15 % и для въездной 10–20 % от площади застройки учреждения.

Этнокультурный центр в составе обслуживающей зоны кластера характеризуется четырьмя типами, в которых с уменьшением единовременной пропускной способности учреждения увеличивается номенклатура обслуживающих блоков. Количество блоков в парке мобильных туристских блоков принимается исходя из варианта в многовариантной схеме туристского обслуживания и для базовых этнокультурных туристских кластеров колеблется от 1–4 шт. до 4–8 шт., а для промежуточных от 4–8 шт. до 8–12 шт.

Тип туристского обслуживания	Вид ЭТК	Ед. проп. ЭТК	Тип проживания	Функциональные зоны			Тип ЭТК	Кол-во МТБ	Предлагаемый тип ЭТК	
				% от общей застройки	Компоненты	S _{зон} , м ²				
	Б	100	Г	60 (65%)	ЭД ГПО	200 1295-3396	2	1-4	 Б100Б Базовый этнокультурный туристский кластер частичного типа туристского обслуживания (с проживанием туристов в домах местных жителей этнического поселения и на территории кластера в гостинице или гостевых домах) ед.проп.способ. 100 чел.	
			ЭП	5,10 %	ЭКЦ Г ГО ОБЗ МТБ ЖД	532-832 1102 150 96 218 -				
			ГО	10 (15%)						
	П	100	Г	50 (55%)	ТПО	1395-1820	3	4-8	 П100Б Промежуточный этнокультурный туристский кластер частичного типа туристского обслуживания (с проживанием туристов в домах местных жителей этнического поселения и на территории кластера в гостинице или гостевых домах) ед.проп.способ. 100 чел.	
			ЭП	5,15 %	ЭКЦ Г ГО ОБЗ МТБ ЖД	608-808 1102 150 96 218 -				
			ГО	10 (20%)						
	П	50	Г	50 (55%)	ТПО	1268-3465	4	8-12	 П50Б Промежуточный этнокультурный туристский кластер частичного типа туристского обслуживания (с проживанием туристов в домах местных жителей этнического поселения и на территории кластера в гостинице или гостевых домах) ед.проп.способ. 50 чел.	
			ЭП	5,15 %	ЭКЦ Г ГО ОБЗ МТБ ЖД	349-751 206 64 154 -				
			ГО	10 (20%)						
Условные обозначения										
	Б	Базовый этнокультурный туристский кластер	ЭД	Мульти-выставочное пространство под открытым небом	ТРМ	Торговые доминанты при рекреационных настилах	ЭКЦ	Этнокультурный центр	МТБ	Ширь мобильных туристских блоков
	М	Мульти-выставочное пространство и услуги	Р	Повышения ресурсной функциональной утилиты	Г	Гостиница	ЖД	Жилые дома этнического поселения	ЭП	Рекреационная этнического поселения
	К	Поселения и отдаленные пространства для этнокультурного туризма	З	Поселения с селами, пространствами для этнокультурного туризма	ГО	Гостевые дома	ЭП	Рекреационная этнического поселения	ЭП	Рекреационная этнического поселения
	РМ	Мастерские для этнокультурного туризма	ТПО	Территория проживания туристов и придорожных	ОБЗ	Объекты выставочной зоны	ЭП	Рекреационная этнического поселения	ЭП	Рекреационная этнического поселения
Средовая зона Зона обслуживания Выставочная зона Зона проживания туристов в домах местных жителей этнического поселения										

Рис. 2. Этнокультурный туристский кластер частичного типа туристского обслуживания (с проживанием туристов в домах местных жителей в этническом поселении и на территории кластера в гостинице или гостевых домах)

Тип туристского обслуживания	Вид ЭТК	Ед. проп. спос. ЭТК	Тип проживания	Функциональные зоны				Тип ЭКЦ	Кол-во МТБ	Предлагаемый тип ЭТК
				Компоненты	S _{зона} , м ²	%	S _{общ} , м ²			
	Б	150	I	ЭД	450-200	40	1	1-4		
				М	616-014	60				
				К	618	60				
				ЭД	622	60				
				ЭД	622	60				
				ЭД	622	60				
				ЭД	622	60				
				ЭД	622	60				
				ЭД	622	60				
				ЭД	622	60				
				ЭД	622	60				
				ЭД	622	60				
	Б	100	Г	ЭД	250-300	40	2	1-4		
				М	368	60				
				К	30	60				
				ЭД	622	60				
				ЭД	622	60				
				ЭД	622	60				
				ЭД	622	60				
				ЭД	622	60				
				ЭД	622	60				
				ЭД	622	60				
				ЭД	622	60				
				ЭД	622	60				
	Б	50	Г	ЭД	126-243	40	4	8-12		
				М	348-751	60				
				К	306	60				
				ЭД	622	60				
				ЭД	622	60				
				ЭД	622	60				
				ЭД	622	60				
				ЭД	622	60				
				ЭД	622	60				
				ЭД	622	60				
				ЭД	622	60				
				ЭД	622	60				
ЭД	622	60								

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

К

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

ЭД

Этнокультурный центр

МТБ

Парк мобилизации туристского базиса

Средняя зона

Базовый этнокультурный туристский кластер

ЭД

Музейно-выставочное пространство с экспозицией

М

Рис. 3. Этнокультурный туристский кластер частичного типа туристского обслуживания (с размещением туристов на территории кластера в гостевых домах и гостинице или без предоставления услуг ночлега)

Тип туристского обслуживания	Вид ЭТК	Ед. проп. спос. ЭТК	Тип проживания	Функциональные зоны			Тип ЭКЦ	Кол-во МТБ	Предлагаемый тип ЭТК
				№ зоны	Компоненты	S _{зона} , м²			
	Б	150	-		ЭД	450-600	1	1-4	
					М	616-814			
					К	618			
					РМ	272			
					ТРМ	36			
					Р	80			
					Э	66			
					ТТО	(1333-1413)			
					ЭЖК	692-766			
					5,18 %				
	Б	100	-		ЭД	250-300	2	4-8	
					М	368			
					К	30			
					ТРМ	1261-1396			
					ТТО	(1261-1396)			
					ЭЖК	538-832			
					5,18 %				
					ЭД	603			
					МТБ	218			
					15,15 %				
	П	50	-		ЭД	250-300	4	8-12	
					М	368			
					К	30			
					ТРМ	1261-1396			
					ТТО	(1261-1396)			
					ЭЖК	349-721			
					5,18 %				
					ЭД	603			
					МТБ	114			
					20,20 %				

Условные обозначения											
	ЭД	Музейно-выставочное пространство с экспозицией	ТРМ	Территория рекреационно-развлекательная	ЭЖК	Этнокультурный центр	МТБ	Парк мобилизации туристского базиса		Средняя зона	
	М	Музейно-выставочное пространство с экспозицией	Р	Пансионат, резиденция, апартаменты, коттеджи, туристские комплексы, таунхаусы	Г	Гостиница	ЖД	Жилые дома этнокультурного назначения		Зона обслуживания	
	К	Пансионат и/или коттеджи для отдыха, туристские комплексы, таунхаусы	П	Пансионат и/или коттеджи для отдыха, туристские комплексы, таунхаусы	ГО	Гостевые дома	ЭП	Этнокультурно-туристские поселения		Рекреационная зона	
	РМ	Максимальная рекреационная зона	ПНО	Территория рекреационно-развлекательная и рекреационная	ЭЖС	Объекты высшей школы		Зона рекреации, отдыха и туризма		Зона обслуживания	

Рис. 4. Этнокультурный туристский кластер частичного типа туристского обслуживания (без проживания туристов на территории кластера или вблизи его)

Тип туристского обслуживания	Вид ЭТК	Ед. проп. сред. ЭТК	Тип проживания	Функциональные зоны			Тип ЭКЦ	Кол-во МТБ	Предлагаемый тип ЭТК	
				№ по плану	Компоненты	№ по плану				
	П	50	ЭП	50	ТПО	1268-3463	4	8-12		П150Д
				25%						
				5-15%	ЭКЦ	3-19-751				
				10-20%	ОВЗ	64				
				МТБ	134					
ЖД	-	-								
	П	50	Г	50	ТПО	1268-3463	4	8-12		П150Е
				25%						
				5-15%	ЭКЦ	3-19-751				
				Г	396					
				ОВЗ	64					
МТБ	134									
-	-	-								
Условные обозначения										
Базовый этнокультурный туристский кластер	ЭП	Музей-национально-пространство для открытого небос	ТРМ	Территория размещения туристских объектов	ЭКЦ	Этнокультурный центр	МТБ	Парк объектов туристского бизнеса		Средняя зона
	М	Музей-национально-пространство в здании	Р	Полоса безопасности национальной кухни	Г	Гостиница	ЖД	Жилые дома этнического поселения		Внутренняя зона
Промежуточный этнокультурный туристский кластер	К	Помещения и открытое пространство для занятий народными промыслами	З	Полоса безопасности этнокультурного наследия	ГО	Гостевой дом	ЭП	Размещение в этническом поселении		Внешняя зона
	РМ	Мастерская для занятий ремеслами	ТПО	Территория размещения объектов этнокультурного наследия	ОВЗ	Область высокой зоны		Участок размещения объектов этнокультурного наследия		Участок размещения объектов этнокультурного наследия

Рис. 5. Этнокультурный туристский кластер частичного типа туристского обслуживания (с расположением туристов в домах местных жителей в этническом поселении) и (обслуживание туристов на территории кластера с проживанием в гостинице)

Выводы. Разработаны следующие типы этнокультурных туристских кластеров полного и частичного типа туристского обслуживания: с проживанием туристов в домах местных жителей этнических поселений; в гостинице или гостевых домах на территории кластера; без предоставления услуг размещения и проживания с целью знакомства с культурой, бытом и историей этноса в средней зоне кластера.

Типологическая структура кластерных образований предусматривает многовариантное архитектурно-планировочное композиционное решение компонентов застройки территории ЭТК, предназначенной для туристского обслуживания в виде зданий, сооружений, экспозиционных и ландшафтно-рекреационных пространств с учетом взаимосвязи с существующими материальными и нематериальными объектами культурного наследия этносов.

Предложенная типологизация этнокультурных туристских кластеров составляет научную новизну исследования и позволяет универсально решать задачи архитектурно-строительного проектирования объектов этнокультурного туризма с учетом многовариантности туристского обслуживания на отдаленных, труднодоступных и значительных по площади территориях с однородными природно-климатическими и социокультурными условиями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стратегия развития туризма в Российской Федерации на период до 2035 года: утв. распоряж. Правительства Российской Федерации № 2129-р от 20.09.2019 // Министерство экономического развития Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/FjJ74rYOaV A4yzPAshEulYxmWSpB4lrM.pdf> (дата обращения 20.05.2021)
2. Федеральная целевая программа «Укрепление единства российской нации этнокультурного развития народов России (2014-2020)»: утв. распоряж. Правительства Российской Федерации № 718 от 20.08.2013 (ред. от 25.05.2016) // Федеральное агентство по делам национальностей. [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/41d4862001ad2a4e5359.pdf> (дата обращения 20.05.2021)
3. Федеральная целевая программа «Культура России» на 2012-2018 года: утв. распоряж. Правительства Российской Федерации № 186 от 03.03.2012 (ред. от 09.11.2018) // Министерство культуры Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <https://culture.gov.ru/upload/iblock/3a3/3a3c8873a70df7a7cb10667b553e6315.pdf> (дата обращения 20.05.2021)

4. Концепция сохранения и развития нематериального культурного наследия народов Российской Федерации на 2009-2015 годы: утв. приказом Министерства культуры Российской Федерации № 267 от 17.12.2008 // Министерство культуры Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902160920> (дата обращения 20.05.2021)

5. Бутузов А.Г. Состояние и перспективы развития этнокультурного туризма в Российской Федерации // Сервис в России и за рубежом. 2009. № 4. С. 11–15.

6. Федеральная целевая программа «Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации на 2019-2025 гг.»: утв. постанов. Правительства Российской Федерации №872-р от 05.05.2018 // Федеральное агентство по туризму Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/FoFftF1dhGs4GZzEBPQtLCFVtBl2hNQD.pdf> (дата обращения 20.05.2021)

7. Синицына Е.Г. Особенности применения кластерной модели в туристско-рекреационной отрасли // Молодой ученый. 2010. Т. 1. № 11 (22). С. 123–126.

8. Байрамова Д.М. Архитектурное формирование культурно-туристических комплексов в исторической среде Туркменистана: дис. ... канд. арх.: 05.23.21 / Д.М. Байрамова. М., 2017. 154 с.

9. Поморов Ф.С. Архитектурно-пространственная организация туристических комплексов на территории Большого Алтая в контексте современной стратегии межкультурной коммуникации: дис. ... канд. искусств.: 17.00.04 / Ф.С. Поморов. Новосибирск, 2017. 210 с.

10. Лукьянова Л.Г., Цыбух В.И. Рекреационные комплексы. Киев: Вища школа, 2004. 346 с.

11. Банцера О.Л., Касимова А.Р. Специфика развития этнокультурного туризма в системе формирования рекреационных кластеров // Научное обозрение. 2016. № 17. С. 90–98.

12. Bancerova O.L., Kasimova A.R. Formation of ethno-cultural tourism clusters in Russia-Kazakhstan borderline territory: Journal of Environmental Management and Tourism. 2018. Vol. 9, No. 4 (28). Pp. 771–776.

13. Касимова А.Р. Формирование объемно-пространственной организации этнокультурных туристических кластеров на территории Российско-казахстанского приграничья // Приволжский научный журнал. 2020. № 4 (56). С. 263–271.

14. Банцера О.Л., Касимова А.Р. Архитектура этнокультурных туристических кластеров. М.: Бит-Принт, 2020. 42 с.

15. Банцера О.Л., Касимова А.Р. Влияние функционально-технологического процесса туристического обслуживания на формирование объектов этнокультурного туризма // Перспективы науки. 2018. № 5 (104). С. 68–72.

16. Sustainable Development. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.unwto.org/sustainable-development> (дата обращения 21.05.2021)

17. Конвенция об охране нематериального культурного наследия. [Электронный ресурс]. URL:

https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/cultural_heritage_conv.shtml (дата обращения 21.05.2021)

18. Интернет-сервис «Академик». [Электронный ресурс]. URL: <https://academic.ru/> (дата обращения 21.05.2021)

Информация об авторах

Банцера Ольга Леонидовна, кандидат архитектуры, доцент кафедры архитектуры. E-mail: olga.bancerova@gmail.com. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Касимова Адема Рамазановна, старший преподаватель кафедры архитектуры. E-mail: adema-23352@inbox.ru. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Поступила 07.06.2021 г.

© Банцера О.Л., Касимова А.Р., 2021

Bantserova O.L., *Kasimova A.R.

National research Moscow state University of civil engineering

**E-mail: adema-23352@inbox.ru*

ARCHITECTURAL ASPECTS OF FORMATION OF THE TYPOLOGICAL STRUCTURE OF ETHNOCULTURAL TOURISM CLUSTERS

Abstract. The target programs for the development of tourism adopted by the government of the Russian Federation testify to the relevance of this sector of the economy. One of the developing areas of tourism is

ethnocultural tourism associated with the study of the culture, life and traditions of numerous ethnic groups. Currently, the scientific and theoretical basis for the design of objects of ethnocultural tourism is insufficiently formed, there is no classification of such institutions in the system of tourist services. The aim of the study is to develop a universal typological structure of ethnocultural tourism objects - ethnocultural tourism clusters (ETC). The purpose of the study is to form a classification of ethno-cultural tourist clusters and on its basis to identify their typological characteristics. As a result of the study, a typological classification of ethnocultural tourist clusters is proposed. It is based on the previously developed three-stage system of organizing ethnocultural tourism for the Russian-Kazakh borderland. The proposed typological structure is based on the one-time carrying capacity of the ETC. Tourist service options determine different forms of tourist accommodation in the cluster system of ethnocultural tourism: in the houses of local residents in ethnic settlements, as well as in hotels and guest houses on the territory of the cluster. It is concluded that the proposed typological structure of ethnocultural tourist clusters is universal in solving the problems of multivariate tourist services in vast, undeveloped territories with a poorly developed transport infrastructure and rich cultural, ethnic heritage and similar in climatic and socio-economic conditions.

Keywords: *ethnocultural tourism cluster, Russian-Kazakh borderland, three-stage system of ethnocultural tourism, one-time carrying capacity, universal typological structure.*

REFERENCES

1. Strategy for the development of tourism in the Russian Federation for the period up to 2035: approved by Order of the Government of the Russian Federation No. 2129-r of 20.09.2019 [Strategiya razvitiya turizma v Rossijskoj Federacii na period do 2035 goda]. Adobe Acrobat Reader. URL: <http://static.government.ru/media/files/FjJ74rY-OaVA4yzPAshEulYxmWSpB4lrM.pdf> (date of treatment: 20.05.2021)
2. Federal target program «Strengthening the unity of the Russian Nation and the ethno-cultural development of the peoples of Russia (2014-2020)»: approved by Order of the Government of the Russian Federation No. 718 of 20.08.2013 (as amended on 25.05.2016) [Federal'naya celevaya programma «Ukreplenie edinstva rossijskoj naci i etnokul'turnogo razvitiya narodov Rossii (2014-2020)»]. Adobe Acrobat Reader. URL: <http://static.government.ru/media/files/41d4862001ad2a4e5359.pdf> (date of treatment: 20.05.2021)
3. Federal target program «Culture of Russia» for 2012-2018»: approved by Order of the Government of the Russian Federation No. 186 of 03.03.2012 (as amended on 09.11.2018) [Federal'naya celevaya programma «Kul'tura Rossii» na 2012-2018 goda]. Adobe Acrobat Reader. URL: <https://culture.gov.ru/upload/iblock/3a3/3a3c8873a70df7a7cb10667b553e6315.pdf> (date of treatment: 20.05.2021)
4. The concept of preservation and development of the intangible cultural heritage of the peoples of the Russian Federation for 2009-2015: approved by Order of the Ministry of Culture of the Russian Federation No. 267 of 17.12.2008 [Konceptsiya sohraneniya i razvitiya nematerial'nogo kul'turnogo naslediya narodov Rossijskoj Federacii na 2009-2015 gody]. Adobe Acrobat Reader. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902160920> (date of treatment: 20.05.2021)
5. Butuzov A.G. State and prospects of development of ethno-cultural tourism in the Russian Federation [Sostoyanie i perspektivy razvitiya etnokul'turnogo turizma v Rossijskoj Federacii]. Service in Russia and abroad. 2009. No. 4. Pp. 11-15. (rus)
6. Federal target program «Development of domestic and Inbound Tourism in the Russian Federation for 2019-2025»: approved by the Decree of the Government of the Russian Federation No. 872-r of 05.05.2018 [Federal'naya celevaya programma «Razvitie vnutrennego i v"ezdnogo turizma v Rossijskoj Federacii na 2019-2025gg.»]. Adobe Acrobat Reader. URL: <http://static.government.ru/media/files/FoFftF1dhGs4GZzEBPQtLCFVtBI2hHQD.pdf> (date of treatment: 20.05.2021)
7. Sinicya E.G. Features of the cluster model application in the tourism and recreation industry [Osobennosti primeneniya klasternoj modeli v turistsko-rekreacionnoj otrasli]. Young scientist. 2010. Vol. 1. No. 11 (22). Pp. 123-126. (rus)
8. Bajramova D.M. Architectural formation of cultural and tourist complexes in the historical environment of Turkmenistan [Arhitekturnoe formirovanie kul'turno-turisticheskikh kompleksov v istoricheskoy srede Turkmenistana]: dissertaciya kandidata arhitektury: 05.23.21. Moscow. 2017. 154 p. (rus)
9. Pomorov F.S. Architectural and spatial organization of tourist complexes on the territory of the Greater Altai in the context of the modern strategy of intercultural communication [Arhitekturno-prostranstvennaya organizaciya turisticheskikh kompleksov na territorii Bol'shogo Altaya v kontekste sovremennoj strategii mezhkul'turnoj kommunikacii]: dissertaciya kandidata iskusstvovedeniya: 17.00.04. Novosibirsk. 2017. 210 p. (rus)

10. Luk'yanova L.G., Cybuh V.I. Recreational complexes [Rekreacionnye komplekсы]. Kiev: Vishcha shkola, 2004. 346 p. (rus)
11. Bancerova O.L., Kasimova A.R. Peculiarity of ethnocultural tourism development in the system of recreation clusters formation [Specifika razvitiya etnokul'turnogo turizma v sisteme formirovaniya rekreacionnykh klasterov]. Scientific review. 2016. No. 17. Pp. 90–98. (rus)
12. Bancerova O.L., Kasimova A.R. Formation of ethno-cultural tourism clusters in Russia-Kazakhstan borderline territory. Journal of Environmental Management and Tourism. 2018. Vol. 9, No. 4 (28). Pp. 771–776.
13. Kasimova A.R. Formation of spatial organization of ethno-cultural tourist clusters in the territory of the Russian-Kazakh border region [Formirovanie ob'emno-prostranstvennoj organizacii etnokul'turnykh turisticheskikh klasterov na territorii Rossijsko-kazhastanskogo prigranich'ya]. Privolzhsky scientific Journal. 2020. No. 4 (56). Pp. 263–271. (rus)
14. Bancerova O.L., Kasimova A.R. Architecture of ethnocultural tourism clusters [Arhitektura etnokul'turnykh turisticheskikh klasterov]. Moscow: Bit-Print, 2020. 42 p. (rus)
15. Bancerova O.L., Kasimova A.R. The impact of functional and technological tourist services on the formation of ethnocultural tourism [Vliyanie funktsional'no-tekhnologicheskogo processa turisticheskogo obsluzhivaniya na formirovanie ob'ektov etnokul'turnogo turizma]. Prospects of science. 2018. No. 5 (104). Pp. 68–72. (rus)
16. Sustainable Development. URL: <https://www.unwto.org/sustainable-development> (date of treatment: 21.05.2021)
17. Convention for the Protection of the Intangible Cultural Heritage [Konvenciya ob ohranene material'nogo kul'turnogo naslediya]. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/cultural_heritage_conv.shtml (date of treatment: 21.05.2021)
18. Internet service «Akademik» [Internet-service «Akademik»]. URL: <https://academic.ru/> (date of treatment: 21.05.2021)

Information about the authors

Bantserova, Olga L. PhD, Assistant professor. E-mail: olga.bancerova@gmail.com. National research Moscow state University of civil engineering. Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26.

Kasimova, Adema R. Senior lecturer. E-mail: adema-23352@inbox.ru. National research Moscow state University of civil engineering. Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26.

Received 07.06.2021

Для цитирования:

Банцеровва О.Л., Касимова А.Р. Архитектурные аспекты формирования типологической структуры этнокультурных туристских кластеров // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 8. С. 67–76. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-67-76

For citation:

Bantserova O.L., Kasimova A.R. Architectural aspects of formation of the typological structure of ethnocultural tourism clusters. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 8. Pp. 67–76. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-67-76

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-77-85

Низамиева Э.Р.

Казанский Государственный Архитектурно-Строительный Университет

E-mail: nizamieva.elmira@gmail.com

ПОДГОТОВКА РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ К ПРИМЕНЕНИЮ «ЗЕЛЕННЫХ» СТАНДАРТОВ

Аннотация. В данной статье рассмотрены особенности применения международных «зеленых» стандартов в российской практике, также рассмотрены особенности российских «зеленых» стандартов и проведен сравнительный анализ пяти «зеленых» стандартов (BREEAM, LEED, DGNB, «Зеленые стандарты», СТО НОСТРОЙ) на степень их сходства и различия. Изучен опыт применения в российской проектной деятельности. Также, в статье представлены результаты научно-практического эксперимента, который был проведен в рамках научного исследования. В эксперименте приняли участие 15 студентов старших курсов и 3 эксперта в различных «зеленых» стандартах. Каждый студент провел учебную оценку своего объекта, проектируемого в рамках дипломно-квалификационной работы, по одному из предложенных «зеленых» стандартов, после чего результат данной работы был включен, в виде дополнительного, самостоятельного раздела, в Пояснительную записку к диплому. По итогу эксперимента были выявлены основные сложности в применении «зеленых» стандартов, сделаны выводы по их положительному влиянию на процесс проектирования, отмечена актуальность обладания знаниями в области международных «зеленых» стандартов и предложены пути плавного внедрения основных принципов «зеленых» стандартов в проектную практику российских архитекторов.

Ключевые слова: зеленые стандарты, экологическая сертификация, устойчивое развитие, экология, стандарты, энергоэффективность, окружающая среда.

Введение. Международные «зеленые» стандарты – это добровольные, балльно-рейтинговые системы оценки разных стран, предназначенные оценивать энергоэффективность и устойчивость объектов нового строительства и уже построенных объектов, путем внедрения в них тех или иных технологических решений.

Основной миссией «зеленых» стандартов является ускорение процесса перехода от традиционного проектирования и строительства зданий и сооружений к устойчивому, которое, в свою очередь, состоит из базовых принципов:

- экологическая безопасность и благоприятные здоровые условия жизнедеятельности человека;
- энергоэффективность зданий и сокращение негативного воздействия на окружающую среду от процесса строительства и эксплуатации зданий;
- учёт интересов будущих поколений.

«Разработка и внедрение «зелёных» стандартов стимулирует развитие бизнеса, инновационных технологий и экономики, улучшает качество жизни общества и состояние окружающей среды. «Зеленые» стандарты являются инструментом разумной экономики – оптимизируют распределение бюджета на всех этапах и способствуют интеграции в мировое движение экологического строительства» [1].

В связи с ухудшением экологии необходимость применения энергоэффективных реше-

ний становится актуальнее с каждым днем. Сертификация зданий по «зелёным» стандартам способствует применению энергосберегающих технологий в строительстве, становлению зданий более экологичными и менее вредными для окружающей среды [2].

Практика сертифицирования объектов по «зеленым» стандартам в России достаточно малая и еще не сложившаяся. Не существует четких методологий и описания применения «зеленых» стандартов Российскими архитекторами, инженерами и смежными проектировщиками. Также, сегодня не существует единого, национального «зеленого» стандарта, который бы учитывал все локальные особенности и конфликты, которые возникают при применении международных «зеленых» стандартов [3–5].

В данной статье исследуется сам процесс применения «зеленых» стандартов в российской практике и то, с какими сложностями и особенностями сталкиваются российские специалисты в процессе их применения. В ходе исследования осуществляется попытка формирования алгоритма и техники того, как подготовить российских специалистов к наиболее эффективному применению «зеленых» стандартов в российской практике, для достижения наиболее видимых результатов от их применения. Задача понять и выявить, на каких этапах наиболее часто специалисты сталкиваются со сложностями в применении

«зеленых» стандартов и приблизится к выявлению их причин и поиску будущих решений данных сложностей.

Материалы и методы. В ходе поиска методологий и опыта применения «зеленых» стандартов в российской практике мной были изучены работы современных, российских ученых. В работе Ю. Бубнова и Д. Денисихина [6] говорится о необходимости применения энергетического моделирования зданий, которое обычно связывают с «зелёным» строительством и сертификацией зданий по международным системам LEED, BREEAM, DGNB [6]. Как отмечают Д.Н. Силка и А.А. Кононова, для данных рейтинговых систем «энергетическое моделирование зданий (*Building Energy Modeling*) является неотъемлемой частью и позволяет успешно пройти сертификацию, а также привлечь инвестиции» [7].

В работе Д.Н. Силка и А.А. Кононова [7] также анализируются особенности применения стандартов энергоэффективного экологического строительства в российских условиях. «Ученые отмечают, что *«зарубежные программы основываются на своих же стандартах и нормативах, очевидно отличающихся от российских норм. Основной чертой такого отличия являются принципиально разные моральные и ценностные подходы к качеству строительства в России и за рубежом: завершённый объект не всегда соответствует изначально заявленному проекту. Поэтому тот факт, что российским инженерам, проектировщикам и другим стейкхолдерам необходимо максимально соответствовать требованиям заказчика и проекта, уже довольно тягостен процесс и строительства, и сертификации, в то время как в западных странах вопросов подобного рода не возникает»* [7]. Также, стоит отметить, что российская нормативная база очень разнообразная, в зависимости от региона и его климатических особенностей. В свою очередь, зарубежные системы также основываются на региональные и климатические особенности своих стран, поэтому показатели в критериях могут принципиально не совпадать с теми показателями, где применяются те или иные «зеленые» стандарты.

В рамках исследования на степень адаптивности и применимости международных стандартов в российской практике был проведен эксперимент, где студентам-архитекторам, обучающимся на шестом, завершающем году обучения, в рамках их дипломных работ, на добровольной основе было предложено провести экспертизу по

одному из пяти «зеленых» стандартов, три из которых были международные «зеленые» стандарты (BREEAM, LEED, DGNB) и два российских «зеленых» стандарта («Зеленые стандарты», СТО НОСТРОЙ). В рамках дипломной, квалификационной работы, студенты проектировали различные общественные объекты на конкретной, существующей территории, что давало возможность приблизить процесс оценки проекта по «зеленому» стандарту к реальному процессу. Данная экспертиза проекта в дальнейшем стала самостоятельным разделом в Пояснительной записке к дипломной работе.

Основная часть. В эксперименте приняли участие 15 студентов-архитекторов, для проведения оценки было предложено пять «зеленых» стандартов (BREEAM, LEED, DGNB, «Зеленые стандарты», СТО НОСТРОЙ), в консультативной работе принимало участие четыре квалифицированных специалиста, эксперимент проводился в течение пяти месяцев.

Поставленными в начале эксперимента задачами были:

1. степень применимости международных «зеленых» стандартов, в том числе на учебных проектах;
2. с какими сложностями сталкиваются архитекторы во время применения «зеленых» стандартов;
3. какие изменения вносит факт применения «зеленых» стандартов;
4. испытываемым необходимо было провести классификацию критериев выбранной системы и разделить все вопросы на три категории «понятно», «не совсем понятно», «не понятно», при первом их прочтении.

Также, в рамках исследования, был проведен сравнительный анализ определений, разделов, структуры и принципов применения пяти «зеленых» стандартов, три из которых международные «зеленые» стандарты (BREEAM, LEED, DGNB) и два российских «зеленых» стандарта («Зеленые стандарты», СТО НОСТРОЙ).

По итогу эксперимента были получены следующие результаты:

1. Процентное соотношение студентов, выбравших различные стандарты получилось следующее:
 - 13,3 % студентов выбрали российский «зеленый» стандарт – «Зеленые стандарты»;
 - 13,3 % студентов выбрали американский «зеленый» стандарт – LEED;
 - 73,3 % студентов выбрали немецкий «зеленый» стандарт – DGNB.

Таблица №1

**Сравнительный анализ пяти «зеленых» стандартов
(BREEAM, LEED, DGNB, «Зеленые стандарты», СТО НОСТРОЙ)**

Название/ страна	BREEAM/ Великобритания	LEED/ США	DGNB/ Германия	«Зеленые стандарты»/ Россия	СТО НОСТРОЙ «Зеленое строительство»/ Россия
Описание	BREEAM измеряет экологическую ценность по ряду категорий, от энергетики до экологии. Каждая из категорий учитывает наиболее влияющие факторы, включая дизайн с низким уровнем воздействия и сокращение выбросов углерода, прочность и устойчивость конструкций, адаптация к изменению климата, экологическая ценность и защита биоразнообразия [9].	LEED – это всемирно признанный «зеленый» стандарт по которому, проводится сертификации зданий. Данная система обеспечивает стороннюю проверку того, что здание и внутренние помещения в нем, были спроектированы и построены с использованием стратегий, направленных на повышение производительности по всем наиболее важным показателям: - экономия энергии, - водоэффективность, - сокращение выбросов CO ₂ , - улучшение качества окружающей среды и среды внутри помещений, - рациональное использование ресурсов [10].	DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) или Немецкий Совет по Устойчивому Строительству – это добровольная система сертификации, которая разработана с целью поддержки зеленого строительства, оценки экологических, экономических и энергетических эффективных зданий. Система учитывает наиболее важные аспекты строительства [11].	«Зеленые стандарты» — это национальная система добровольной экосертификации объектов недвижимости в России, в которой баллы начисляются за достижение определенных уровней соответствия. Проект реализуется с 2011 года [12]. Основная цель – стимулировать застройщиков, архитекторов и проектировщиков, строителей и арендаторов внедрять ресурсосберегающие, энергоэффективные технологии, использовать экологичные строительные материалы, уменьшающие негативное воздействие недвижимости на здоровье людей и окружающий мир.	СТО НОСТРОЙ 2.35.68–2012. «Зеленое строительство». Здания жилые и общественные. –это рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания. Ведет учет региональных особенностей в рейтинговой системе оценки устойчивости среды обитания [14] разработан в рамках Программы стандартизации Национального объединения строителей и направлен на развитие и расширение области применения стандарта СТО НОСТРОЙ 2.35.4- 2011. «Зеленое строительство». Здания жилые и общественные. Региональные особенности учитываются путем применения коэффициентов к полученным результатам при проведении рейтинговой оценки (сертификации) устойчивости среды обитания жилых и общественных зданий.
Разделы	1. Энергия (16 %) 2. Здоровье и комфорт (14 %) 3. Инновация (10 %) 4. Землепользование (8 %) 5. Материалы (15 %) 6. Управление (11 %) 7. Загрязнение (8 %) 8. Транспорт (10 %) 9. Утилизация отходов (6 %) 10. Вода (7 %)	1. Интегрированный процесс (Integrative Process, IP) 2. Местоположение и транспортная инфраструктура (Location and Transportation, LT) 3. Устойчивые площадки (место для застройки) (Sustainable Sites, SS) 4. Эффективность водопотребления (Water Efficiency, WE) 5. Потребление энергии и параметры атмосферы (Energy and Atmosphere, EA) 6. Потребление материалов и ресурсов (Materials and Resources, MR) 7. Качество среды внутри помещений (Indoor Environmental Quality, IEQ) 8. Инновации в проектировании (Innovation in Design, ID). 9. Раздел выделен специально для анализа региональных приоритетов (Regional Priority, RP)	1. Экологическое качество (22,5 %) 2. Экономическое качество (22,5 %) 3. Социально-культурные и функциональные качества (22,5 %) 4. Техническое качество (22,5 %) 5. Качество процесса (10 %) 6. Качество расположения (0 %)	1. Экологический менеджмент 2. Выбор участка, инфраструктура и ландшафтное обустройство 3. Рациональное водопользование, регулирование ливневых стоков и предотвращение загрязнения 4. Архитектурно-планировочные и конструкторские решения 5. Энергосбережение и энергоэффективность 6. Материалы и отходы 7. Качество и комфорт среды обитания 8. Безопасность жизнедеятельности	1. Рациональное водопользование 2. Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания 3. Расход электроэнергии 4. Снижение базового удельного расхода электроэнергии на системы кондиционирования 5. Использование возобновляемых энергоресурсов 6. Стоимость дисконтированных инвестиционных затрат 7. Стоимость годовых эксплуатационных затрат

Принцип применения	Каждая категория подразделяется на ряд вопросов оценки, каждая из которых имеет свою цель, задачу и критерии. Когда цель или контрольный показатель достигнуты, определяется аккредитованным оценщиком BREEAM, присуждаются баллы, называемые кредитами. Затем оценка категории рассчитывается в соответствии с количеством полученных баллов и весом категории. После того, как проект будет полностью оценен, окончательный рейтинг производительности определяется суммой оценок всех категорий.	Здания награждаются баллами в зависимости от степени достижения различных устойчивых стратегий.	Оценка производится с учётом всего жизненного цикла здания и в соответствии с более чем 50 критериями, сгруппированными в шесть категорий. Система ставит цели и оставляет свободу выбора методов их достижения. Отсутствие рамок даёт возможность воплощать в жизнь самые смелые решения. В зависимости от набранных баллов зданию присуждаются «Бронзовый», «Серебряный» или «Золотой» сертификаты. Сертификация по DGNB измеряет и доказывает отдельные достоинства здания, делает их очевидными.	По каждому требованию выставляется балл. Баллы затем суммируются по критерию и умножаются на весовой коэффициент, определенный для данного критерия. Полученные в результате показатели суммируются по всем критериям Системы сертификации. В результате получается общий суммарный балл, выраженный в процентах. По результатам сертификации при выполнении всех необходимых требований и достижении следующих суммарных баллов выдается один из четырех видов сертификатов.	– Предусматривает порядок учета особенностей регионов Российской Федерации (далее – региональных особенностей), отличающихся по климату, ресурсным возможностям (водным и энергетическим), потенциалу альтернативной энергетики и экономическому потенциалу от условий, принятых в качестве базовых в [14]; – устанавливает правила определения и применения корректирующих региональных коэффициентов (далее – КРК) к балльным эквивалентам критериев стандарта [13] для учета региональных особенностей при проведении рейтинговой системы оценки устойчивости среды обитания на территории Российской Федерации.
Уровни	Сертифицирован 30–44 Хорошо 45–54 Очень хорошо 55–69 Отлично 70–84 Превосходно ≥ 85	Certified 40–49 Silver 50–59 Gold 60–79 Platinum > 80	Сертифицирован ≥ 35 Бронза ≥ 50 Серебро ≥ 65 Золото ≥ 80	Сертифицирован 40–49 Серебро 50–59 Золото 60–69 Платина > 80	-
Категории	1. Сообщества - Генеральное планирование. 2. Инфраструктура - Гражданское строительство и общественные здания. 3. Новое строительство - Дома и коммерческие здания. 4. Ремонт и приспособление - Дома и коммерческие здания. 5. В эксплуатации - Дома и коммерческие здания	1. BD + C Проектирование и строительство зданий. 2. ID + C Дизайн интерьера и строительства (проектирование). 3. O + M Строительные работы и техническое обслуживание. 4. ND Развитие районов. 5. Дома. 6. Города и Сообщества (LEED for Cities).	1. Новые здания. 2. Реконструируемые здания. 3. Эксплуатируемые здания. 4. Демонтируемые здания. 5. Микрорайоны / поселения / районы. 6. Интерьеры.	1. Здание. 2. Земельный участок. 3. Объект незавершенного строительства. 4. Сооружение. 5. Помещение.	2. Административные; 3. офисные, бизнес-центры; 4. гостиницы и общежития; 5. учебные; 6. спортивные-зрелищные, спортивные; 7. торговые, торгово-развлекательные; 8. больницы, госпитали, поликлиники [8].

2. Проведенный опрос выявил, что при первом прочтении и анализе того или иного международного «зеленого» стандарта, студенты испытывали определенные сложности в понимании заложенного смысла в вопросе, таким образом, процентное соотношение понятных и непонятных вопросов следующее:

- 15,8 % - не поняли вовсе вопрос, при первом прочтении;
- 26,8 % - был относительно понятен вопрос, при первом прочтении;
- 57,4 % - понятно при первом прочтении;

3. Эксперимент так же показал, что студенты чаще всего испытывали трудности в оценке следующих критериев:

- Потенциал глобального потепления (GWP);
- Потенциал повреждения озонового слоя (PDOL);
- Потенциал образования озона (POCP);
- Потенциал асидификации (AP);
- Потенциал эвтрофикации (EP).

Так же, у многих возникали сложности при подсчёте относительной стоимости жизненного цикла объекта, так как, не всем было понятно, что включать в понятие «жизненный цикл объекта» в российской реальности. Не все могли оценить в балльной системе Мульти-дисциплинарное проектирование. И сложности вызвали пункты с оценкой в проекте объектов искусства и с оценкой продуманности ввода в эксплуатацию.

Стоит отметить, что в эксперименте приняло участие 15 студентов, которым была дана возможность выбрать из 5 различных «зеленых» стандартов, но испытуемые отдали свое предпочтение только трем стандартам, по которым в эксперименте принимали участие эксперты. В силу того, что именно по выбранным трем стандартам в испытании участвовали экспертные консультанты, которые в процессе проектирования и применения стандартов могли объяснить некоторые пункты и помочь с подсчетом баллов, делается вывод, что данные системы не доступны для быстрого самостоятельного использования и понимания.

Так как системы написаны в зарубежных странах, они отвечают требованиям строительных норм и правил своих стран и адаптированы под местные климатические условия, выработанные традиции и местный строительный рынок. Поэтому первые сложности возникают при несовпадении национальных требований, связанных с климатом, строительными традициями и существующим ассортиментом рынка строительных материалов. Особенностью является также то, что в каждой из трех стран, исследуемых «зеленых» стандартов, существуют системы государственной поддержки для тех, кто применяет энергоэффективные, «зеленые» решения, что стимулирует девелоперов и застройщиков к применению дорогостоящих решений на начальных этапах, но экономически выгодных в эксплуатации.

Все три рассмотренных иностранных «зеленых» стандарта не имеют свободного доступа для полного ознакомления и применения на практике, для этого необходимо обращение к сертифицированным аудиторам и компаниям-представительствам данных стандартов.

Изученные стандарты представляют собой импортный продукт, получаемый в процессе платного обучения или приобретения платной консультативно-аудиторской услуги от специализированных организаций. Все процессы четко разделены и следуют друг за другом:

- обучение будущих специалистов;
- получение специалистом аккредитации;
- выезд специалиста для ознакомления заказчика со стандартом;

- предварительный аудит объекта или площадки под проектирование для выявления объема работ и составления ТЗ

- выезд специалиста для обучения по применению стандарта проектной команды;
- аудит проекта на степень соответствия стандарту;
- аудит процесса строительства на степень соответствия стандарту;
- присвоение баллов и дальнейшего рейтинга.

Существующие на сегодняшний день, российские «зеленые» стандарты не имеют своей индивидуальности и, в основе своей, являются попыткой адаптации иностранных «зеленых» стандартов под российские нормы и правила и культуру проектно-строительного процесса, поэтому структура стандарта и техника применения очень близкая к зарубежным аналогам.

Выводы. Проведенный эксперимент подтвердил те сложности при применении международных «зеленых» стандартов в российской практике, которые ранее описывались в работе Д.Н. Силка и А.А. Кононова [7], где:

1. Некоторые критерии сильно ограничиваются для российских объектов в силу климатических различий. Например, трудности возникают с одним из основных опорных точек систем сертификации – с использованием возобновляемой энергии, в разделе «Потребление энергии и параметры атмосферы». Так, к примеру, использование альтернативных источников энергии как солнечная энергия, ветровая энергия, геотермальная энергия земли, сложно применимы в российской реальности из-за не большого количества солнечных дней на основной территории страны, также высокая стоимость делает малодоступными данные решения.

2. «Многие параметры должны быть определены согласно американским или британским стандартам, а иногда запрашиваемых коэффициентов просто нет в российских нормах. К примеру, в блоке «Энергия и Атмосфера» необходимо предоставить такой параметр, как коэффициент пропускания света и тепла (*Light-to-solar-gain ratio*), который определяется отношением коэффициента пропускания видимого света (*Visual Transmittance*) к коэффициенту усиления солнечного тепла (*Solar Heat Gain Coefficient*). Расчет данного коэффициента не предусмотрен российскими стандартами» [7].

3. Эксперту, оценивающему проект по международному «зеленому» стандарту следует владеть иностранным языком, на котором издается стандарт, также необходимо владеть профессиональной терминологией и знаниями в различных смежных областях, что для архитекторов

требует привлечение в команду дополнительных участников, в качестве экспертов.

4. В силу того, что зарубежные «зеленые» стандарты имеют высокую частоту обновляемости и отсутствие в открытом доступе актуальных выпусков, сильно ограничивается самостоятельное применение данных стандартов.

Вышеизложенные трудности являются малой частью всех особенностей применения международных «зеленых» стандартов в российской практике, но вместе с тем, экспертами отмечаются и положительные факторы их применения. Здания становятся эффективнее в эксплуатации, происходит дополнительный контроль качества используемых строительных материалов и технологий строительства, объекты сокращают объем негативного влияния на окружающую среду. Необходимо отметить важность и эффективность применения «зеленых» стандартов, а также необходимость обучения молодых специалистов к их применению.

Проведенный эксперимент показал, что эффективное и плавное внедрение международных принципов экологического и устойчивого строительства в процесс проектирования возможно на самых ранних этапах, когда молодые специалисты получают опыт применения не на реальных проектах, а на учебных и выходят из учебных заведений подготовленные к проектированию по современным, международным стандартам. Как теоретическая попытка решения этой задачи, предположительно необходимы следующие шаги:

1. Создание на базе университетов лабораторий и центров по обучению молодых специалистов и преподавателей кафедр международным «зеленым» стандартам.

2. На базе данных центров, проведение анализа и системной адаптации основных принципов, заложенных в «зеленых» стандартах в процесс проектирования.

3. Постепенное применение критериев оценки «зеленых» стандартов при проектировании учебных, курсовых проектов, начиная с младших курсов.

4. Проведение тестовых сертификаций проектов на дипломных и курсовых проектах старших курсов обучения на архитектурных и инженерных специальностях.

Так же, в будущем необходимо детальное изучение меняющихся климатических особенностей регионов России, как они могут быть отображены в национальном «зеленом» стандарте, какие технологии альтернативной энергетики доступны в России, а также анализ существующей нормативной базы на степень смежности с международными «зелеными» стандартами. Высока

актуальность разработки методик применения «зеленых» стандартов на учебных проектах в высших учебных заведениях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гельманова З.С., Амирханова М.А., Георгиади И.В. Зеленое строительство как эффективный инструмент обеспечения устойчивого развития территорий // Научное обозрение. Экономические науки. 2016. №1. С. 12–14.
2. Данилова К.С. Необходимость применения сертификации «зелёных» зданий // Гагаринские чтения 2017/ Тезисы докладов. 2017. С. 1308.
3. Зильберова И.Ю., Петров К.С., Калмыков Ю.С., Меликян В.М. Зарубежный опыт энергоэффективного строительства // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 5 (1005). С. 50.
4. Лиховозова Г.А. "ЭКОТЕХ-2017" – Главное событие года экологии в России // Региональное образование: современные тенденции. 2018. № 1 (34). С. 71–73.
5. Мальцев Т.А. Обоснование использования возобновляемых источников энергии в рамках экодевелопмента туристических кластеров в России // Международный студенческий научный вестник. 2018. № 2. С. 58.
6. Бубнов Ю., Денисихина Д. Энергомоделирование зданий – инвестиции в прошлое и будущее // Здания высоких технологий. 2016. Т. 1. № 1. С. 20–25.
7. Силка Д. Н., Кокконова А.А. Анализ и особенности применения стандартов энергоэффективного экологического строительства в российских условиях // Вестник Евразийской науки. 2019. №1. С. 2.
8. Сухина Е.А. Становление и особенности сертифицирования российских экологических стандартов в строительстве // Градостроительство и архитектура. 2019. Т.9. №2. С. 96–103. DOI: 10.17673/ Vestnik.2019.02.13.
9. Как работает BREEAM // Breeam.com: официальный сайт. 2021. URL: <https://www.breeam.com/discover/how-breeam-certification-works/> (дата обращения: 26.05.2021).
10. Обзор американской системы зеленой сертификации для зданий и помещений LEED // Ecogreenoffice.club: 2021. URL: <https://www.ecogreenoffice.club/obzor-leed> (дата обращения: 26.05.2021).
11. Что такое DGNB // Ecostandartgroup.ru: 2021. URL: <https://ecostandardgroup.ru/services/cert/dgnb/> (дата обращения: 26.05.2021).
12. Что такое «Зеленые стандарты» // Ecostandartgroup.ru: 2021. URL:

<https://ecostandardgroup.ru/services/cert/rossiyskie-zelenye-standarty/> (дата обращения: 26.05.2021).

13. СТО НОСТРОЙ 2.35.4–2011 «Зелёное» строительство. Здания жилые и общественные. Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания. М.: Некоммерческое партнерство «АВОК»: Открытое акционерное о-во «Центр проектной продукции в строительстве». 2011. 52 с.

14. СТО НОСТРОЙ 2.35.68–2012 «Зелёное» строительство. Здания жилые и общественные. Учет региональных особенностей в рейтинговой системе оценки устойчивости среды обитания. М.: Некоммерческое партнерство «АВОК»: БСТ. 2012. 35 с.

15. DGNB: устойчивое строительство по-немецки // Zvt.abok.ru: 2021. URL: http://zvt.abok.ru/articles/170/DGNB_ustoichivoe_stroitelstvo_po_nemetski (дата обращения: 26.05.2021).

16. Система добровольной сертификации // Mnr.gov.ru: 2021. URL: http://www.mnr.gov.ru/activity/directions/zelenye_s

[tandarty/sistema_dobrovolnoy_sertifikatsii/](#) (дата обращения: 26.05.2021).

17. Кенжебаева М.Т., Аскарова Э.Т. Устойчивое развитие экономики региона – устойчивое развитие страны // Innovation Management and Technology in the Era of Globalization: materials of the II international scientific-practical conference. Panadura, Sri Lanka: Regional Academy of Management. 2015. С. 307–315.

18. Сидоренко Е.В., Щербак В.И., Коротецкий В.П. Устойчивое развитие экосистем мегаполиса // Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств: сб. по мат. науч.- практ. конф.: в 2 ч. Мурманск: МГТУ. 2015. С. 282–285.

19. Миндзаева М.Р., Горгорова Ю.В. Сравнительный анализ зарубежных стандартов экологического строительства и их влияние на формирование российских экостандартов // Инженерный вестник дон. 2013. Т. 27. № 4. С. 264.

20. Сиразетдинов Р.М., Мавлютова А.Р. Экодевелопмент как главный инструмент устойчивого развития инновационной экономики // Известия КГАСУ. 2013. № 1. С. 249–253.

Информация об авторах

Низамиева Эльмира Равилевна, аспирант кафедры архитектурное проектирование. E-mail: nizamieva.elmira@gmail.com. Казанский Государственный Архитектурно-Строительный Университет. Россия, 420124, Казань, ул. Зеленая, д. 1.

Поступила 13.06.2021 г.

© Низамиева Э.Р., 2021

Nizamieva E.R.

Kazan State University of Architecture and Engineering
E-mail: nizamieva.elmira@gmail.com

TRAINING RUSSIAN SPECIALISTS TO APPLY GREEN STANDARDS

Abstract. This article discusses the features of the application of international "green" standards in Russian practice. In addition, the features of Russian "green" standards are considered and a comparative analysis of the similarities and differences of the five "green" standards is carried out (BREEAM, LEED, DGNB, "Green standards", STO NOSTROY). The experience of application in Russian project activities has been studied. Moreover, the article presents the results of a scientific and practical experiment, which is carried out as part of a scientific research. The experiment involves 15 senior students, 3 experts in various "green" standards. As part of the thesis, each student conducted a training assessment of his object, designed as part of the diploma qualification work, according to one of the proposed "green" standards. Further, the result of the work is included in the form of an additional and independent section in the Explanatory Note to the diploma. In result, the main difficulties in the application of "green" standards are identified, conclusions are drawn on their positive impact on the design process. The relevance of possessing knowledge in the field of application of international "green" standards is noted, as well as ways of smooth implementation of the basic principles of "green" standards in the design practice of Russian architects are proposed.

Keywords: green standards, environmental certification, sustainable development, ecology, standards, energy efficiency, environment.

REFERENCES

1. Gelmanova Z.S., Amirkhanova M.A., Georgiadi I.V. Green construction as an effective tool for

ensuring sustainable development of territories [Zelenoe stroitel'stvo kak effektivnyj instrument

obespecheniya ustojchivogo razvitiya territorij] Scientific Review. Economic sciences. 2016. No. 1. Pp. 12–14. (rus)

2. Danilova K.S. The need to apply certification of "green" buildings [Neobhodimost' primeneniya sertifikacii «zelyonyh» zdaniy]. Gagarin Readings 2017 Abstracts. 2017. Pp. 1308. (rus)

3. Zilberova I.Yu., Petrov K.S., Kalmykov Yu.S., Melikyan V.M. Foreign experience of energy efficient construction [Zarubezhnyj opyt energoeffektivnogo stroitel'stva]. BST: Bulletin of construction equipment. 2018. No. 5 (1005). Pp. 50. (rus)

4. Likhovozova G.A. EKOTECH-2017 is the main event of the year of ecology in Russia ["EKOTEKH-2017" – Glavnoe sobytie goda ekologii v Rossii]. Regional education: current trends. 2018. No. 1 (34). Pp. 71–73. (rus)

5. Maltsev T.A. Justification of the use of renewable energy sources in the framework of eco-development of tourist clusters in Russia [Obosnovanie ispol'zovaniya vozobnovlyaemykh istochnikov energii v ramkah ekodevelopmenta turistskikh klasterov v Rossii]. International student scientific bulletin. 2018. No. 2. Pp. 58. (rus)

6. Bubnov Yu., Denisikhina D. Energy modeling of buildings - investments in the past and the future [Energomodelirovanie zdaniy – investicii v proshloe i budushchee]. High technology buildings. 2016. Vol. 1. No. 1. Pp. 20–25. (rus)

7. Silka D.N., Kokonova A.A. Analysis and features of the application of standards for energy efficient ecological construction in Russian conditions [Analiz i osobennosti primeneniya standartov energoeffektivnogo ekologicheskogo stroitel'stva v rossijskikh usloviyah]. Bulletin of Eurasian Science. 2019. No. 1. Pp. 2. (rus)

8. Sukhinina E.A. Formation and features of certification of Russian environmental standards in construction [Stanovlenie i osobennosti sertifikirovaniya rossijskikh ekologicheskikh standartov v stroitel'stve]. Urban planning and architecture. 2019. T. 9. No. 2. Pp. 96–103. DOI: 10.17673 / Vestnik.2019.02.13. (rus)

9. How BREEAM works [Kak rabotaet BREEAM]. Breeam.com: official site. 2021. URL: <https://www.breeam.com/discover/how-breeam-certification-works/> (date accessed: 05/26/2021).

10. An overview of the US LEED green certification system for buildings and premises [Obzor amerikanskoj sistemy zelenoj sertifikacii dlya zdaniy i pomeshchenij LEED]. Ecogreenoffice.club: 2021. URL: <https://www.ecogreenoffice.club/obzor-leed> (date accessed: 05/26/2021). (rus)

11. What is DGNB [CHto takoe DGNB]. Ecostandardgroup.ru: 2021. URL: <https://ecostandardgroup.ru/services/cert/dgnb/> (date accessed: 05/26/2021).

12. What are Green Standards [CHto takoe «Zelenye standarty»]. Ecostandardgroup.ru: 2021. URL: <https://ecostandardgroup.ru/services/cert/rossiyskie-zelenye-standarty/> (date of access: 05/26/2021). (rus)

13. STO NOSTROY 2.35.4–2011 "Green" construction. Residential and public buildings. Rating system for assessing the sustainability of the environment [STO NOSTROY 2.35.4–2011 «Zelyonoe» stroitel'stvo. Zdaniya zhilye i obshchestvennye. Rejtingovaya sistema ocenki ustojchivosti sredy obitaniya]. M.: Non-commercial partnership "AVOK": Open joint-stock company "Center for design products in construction". 2011. Pp. 52. (rus)

14. STO NOSTROY 2.35.68–2012 "Green" construction. Residential and public buildings. Considering regional peculiarities in the rating system for assessing the sustainability of the environment [STO NOSTROY 2.35.68–2012 «Zelyonoe» stroitel'stvo. Zdaniya zhilye i obshchestvennye. Uchet regional'nyh osobennostej v rejtingovoj sisteme ocenki ustojchivosti sredy obitaniya]. M.: Non-commercial partnership "AVOK": BST. 2012. Pp. 35. (rus)

15. DGNB: Sustainable Construction in German [DGNB: ustojchivoe stroitel'stvo po-nemecki]. Zvt.abok.ru: 2021. URL: http://zvt.abok.ru/articles/170/DGNB_ustojchivoe_stroitelstvo_po-nemetski (date accessed: 05/26/2021). (rus)

16. Voluntary certification system [Sistema dobrovol'noj sertifikacii]. Mnr.gov.ru: 2021. URL: http://www.mnr.gov.ru/activity/directions/zelenye_standarty/sistema_dobrovolnoy_sertifikatsii/ (date of access: 05/26/2021). (rus)

17. Kenzhebaeva M.T., Askarova E.T. Sustainable development of the regional economy - sustainable development of the country [Ustojchivoe razvitie ekonomiki regiona – ustojchivoe razvitie strany]. Innovation Management and Technology in the Era of Globalization: materials of the II international scientific-practical conference. Panadura, Sri Lanka: Regional Academy of Management. 2015. Pp. 307–315. (rus)

18. Sidorenko E.V., Shcherbak V.I., Korotetskiy V.P. Sustainable development of megalopolis ecosystems [Ustojchivoe razvitie ekosistem megalopolisa]. Modern ecological-biological and chemical research, technology and production technology: collection of articles. by mat. scientific - practical Conf.: 2 hours. Murmansk: MGtU. 2015. Pp. 282–285. (rus)

19. Mindzaeva M.R., Gorgorova Yu.V. Comparative analysis of foreign standards for ecological

construction and their impact on the formation of Russian eco-standards [Sravnitel'nyj analiz zarubezhnyh standartov ekologicheskogo stroitel'stva i ih vliyanie na formirovanie rossijskih ekostandartov]. Engineering Bulletin of the Don. 2013. Vol. 27. No. 4. Pp. 264. (rus)

20. Sirazetdinov R.M., Mavlyutova A.R. Ecodevelopment as the main tool for sustainable development of an innovative economy [Ekodevelopment kak glavnyj instrument ustojchivogo razvitiya innovacionnoj ekonomiki]. Izvestiya KGASU. 2013. No. 1. Pp. 249–253. (rus)

Information about the authors

Nizamieva Elmira Ravilevna, postgraduate student of the Department of Architectural Design. E-mail: nizamieva.elmira@gmail.com. Kazan State University of Architecture and Engineering. Russia, 420124, Kazan, Zelenaya st., 1.

Received 13.06.2021

Для цитирования:

Низамиева Э.Р. Подготовка российских специалистов к применению «зеленых» стандартов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 8. С. 77–85. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-77-85

For citation:

Nizamieva E.R. Training Russian specialists to apply green standards. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 8. Pp. 77–85. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-77-85

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-86-93

Лавров Р.В., *Рассеко Д.С.

Юго-Западный государственный университет

*E-mail: rasseko.dmitriy@bk.ru

МОДИФИКАЦИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО СЫРЬЕВОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИДА НАТРИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТЕКЛА

Аннотация. Исследование продолжает направление интенсификации процессов стекловарения путём полной замены кальцинированной соды в стекольной шихте на гидроксид натрия с получением хорошо классифицируемого промежуточного двухкомпонентного сырьевого материала. Рассмотрен способ получения модифицированного синтетического сырьевого материала (ССМ^м) для получения натрий-кальций-силикатного стекла на основе кварцосодержащего сырьевого материала и гидроксида натрия. ССМ^м состоит из двух частей, химический состав, одной из которой соответствует легкоплавкой эвтектике на диаграмме $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$, в отличие от прототипа ССМ, химический состав которого соответствует химическому составу силикатного стекла. Продукты синтеза частей кварцевого песка и гидроксида натрия смешиваются с остальными компонентами стекольной шихты щелочно-силикатных стекол с последующей возможной агломерацией известными способами. Результаты сравнительного рентгенофазового анализа экспериментальных шихт, а также термообработанных таблетированных образцов показывают более выраженные процессы стеклообразования в шихте на основе ССМ^м, чем с использованием прототипа. Использование экспериментальных шихт может интенсифицировать физико-химические реакции на стадии варки в стекловаренной печи, снизить максимальную температуру варки стекла, уменьшить унос пылевидных компонентов шихты и техногенную нагрузку на окружающую среду.

Ключевые слова: ССМ для получения натрий-кальций-силикатного стекла, гидроксид натрия, диаграмма фазовых состояний $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ Крачека.

Введение. Одним из путей интенсификации процессов стекловарения является предварительная активация тугоплавких компонентов стекольной шихты с использованием гидроксидов.

Результатом активации кремнийсодержащего кристаллического сырьевого источника стекольной шихты с использованием NaOH , нашедшего отражение в патенте RU 2714415 С1, является получение хорошего классифицируемого синтетического сырьевого материала (ССМ) [1–5].

Общим для технологических схем получения ССМ является полная замена натрийсодержащего компонента стекольной шихты (традиционно – кальцинированной соды) на гидроксид натрия, термообработка реакционной смеси каустика (в виде раствора или твердом виде) и кварцосодержащего сырья в интервале 325–700 °С в течение 1–5 минут [2]. Получаемый рассыпчатый порошкообразный продукт по химическому составу состоит из оксидов Na_2O и SiO_2 в массовых долях, соответствующих составу щелочно-силикатного стекла. Фазовый состав ССМ представлен аморфной и кристаллическими фазами в виде низкотемпературного кварца и силиката натрия [6–8].

Анализ химических составов ССМ для наиболее распространенных видов щелочно-силикатных стекол (тарного, флоат, медицинского) в части двойной оксидной системы $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ показал, что поле составов (Na_2O ; SiO_2) лежит в области, обогащенной SiO_2 , масс. % (80,85–85,62) и «обедненной» содержанием Na_2O , масс.% (19,15–14,38) (рис. 1).

Это означает, что, несмотря на интенсификацию процессов силикатообразования в ССМ до загрузки в печь, химические составы как натрий-кальций силикатных стекол, так и ССМ не соответствуют эвтектическим составам в системе $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ со значениями эвтектических температур, °С (1022; 846; 793), что может обуславливать более позднее возникновение жидкой фазы, чем это, предположительно, возможно.

Известен способ подготовки шихты для щелочно-силикатных стекол, названный авторами Selective Batching (патент US 2008087044 А1), предусматривающий разделение кремний-, натрий- и кальцийсодержащих шихтных сырьевых материалов на части ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{quartz}$) и ($\text{CaCO}_3 + \text{quartz}$) с массовыми долями, соответствующими эвтектическим составам $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ и $\text{CaO} - \text{SiO}_2$ в системе $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{SiO}_2$, с по-

следующим смешиванием и грануляцией. Предлагаемый способ позволяет сократить время варки щелочно-силикатных стекол и применим для тарного, флоат и боросиликатного вида стекол [9–11].

Так как в качестве натрийсодержащего компонента в описанном выше способе используется кальцинированная сода, активация наиболее тугоплавкого компонента стекольной шихты – кварца – по предлагаемому способу не выражена [12].

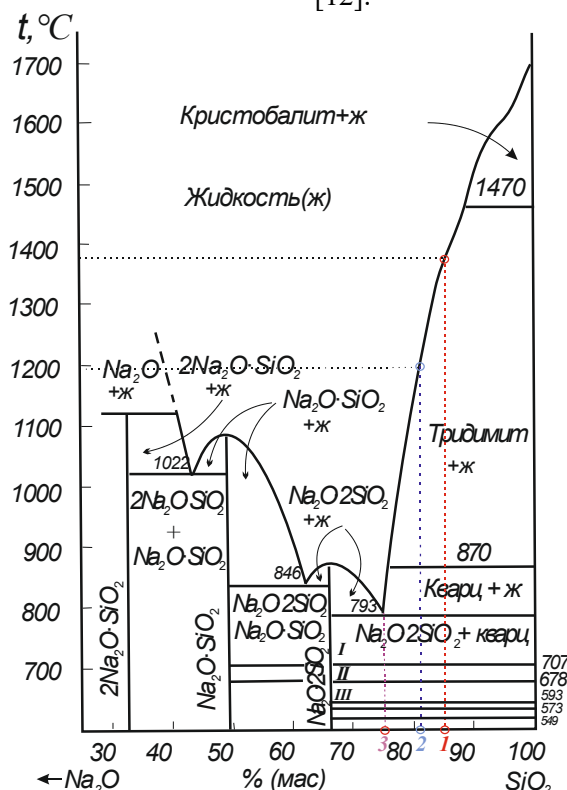


Рис. 1. Двухкомпонентная система $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ Крачека; поле, ограниченное точками 1 и 2, соответствует области химических составов для наиболее распространенных видов натри-кальций-силикатных стекол.

Точкой 3 отмечена первая легкоплавкая эвтектика при соотношении масс. %: $\text{Na}_2\text{O} - 26,1$; $\text{SiO}_2 - 73,9$

В соответствии с авторским описанием, оставшаяся часть кварцевого песка в свободном виде (порядка 20 % от общего количества) добавляется в шихту, состоящую из двух гранулированных продуктов ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{quartz}$) и ($\text{CaCO}_3 + \text{quartz}$), что может способствовать сегрегации шихты, как ввиду разниц в размерах гранул продуктов и зерен кварцевого песка, так и насыпной плотности материалов.

Использование кварцевого песка в шихте в свободном виде создает предпосылки для увеличения времени растворения кварцевых зерен в расплаве и как следствие - общего времени варки стекла.

С учетом недостатков выше описанного метода, был разработан способ подготовки стекольной шихты для получения щелочно-силикатных стекол, в том числе стекловидных щелочных силикатов, включающий активацию кремнийсодержащего компонента стекольной шихты с использованием гидроксида натрия в качестве натрийсодержащего компонента, с получением ССМ^м, имеющим химический состав, соответствующий эвтектическому в оксидной системе $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$.

Кварцсодержащий компонент стекольной шихты и гидроксид натрия, используемый в качестве натрийсодержащего компонента, был поделен на исходные смеси для получения ССМ^м, соотношение весовых частей в одной из которых выражается как, в.ч.:

$$(\text{NaOH}_{\text{эвт.}}; \text{Кварц}_{\text{эвт.}}) \quad (1)$$

и соответствует эвтектическому составу в оксидной системе $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$, а соотношение массовых частей в другой смеси выражается как, в.ч.:

$$((\text{NaOH}_{\text{общ.}} - \text{NaOH}_{\text{эвт.}}); (\text{Кварц}_{\text{общ.}} - \text{Кварц}_{\text{эвт.}})), \quad (2)$$

где $\text{NaOH}_{\text{общ.}}$ и $\text{Кварц}_{\text{общ.}}$ – весовые части общего количества гидроксида натрия и кварцсодержащего сырья для получения щелочно-силикатного стекла заданного состава.

Таким образом, получаемый ССМ^м имеет химический состав, соответствующий эвтектическому составу, а весь кварцсодержащий материал физико-химически активирован в результате взаимодействия с NaOH .

Материалы и методы. В качестве сырья для приготовления экспериментальной стекольной шихты использовали кварцевый песок (ГОСТ 22551-77), гидроксид натрия (NaOH) ГОСТ 2263-

79 в чешуйчатом виде, соду кальцинированную техническую марки Б (ГОСТ 5100-85) [13].

Химический состав сырьевых материалов представлен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав сырьевых материалов

Сырьевые материалы	Содержание элементов, мас. %						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃
Гидроксид натрия ГОСТ 2263-79	0,020	0,001		0,005	76,317		0,001
Кварцевый песок ВС-030-В, ГОСТ 22551-77	99,6	0,16					0,014
Сода кальцинированная техническая, марка Б, ГОСТ 5100-85					58,12		0,003

Был выбран состав тарного стекла марки БТ-1 (ГОСТ Р 52022-2003). Из состава были использованы только оксиды кремния и натрия, поэтому состав был приведён к 100 %. Содержание оксида кремния в итоге составило 83,75 %, а содержание оксида натрия - 16,25 %.

С учётом того, что кварцевый песок содержит 99,6 % SiO₂, гидроксид натрия содержит 76,3 % Na₂O, а кальцинированная сода 58,12 % Na₂O, был рассчитан состав шихты на 50 г. Были рассчитаны четыре состава. Первый на основе песка и кальцинированной соды, второй на основе песка и гидроксида натрия, третий эвтектический на основе песка и гидроксида натрия, а также четвёртый, где остаток песка из третьего состава смешан с 3 % от NaOH.

Основная часть. Для получения экспериментальных шихт проводили увлажнение квар-

цевого песка 3 % по массе шихты дистиллированной водой, после чего добавляли натрийсодержащие компоненты с последующим смешиванием в корундовой ступке. Полученные массы помещали в корундовые тигли и ставили в муфельную печь на термообработку при 400 °С, при достижении требуемой температуры печь отключали.

Шихта для ССМ^м была получена из двух частей, первая из которых содержала термообработанную с каустиком часть от общего количества кварцевого песка в шихте в эвтектическом соотношении, а вторая часть содержала остаток кварцевого песка, обработанного 3 % от общего количества NaOH эквивалентного химическому составу оксида натрия в составе стекла.

Из полученных шихт с помощью ручного пуансона были получены таблетки весом 5,5 г (рис. 2), которые были термообработаны в муфельной печи при 600 °С [14].



Рис. 2. Таблетированные образцы шихт:

1 – на основе кварцевого песка и кальцинированной соды; 2 – ССМ^м; 3 – ССМ

Полученные спёки шихт ССМ и ССМ^м не рассыпались в руках в отличие от спёка шихты, где использовалась кальцинированная сода. Образцы спёков подготавливались для проведения рентгено-фазового анализа (РФА).

РФА проводился на приборе GBC ЕММА с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерения угловых положений дифракционных максимумов, градус: $\pm 0,015$. Диапазон измерений углов дифракции 2θ , градус: от 10 до 90

выбирался с целью обнаружения вероятных силикатных соединений [15].

Для идентификации фаз применялась программа Match!3 [16]. Графики были построены при помощи программы DifWin (рис. 3) [17].

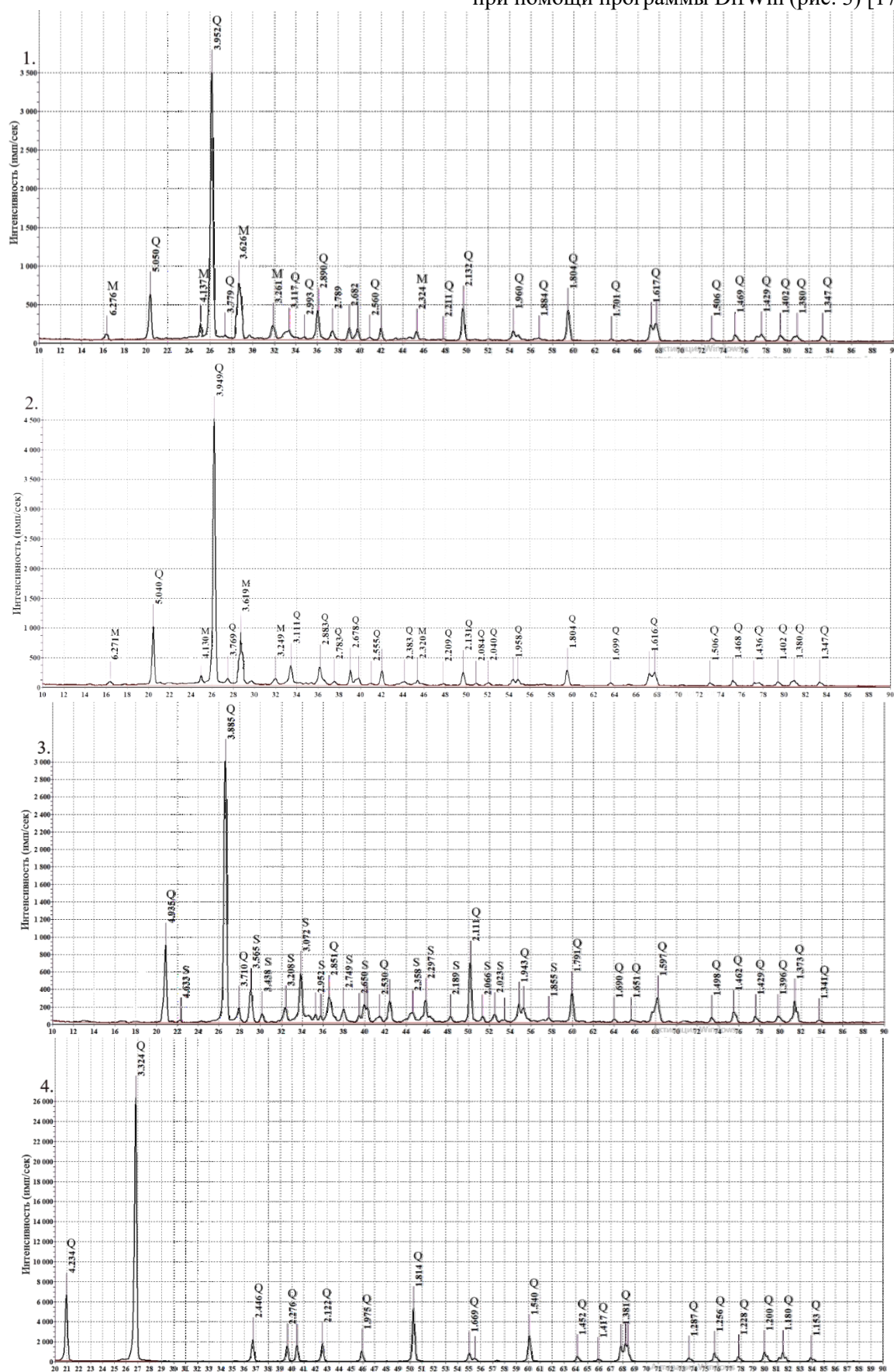


Рис. 3. Дифрактограммы образцов.

Обозначения: кварц – Q; метасиликат натрия – М; кальцинированная сода – S.

Сверху вниз: 1 – ССМ^м; 2 – ССМ; 3 – шихта на основе кальцинированной соды и кварцевого песка;
4 – кварцевый песок

Основными фазами образцов 1 и 2 были аморфная и кристаллическая в виде кварца и метасиликата натрия с более выраженной аморфной в образце 1. Кроме этого, интенсивность дифракционных максимумов, характерных для кварца, в рентгенограмме для образца 1, имела меньшие значения, чем в образце 2, что может

свидетельствовать о деструктивных изменениях в кристаллической структуре.

В образце 3 при выбранной температуре обработки 600 °С возникновения фазы, вероятной для силиката натрия, зафиксировано не было.

Далее, таблетированные образцы экспериментальных шихт были помещены в муфельную печь на термообработку при 900 °С.



Рис. 4. Сравнение плавкости образцов при 900 °С.

Слева сверху – ССМ; справа сверху – образец на основе кварцевого песка и соды; внизу – ССМ^м

Визуальный осмотр расплавленных образцов (рис. 4) показал большее количество стекловидной фазы в образце шихты ССМ^м.

Спеки были распилены алмазным диском, проекции спилов приведены на рис. 5.

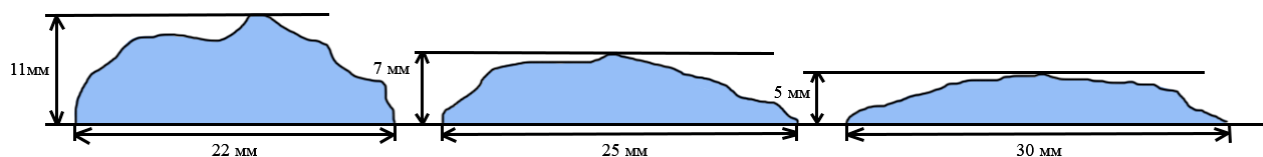


Рис. 5. Рисунок проекции распилов спёков экспериментальных шихт.

Слева направо: образец на основе кварцевого песка и соды, ССМ, ССМ^м

Образец шихты на кальцинированной соде имел больший объем, чем исходный объем таблетки, что можно объяснить процессом газообразования при разложении кальцинированной соды. Образец шихты на основе ССМ^м имел наибольшую площадь расплава, объясняемую более интенсивными процессами стеклообразования.

Выводы. Сравнительный анализ фазовых составов экспериментальных шихт, термообработанных при 600 °С, установил более выраженную аморфную и силикатную для ССМ^м. Термообработка таблетированных шихт при 900 °С показала большую степень оплавления образца на основе ССМ^м, что в совокупности может свиде-

тельствовать о снижении максимальной температуры или времени варки шихт натрий-кальций-силикатных стёкол при максимальной температуре.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. 2714415, Российская Федерация, МПК C03B 1/00. Способ подготовки шихты для щелочно-силикатного стекла. /Р.В. Лавров, А.П. Кузьменко, Л.М. Миронович, А.О. Дьяков, М.Т. Мьо, В.Л. Родионов; заявитель и патентообладатель ЮЗГУ. № 2019112334; заявл. 23.04.2019; опубл. 14.02.2020. Бюл. №5. 11 с.
2. Пат. 2597008, Российская Федерация, МПК C03B 1/00, C03C 1/02. Сырьевой концентрат и шихта для производства силикатного стекла / Р.В. Лавров. Заявитель и патентообладатель ЮЗГУ. № 2015135608/03; заявл. 24.08. 2015; опубл. 10.09.2016. Бюл. №25. 5 с.
3. Пат. 2638195, Российская Федерация, МПК C03B 1/02, C03C 1/02, C03C 6/08. Способ приготовления шихты / Р.В. Лавров. Заявитель и патентообладатель ЮЗГУ. № 2016126524; заявл. 03.07.2016; опубл. 12.12.2017. Бюл. № 35. 10 с.
4. Пат. 2007131721, Российская Федерация. МПК C03C 1/00. Щелочной концентрат для получения стекла и способ его применения с целью снижения атмосферных выбросов углекислоты и твердых составляющих шихты / С.В. Сретинский, В.Н. Молчанов, Р.В. Лавров, С.Е. Бурханский. Заявитель и патентообладатель ЮЗГУ. № 2007131721/03; заявл. 21.08.2007; опубл. 10.09.2016. 1 с.
5. Минько Н.И., Лавров Р.В. Гидроксид натрия в стекольной технологии // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С. 53–57.
6. Пат. 2152363, Российская Федерация. МПК C03B1/00, C03C1/02. Сырьевой концентрат для производства стекла и керамики и способ его получения / В.Н. Молчанов, В.Н. Поляков, И.А. Демидов, В.Е. Скрипкин. Заявитель и патентообладатель ЗАО «Инженер». № 99112670/03; заявл. 18.06.1999; опубл. 10.07.2000. Бюл. № 19. 4 с.
7. Пат. GB1411257 США, МПК C03B1/00; C03B3/00; C03C1/00; ПК C03B1/00; C03B3/00; C03C1/00; C03C1/02; C03C6/04. Glass manufacture / Ppg industries inc.; опубл. 22.10.1975, [Электронный ресурс]. URL: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/description?CC=GB&NR=1411257A&KC=A&FT=D&ND=3&date=19751022&DB=&locale=en_EP (дата обращения: 12.04.2021)
8. Пат. US3817776 Франция, МПК C03B1/02; C03C1/02. Granular free-flowing material for use in the manufacture of glass / Gringras Michel; опубл. 18.06.1974, [Электронный ресурс]. URL: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/description?CC=US&NR=3817776A&KC=A&FT=D&ND=3&date=19740618&DB=&locale=en_EP (дата обращения 28.04.2021)
9. Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Glass Industry. An ENERGY STAR Guide for Energy and Plant Managers. [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: <https://www.energystar.gov/sites/default/files/buildings/tools/Glass-Guide.pdf> (дата обращения 28.04.2021)
10. Presentation «Selective Glass Batching», William Carty, Christopher Sinton, Hyojin Lee. The Shining Inferno – a Symposium on Glass Raw Materials Glass Manufacturing Industry Council 20 October 2011 Columbus OH, [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: <http://gmic.org/wp-content/uploads/2016/06/11RMS-CSL-Materials-LLC.pdf> (дата обращения 28.04.2021)
11. Пат. US2008087044 (A1) США, МПК C03B1/02; C03B11/00; C03C1/00; C03C1/02; C03C6/00. Selective batching for boron-containing glasses; опубл. 17.04.2008 2008-04-17, [Электронный ресурс]. URL: <https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=2008087044A1&KC=A1&FT=D&ND=4&date=20080417&DB=EPODOC&locale> (дата обращения 28.04.2021)
12. Lavrov R.V., Mironovich L.M. A Novel Method for Preparing a Batch of Silicate Glasses Using Sodium and Potassium Hydroxides // Glass Physics and Chemistry. 2018. Vol. 44. Iss. 2. Pp. 145–151.
13. Пат. 2295503, Российская Федерация, МПК C03B 1/02. Способ приготовления стекольной шихты / Н.С. Крашенинникова, И.В. Фролова, О.В. Казьмина; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский политехнический университет. №2005133162/03; заявл. 27.10.2005; опубл. 20.03.2007. Бюл. № 8. 3 с.
14. Пат. 2571793, Российская Федерация, МПК C03C1/02. Способ подготовки стекольной шихты / А.А. Юдин, В.Н. Болотин, В.С. Бесмертный, Н.И. Бондаренко, А.А. Ляшко, Э.О. Гашенко, Н.М. Здоренко; заявитель и патентообладатель Автономная некоммерческая организация высшего профессионального образования

"Белгородский университет кооперации, экономики и права". № 0002571793; опублик. 20.12.2015. 2 с.

15. Лавров Р.В., Климкин Е.Г., Новиков Л.Б. Использование гидроксида натрия для получения стекловидных щелочных силикатов. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2019. №7. С. 95–101.

16. Порошковый рентгеновский дифрактометр GBCEMMA с камерой для высокотемпера-

турных исследований [Электронный ресурс] / Региональный центр нанотехнологий. URL: <http://www.nano.kursk.ru/features/38-about-center/equipment/136-2012-07-09-05-12-21.html> (дата обращения: 11.04.2021 г.)

17. Программа для расшифровки порошковых дифрактограмм [Электронный ресурс] / официальный сайт компании CRYSTALIMPACT. URL: <https://crystalimpact.com/match/> (дата обращения: 11.04.2021 г.)

Информация об авторах

Лавров Роман Владимирович, кандидат химических наук, доцент кафедры химии и химической технологии. E-mail: kvarcinat@mail.ru. Юго-Западный государственный университет. Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94.

Рассеко Дмитрий Сергеевич, магистр кафедры фундаментальной химии и химической технологии. E-mail: rasseko.dmitriy@bk.ru. Юго-Западный государственный университет. Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94.

Поступила в мае 2021 г.

© Лавров Р.В., Рассеко Д.С., 2021

Lavrov R.V., *Rasseko D.S.

South-West State University

**E-mail: rasseko.dmitriy@bk.ru*

MODIFICATION OF SYNTHETIC RAW MATERIAL BASED ON SODIUM HYDROXIDE FOR PRODUCING GLASS

Abstract. The research continues the direction of intensification of glass-making processes by completely replacing soda ash in the glass batch with sodium hydroxide to obtain a well-classified intermediate two-component raw material. A method for obtaining a modified synthetic raw material (SRM^m) for producing sodium-calcium-silicate glass based on quartz-containing raw material and sodium hydroxide is considered. SRM^m consists of two parts, the chemical composition of one of which corresponds to the low-melting eutectic on the Na₂O-SiO₂ diagram, in contrast to the prototype SRM, the chemical composition of which corresponds to the chemical composition of silicate glass. The products of the synthesis of parts of quartz sand and sodium hydroxide are mixed with the rest of the components of the glass batch of alkali-silicate glasses, followed by possible agglomeration by known methods. The results of a comparative X-ray phase analysis of experimental charges, as well as heat-treated pelletized samples, show more pronounced glass formation processes in a charge based on SRM^m than using the prototype. The use of experimental charges can intensify the physico-chemical reactions at the stage of melting in a glass-making furnace, reduce the maximum melting temperature of glass, reduce the carryover of dust-like components of the charge and the technogenic load on the environment.

Key words: SRM for the production of sodium-calcium-silicate glass, sodium hydroxide, phase state diagram Na₂O-SiO₂ Krachek.

REFERENCES

1. Lavrov R.V., Kuzmenko A.P., Mironovich L.M., Diakov A.O., Myo M.T., Rodionov V.L. Method for preparing a charge for alkali silicate glass. Patent RF, no 2019112334, 2020. (rus)
2. Lavrov R.V. Raw material concentrate and charge for silicate glass production. Patent RF, no 2597008, 2016. (rus)
3. Lavrov R.V. Method of batch preparation. Patent RF, no 2638195, 2017. (rus)

4. Sretinskiy S.V., Molchanov V.N., Lavrov R.V., Burhanskiy S.E. Alkaline concentrate for glass production and method of its use in order to reduce atmospheric emissions of carbon dioxide and solid components of the charge. Patent RF, no 2007131721, 2016. (rus)

5. Minko N.I., Lavrov R.V. Sodium hydroxide in glass technology [Gidroksid natriya v stekol'noy tekhnologii]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2011. No. 3. Pp. 53–57. (rus)

6. Molchanov V.N., Polyakov V.N., Demidov I.A., Scripkin V.E. Raw material concentrate for the production of glass and ceramics and the method for its production. Patent RF, no 2152363, 2000. (rus)

7. Ppg industries inc. Glass manufacture. Pat.GB, no 1411257, 1975.

8. Gringras M. Granular free-flowing material for use in the manufacture of glass. Patent US, no 3817776, 1974.

9. Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Glass Industry. URL: <https://www.energystar.gov/sites/default/files/buildings/tools/Glass-Guide.pdf> (date of application: 28.04.2021)

10. Presentation «Selective Glass Batching», William Carty, Christopher Sinton, Hyojin Lee. The Shining Inferno – a Symposium on Glass Raw Materials Glass Manufacturing Industry Council 20 October 2011 Columbus OH. Adobe Acrobat Reader. URL: <http://gmic.org/wp-content/uploads/2016/06/11RMS-CSL-Materials-LLC.pdf> (date of application: 28.04.2021)

11. Selective batching for boron-containing glasses. URL: <https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=2008087044A1&KC=A1&FT=D&ND=4&date=20080417&DB=EPODOC&locale> (date of application: 28.04.2021)

12. Lavrov R.V., Mironovich L.M. A Glass Method for Preparing and Sodium Hydroxides Glass Physics and Chemistry. 2018. Vol. 44, Iss. 2. Pp. 145–151.

13. Krashennikova N.S., Frolova I.V., Kuzmina O.V. Method for preparing glass batch. Patent RF, no 2295503, 2005. (rus)

14. Yudin A.A., Bolotin V.N., Bessmertniy V.S., Bondarenko N.I., Lyashko A.A., Gasnenko E.O., Zdorenko N.M. Method for preparing glass batch. Patent RF, no 2571793, 2015. (rus)

15. Lavrov R.V., Klimkin E.G., Novikov L.B. The use of sodium hydroxide to obtain glassy alkali silicates [Ispol'zovaniye gidroksida natriya dlya polucheniya steklovidnykh shchelochnykh silikatov]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 7. Pp 95–101. (rus)

16. Program for decoding powder diffractograms [Programma dlya rasshifrovki poroshkovykh difraktogramm]. URL: <https://crystalimpact.com/match/> (date of application: 11.04.2021)

17. Powder X-ray diffractometer GBC EMMA with chamber for high temperature research [Poroshkovyy rentgenovskiy diffraktometr GBC EMMA s kameroy dlya vysokotemperaturnykh issledovaniy]. URL: <http://www.nano.kursk.ru/features/38-about-center/equipment/136-2012-07-09-05-12-21.html> (date of application: 28.04.2021)

Information about the authors

Lavrov, Roman V. PhD, Assistant professor. E-mail: kvarcinat@mail.ru. South-West State University. Russia, 305040, Kursk, st. 50 let Oktyabrya, 94.

Rasseko, Dmitry S. Master student. E-mail: rasseko.dmitriy@bk.ru. South-West State University. Russia, 305040, Kursk, st. 50 let Oktyabrya, 94.

Received in May 2021

Для цитирования:

Лавров Р.В., Рассеко Д.С. Модификация синтетического сырьевого материала на основе гидроксида натрия для получения стекла // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 8. С. 86–93. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-86-93

For citation:

Lavrov R.V., Rasseko D.S. Modification of synthetic raw material based on sodium hydroxide for producing glass. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 8. Pp. 86–93. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-86-93

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-94-100

Тимофеев С.П., Гаврилов Д.В., Хуртасенко В.А., Воронкова М.Н.Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова***E-mail: Timofeevsp@inbox.ru*

НОВАЯ МОДЕЛЬ СТАНКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ – ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

Аннотация. При долгой эксплуатации вращающихся деталей технологических машин, к которым относятся бандаж и опорные ролики вращающихся обжиговых печей, поверхности качения теряют точность формы и качество. Для восстановления крупногабаритных деталей, имеющих форму тел вращения, применяются встраиваемые станочные модули. Такие ремонтные работы требуют особых технологических подходов и тщательной подготовки перед их началом. Необходимо учитывать реальную геометрию поверхности ремонтируемой детали, которая может иметь погрешности формы в продольном и поперечном сечении из-за изнашивания, проводить предварительный анализ состояния детали. Также необходимо учитывать большие габариты и массу обрабатываемой детали, и непостоянное положение ее оси во время вращения. Используемые технологии и мобильные станки для проведения данных ремонтных работ все же имеют недостатки, которые не позволяют эффективно проводить обработку и сказываются на точности и качестве получаемой поверхности. Решением этой проблемы может стать разработка новых моделей станков для обработки крупногабаритных тел вращения, конструкция которых будет более совершенна по сравнению с существующими моделями. Для достижения этой цели нужно изучить и проанализировать существующие отечественные и зарубежные модели мобильных станков и принцип их работы. Предлагаемая новая модель станка должна иметь достаточную статическую и динамическую жесткость, а также иметь модуль, отвечающий за адаптивное управление процессом обработки, который будет компенсировать нестабильное базирование деталей во время обработки.

Ключевые слова: крупногабаритные детали, новая модель станка, бандаж, мобильное оборудование, ремонтные работы, эффективность обработки.

Введение. В современной промышленности применяются вращающееся технологическое оборудование непрерывного производственного цикла. К нему относятся, например, вращающиеся печи. Они используются в цементной, металлургической, силикатной и химической, сахарной и пищевой промышленности, а также для утилизации отходов [1, 2].

В конструкциях вращающихся печей важным параметром является прямолинейность оси вращения, настройка которой во многом зависит от точности формы деталей опор – бандажей и опорных роликов [3]. Так как в процессе эксплуатации вследствие высоких динамических и термических нагрузок происходит потеря точности формы как корпуса печи [4], так и поверхностей качения деталей опор, то возникает необходимость в восстановлении точности посредством периодической обработки этих элементов. Для такой обработки поверхностей качения в технологических машинах в настоящее время широко применяют мобильное оборудование. Наиболее эффективными способами восстановительной обработки поверхностей качения являются то-

карная и шлифовальная обработка с использованием соответствующих мобильных станочных модулей [1, 2]. Для обеспечения технологичности и сокращения времени обработки необходимо предварительно определить реальную геометрию поверхностей опор и провести анализ их состояния, после чего возможно назначение оптимальных параметров и режимов обработки [5]. Использование таких способов восстановления формы позволяет не останавливать основной производственный процесс, что существенно влияет на технологичность.

Данные способы не лишены недостатков, в основном они связаны с трудностью базирования станков, их наладкой, измерением получаемого профиля и жесткостью станков. Решение этих задач позволит повысить производительность обработки с обеспечением заданной точности поверхностей деталей технологического оборудования, необходимой для их дальнейшей работы.

Основная часть. Применение метода с использованием мобильных станочных модулей и специальной оснастки позволяет обрабатывать бандаж и опорные ролики практически всех типоразмеров [6]. При разработке новой модели

станка для обработки крупногабаритных тел вращения необходимо провести анализ существующих технологий ремонта бандажей и роликов цементных печей, а также мобильного оборудования для выполнения механической обработки данных элементов. Полезно будет изучить опыт и разработки зарубежных компаний. В частности, компанией ThyssenKrupp разработана мобильная шлифовальная станция POLGRIND, которая тщательно обрабатывает поверхности качения деталей опор с помощью шлифовальных лент с разным размером зерна. Это позволяет устранить все неровности, ошибки соосности, шероховатости и отклонения контура. Преимущества данной технологии заключаются в значительном увеличении срока службы ремонтируемых агрегатов, в эффективном устранении неисправностей и повреждений поверхностей бандажей, опорных роликов и т.д., в документировании процесса электронным методом измерения и контроле диаметра и соосности с помощью высокоточных измерительных приборов, встроенных в шлифовальное устройство. Так же можно отметить опыт в ремонте крупногабаритных тел вращения компании Phillips Kiln Services Europe Ltd, в арсенале которой имеются мобильные шлифовальные станки нескольких типоразмеров, подходящие для ремонта тел вращения любого размера, а также имеется низкопрофильный станок, который позволяет шлифовать опорные ролики в труднодоступных местах. Измерения после ремонта проводят с помощью специально разработанного устройства для измерения окружности во время работы установки. При этом нет необходимости выключать вращение печи вовремя или после процесса ремонта и для проведения измерений. После завершения работы по шлифовке опорные ролики будут иметь чистоту поверхности Ra около 2,5 мкм. или выше, края будут скошены, чтобы предотвратить поломку при опрокидывании.

Изучив существующие конструкции оборудования для ремонта деталей опор вращающихся печей, а также технологию самой обработки, был сделан вывод о том, что многие конструкции существующих станочных модулей, а также технологические подходы, не обеспечивают постоянную ориентацию режущего инструмента в радиальном направлении к поверхности обрабатываемой детали, которая, при вращении бандажа на опорных роликах, может изменять свое положение в процессе обработки. Это может существенно снижать точность обработки, что является явным недостатком. Причина этого в том, что многие конструкции станков не обеспечивают возможности копирования угловых перемещений обрабатываемой детали. В связи с этим в

разработанной модели станка повышенное внимание было уделено обеспечению точности позиционирования инструмента для каждого рабочего хода в процессе механической обработки, что существенно повышает точность обработки поверхностей крупногабаритных деталей, имеющих форму тел вращения. Это возможно благодаря тому, что в разработанной модели станка есть копировальный узел, который состоит из рамы 1 и копирующих роликовых опор 11, а также продольный суппорт 3, на котором с возможностью возвратно-поступательного перемещения установлен поперечный суппорт 5 (рис. 1). Так как конструкция новой модели станка была разработана на основании существующих подобных устройств, то они имеют общие черты, например, наличие копировального узла, состоящего из рамы и копирующих опор, а также поперечный суппорт.

Рассмотрим более подробно конструкцию и кинематическую схему предлагаемой модели станка для обработки монотонных замкнутых поверхностей крупногабаритных деталей-тел вращения с нестационарной осью вращения (рис. 1, 2). Каркасом станка является жесткая рама 1. Продольная направляющая 2 жестко крепится внутри рамы 1, например, при помощи резьбовых соединений. Предпочтительно использовать направляющую формы "ласточкин хвост". Продольный суппорт 3 установлен на направляющей 2 и имеет возможность перемещаться по ней. Также на направляющей 2 жестко закреплен привод продольных перемещений 4, который обеспечивает возможность независимых продольных перемещений двух исполнительных механизмов: продольного суппорта 3 и опорных роликов 11, и может состоять, например, из сервопривода и редуктора с двумя выходными валами. На поперечном суппорте 5, который имеет возможность возвратно-поступательного перемещения и установлен на продольном суппорте 3, находится универсальная плита 6 для крепления резцедержателя или шлифовального модуля. Привод поперечных перемещений 7 жестко закреплен с помощью резьбовых соединений на продольном суппорте 3 и обеспечивает возможность перемещения поперечного суппорта 5. Защитные кожухи 8 и 9 предохраняют продольную направляющую 2, привод продольных перемещений 4, а также поперечный суппорт 5 с приводом поперечных перемещений 7 от попадания на направляющие поверхности мелкодисперсных абразивных частиц, которые вызывают повышенный износ поверхностей. Две цилиндрические направляющие 10 жестко установлены на противоположных концах рамы 1.

движение передается через ременные передачи 13 и шариковинтовые передачи 14 к опорным роликам 11. Ролики перемещаются по направляющим 10 в крайнее левое положение, где происходит срабатывание конечных выключателей и привод продольных перемещений 4 отключается. При этом проверяется параллельность и синхронность хода опорных роликов 11, а также целостность защитных кожухов 15. После выполнения данных проверок опорные кронштейны 18 переводятся в свободное положение, в котором они могут перемещаться по направляющим 17. При этом необходимо учесть, что пружины сжатия 19 должны иметь достаточный рабочий ход, чтобы обеспечить постоянный контакт опорных роликов 11 с обрабатываемой поверхностью 12.

Функционирование станка при выполнении обработки поверхности 12 (рис.1) заключается в следующем. Вращение обрабатываемой детали, например, бандажа или опорного ролика вращающейся печи, а также перемещение продольного суппорта 3с размещенным на нем режущим инструментом вдоль поверхности 12 обеспечивают технологический процесс обработки детали. Блок управления перемещениями 16 контролирует маршрут движения режущего инструмента и параметры механической обработки. Затем включается привод продольных перемещений 4 и с помощью ременных передач 13 и шариковинтовых передач 14 движение передается на узлы опорных роликов 11. Ролики перемещаются вдоль обрабатываемой поверхности 12 по направляющим 10 и устанавливаются по окружности обрабатываемой детали в положение, по которому осуществляется базирование. Далее включается привод поперечных перемещений 7, за счет чего поперечный суппорт 5, на котором находится специальная универсальная плита 6 с закрепленным на ней режущим инструментом, устанавливается в нужное положение. Эти перемещения необходимы для регулировки и настройки вылета режущего инструмента на нужную глубину обработки. Затем, за счет привода продольных перемещений 4, приходит в движение продольный суппорт 3 и выполняются рабочие ходы для обработки поверхности восстанавливаемой детали. Регулирование параметров работы станка проводится благодаря блоку управления перемещениями 16, в который занесены данные маршрута обработки конкретной детали.

Выводы. В ходе изучения методов восстановления поверхностей качения деталей опор вращающихся печей, а также конструкций мобильных станков, применяемых при проведении данных ремонтных работ было выяснено, что

технология процесса обработки с помощью существующих станков несовершенна, а сами станки имеют в своей конструкции недостатки, такие как, например, невозможность соблюдения постоянной ориентации режущего инструмента в радиальном направлении к поверхности обрабатываемой детали. Поэтому была представлена новая модель станка для обработки поверхностей крупногабаритных деталей – тел вращения, которая обладает рядом преимуществ, одним из которых является возможность копирования рамой, на которой установлены основные узлы станка, перемещения обрабатываемой поверхности. Это обеспечивает постоянную ориентацию режущего инструмента в радиальном направлении к поверхности обрабатываемой детали, которая, при вращении бандажа на опорных роликах, может изменять свое положение в процессе обработки.

Еще одним достоинством является то, что станок обеспечивает возможность настройки базирования по обрабатываемой поверхности в различных поперечных сечениях. Это связано с тем, что опорные ролики имеют возможность независимого перемещения по направляющим и установки в требуемое для обработки положение. Благодаря этому режущий инструмент может быть точно спозиционирован относительно обрабатываемой поверхности и сохранять своё положение на каждом рабочем проходе.

Перечисленные достоинства повышают точность и эффективность обработки крупногабаритных деталей, имеющих форму тел вращения. Поэтому представленная новая модель станка рекомендуется при проведении ремонтных работ по восстановлению поверхностей качения в технологических агрегатах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Vijayan S.N., Sendhilkumar S. Industrial Applications of Rotary Kiln in Various Sectors – A Review // International Journal of Engineering Innovation & Research. 2014. Vol. 3. Pp. 342–345.
2. Boateng A.A. Rotary Kilns. Elsevier Inc. Publ., 2015, 390 p.
3. Mogilny S., Sholomitskii A. Precision Analysis of Geometric Parameters for Rotating Machines during Cold Alignment. Procedia Engineering. 2017. Vol. 206. Pp. 1709–1715.
4. Ramanenka D., Stjernberg J., Jonsén P. FEM investigation of global mechanisms affecting brick lining stability in a rotary kiln in cold state. Engineering Failure Analysis. 2016. Vol. 59. Pp. 554–569.
5. Маслова И.В., Четвериков Б.С. Определение искажений формы крупногабаритных деталей по анализу проекции правильной геометрической фигуры на криволинейную поверхность //

Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №6. С. 135–140.

6. Хуртасенко В.А., Шрубченко И.В. Математическая модель для оптимизации параметров обработки поверхностей качения технологических агрегатов мобильным оборудованием // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 4. С. 144–150.

7. Хуртасенко А.В., Шрубченко И.В., Тимофеев С.П. Методика определения формы наружной поверхности качения опор технологических // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 3. С.85–89.

8. Пат. 109688, Российская Федерация, МПК В24В 23/00 (2006.01). Устройство для обработки крупногабаритных цилиндрических поверхностей / Каспаров А.В., Шрубченко С.Н.; заявитель и патентообладатель Каспаров А.В., Шрубченко С.Н.; опубл. 27.10.2011.

9. Шрубченко И.В., Хуртасенко А.В., Колобов А.В. Технологическое обеспечение условий контакта деталей опор технологических барабанов при их сборке и эксплуатации. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 189 с.

10. Колобов А. В. Технологическое обеспечение условий контакта при сборке и эксплуатации опор технологических барабанов: дис. канд. техн. наук. Белгород, 2009. 190 с.

11. Хуртасенко А.В. Технология восстановительной обработки крупногабаритных деталей с

использованием методов активного контроля: дис. канд. техн. наук. Белгород, 2007. 137 с.

12. Санин С.Н., Оникиенко Д.А. Разработка концепции мобильного стенда для механической обработки бандажей вращающихся печей с базированием по торцовой поверхности и отверстию // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 2. С. 104–109.

13. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1. Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Суслова. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение-1, 2001. 912 с.

14. Тимофеев С.П., Хуртасенко В.А., Шрубченко И.В. Расчет глубины резания при обработке поверхностей крупногабаритных деталей с нестационарной осью вращения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 2. С. 68–74.

15. Гончаров М.С., Шрубченко И.В., Мурыгина Л.В., Щетинин Н.А. Моделирование технологической системы мобильного оборудования // Научные чтения: Междунар. науч.-практ. конф., (Белгород, 9–10 октября 2014 г.) Изд-во БГТУ, 2014, Ч.4. С. 223–228

16. Ястребов Р.Г. Маслова И.В. Использование управляемого станочного модуля при восстановительной обработке бандажей вращающихся цементных печей // Международная научно-практическая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2011.

Поступила 02.04.2021 г.

© Тимофеев С.П., Гаврилов Д.В., Хуртасенко В.А., Воронкова М.Н., 2021

Информация об авторах

Тимофеев Сергей Петрович, аспирант кафедры технологии машиностроения. E-mail: Timofeevsp@inbox.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Гаврилов Дмитрий Владимирович, инженер. E-mail: gavrilovdmitry4@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Хуртасенко Владислав Андреевич, аспирант кафедры технологии машиностроения. E-mail: kament31@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Воронкова Марина Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения. E-mail: mkuzko@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

***Timofeev S.P., Gavrilov D.V., Hurtasenko V.A., Voronkova M.N.**

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

*E-mail: Timofeevsp@inbox.ru

NEW MODEL OF MACHINE FOR PROCESSING SURFACES OF LARGE-SIZED PARTS HAVING THE SHAPE OF BODIES OF ROTATION

Abstract. During long-term operation of rotating parts of technological machines, which include tires and support rollers of rotary kilns, rolling surfaces lose their shape accuracy and quality. Built-in machine modules are used to restore large-sized parts in the form of bodies of revolution. Such repair work requires special technological approaches and careful preparation before starting. It is necessary to take into account the real geometry of the surface of the part being repaired, which may have shape errors in the longitudinal and cross section due to wear, and conduct a preliminary analysis of the state of the part. It is also necessary to take into account the large dimensions and weight of the workpiece, and the inconsistent position of its axis during rotation. The technologies used and mobile machines for carrying out these repairs still have drawbacks that do not allow for efficient processing and affect the accuracy and quality of the resulting surface. The solution to this problem can be the development of new models of machine tools for processing large-sized bodies of revolution, the design of which will be more perfect in comparison with the previous models. To achieve this goal, it is necessary to study and analyze the existing domestic and foreign models of mobile machines and the principle of their operation. The proposed new machine model should have sufficient static and dynamic rigidity, as well as have a module responsible for adaptive control of the machining process, which will compensate for unstable positioning of parts during machining.

Keywords: large-sized parts, new machine model, bandage, mobile equipment, repair work, processing efficiency.

REFERENCES

1. Vijayan S.N., Sendhilkumar S. Industrial Applications of Rotary Kiln in Various Sectors – A Review // International Journal of Engineering Innovation & Research. 2014. Vol. 3. Pp. 342–345.
2. Boateng A.A. Rotary Kilns. Elsevier Inc. Publ., 2015, 390 p.
3. Mogilny S., Sholomitskii A. Precision Analysis of Geometric Parameters for Rotating Machines during Cold Alignment. Procedia Engineering. Vol. 206. 2017. Pp. 1709–1715.
4. Ramanenka D., Stjernberg J., Jonsén P. FEM investigation of global mechanisms affecting brick lining stability in a rotary kiln in cold state. Engineering Failure Analysis. 2016. Vol. 59. Pp. 554–569.
5. Maslova I.V., Chetverikov B.S. Definition of distortions of the form of large-sized details on the analysis of projection of the correct geometrical figure on a curvilinear surface [Opredelenie iskazheniy formy krupnogabaritnykh detalei po analizu proekzii pravilnoy geometricheskoi figury na krivolineynuyu poverhnost]. Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov. 2017. No. 6. Pp. 135–140. (rus)
6. Khurtasenko V.A., Shrubchenko I.V. Mathematical model for optimization of processing parameters of rolling surface of technological units by mobile equipment [Matematicheskaya model' dlya optimizatsii parametrov obrabotki poverhnostey kacheniya tekhnologicheskikh agregatov mobil'nym oborudovaniem]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 4. Pp. 144–150. (rus)
7. Khurtasenko A.V., Shrubchenko I.V., Timofeev S.P. Method of determining the shape of the outer surface of rolling supports process [Metodika opredeleniya formy naruzhnoi poverhnosti kacheniya opor tekhnologicheskikh]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2015. No. 3. Pp. 85–89. (rus)
8. Kasparov A.V., Shrubchenko S.N. Device for processing large cylindrical surfaces. Patent RF, no. 109688, 2011.
9. Shrubchenko I.V., Khurtasenko A.V. Technological support of conditions of contact of details of support of technological drums at their assembly and operation: monograph. Belgorod: BSTU publishing house, 2015. 189 p.
10. Kolobov A.V. Technological support of conditions of contact at assembly and operation of support of technological drums: dissertation of candidate of technical sciences. Belgorod, 2009. 190 p.
11. Khurtasenko A.V. Technology of the reduction processing of large-size details with use of methods of the fissile monitoring: dissertation of candidate of technical sciences. Belgorod, 2007. 137 p.
12. Sanin S.N., Onikienko D.A. Development of the concept of a mobile stand for the mechanical processing of rotary kiln bands with basing on the end surface and the hole [Razrabotka koncepcii mobil'nogo stenda dlya mekhanicheskoy obrabotki bandazhej vrashchayushchihsya pechej s bazirom vaniem po torcovej poverhnostii otverstiyu]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2016. No. 2. Pp. 104–109. (rus)
13. Reference technologist-mechanical engineer [Spravochnik tekhnologa-mashinostroitel'ya].

Т. 1. Ed. A.M. Dalsky, A.G. Kosilova, R.K. Meshcheryakov, A.G. Suslov. Moscow: Mashinostroyeniye Publ., 2001, 912 p. (rus).

14. Timofeev S.P., Khurtasenko V.A., Shrubchenko I.V. Calculation of the depth of cut when machining surfaces of large parts with nonstationary axis of rotation [Raschet glubiny rezaniya pri obrabotke poverhnostey krupnogabaritnykh detalej s nestacionarnoy os'yu vrashcheniya]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2018. No. 2. Pp. 68–74. (rus)

15. Goncharov M.S., Shrubchenko I.V., Murygina L.V., Schetin N.A. Simulation of the

technological system of mobile equipment [Modelirovaniye tekhnologicheskoy sistemy mobil'nogo oborudovaniya]. Naukoemkie tekhnologii i innovatsii (XXI Nauchnye chteniya): Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., (Belgorod, 9–10 oktyabrya 2014 g.) Pp. 223–228. (rus)

16. Yastrebov R.G., Maslova I.V. Use of the operated machine module at the reduction processing of bandages of the rotating cement furnaces. Mejdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya molodih uchenih BGTU im. V.G. Shuhova [The international scientific and practical conference of young scientific BGTU of V.G. Shukhov]. Belgorod, 2011.

Information about the authors

Timofeev, Sergey P. Postgraduate student. E-mail: Timofeevsp@inbox.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Gavrilov, Dmitry V. Engineer. E-mail: gavrilovdmitry4@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Hurtasenko, Vladislav A. Postgraduate student. E-mail: kament31@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

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

Received 02.04. 2021

Для цитирования:

Тимофеев С.П., Гаврилов Д.В., Хуртасенко В.А., Воронкова М.Н. Новая модель станка для обработки поверхностей крупногабаритных деталей – тел вращения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 8. С. 94–100. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-94-100

For citation:

Timofeev S.P., Gavrilov D.V., Hurtasenko V.A., Voronkova M.N. New model of machine for processing surfaces of large-sized parts having the shape of bodies of rotation. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No.8. Pp. 94–100. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-94-100